



LUCAS GUILLARDI BASTOS

**ELABORAÇÃO DE PROJETO ARQUITETÔNICO E PRÉ-
PROJETO ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO EM *LIGHT*
*WOOD FRAME***

LAVRAS – MG

2023

LUCAS GUILLARDI BASTOS

**ELABORAÇÃO DE PROJETO ARQUITETÔNICO E PRÉ-PROJETO
ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO EM *LIGHT WOOD FRAME***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Engenharia Civil,
para a obtenção do título de bacharel.

Prof. Dr. André Luiz Zangiácomo

Orientador

LAVRAS – MG

2023

LUCAS GUILLARDI BASTOS

**ELABORAÇÃO DE PROJETO ARQUITETÔNICO E PRÉ-PROJETO
ESTRUTURAL DE UMA EDIFICAÇÃO EM *LIGHT WOOD FRAME***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Engenharia Civil,
para a obtenção do título de bacharel.

APROVADO em 17 de julho de 2023.
Prof. Dr. André Luiz Zangiácomo
Prof. Dr. Rodrigo Allan Pereira
Prof. Dr. Paulo Roberto Borges

Prof. Dr. André Luiz Zangiácomo
Orientador

LAVRAS – MG

2023

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo sobre o sistema construtivo *light wood frame* (LWF) para desenvolver o projeto arquitetônico e pré-projeto estrutural de uma residência térrea unifamiliar utilizando os documentos normativos brasileiros. Inicialmente, foram analisados os sistemas construtivos convencionais e o sistema construtivo *light wood frame* avaliando as características técnicas, econômicas e ambientais. Por meio desta análise, constatou-se que a madeira é um material promissor e apresenta grande potencial de crescimento no setor da construção civil brasileira. Posteriormente, foi realizada uma revisão bibliográfica descrevendo as seguintes etapas construtivas: fundação, pisos, paredes, instalações elétricas e hidráulicas, revestimento e cobertura. Com base nas referências bibliográficas foram realizados os projetos arquitetônico e pré-projeto estrutural, os quais foram separados em 12 pranchas. A construção em estrutura de madeira apresenta inúmeros pontos positivos, portanto é de fundamental importância seguir divulgando o conhecimento, capacitando profissionais e conscientizando a sociedade para que esse sistema consiga se consolidar no país.

Palavras chaves: *Light Wood Frame*. Construção Civil. Estrutura.

ABSTRACT

The present work aims to carry out a study on the light wood frame (LWF) constructive system to develop the architectural project and structural pre-project of a single-family house using the Brazilian normative documents. Initially, the conventional construction systems and the light wood frame construction system were analyzed, evaluating the technical, economic and environmental characteristics. Through this analysis, it was found that wood is a promising material and has great growth potential in the Brazilian civil construction sector. Subsequently, a bibliographic review was carried out describing the following construction stages: foundation, floors, walls, electrical and hydraulic installations, cladding and coverage. Based on the bibliographical references, the architectural and pre-structural projects were carried out, which were separated into 12 boards. Wooden structure construction has numerous positive points, so it is of fundamental importance to continue disseminating knowledge, training professionals and raising awareness in society so that this system can consolidate itself in the country.

Keywords: Light Wood Frame. Construction. Structure.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Sistema estrutural <i>light wood frame</i> | 13 |
| Figura 2 - Representação da fundação radier | 16 |
| Figura 3 - Detalhamento do piso do pavimento térreo para áreas secas..... | 17 |
| Figura 4 - Detalhamento do piso do pavimento superior para áreas secas..... | 18 |
| Figura 5 - Detalhamento do piso do pavimento superior para áreas molhadas..... | 19 |
| Figura 6 - Representação da estrutura das paredes..... | 20 |
| Figura 7 - Estrutura dos vãos de portas e janelas | 21 |
| Figura 8 - Elemento de canto do tipo <i>California Corner</i> | 22 |
| Figura 9 - Elemento de canto do tipo <i>Hollow Corner</i> | 22 |
| Figura 10 - Elemento de canto do tipo <i>Alternate Corner</i> | 23 |
| Figura 11 - Elemento de interseção de parede do tipo <i>Ladder</i> | 23 |
| Figura 12 - Elemento de interseção de parede do tipo <i>Tie</i> | 24 |
| Figura 13 - Camadas constituintes das paredes..... | 25 |
| Figura 14 - Representação do sistema hidráulico..... | 26 |
| Figura 15 - Representação do sistema elétrico | 27 |
| Figura 16 - Estrutura convencional de telhado..... | 28 |
| Figura 17 - Elementos estruturais de uma tesoura simples | 29 |
| Figura 18 - Camadas do sistema de cobertura <i>shingle</i> | 30 |
| Figura 19 - Representação da planta baixa..... | 34 |
| Figura 20 - Representação da planta de locação..... | 35 |
| Figura 21 - Representação do revestimento dos pisos..... | 37 |
| Figura 22 - Detalhe da planta estrutural da suíte..... | 41 |

| | |
|---|----|
| Figura 23 - Painel 2 do detalhamento estrutural..... | 42 |
| Figura 24 - Modelagem 3D da estrutura das paredes | 47 |
| Figura 25 - Modelagem 3D das paredes com revestimento | 48 |
| Figura 26 - Planta de armação para telhado de 4 águas..... | 49 |
| Figura 27 - Representação da planta de cobertura..... | 50 |
| Figura 28 - Representação da planta de armação | 50 |
| Figura 29 - Treliça 1 da planta de armação | 52 |
| Figura 30 - Modelagem 3D da estrutura do telhado | 53 |
| Figura 31 - Disposição do layout..... | 54 |
| Figura 32 - Representação da fachada sul | 55 |
| Figura 33 - Modelagem 3D do projeto finalizado | 56 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Dimensionamento dos ambientes..... | 36 |
| Quadro 2 - Camadas da parede externa com parede interna para área seca..... | 38 |
| Quadro 3 - Camadas da parede externa com parede interna para área molhada..... | 39 |
| Quadro 4 - Camadas da parede interna para área seca | 39 |
| Quadro 5 - Camadas da parede interna para área molhada | 40 |
| Quadro 6 - Camadas da parede interna para área seca e área molhada..... | 40 |
| Quadro 7 - Dimensionamento e quantitativo de peças de madeira por painel | 43 |
| Quadro 8 - Especificações das telhas do modelo colonial..... | 51 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 1.1 | Considerações iniciais..... | 9 |
| 1.2 | Objetivo | 10 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 11 |
| 2.1 | Sistemas construtivos..... | 11 |
| 2.1.1 | Alvenaria de vedação ou convencional | 12 |
| 2.1.2 | <i>Light wood frame</i> | 12 |
| 2.2 | Detalhamento do sistema construtivo <i>light wood frame</i> | 15 |
| 2.2.1 | Fundação | 15 |
| 2.2.2 | Pisos..... | 16 |
| 2.2.3 | Paredes..... | 19 |
| 2.2.4 | Instalações elétricas e hidráulicas | 26 |
| 2.2.5 | Revestimento | 27 |
| 2.2.6 | Cobertura | 28 |
| 2.2.7 | Madeira utilizada em LWF..... | 30 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 32 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 34 |
| 4.1 | Fundação | 36 |
| 4.2 | Pisos..... | 37 |
| 4.3 | Paredes..... | 38 |
| 4.4 | Cobertura | 49 |
| 4.5 | Layout, fachada e modelagem 3D | 54 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 57 |
| | REFERÊNCIAS..... | 58 |
| | APÊNDICE A..... | 62 |

1 INTRODUÇÃO

Este tópico contempla as considerações iniciais sobre a importância dos sistemas construtivos sustentáveis no cenário atual e o objetivo proposto pelo autor.

1.1 Considerações iniciais

A economia mundial, diante da crescente devastação do meio ambiente, cada vez mais vem buscando medidas para que os países adotem processos produtivos sustentáveis, utilizem tecnologias limpas e realizem a manutenção e preservação dos recursos naturais, esses fatores são fundamentais para a conservação da natureza e manutenção dos ecossistemas.

Segundo Brown (2003), são as forças de mercado que regem a economia global e não os princípios da ecologia, isto permite que o mercado divulgue informações enganosas aos tomadores de decisões econômicas, criando-se uma economia em que os valores são invertidos e a preservação da natureza deixa de ser prioridade.

No setor da construção civil brasileira, o tema sobre sustentabilidade e inovação vem sendo alvo de constantes debates, visto que o principal método construtivo adotado é o de alvenaria convencional. Este sistema construtivo resulta na geração de grande volume de resíduos sólidos, poluição do ar, contaminação de efluentes, poluição sonora e esgotamento de recursos naturais, trazendo sérios problemas ambientais e um grande desafio para as empresas e os órgãos públicos (LARUCCIA, 2014).

O conceito de sustentabilidade na construção civil é um tema que tem se tornado cada vez mais importante no meio, buscando garantir a redução dos impactos ambientais, de modo a maximizar a viabilidade econômica e proporcionar qualidade de vida e bem estar para a população.

Este conceito condiz com a ideia de Ceotto (2007), em que a construção sustentável possui como propósito fazer com que as obras sejam ecologicamente responsáveis entre si. Em outros termos, significa dizer que os responsáveis devem exercer determinadas atitudes, como diminuir o impacto ambiental, aumentar a eficiência econômica e valorizar os aspectos culturais do mercado frente as seguintes etapas: fase de projeto, construção, utilização, reutilização e reciclagem da edificação.

Diante desse contexto, destaca-se o sistema construtivo *light wood frame* (LWF) como uma alternativa sustentável aos métodos tradicionais de construção em alvenaria. De acordo com Leite e Bertini (2017), este sistema é amplamente utilizado em diversos países ao redor do

mundo, porém no Brasil ainda é relativamente novo e pouco explorado. O Sul e o Sudeste estão sendo os pioneiros na inserção deste modelo construtivo no mercado, pois as indústrias de pré-fabricados de painéis em madeira e os principais fornecedores de madeira plantada se concentram nestas localidades.

Sendo assim, conclui-se que por se tratar de um método pouco utilizado no país, é de fundamental importância que haja maior divulgação visando diminuir a barreira cultural e disseminar as vantagens e benefícios desse sistema construtivo.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é desenvolver o projeto arquitetônico e pré-projeto estrutural de uma residência térrea unifamiliar utilizando o sistema construtivo *light wood frame* (LWF).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico são apresentados os itens considerados relevantes para a contextualização e entendimento do trabalho, os quais referem-se aos sistemas construtivos empregados no Brasil e o detalhamento construtivo do LWF.

2.1 Sistemas construtivos

Os sistemas construtivos são caracterizados por processos, parâmetros e atributos que constituem a estruturação de um edifício junto à definição da matéria-prima. Dentre eles, podem ser citados alguns modelos, como: alvenaria de vedação ou convencional, alvenaria estrutural, paredes de concreto, *wood frame* e *steel frame*.

No Brasil, o sistema construtivo predominante é o de alvenaria de vedação ou convencional, isto se comprova através dos dados apresentados pela Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (PNAD Contínua, 2019), divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em que a alvenaria está presente em 88,2% das paredes das construções brasileiras. Ou seja, este modelo de construção está presente em cerca de 62 milhões das 71 milhões de residências no país.

Dando continuidade, destacam-se também os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e paredes de concreto, os quais são amplamente utilizados na construção civil.

O sistema de alvenaria estrutural é um método construtivo no qual as paredes são constituídas por blocos de alvenaria que realizam a função estrutural da edificação, eliminando a necessidade da utilização de pilares e vigas, e simplificando o processo construtivo. Este sistema proporciona como vantagem a diminuição dos desperdícios ocasionados no canteiro, pois minimiza o consumo de madeira no processo montagem das formas, reduz a quantidade de concreto utilizado na estrutura e restringe os cortes e quebra de tijolos nos acabamentos, tornando o processo mais racionalizado. Em contrapartida, o sistema apresenta como desvantagem a demanda por mão de obra especializada e limitações na flexibilidade do projeto, já que qualquer modificação nas paredes pode comprometer a integridade estrutural do mesmo (GONÇALVES et al., 2022).

Já o sistema de paredes de concreto, é uma técnica construtiva que consiste na execução da estrutura das paredes moldada “in loco”, utilizando formas metálicas ou formas de madeira e preenchendo-as com concreto. Este sistema apresenta como vantagem a velocidade de construção, baixa geração de resíduos e alta resistência estrutural. Porém, como desvantagem,

apresenta a necessidade de utilização de grandes quantidades de concreto e aço (CRUZ; MARCO; FLORIAN, 2022).

Tendo em vista os três sistemas citados anteriormente, outros dois modelos que vêm ganhando maior destaque e aceitação no mercado brasileiro são o *wood frame* e *steel frame*. Estes dois sistemas surgem como uma alternativa inovadora para o desenvolvimento sustentável do país.

2.1.1 Alvenaria de vedação ou convencional

O sistema de alvenaria de vedação ou convencional refere-se a utilização de um conjunto de blocos de cerâmica para a execução das paredes, com o intuito de delimitar as áreas construtivas, separando os espaços da edificação. As paredes não possuem função estrutural, a estruturação da residência configura-se da união de pilares, vigas, laje e fundação em concreto armado.

O conceito de alvenaria é empregado para toda obra que seja constituída da união de tijolos ou blocos de concreto por meio de juntas de argamassa. De acordo com Azevedo (1997), os tijolos ou blocos de concreto possuem o objetivo de garantir resistência e durabilidade, enquanto, as juntas de argamassa, visam garantir a impermeabilização do sistema de vedação.

As edificações em alvenaria possuem grande aceitação pelo público por se tratar de um sistema inserido há muito tempo na sociedade. Existem registros de edificações em alvenaria de pedras e tijolos datadas de 2.000 anos atrás e permanecem de pé até os dias atuais (DUARTE, 1999). Deste modo, é perceptível o motivo pelo qual esta técnica tem alcançado grande aceitação e confiabilidade no mercado.

Apesar do sistema construtivo em questão ser o mais utilizado entre os brasileiros, dentre os sistemas já citados acima, ele é o que gera maior desperdício de material. Os principais motivos de desperdício estão relacionados à execução mal feita, medidas imprecisas, uso excessivo de insumos, geração de entulho e retrabalho. Todos esses problemas levantados são derivados da falta de planejamento.

2.1.2 *Light wood frame*

Segundo Molina e Junior (2010), o sistema construtivo *light wood frame* é uma tecnologia presente em aproximadamente 95% das casas nos EUA. Trata-se de um modelo composto por perfis de madeira reflorestada e tratada, no qual a união destes perfis de madeira

constituem as estruturas de pisos, paredes e telhado da residência (Figura 1). Estas estruturas são combinadas e revestidas com outros tipos de materiais, com o intuito de melhorar o conforto térmico, o isolamento acústico e melhorar a proteção contra umidade e incêndio.

Figura 1 – Sistema estrutural *light wood frame*.



Fonte: Atos Arquitetura (2018).

O modelo em questão é caracterizado pela elaboração de casas pré-fabricadas, podendo ser parcialmente ou totalmente industrializadas. A industrialização da construção civil vem inovando a maneira de pensar, projetar e construir obras residenciais, isto ocorre devido a integração de novas tecnologias neste setor. A importância deste fenômeno consiste na capacidade de otimizar recursos, reduzir prazos e custos, minimizar desperdícios e diminuir impactos ambientais por meio da automatização de processos. Todos esses fatores resultam em maior controle no processo produtivo e a certificação da qualidade final do produto (BALEN; PANSERA; ZANARDO, 2016).

De acordo com Souza (2013), a construção de edifícios pré-fabricados refere-se ao processo de fabricação e montagem dos componentes estruturais de madeira em uma fábrica ou ambiente controlado, onde ocorre o corte das peças com maior rapidez, precisão e qualidade.

Esta técnica de construção é difundida culturalmente e praticada por diversos países, principalmente na América do Norte e norte da Europa.

Em meio a este cenário, é importante destacar a modernização das técnicas de reflorestamento, as quais possibilitam a produção de madeira em larga escala voltada à industrialização. Isto favorece a consolidação de parcerias entre construtoras e madeireiras, transformando a madeira em um material economicamente viável e competitivo no mercado (PFEIL; PFEIL, 2003).

Segundo o Sistema Nacional de Informações Florestais (2016), o Brasil possui cerca de 58% do território composto por florestas, correspondendo à 493,5 milhões de hectares. Entretanto, desses 493,5 milhões de hectares, 485,8 milhões de hectares são constituídos por florestas nativas e 7,7 milhões de hectares são constituídos por florestas plantadas. Estes dados refletem o grande potencial produtivo a ser explorado pelas indústrias madeireiras.

Sendo assim, a prática do manejo florestal sustentável combinado ao reflorestamento tornam-se atividades indispensáveis para contribuição do crescimento econômico, preservação do meio ambiente e manutenção da qualidade de vida. Estas atividades atreladas às práticas racionais de exploração abrem possibilidades no mercado para a produção de matéria-prima renovável favorecendo o equilíbrio ecológico (OLIVEIRA,1998).

Outras vantagens relacionadas ao reflorestamento, de acordo com Calil Junior, Lahr e Dias (2003), referem-se à capacidade da vegetação de diminuir a incidência de erosão do solo, efetuar a manutenção e equilíbrio da biodiversidade local e realizar fotossíntese. A fotossíntese é um processo bioquímico praticado pelas plantas para produção de energia através da luz solar. Neste processo ocorre a fixação do dióxido de carbono e liberação do oxigênio na atmosfera, fatores que contribuem para o sequestro de carbono e redução da concentração de gases que causam o efeito estufa.

Considerando o contexto relacionado ao sequestro de carbono realizado pelas plantas, cabe mencionar a 27ª sessão da Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), abreviadamente chamada de COP 27, que ocorreu em novembro de 2022 no Egito.

A COP 27 é uma reunião internacional realizada anualmente pela Organização das Nações Unidas (ONU) em que houve a participação de 198 países e territórios. Este evento reúne os principais assuntos da atualidade relacionados as questões ambientais globais para

realização de debates, a fim de conter as variações climáticas e os impactos ambientais ocasionados pelo aquecimento global.

As principais pautas levantadas nessa conferência foram: redução dos níveis de emissão de gases do efeito estufa, redução do desmatamento, promoção de fontes renováveis de energia, fomentação aos mercados de crédito de carbono, implementação de alternativas sustentáveis na sociedade, financiamento de políticas ambientais e desenvolvimento de tecnologias verdes (GUITARRARA, 2022). Todos esses temas possuem relação direta com os benefícios apresentados pelo sistema construtivo LWF.

Por fim, a COP 27 assume a responsabilidade de garantir a renovação, reafirmação e ampliação das metas estabelecidas, assegurar o cumprimento dos acordos e parcerias já concretizados, reforçar o compromisso dos países participantes e assegurar o trabalho conjunto dos governos, mercado consumidor e sociedade civil em prol de reduzir os impactos das alterações climáticas e assegurar um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

2.2 Detalhamento do sistema construtivo *light wood frame*

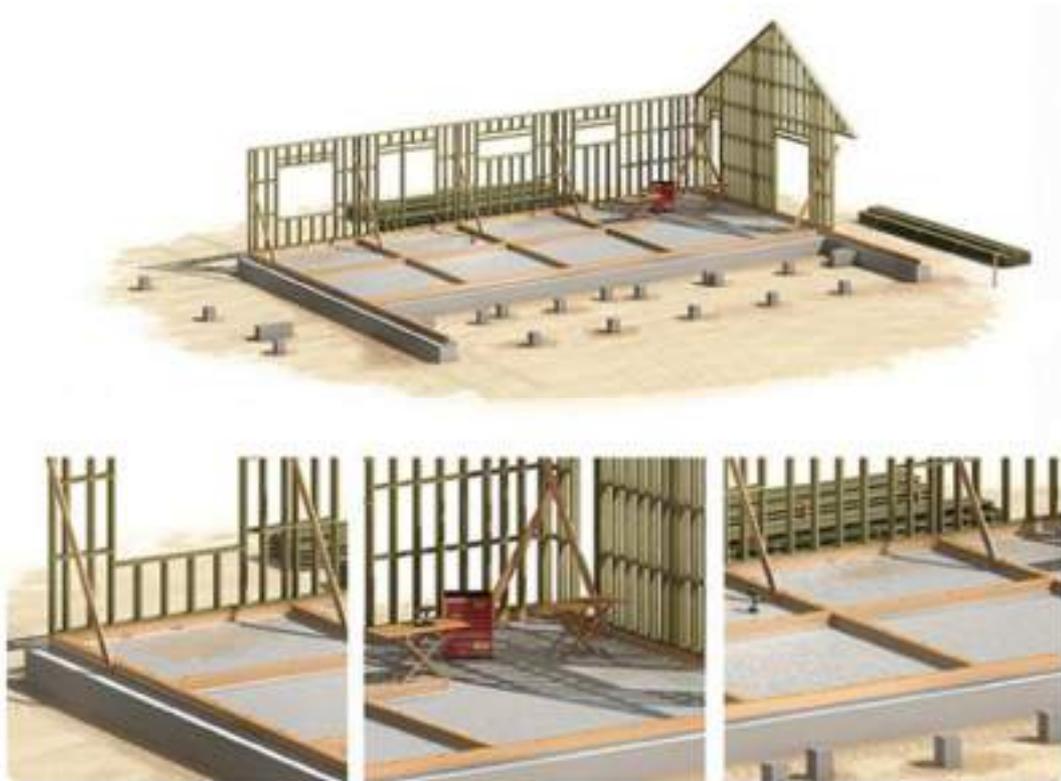
O sistema construtivo executado em estrutura de madeira pode ser dividido em 7 etapas, as quais envolvem todas as fases de construção da residência. Estas etapas são divididas em: fundação, pisos, paredes, instalações elétricas e hidráulicas, revestimento e cobertura.

2.2.1 Fundação

A fundação é a etapa inicial para a estruturação da edificação, sendo responsável por transmitir a carga e o peso do edifício para o solo, garantindo estabilidade e segurança. Em conformidade com Faria (2008), o modelo de fundação tem de ser escolhido e projetado com base nas características do solo, carga prevista em projeto e profundidade necessária de escavação. Levando em consideração que a carga da edificação em *light wood frame* é distribuída por toda extensão das paredes e o peso estrutural é relativamente leve quando comparado a outros sistemas construtivos, os tipos de fundações mais utilizados são o radier e sapata corrida.

O modelo de fundação radier (Figura 2) é descrito pela norma NBR 6122 – Projeto e execução de fundações (ABNT, 1996) como fundação do tipo rasa, executada de concreto armado ou protendido, semelhante à uma laje que abrange toda área da construção.

Figura 2 – Representação da fundação radier.



Fonte: Projetou Blog (2021).

No caso de terrenos acidentados ou quando a composição do solo apresentar baixa resistência mecânica, pode-se utilizar outras opções, como as fundações do tipo estaca pré-moldada, bloco de concreto ou sapata isolada.

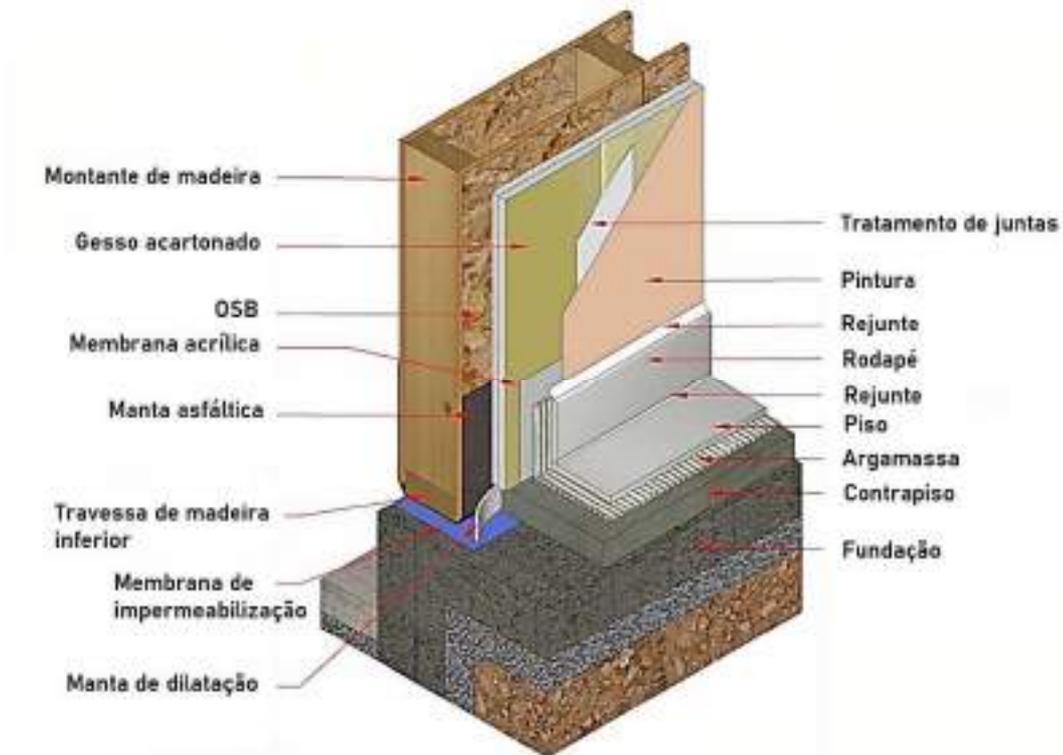
2.2.2 Pisos

A estrutura dos pisos apresenta como principal característica fornecer uma superfície estável, segura e agradável para a residência. Além disso, possui relação direta com a estética, funcionalidade e conforto do ambiente.

De acordo com Molina e Junior (2010), no primeiro pavimento, quando se utiliza o modelo de fundação radier, é comum adotar as técnicas tradicionais da alvenaria convencional.

Seguindo as diretrizes do Documento de Avaliação Técnica N° 020-D (TECVERDE, 2020), a estrutura do piso do pavimento térreo para áreas secas é constituída por membrana de impermeabilização, contrapiso de regularização, argamassa de assentamento e revestimento (Figura 3). Para o revestimento, podem ser utilizados materiais como cerâmica, porcelanato, vinil, laminado e madeira.

Figura 3 – Detalhamento do piso do pavimento térreo para áreas secas.



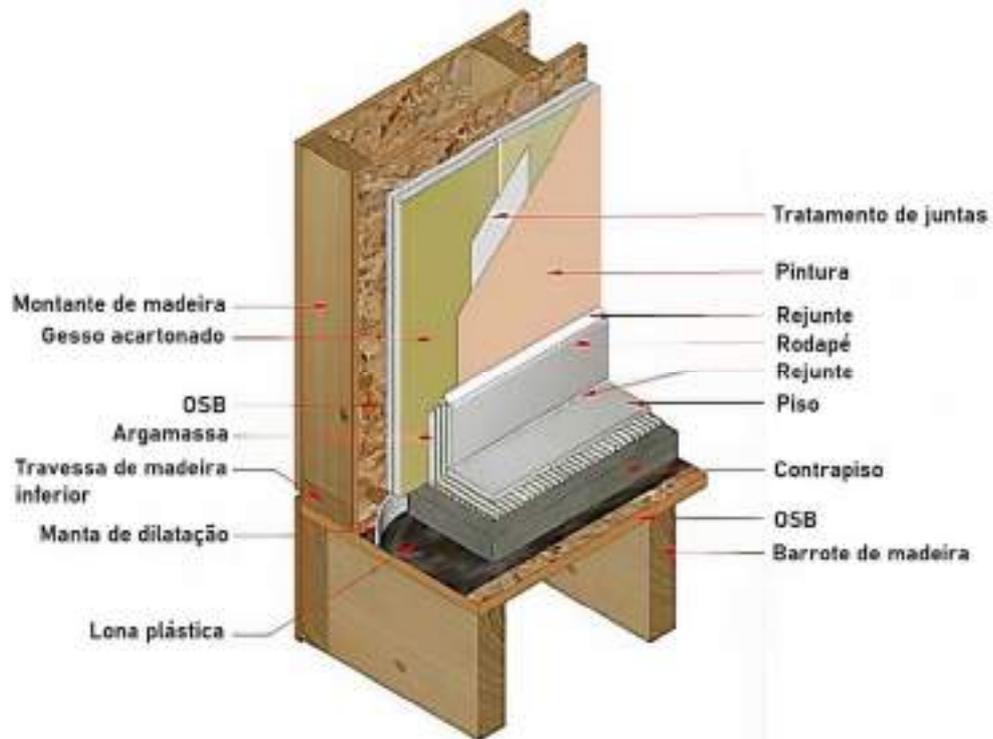
Fonte: Adaptado de DATec (2020).

No caso da estrutura do piso do pavimento térreo para áreas molháveis e molhadas, como banheiros, cozinhas e áreas de serviço, é necessário adotar medidas adicionais para garantir a impermeabilização do local. Após a execução do contrapiso, realiza-se a impermeabilização da região por meio da utilização de manta asfáltica, argamassa polimérica e revestimento.

Além disso, os pisos para áreas molhadas devem apresentar inclinação mínima de 1% em direção aos ralos, para facilitar o escoamento da água. Caso necessário, pode-se utilizar acabamento antiderrapante para proporcionar maior segurança ao caminhar sobre eles.

Nos pavimentos superiores, é comum utilizar a estrutura de deck de madeira, que consiste em uma plataforma elevada composta por barrotes de madeira retangulares, espaçados uniformemente e apoiados sob as paredes. Para as áreas secas, são instaladas as chapas de *Oriented Strand Board* (OSB), lona plástica, contrapiso, argamassa e revestimento (Figura 4).

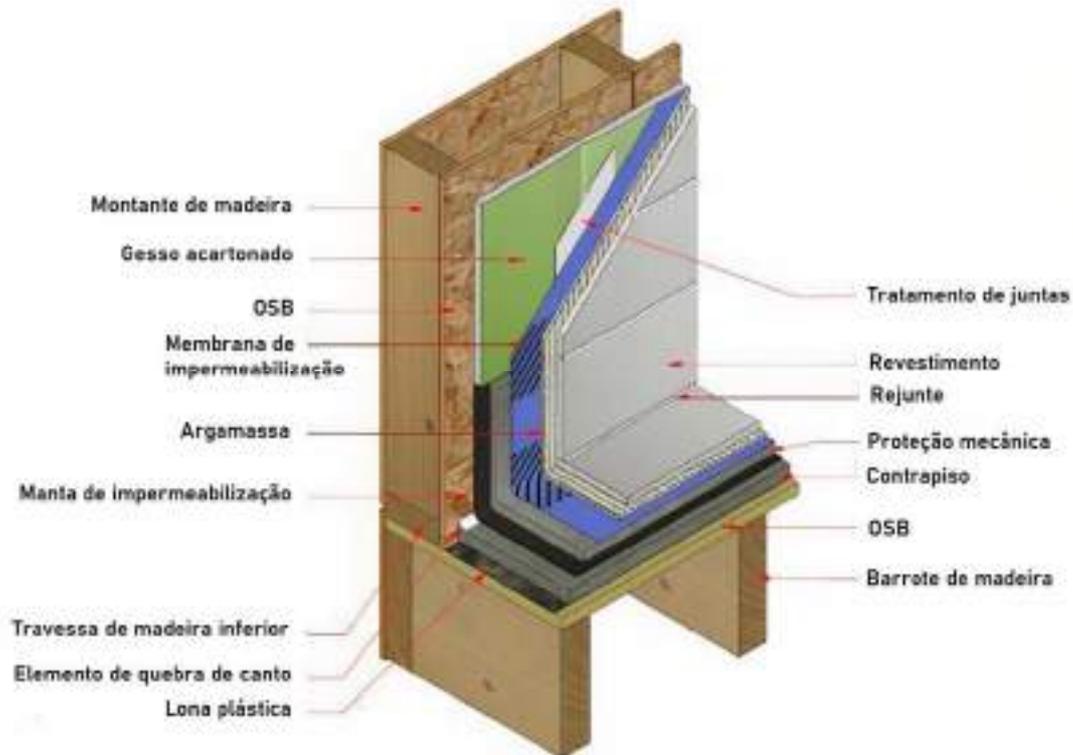
Figura 4 – Detalhamento do piso do pavimento superior para áreas secas.



Fonte: Adaptado de DATec (2020).

Para as áreas molháveis e molhadas são instaladas as chapas de OSB, lona plástica, contrapiso, manta de impermeabilização, proteção mecânica, membrana de impermeabilização, argamassa polimérica e revestimento (Figura 5).

Figura 5 – Detalhamento do piso do pavimento superior para áreas molhadas.



Fonte: Adaptado de DATec (2020).

Em resumo, a correta escolha dos materiais e execução da estrutura dos pisos para áreas secas e áreas molhadas é fundamental para assegurar a resistência, segurança e durabilidade do mesmo.

2.2.3 Paredes

As paredes são responsáveis por desempenhar função estrutural, separar ambientes, promover isolamento térmico e acústico, acomodar estruturas elétricas e hidráulicas e proteger contra intempéries climáticas.

Com base nos conceitos de Bolsoni (2020), a estrutura das paredes é formada basicamente por elementos verticais denominados de montante, elementos horizontais denominados de soleira, elementos inclinados denominados de contraventamento e chapas de OSB. Esses elementos conectam-se entre si para formarem os painéis estruturados de madeira como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Representação da estrutura das paredes.



Fonte: Adaptado de Bolsoni (2014).

Para a confecção da estrutura das paredes, os montantes precisam ser conectados entre a soleira inferior e a soleira superior. As soleiras inferiores devem possuir as mesmas dimensões dos montantes e podem ser instaladas diretamente sobre a fundação, desde que seja aplicado um selante na área de contato (DATEC, 2020). No caso das soleiras superiores, é exigido que para paredes estruturais utilize-se soleira dupla, e para paredes divisórias ou de acabamento pode-se utilizar soleira única. Porém, para padronizar a montagem e igualar a altura do pé direito é recomendado utilizar soleira dupla em todas as paredes.

Com o intuito de garantir uma união eficaz entre a soleira dupla é indicado que as juntas entre os perfis de madeira não se sobreponham umas às outras no decorrer da parede. Já nos cantos das paredes, onde há mudança de direção, deve-se haver sobreposição das mesmas (MOLINA e JUNIOR, 2010).

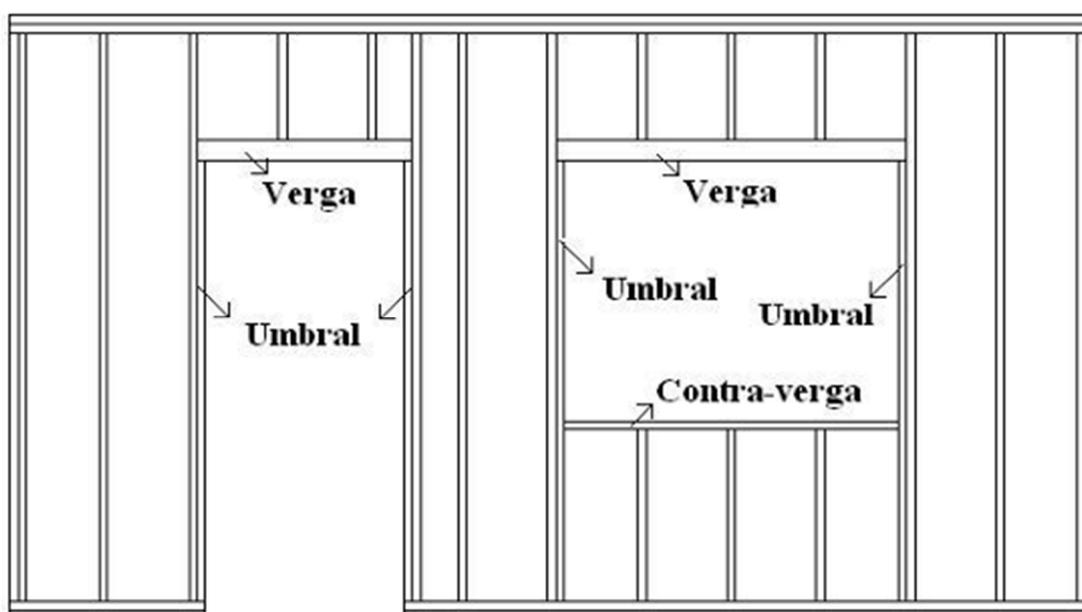
Os painéis OSB necessitam que todos os bordos sejam compatibilizados com os elementos estruturais da parede, ou seja, bordo superior conectado a soleira superior, bordo inferior conectado a soleira inferior e bordos laterais conectados aos montantes.

De acordo com Dias (2005), os vãos de portas e janelas precisam de reforços estruturais complementares em seu contorno, a fim de assegurar a capacidade de sustentação, fixação e estabilidade no local.

Para a confecção do vão das portas faz-se a utilização de verga na região superior e montantes duplos nas laterais. O montante duplo configura-se por um montante principal que realiza conexão entre a soleira inferior e a soleira superior, e um montante limitado denominado de umbral, que realiza conexão entre a soleira inferior e a verga.

No caso da confecção do vão das janelas, faz-se a utilização de verga na região superior, contra-verga na região inferior e montantes duplos nas laterais. A estrutura do vão das janelas é similar a estrutura do vão das portas, porém, neste caso, o umbral realiza conexão entre a soleira inferior, contra-verga e verga (Figura 7).

Figura 7 – Estrutura dos vãos de portas e janelas.



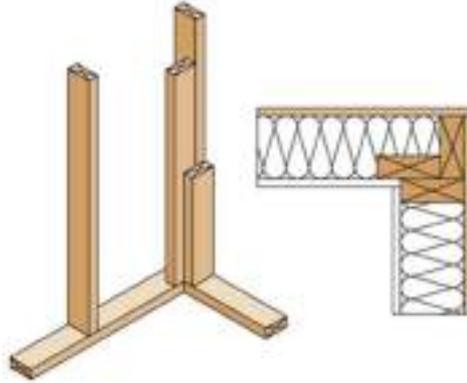
Fonte: Dias (2005).

Na etapa de concepção do pré-projeto estrutural da residência, calcula-se o espaçamento dos montantes distribuindo-os uniformemente por toda a estrutura respeitando o limite normativo recomendado pelo documento DATec (2020), no qual o distanciamento máximo entre os montantes não deve exceder 0,6 m. Quando os montantes localizam-se nas aberturas de portas e janelas, precisam ser realocados para lateral mais próxima reforçando o espaçamento, em hipótese alguma devem ser eliminados.

Os elementos de canto de parede são importantes para a estabilidade da estrutura e para a aparência final da construção. Estes elementos são utilizados nos cantos das paredes externas realizando a conexão com ângulo de 90°.

O *California Corner* (Figura 8) é um elemento de canto constituído pela união de dois montantes formando a letra L, mais um montante de reforço. Este modelo possibilita o preenchimento de toda parede com manta de isolamento térmico.

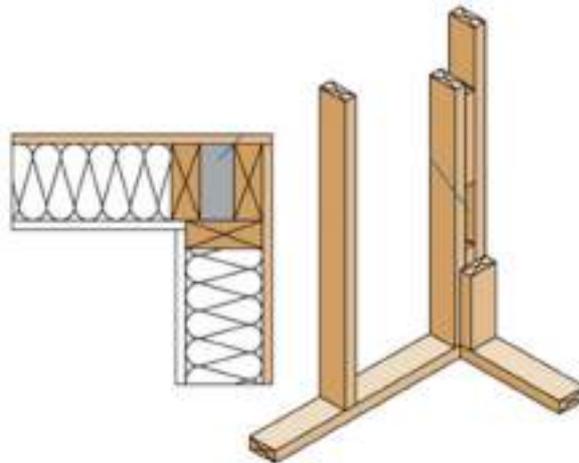
Figura 8 – Elemento de canto do tipo *California Corner*.



Fonte: Adaptado de APA (2012).

O *Hollow Corner* ou *Conventional Corner* (Figura 9) é um elemento de canto constituído pela união de dois montantes paralelos separados por pequenas peças de fixação, mais um montante de reforço.

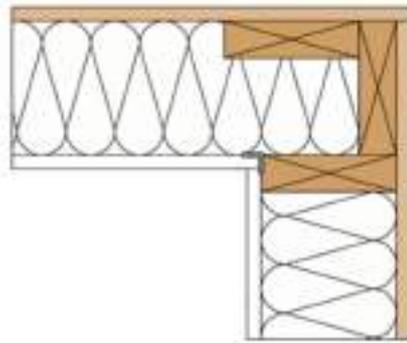
Figura 9 – Elemento de canto do tipo *Hollow Corner*.



Fonte: Adaptado de APA (2012).

O *Alternate Corner* (Figura 10) é um elemento de canto alternativo para *Hollow Corner* em que a disposição dos montantes abre um espaço possibilitando o preenchimento da parede com manta de isolamento térmico.

Figura 10 – Elemento de canto do tipo *Alternate Corner*.



Fonte: Adaptado de APA (2012).

Os elementos de interseção de parede também são fundamentais para garantir a estabilidade da estrutura. Entre os mais comuns estão o *Ladder* e o *Tie*, os quais são utilizados para efetuar a conexão de paredes externas ou internas interceptadas por outras paredes com ângulo de 90°.

O *Ladder* (Figura 11) é um modelo composto por uma série de peças horizontais fixadas entre dois montantes laterais e um montante no centro, formando uma estrutura em forma de escada.

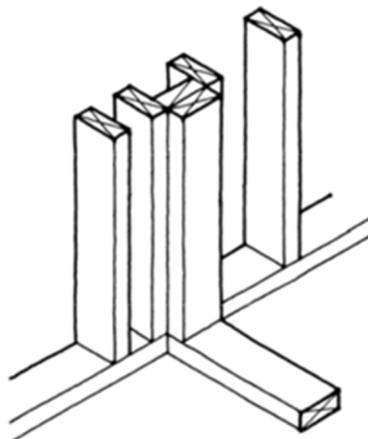
Figura 11 – Elemento de interseção de parede do tipo *Ladder*.



Fonte: Adaptado de APA (2012).

O *Tie* (Figura 12) é um modelo que consiste na união de dois montantes paralelos separados por um montante duplo perpendicular a eles.

Figura 12 – Elemento de interseção de parede do tipo *Tie*.



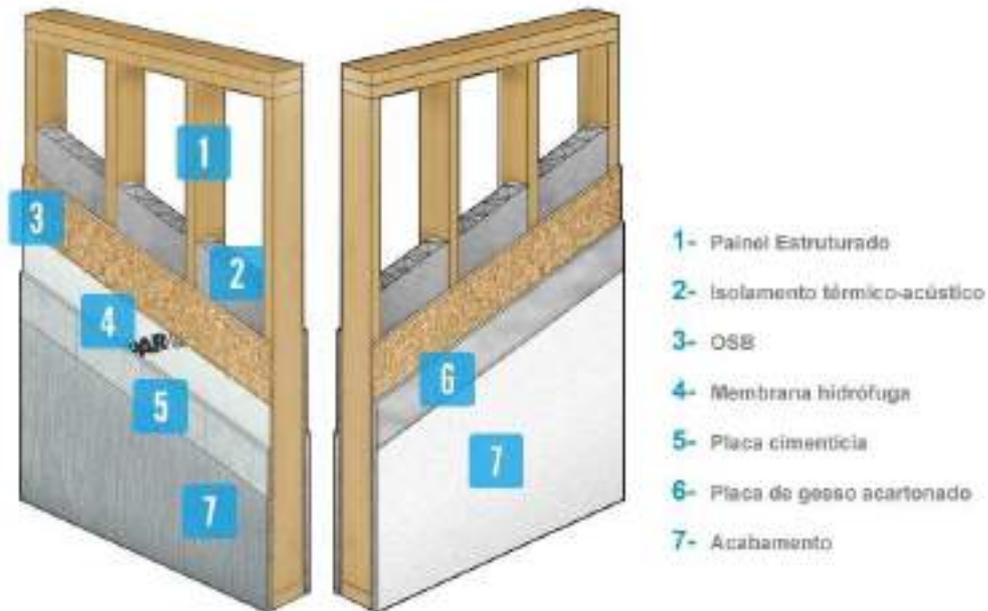
Fonte: Thallon (2000).

Em resumo, os elementos de canto e de interseção são projetados para distribuir as cargas e tensões gerados nos pontos de união entre as paredes, evitando deslocamentos excessivos ou deformações que possam comprometer a estrutura da construção.

As conexões da estrutura dos painéis devem ser realizadas com pregos galvanizados do tipo anelado (em rolo) ou espiralado (ardox), pois possuem estrutura em espiral proporcionando boa aderência ao material.

Após a finalização da montagem do painel estruturado, executa-se a etapa de isolamento e revestimento das paredes, como demonstrado na Figura 13.

Figura 13 – Camadas constituintes das paredes.



Fonte: ATOS Arquitetura (2018).

As camadas da Figura 13 são descritas pelos seguintes processos:

- 1) Painel estruturado de madeira;
- 2) Isolamento térmico-acústico: utilização de materiais como lã de vidro, lã de pet ou lã de rocha no interior do painel, entre os montantes;
- 3) OSB: fixação da chapa OSB com espessura de 9,5 mm em ambos os lados da estrutura;
- 4) Membrana hidrófuga: aplicação de membrana impermeável na área externa das paredes sobre a chapa de OSB. Este material possui a função de impedir a entrada de água nos painéis e permitir a saída do vapor produzido no interior dos mesmos;
- 5) Placa cimentícia: instalação da placa cimentícia com 8 mm de espessura na face externa das paredes sobre a barreira impermeável;
- 6) Placa de gesso acartonado: instalação da chapa de gesso acartonado com 12,5 mm de espessura na face interna das paredes sobre a chapa de OSB;
- 7) Acabamento.

Desta forma, conclui-se a montagem das paredes.

2.2.4 Instalações elétricas e hidráulicas

Em concordância com Molina e Junior (2010), é verificado que as instalações elétricas e hidráulicas nas construções em *light wood frame* são realizadas de maneira semelhante as instalações nas construções de alvenaria convencional. Entretanto, as estruturas de madeira apresentam diversas vantagens, como redução de custos e desperdícios, facilidade de instalação e diminuição do prazo execução, pois a estrutura oca e leve das paredes possibilitam cortes rápidos e precisos nos painéis, permitindo a passagem de eletrodutos e tubulações hidráulicas nos vãos internos aos montantes.

Em relação à execução desses dois sistemas, deve-se realizar primeiro o sistema hidráulico (Figura 14), pois as tubulações possuem diâmetros maiores, apresentam pouca maleabilidade e os locais de instalações já são pré-definidos de acordo com a configuração dos cômodos, possibilitando pouca flexibilidade de mudança.

Figura 14: Representação do sistema hidráulico.



Fonte: ATOS Arquitetura (2018).

Após a conclusão do sistema hidráulico, realiza-se a instalação do sistema elétrico como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Representação do sistema elétrico.



Fonte: Projetou Blog (2021).

Segundo Silva (2010), não é indicado que perfure os montantes, porém, caso seja necessário, os furos devem apresentar no máximo o diâmetro de 1/3 da largura da peça de madeira. Se possível, é recomendável que todas as tubulações e eletrodutos horizontais atravessem pelo forro.

2.2.5 Revestimento

O revestimento de paredes, pisos e telhado desempenham diversas funções, como proporcionar apelo estético, auxiliar na proteção contra intempéries e realizar isolamento térmico-acústico.

Conforme descrito na norma NBR 15575 – Edificações Habitacionais (ABNT, 2013) é possível classificar as áreas de uma edificação de acordo com a estanqueidade do local, sendo divididas em áreas secas, áreas molháveis e áreas molhadas. São essas classificações que definem o melhor revestimento a ser adotado em cada cômodo.

Sendo assim, de acordo Molina e Junior (2010), há certos preceitos que devem ser analisados quanto a escolha dos revestimentos, variando de acordo com a estanqueidade do local. As paredes externas e internas de áreas secas podem ser revestidas com *siding* vinílico,

siding metálico, acabamento de madeira, placas cimentícias, tijolos aparentes ou gesso acartonado.

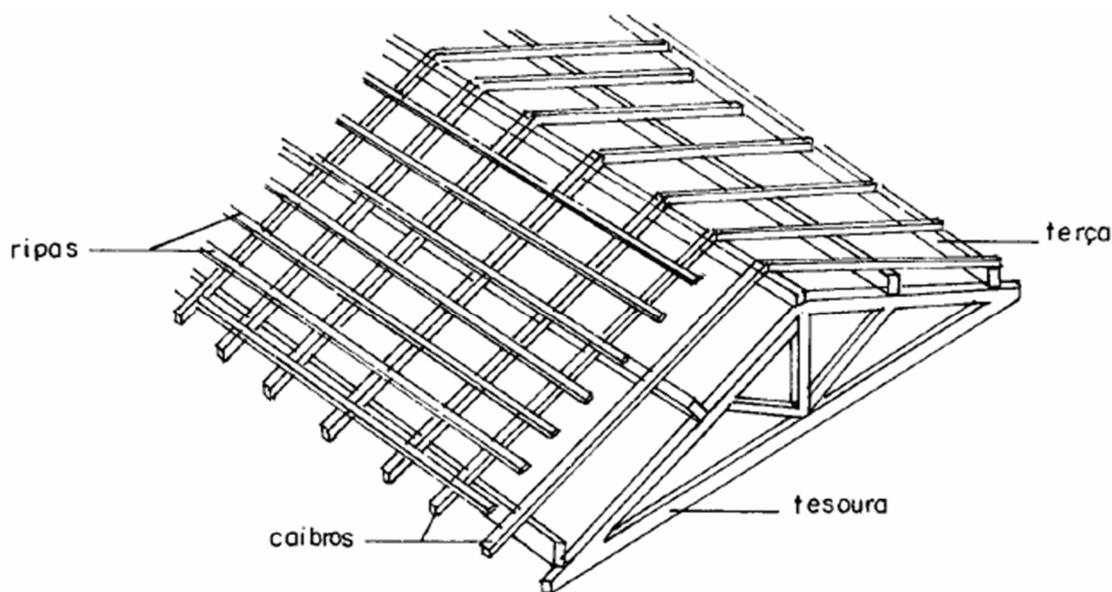
Já para as paredes de áreas molhadas e molháveis, é comum utilizar placas cimentícias junto à um selador antifúngico finalizando com pintura de resina acrílica, ou chapas de gesso para *drywall* resistente à umidade revestidas com azulejo ou porcelanato, de acordo com a norma NBR 14715-1 – Chapas de gesso para drywall (ABNT, 2021).

Vale destacar que a escolha do revestimento implica diretamente na arquitetura da residência, portanto deve-se levar em consideração a opinião do cliente, desde que respeitados os mecanismos e normas sobre a estanqueidade do sistema local.

2.2.6 Cobertura

De modo geral, a elaboração do telhado no sistema *light wood frame* não exige nenhuma especificação estrutural, possibilitando realizar a estrutura de acordo com os modelos convencionais adotados no Brasil (Figura 16).

Figura 16 – Estrutura convencional de telhado.



Fonte: Milito (2009).

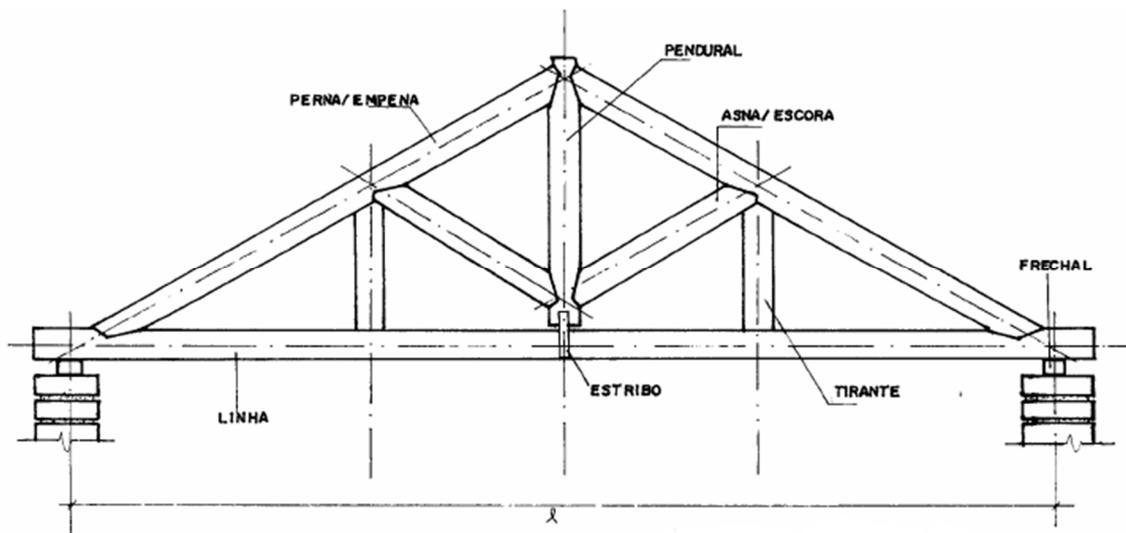
A estrutura convencional de telhado é constituída pelos seguintes elementos:

- 1) Tesoura: estrutura principal em formato de treliça, responsável por dar suporte ao telhado e distribuir as cargas provenientes para as paredes;

- 2) Terça: vigas horizontais longitudinais, responsáveis por realizar a ligação entre as tesouras e sustentar os caibros;
- 3) Caibro: estruturas inclinadas perpendiculares às terças, responsáveis por apoiar as ripas;
- 4) Ripa: estruturas horizontais longitudinais, responsáveis assentar as telhas.

É importante também destacar a estrutura das tesouras, as quais são responsáveis por oferecer estabilidade e suporte para todo o telhado. As tesouras são normalmente formadas por uma peça horizontal e duas peças inclinadas estabelecendo uma treliça no formato de triângulo, como ilustrado na Figura 17.

Figura 17 – Elementos estruturais de uma tesoura simples.



Fonte: Milito (2009).

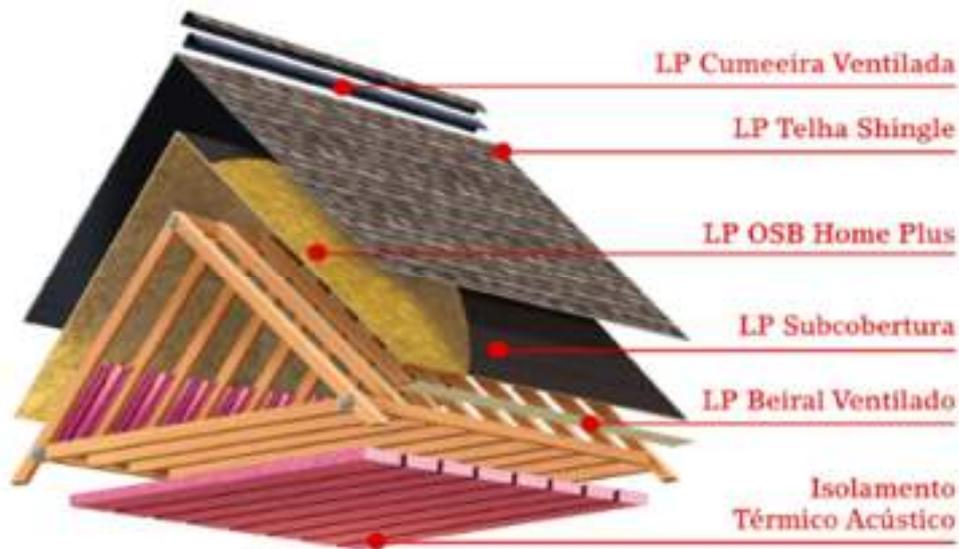
De acordo com Milito (2009), a tesoura é constituída pelos seguintes elementos:

- 1) Frechal: elemento de apoio posicionado abaixo da treliça, responsável por distribuir uniformemente a carga da tesoura;
- 2) Linha: elemento horizontal posicionado na região inferior da treliça;
- 3) Perna: elemento inclinado interligando a extremidade da linha até o cume da treliça;
- 4) Estribo: ferragem utilizada para reforçar a fixação dos elementos de madeira;
- 5) Pendural e tirante: elementos verticais posicionados abaixo da interseção da tesoura com as terças. O pendural localiza-se no centro e os demais são denominados de tirantes;
- 6) Asna e escoras: elementos inclinados que realizam o travamento da estrutura. A asna origina-se do pendural e os demais são denominados de escoras.

Segundo Molina e Junior (2010), é possível citar outras estruturas de telhado, como é o caso do sistema de cobertura *shingle* com estrutura de suporte no modelo *hip rafter*, o qual é bastante utilizado no exterior.

A estrutura *hip rafter* caracteriza-se por um sistema de vigas inclinadas, em que o espaçamento entre elas configuram-se de acordo com o espaçamento dos montantes. Após a execução da estrutura *hip rafter*, realiza-se a montagem das camadas do sistema de cobertura *shingle*, o qual é composto por manta de isolamento térmico-acústico, chapas OSB, membrana impermeabilizante e telhas de manta asfáltica (Figura 18).

Figura 18 – Camadas do sistema de cobertura *shingle*.



Fonte: Lp Brasil (2013).

As características positivas apresentadas por esse modelo de telhado são: leveza, durabilidade, maleabilidade e qualidade no acabamento final.

2.2.7 Madeira utilizada em LWF

No Brasil, de acordo com Molina e Junior (2010), é comum utilizar-se a espécie de madeira *Pinus elliotti* para as construções em *light wood frame*. Esta espécie destaca-se por conta da leveza da madeira quando comparada a outras espécies disponíveis no mercado, facilitando o manuseio durante a construção. Além disso, a madeira apresenta uma estrutura uniforme, garantindo maior resistência, segurança e durabilidade do sistema.

Outra característica importante é a permeabilidade da estrutura lenhosa, fator que permite o tratamento em autoclave com produtos hidrossolúveis de maneira eficiente. Este tratamento é ideal para manter a madeira protegida contra o ataque de fungos e cupins, evitando a deterioração da mesma.

Por fim, vale destacar a disponibilidade do *Pinus elliotti* no território brasileiro. Esta espécie é amplamente cultivada pois possui rápido crescimento e possibilita ser replantada em curtos períodos de tempo, permitindo suprimento constante de matéria prima e favorecendo a sustentabilidade.

3 METODOLOGIA

O estudo tem como finalidade descrever o passo a passo construtivo e fornecer as informações necessárias para a elaboração do projeto arquitetônico e pré-projeto estrutural de uma residência térrea unifamiliar no sistema construtivo *light wood frame*.

Com o intuito de se atingir o propósito deste estudo, o autor utilizou notebook para realização das pesquisas, projetos e cálculos. Os projetos foram todos elaborados utilizando o software Revit® 2023 (acesso educacional) seguindo as diretrizes do manual DATec N° 020-D (TECVERDE, 2020). Os quadros de cálculos foram realizados utilizando o software OpenOffice®. Vale destacar que durante a realização deste trabalho a norma NBR 16936 – Edificações em *light wood frame* (ABNT, 2021) estava em consulta pública.

Considerações para o projeto:

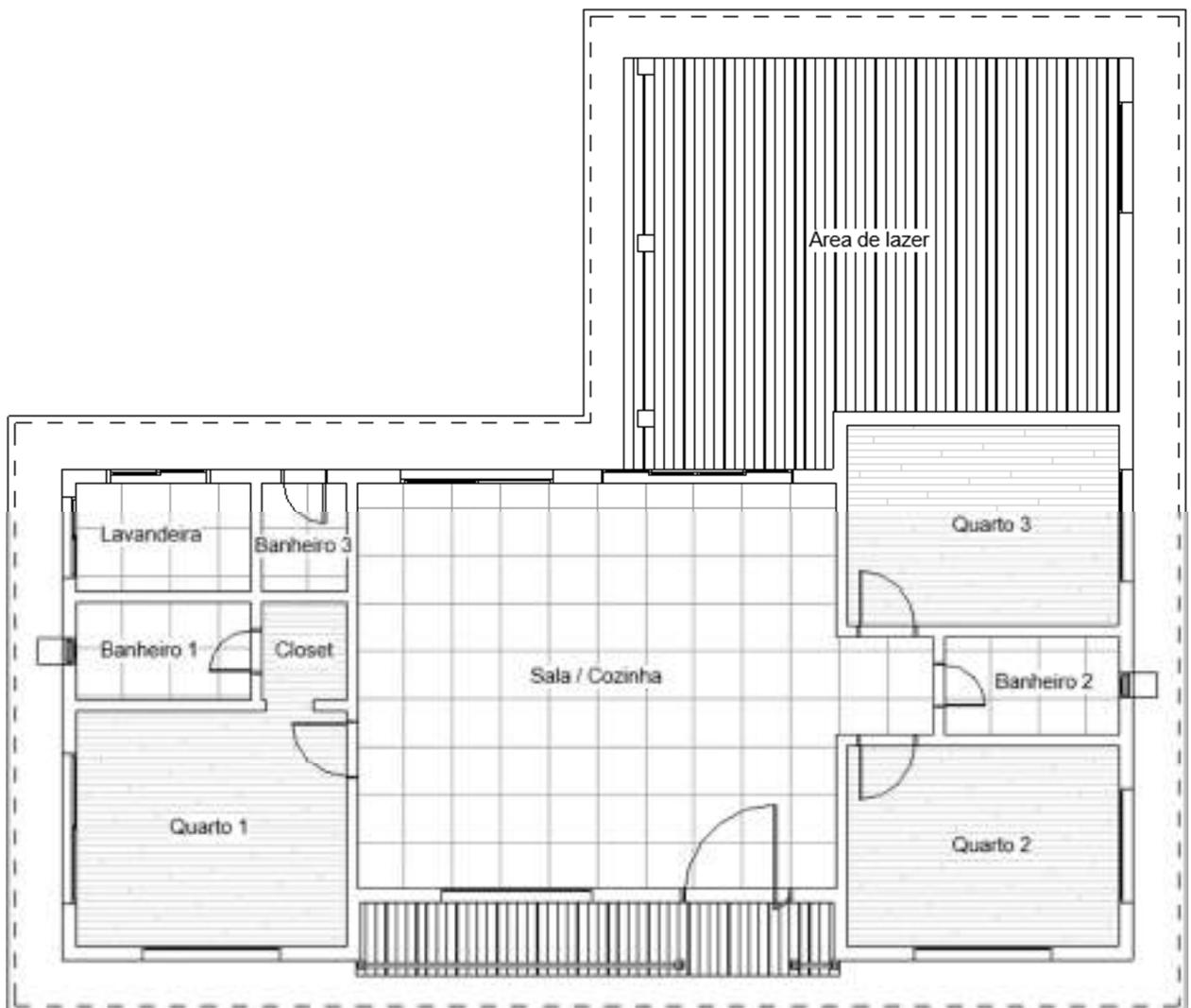
- A madeira utilizada para as estruturas das paredes e da cobertura foi a espécie de madeira *Pinus elliotti*;
- O terreno apresenta 20,00 m de comprimento por 22,50 m de largura, totalizando 495 m²;
- A residência foi planejada para acomodar 1 suíte com banheiro e closet, 2 quartos, 2 banheiros sociais, sala conjugada com cozinha, lavadeira e área de lazer;
- O modelo de fundação adotado foi o radier;
- A estrutura do piso utilizada foi com base na técnica de alvenaria convencional, constituída por contrapiso, argamassa e revestimento;
- A impermeabilização dos painéis estruturais realizou-se envolvendo a base com manta asfáltica impermeabilizante e estendendo-a até a altura de 0,20 m em ambos os lados;
- Os painéis foram estruturados por montantes, travessas, soleira inferior simples, soleira superior dupla e chapas de OSB;
- Os vãos de portas foram estruturados por montantes, umbrais e verga;
- Os vãos de janelas foram estruturados por montantes, umbrais, verga e contra verga;
- Nos cantos das paredes adotou-se o elemento de canto do tipo *California Corner*;
- Nas interseções das paredes adotou-se o elemento de interseção do tipo *Tie*;
- A fixação das estruturas de madeira devem ser efetuadas por pregos anelados (em rolo) ou espiralados (ardox) com diâmetro mínimo de 3,1 mm e comprimento mínimo de 75 mm;

- As faces internas das paredes para áreas secas necessitam de impermeabilização com membrana acrílica elástica aplicada a frio até altura de 0,20 m acima do piso acabado;
- As faces internas das paredes para áreas molhadas necessitam de membrana de impermeabilização até altura de 0,20 m acima do piso acabado. No caso das paredes apresentarem instalações hidráulicas, a membrana de impermeabilização deve se estender até 0,20 m acima do ponto de hidráulica mais alto;
- O estrutura do sistema de cobertura foi elaborada por tesouras, terças e telhas de PVC no modelo colonial;
- As terças e os elementos constituintes da tesoura foram dimensionados com base no documento Técnicas de construção civil do José Antonio de milito (2009);
- Os espaçamentos entre as tesouras foram realizados respeitando o limite de 2,50 m para seção 0,06 m x 0,12 m (MILITO, 2009);
- A divisão de águas do telhado e a disposição das treliças foram projetadas com base no documento Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira do Antonio Moliterno (2010), o qual adota as diretrizes da norma NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira (ABNT, 1997);
- As dimensões das telhas de PVC, a quantidade de terças por telha e inclinação do telhado foram calculados com base nas especificações do manual técnico Telhas de PVC da DVG Precon (2018).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foi realizado o projeto da planta baixa, em que é possível observar 1 suíte com banheiro e closet localizados à esquerda, 2 quartos e 1 banheiro social localizados à direita e a sala conjugada com a cozinha no centro da residência. Na área externa, observa-se a área de lazer, 1 banheiro e lavadeira, seguindo como referência a Figura 19 para disposição dos cômodos.

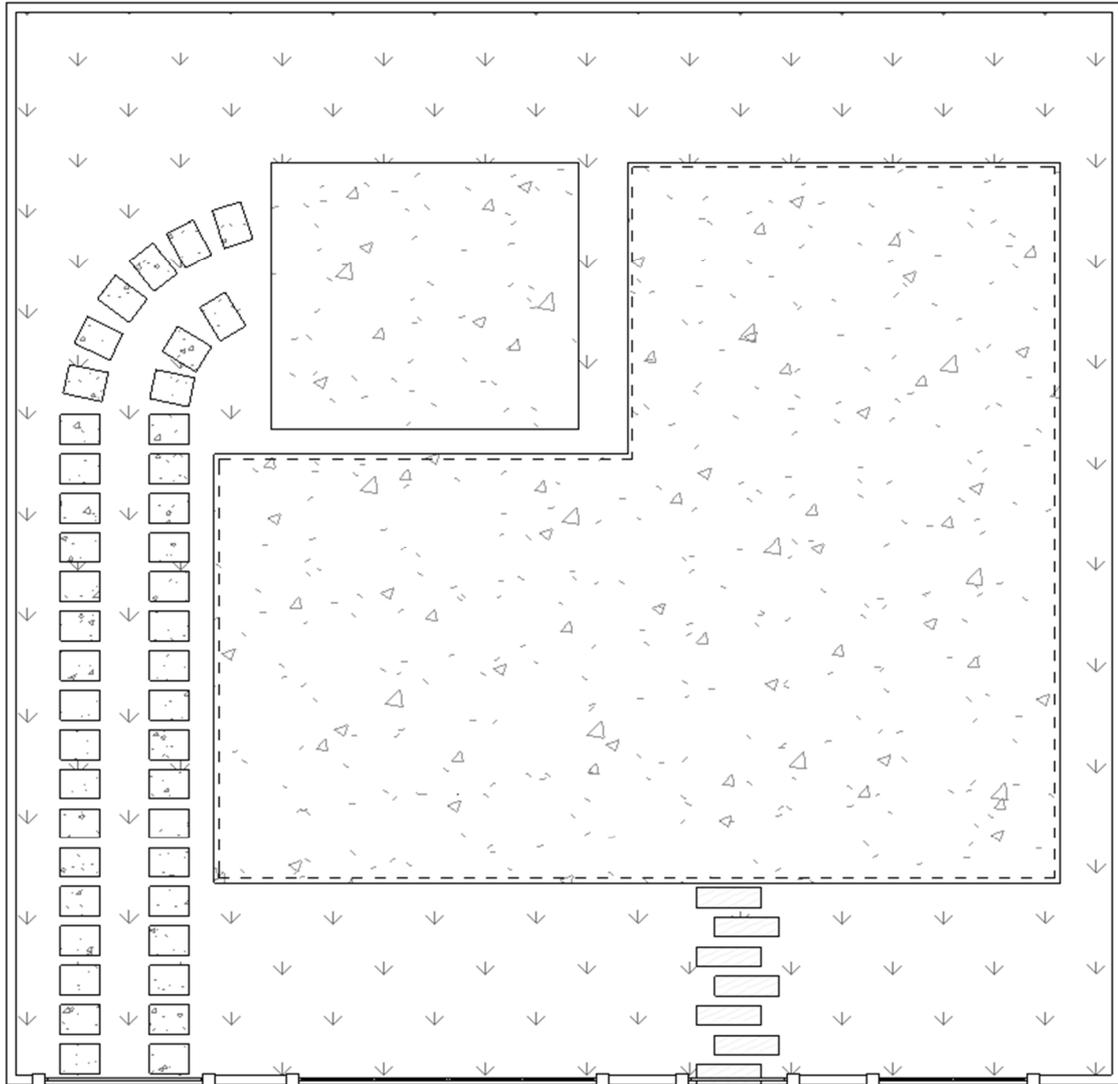
Figura 19 – Representação da planta baixa.



Fonte: Do autor (2023).

Em seguida, foi elaborada a planta de locação. Esta planta foi realizada com o intuito de apresentar a localidade da construção dentro do terreno, sendo representada de acordo com a Figura 20.

Figura 20 – Representação da planta de locação.



Fonte: Do autor (2023).

As áreas de cada cômodo foram discriminadas no Quadro 1, de maneira a apresentar informações claras e objetivas sobre as proporções e dimensionamento de cada espaço.

Quadro 1 – Dimensionamento dos ambientes.

| AMBIENTE | PERÍMETRO | ÁREA |
|----------------|---------------|----------------|
| | m | m ² |
| Sala / Cozinha | 27,76 | 43,02 |
| Quarto 1 | 14,76 | 13,55 |
| Closet | 5,34 | 1,80 |
| Banheiro 1 | 7,94 | 3,63 |
| Quarto 2 | 13,76 | 11,56 |
| Quarto 3 | 13,76 | 11,56 |
| Banheiro 2 | 7,94 | 3,63 |
| Banheiro 3 | 5,68 | 1,98 |
| Lavanderia | 8,28 | 4,04 |
| Área de lazer | 26,36 | 38,05 |
| TOTAL | 131,58 | 132,83 |
| | | |
| Terreno | 89,00 | 495,00 |
| Fundação | 63,44 | 200,56 |

Fonte: Do autor (2023).

A residência apresenta uma área total construída de 132,83 m², ou seja, aproximadamente 27% da área do terreno

4.1 Fundação

A fundação radier apresenta área total de 200,56 m² e perímetro de 63,44 m. A calçada externa ao redor da edificação possui uma distância horizontal de 0,77 m a partir da parede finalizada e inclinação de 1% em direção oposta a base da parede. Conforme o critério mínimo presente do manual DATec (2020), a calçada mantém 0,10 m de distância a mais que a projeção horizontal do beiral do telhado.

4.2 Pisos

Optou-se por empregar as técnicas da alvenaria convencional por se tratar de uma residência térrea, aproveitando o modelo de fundação radier. A estrutura do piso para os quartos e closet (áreas secas) configura-se por membrana de impermeabilização, contrapiso, argamassa e revestimento de laminado de madeira.

A estrutura do piso para os banheiros, sala / cozinha e lavanderia (áreas molhadas) configuram-se por membrana de impermeabilização, contrapiso, manta asfáltica, argamassa polimérica e revestimento de porcelanato. Estas áreas apresentam inclinação de 1% em direção ao ralo para garantir o escoamento d'água e evitar a formação de poças.

A estrutura do piso da área de lazer e entrada possui como base a mesma estrutura utilizada nas áreas molhadas, porém, o revestimento constitui-se por ripado de madeira com aplicação de verniz, como demonstrado na Figura 21.

Figura 21 – Representação do revestimento dos pisos.



Fonte: Do autor (2023).

A representação do revestimento dos pisos foi idealizada de maneira a se obter uma combinação coerente entre estética, conforto e execução técnica, fatores importantes para concepção de ambientes agradáveis e funcionais.

4.3 Paredes

Após execução dos pisos, seguindo as exigências técnicas normativas, inicia-se a próxima etapa do processo construtivo, a montagem das paredes.

As paredes externas foram elaboradas por quadros estruturais de madeira formados por montantes, travessas, soleira inferior e soleira superior dupla com seções de 40 mm x 140 mm, manta de lã de vidro entre os montantes e chapas de OSB de 9,5 mm de espessura em ambas as faces. Para o revestimento externo, utilizou-se placa cimentícia de 8 mm, argamassa cimentícia de 5 mm e textura acrílica com 3 mm de espessura.

O revestimento interno das paredes divide-se em 2 estruturas diferentes, para uma das estruturas utilizou-se revestimento de área seca, e para a outra, utilizou-se revestimento de área molhada.

As camadas internas da parede externa para área seca configuram-se por duas chapas de gesso para *drywall* de 12,5 mm de espessura (Quadro 2).

Quadro 2 – Camadas da parede externa com parede interna para área seca.

| | Camadas | Espessura (mm) | |
|-------------------|----------------------|----------------|-------|
| Área externa ↑ | Textura acrílica | 3,0 | 25,5 |
| | Argamassa cimentícia | 5,0 | |
| | Placa cimentícia | 8,0 | |
| | Painel OSB | 9,5 | |
| Centro | Montante | 140,0 | 140,0 |
| ↓ Área interna | Painel OSB | 9,5 | 34,5 |
| | Drywall | 12,5 | |
| | Drywall | 12,5 | |
| | Total | 200,0 | |

Fonte: Do autor (2023).

As camadas internas da parede externa para área molhada compõem-se por chapa de gesso para *drywall* do tipo RU (resistente à umidade) de 12,5 mm de espessura, revestida com placas de porcelanato assentadas com argamassa colante do tipo ACII (Quadro 3) para garantir maior resistência e durabilidade.

Quadro 3 – Camadas da parede externa com parede interna para área molhada.

| | Camadas | Espessura (mm) | |
|-------------------|----------------------|----------------|-------|
| Área externa ↑ | Textura acrílica | 3,0 | 25,5 |
| | Argamassa cimentícia | 5,0 | |
| | Placa cimentícia | 8,0 | |
| | Painel OSB | 9,5 | |
| Centro | Montante | 140,0 | 140,0 |
| ↓ Área interna | Painel OSB | 9,5 | 34,5 |
| | Drywall (RU) | 12,5 | |
| | Argamassa colante | 5,0 | |
| | Pocelanato | 7,5 | |
| | Total | | 200,0 |

Fonte: Do autor (2023).

As paredes internas foram elaboradas por quadros estruturais de madeira formados por montantes, travessas, soleira inferior e soleira superior dupla com seções de 40 mm x 90 mm, manta de lã de vidro entre os montantes e chapas de OSB de 9,5 mm de espessura em ambas as faces.

As camadas da parede interna para área seca constituem-se por duas chapas de gesso para *drywall* de 12,5 mm de espessura em cada lado (Quadro 4).

Quadro 4 – Camadas da parede interna para área seca.

| | Camadas | Espessura (mm) | |
|----------------|------------|----------------|------|
| Área seca ↑ | Drywall | 12,5 | 34,5 |
| | Drywall | 12,5 | |
| | Painel OSB | 9,5 | |
| Centro | Montante | 90,0 | 90,0 |
| ↓ Área seca | Painel OSB | 9,5 | 34,5 |
| | Drywall | 12,5 | |
| | Drywall | 12,5 | |
| Total | | 159,0 | |

Fonte: Do autor (2023).

As camadas da parede interna para área molhada conformam-se por chapa de gesso para *drywall* do tipo RU (resistente à umidade) de 12,5 mm de espessura, revestida com placas de porcelanato assentadas com argamassa colante do tipo ACII em cada lado (Quadro 5).

Quadro 5 – Camadas da parede interna para área molhada.

| | Camadas | Espessura (mm) | |
|-------------------|-------------------|----------------|------|
| Área molhada ↑ | Pocelanato | 7,5 | 34,5 |
| | Argamassa colante | 5,0 | |
| | Drywall (RU) | 12,5 | |
| | Painel OSB | 9,5 | |
| Centro | Montante | 90,0 | 90,0 |
| ↓ Área molhada | Painel OSB | 9,5 | 34,5 |
| | Drywall (RU) | 12,5 | |
| | Argamassa colante | 5,0 | |
| | Pocelanato | 7,5 | |
| Total | | 159,0 | |

Fonte: Do autor (2023).

As camadas da parede interna que realiza divisão de ambiente de área seca e área molhada definem-se de acordo com o Quadro 6.

Quadro 6 – Camadas da parede interna para área seca e área molhada.

| | Camadas | Espessura (mm) | |
|-------------------|-------------------|----------------|------|
| Área seca ↑ | Drywall | 12,5 | 34,5 |
| | Drywall | 12,5 | |
| | Painel OSB | 9,5 | |
| Centro | Montante | 90,0 | 90,0 |
| ↓ Área molhada | Painel OSB | 9,5 | 34,5 |
| | Drywall (RU) | 12,5 | |
| | Argamassa colante | 5,0 | |
| | Pocelanato | 7,5 | |
| Total | | 159,0 | |

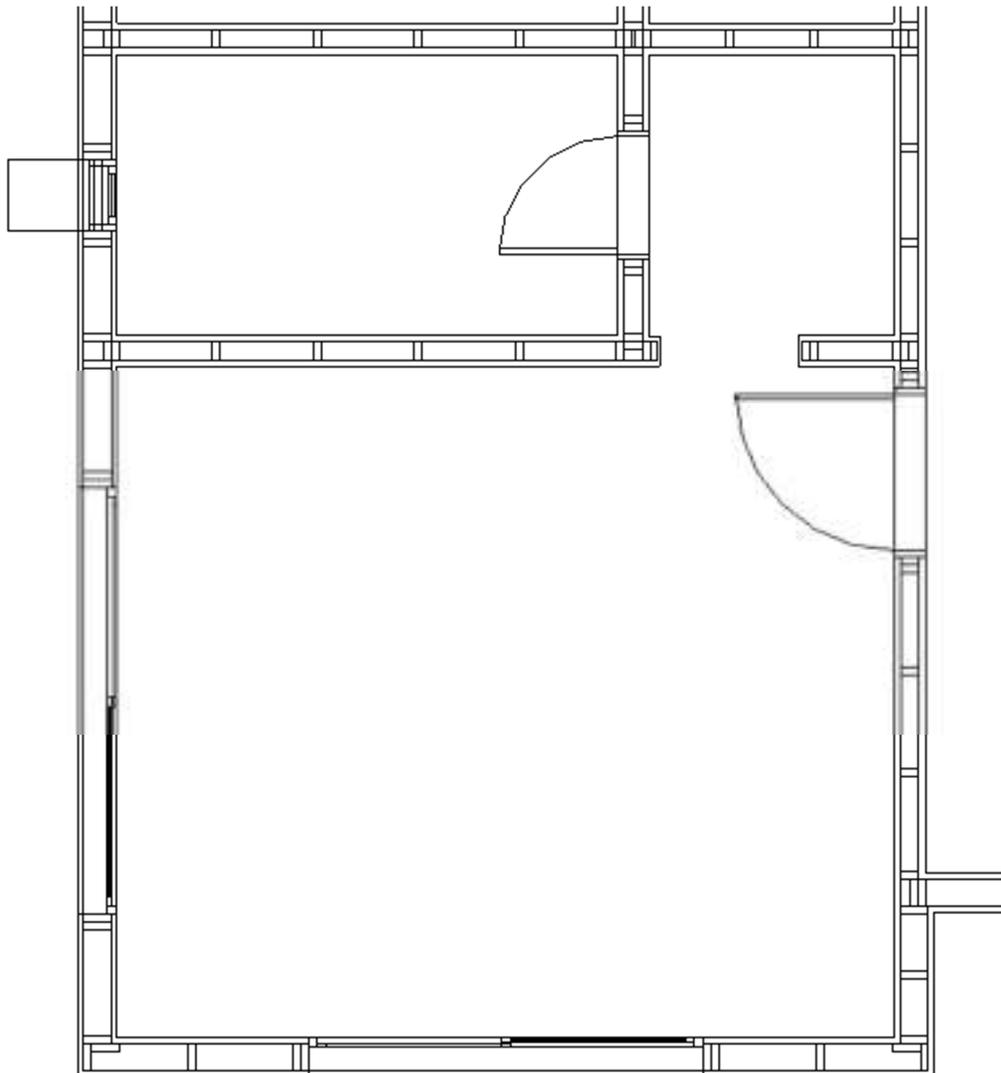
Fonte: Do autor (2023).

Por meio dos quadros de camadas das paredes, constatou-se que as paredes externas apresentam espessura de 0,20 m e as paredes internas apresentam espessura de 0,159 m. Porém,

no projeto estrutural, as paredes internas apresentam espessura de 0,16 m devido à aproximação das unidades de cota.

Com o objetivo de reduzir o consumo de madeira no projeto, foi utilizado o software Revit® 2023 para realizar o cálculo do espaçamento entre os montantes. O cálculo considerou a quantidade mínima de montantes necessários em cada painel, desde que seja posicionado um montante em cada canto de parede e o espaçamento não ultrapassasse o limite máximo de 0,60 m estabelecido por norma. Por conta dos painéis apresentarem comprimentos diferentes, o distanciamento dos montantes foi individual para cada um deles como demonstrado na Figura 22. Adotou-se esta metodologia com o objetivo de padronizar as medidas e facilitar a montagem do sistema estrutural.

Figura 22 – Detalhe da planta estrutural da suíte.



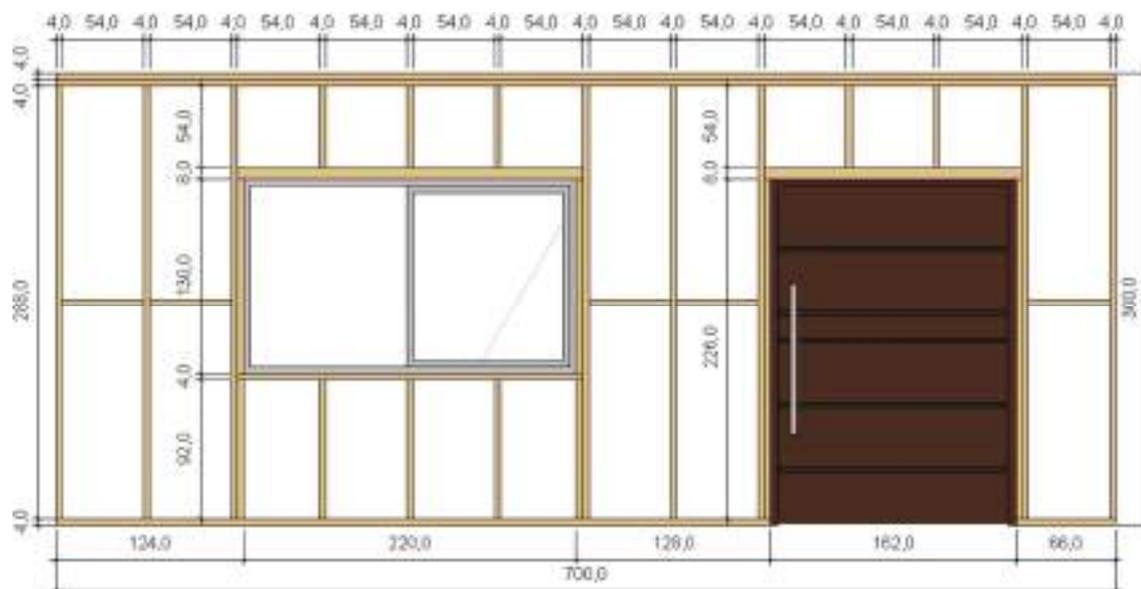
Fonte: Do autor (2023).

A Figura 22 foi retirada da planta estrutural e ampliada de modo a apresentar apenas o cômodo da suíte, com o propósito de fornecer maior riqueza de detalhes desse sistema.

Todos os painéis foram executados com soleira simples na região inferior e soleira dupla na região superior para que as paredes apresentassem mesma altura. Os montantes foram projetados com altura de 2,88 m e as soleiras com altura de 0,04 m, resultando em uma altura total de 3,00 m.

Os vãos de portas e janelas foram calculados com o intuito de evitar o deslocamento dos montantes para as laterais e garantir um distanciamento padronizado por todo o painel, fato que contribui para uma distribuição uniforme das cargas evitando sobrecarga em pontos específicos da estrutura. Na estrutura superior das portas e janelas, utilizou-se verga com 0,08 m de altura e na estrutura inferior das janelas utilizou-se contra verga com 0,04 m de altura. Além disso, na estrutura lateral dos vãos foram utilizados reforços estruturais denominados de umbral. Um dos painéis da edificação – identificado como número 2 – está representado na Figura 23, onde podem ser observados um vão para janela e outro para porta, com as respectivas estruturas. O painel 2 está contido na folha 005 – Detalhamento Estrutural no Apêndice A.

Figura 23 – Painel 2 do detalhamento estrutural.



Fonte: Do autor (2023).

Por meio do software OpenOffice®, levantou-se as dimensões e o quantitativo total de madeira necessário para a realização de toda a estrutura das paredes, a qual foi dividida em 14 painéis. O cálculo do volume de madeira está demonstrado no Quadro 7 totalizando aproximadamente 5 m³. Neste Quadro as colunas relacionadas a seção e comprimento estão em metros, a coluna relacionada a quantidade está em unidade e a coluna relacionada ao volume está em metros cúbicos.

Quadro 7 – Dimensionamento e quantitativo de peças de madeira por painel.

| PAINEL 1 | | | | | | | | | |
|----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,14 | 0,04 | 2,88 | 16 | 0,2580 | 0,14 | 0,04 | 4,28 | 6 | 0,1438 |
| 0,14 | 0,04 | 0,54 | 6 | 0,0181 | 0,14 | 0,04 | 0,49 | 8 | 0,0220 |
| 0,14 | 0,04 | 0,92 | 10 | 0,0515 | 0,14 | 0,04 | 2,08 | 2 | 0,0233 |
| 0,14 | 0,04 | 1,30 | 4 | 0,0291 | 0,14 | 0,08 | 2,08 | 2 | 0,0466 |

| PAINEL 2 | | | | | | | | | |
|----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,14 | 0,04 | 2,88 | 8 | 0,1290 | 0,14 | 0,04 | 7,00 | 2 | 0,0784 |
| 0,14 | 0,04 | 0,54 | 5 | 0,0151 | 0,14 | 0,04 | 4,72 | 1 | 0,0264 |
| 0,14 | 0,04 | 0,92 | 5 | 0,0258 | 0,14 | 0,04 | 0,66 | 1 | 0,0037 |
| 0,14 | 0,04 | 1,30 | 2 | 0,0146 | 0,14 | 0,04 | 0,54 | 5 | 0,0151 |
| 0,14 | 0,04 | 2,26 | 2 | 0,0253 | 0,14 | 0,04 | 2,28 | 1 | 0,0128 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 2,28 | 1 | 0,0255 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 1,70 | 1 | 0,0190 |

| PAINEL 3 | | | | | | | | | |
|----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 12 | 0,1244 | 0,09 | 0,04 | 4,09 | 2 | 0,0294 |
| 0,09 | 0,04 | 0,74 | 2 | 0,0053 | 0,09 | 0,04 | 2,96 | 1 | 0,0107 |
| 0,09 | 0,04 | 2,06 | 2 | 0,0148 | 0,09 | 0,04 | 0,27 | 1 | 0,0010 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,15 | 2 | 0,0011 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,472 | 5 | 0,0085 |
| | | | | | 0,09 | 0,08 | 0,94 | 1 | 0,0068 |

| PAINEL 4 | | | | | | | | | |
|----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 10 | 0,1037 | 0,09 | 0,04 | 4,00 | 2 | 0,0288 |
| 0,09 | 0,04 | 0,74 | 1 | 0,0027 | 0,09 | 0,04 | 2,77 | 1 | 0,0100 |
| 0,09 | 0,04 | 2,06 | 2 | 0,0148 | 0,09 | 0,04 | 0,503 | 1 | 0,0018 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,472 | 5 | 0,0085 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,383 | 1 | 0,0014 |
| | | | | | 0,09 | 0,08 | 0,807 | 1 | 0,0058 |

| PAINEL 5 | | | | | | | | | |
|----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 12 | 0,1244 | 0,09 | 0,04 | 4,09 | 2 | 0,0294 |
| 0,09 | 0,04 | 0,74 | 2 | 0,0053 | 0,09 | 0,04 | 2,96 | 1 | 0,0107 |
| 0,09 | 0,04 | 2,06 | 2 | 0,0148 | 0,09 | 0,04 | 0,27 | 1 | 0,0010 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,15 | 2 | 0,0011 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,472 | 5 | 0,0085 |
| | | | | | 0,09 | 0,08 | 0,94 | 1 | 0,0068 |

| PAINEL 6 | | | | | | | | | |
|----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 10 | 0,1037 | 0,09 | 0,04 | 2,60 | 3 | 0,0281 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 1,31 | 3 | 0,0141 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,472 | 5 | 0,0085 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,383 | 3 | 0,0041 |

| PAINEL 7 | | | | | | | | | |
|----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 2 | 0,0207 | 0,14 | 0,04 | 11,23 | 2 | 0,1258 |
| 0,14 | 0,04 | 2,88 | 15 | 0,2419 | 0,14 | 0,04 | 0,62 | 1 | 0,0035 |
| 0,14 | 0,04 | 0,74 | 11 | 0,0456 | 0,14 | 0,04 | 1,04 | 1 | 0,0058 |
| 0,14 | 0,04 | 2,06 | 6 | 0,0692 | 0,14 | 0,04 | 3,98 | 1 | 0,0223 |
| 0,14 | 0,04 | 1,12 | 5 | 0,0314 | 0,14 | 0,04 | 0,66 | 1 | 0,0037 |
| 0,14 | 0,04 | 0,90 | 2 | 0,0101 | 0,14 | 0,04 | 0,50 | 2 | 0,0056 |
| | | | | | 0,14 | 0,04 | 0,21 | 2 | 0,0024 |
| | | | | | 0,14 | 0,04 | 0,54 | 3 | 0,0091 |
| | | | | | 0,14 | 0,04 | 2,28 | 1 | 0,0128 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 1,58 | 1 | 0,0177 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 0,73 | 1 | 0,0082 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 2,28 | 1 | 0,0255 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 2,86 | 1 | 0,0320 |

| PAINEL 8 | | | | | | | | | |
|----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,14 | 0,04 | 2,88 | 9 | 0,1452 | 0,14 | 0,04 | 4,14 | 3 | 0,0696 |
| | | | | | 0,14 | 0,04 | 0,546 | 7 | 0,0214 |

| PAINEL 9 | | | | | | | | | |
|----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 2 | 0,0207 | 0,14 | 0,04 | 6,84 | 3 | 0,1149 |
| 0,14 | 0,04 | 2,88 | 12 | 0,1935 | 0,14 | 0,04 | 0,11 | 2 | 0,0012 |
| 0,14 | 0,04 | 0,54 | 5 | 0,0151 | 0,14 | 0,04 | 0,447 | 2 | 0,0050 |
| 0,14 | 0,04 | 0,92 | 9 | 0,0464 | 0,14 | 0,04 | 0,537 | 2 | 0,0060 |
| 0,14 | 0,04 | 1,30 | 4 | 0,0291 | 0,14 | 0,04 | 1,28 | 1 | 0,0072 |
| 0,14 | 0,04 | 1,62 | 2 | 0,0181 | 0,14 | 0,04 | 0,447 | 1 | 0,0025 |
| 0,14 | 0,04 | 0,60 | 2 | 0,0067 | 0,14 | 0,04 | 2,267 | 1 | 0,0127 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 1,28 | 1 | 0,0143 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 0,447 | 1 | 0,0050 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 2,267 | 1 | 0,0254 |

| PAINEL 10 | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 10 | 0,1037 | 0,09 | 0,04 | 3,25 | 2 | 0,0234 |
| 0,09 | 0,04 | 0,74 | 2 | 0,0053 | 0,09 | 0,04 | 2,175 | 1 | 0,0078 |
| 0,09 | 0,04 | 2,06 | 2 | 0,0148 | 0,09 | 0,04 | 0,425 | 1 | 0,0015 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,50 | 3 | 0,0054 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,305 | 2 | 0,0022 |
| | | | | | 0,09 | 0,08 | 0,73 | 1 | 0,0053 |

| PAINEL 11 | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 16 | 0,1659 | 0,09 | 0,04 | 6,14 | 2 | 0,0442 |
| 0,09 | 0,04 | 0,74 | 1 | 0,0027 | 0,09 | 0,04 | 3,488 | 1 | 0,0126 |
| 0,09 | 0,04 | 2,06 | 2 | 0,0148 | 0,09 | 0,04 | 1,792 | 1 | 0,0065 |
| 0,14 | 0,04 | 2,88 | 4 | 0,0645 | 0,09 | 0,04 | 0,50 | 3 | 0,0054 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,447 | 3 | 0,0048 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,028 | 1 | 0,0001 |
| | | | | | 0,09 | 0,04 | 0,484 | 3 | 0,0052 |
| | | | | | 0,09 | 0,08 | 0,94 | 1 | 0,0068 |
| | | | | | 0,14 | 0,04 | 0,70 | 3 | 0,0118 |
| | | | | | 0,14 | 0,04 | 0,29 | 2 | 0,0032 |

| PAINEL 12 | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|-------|--------|------------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | | HORIZONTAL | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 10 | 0,1037 | 0,09 | 0,04 | 2,30 | 6 | 0,0497 |
| 0,14 | 0,04 | 2,88 | 8 | 0,1290 | 0,09 | 0,04 | 0,49 | 8 | 0,0141 |
| | | | | | 0,14 | 0,04 | 0,70 | 6 | 0,0235 |
| | | | | | 0,14 | 0,04 | 0,29 | 4 | 0,0065 |

| PAINEL 13 | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|-------|------------|-------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 4 | 0,0415 | 0,09 | 0,04 | 1,50 | 2 | 0,0108 |
| 0,09 | 0,04 | 0,74 | 2 | 0,0053 | 0,09 | 0,04 | 0,425 | 2 | 0,0031 |
| 0,09 | 0,04 | 2,06 | 2 | 0,0148 | 0,09 | 0,04 | 0,305 | 2 | 0,0022 |
| | | | | | 0,09 | 0,08 | 0,73 | 1 | 0,0053 |

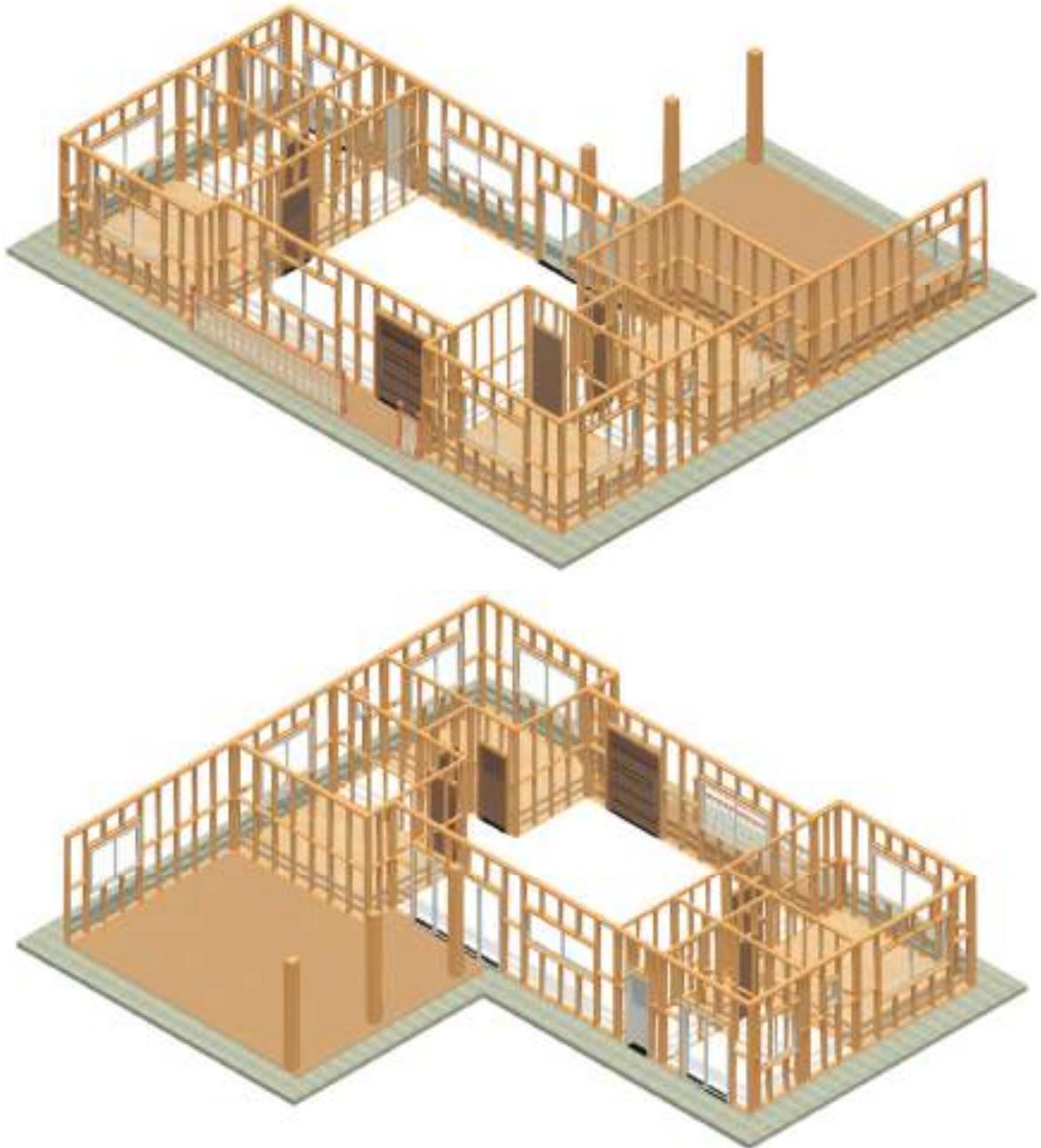
| PAINEL 14 | | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|-------|------------|-------|------|-------------|-------|--------|
| VERTICAL | | | | HORIZONTAL | | | | | |
| Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. | Seção | | Comprimento | Qntd. | Vol. |
| 0,09 | 0,04 | 2,88 | 2 | 0,0207 | 0,14 | 0,04 | 13,02 | 3 | 0,2187 |
| 0,14 | 0,04 | 2,88 | 21 | 0,3387 | 0,14 | 0,04 | 0,533 | 6 | 0,0179 |
| 0,14 | 0,04 | 0,54 | 6 | 0,0181 | 0,14 | 0,04 | 0,552 | 4 | 0,0124 |
| 0,14 | 0,04 | 1,02 | 4 | 0,0228 | 0,14 | 0,04 | 0,447 | 2 | 0,0050 |
| 0,14 | 0,04 | 1,20 | 2 | 0,0134 | 0,14 | 0,04 | 1,68 | 1 | 0,0094 |
| 0,14 | 0,04 | 0,92 | 8 | 0,0412 | 0,14 | 0,04 | 1,736 | 2 | 0,0194 |
| 0,14 | 0,04 | 1,30 | 4 | 0,0291 | 0,14 | 0,04 | 0,447 | 1 | 0,0025 |
| 0,14 | 0,04 | 1,62 | 2 | 0,0181 | 0,14 | 0,08 | 1,68 | 1 | 0,0188 |
| 0,14 | 0,04 | 0,60 | 2 | 0,0067 | 0,14 | 0,08 | 1,736 | 2 | 0,0389 |
| | | | | | 0,14 | 0,08 | 0,447 | 1 | 0,0050 |

| | | |
|--------------------------------|----------|---------------------------|
| VOLUME TOTAL DE MADEIRA | = | 4,96 m³ |
|--------------------------------|----------|---------------------------|

Fonte: Do autor (2023).

A Figura 24 ilustra a concepção estrutural das paredes sem revestimento.

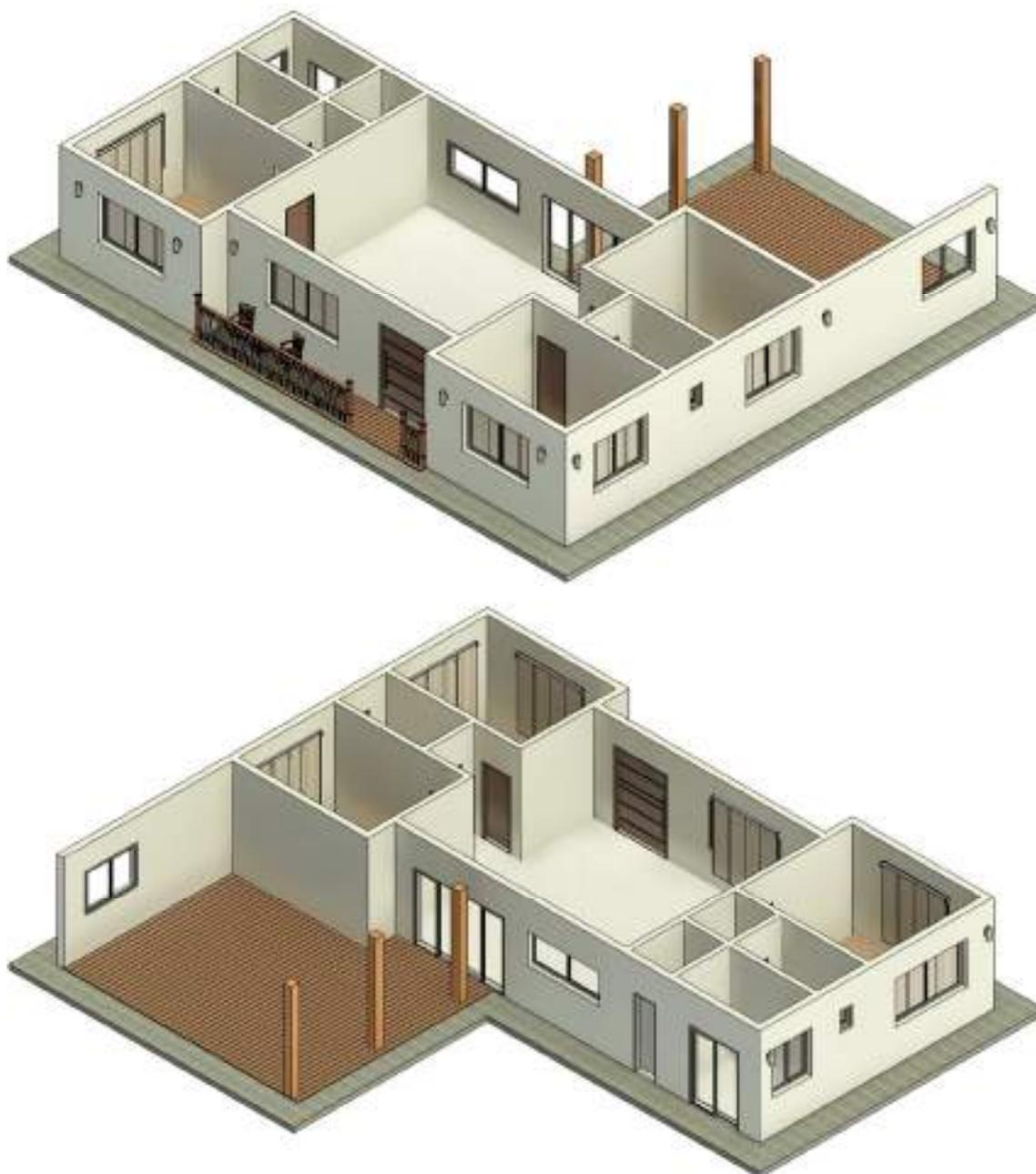
Figura 24 – Modelagem 3D da estrutura das paredes.



Fonte: Do autor (2023).

A Figura 25 ilustra a concepção final das paredes com revestimento idealizada no projeto.

Figura 25 – Modelagem 3D das paredes com revestimento.



Fonte: Do autor (2023).

Após a conclusão do desenvolvimento das paredes prosseguiu-se para a próxima etapa do projeto, na qual compreende a elaboração do sistema de cobertura.

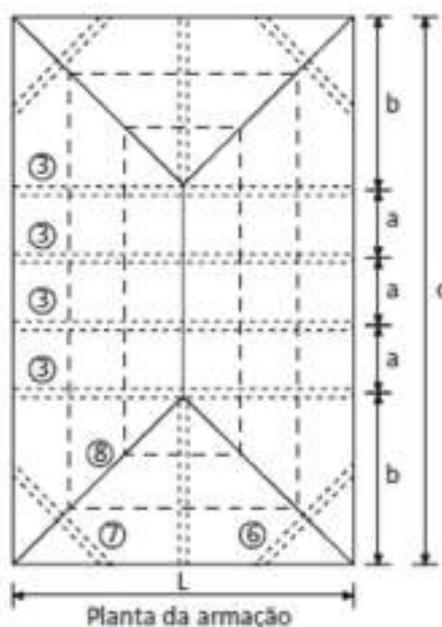
4.4 Cobertura

Inicialmente, para se obter a concepção estrutural do telhado, foi realizado o dimensionamento das tesouras utilizando como base o documento Técnicas de construção civil do José Antonio de Milito (2009). Seguindo as recomendações deste documento, optou-se por utilizar o modelo de tesoura simples, composto por: frechal, perna, linha, estribo, pendural, tirante, asna e escoras. O dimensionamento das seções das peças que constituem a estrutura em questão foi de 0,06 m x 0,12 m, em concordância com o critério em que os vãos entre as tesouras não devem exceder 2,50 m.

Deste modo, adotando o mesmo critério citado acima, realizou-se o dimensionamento das seções das terças, o qual também foi de 0,06 m x 0,12 m a fim de padronizar a estrutura como um todo.

Dando continuidade, após o dimensionamento dos elementos estruturais, foi preciso definir a divisão de águas do telhado e a disposição das tesouras para idealização da planta de cobertura e planta de armação, respectivamente. Deste modo, foram analisados os modelos de plantas presentes no documento Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira elaborado por Antonio Moliterno (2010), e optou-se por adotar como referência o modelo da Figura 26.

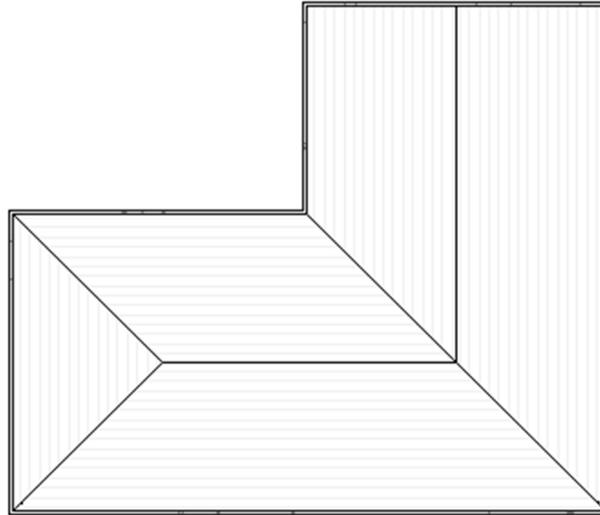
Figura 26 – Planta de armação para telhado de 4 águas.



Fonte: Moliterno (2010).

Deste modo, após realizar algumas adaptações e compatibilizar o modelo acima com o projeto original, definiu-se que a planta de cobertura seria dividida em 5 águas (Figura 27).

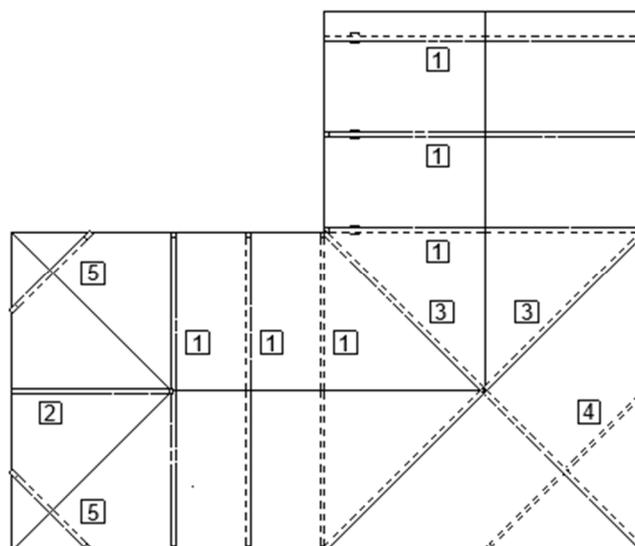
Figura 27 – Representação da planta de cobertura.



Fonte: Do autor (2023).

Já para a planta de armação, configurou-se a disposição das tesouras conforme apresentado na Figura 28. Esta planta foi desenvolvida utilizando 12 treliças, identificadas em 5 modelos diferentes.

Figura 28 – Representação da planta de armação.



Fonte: Do autor (2023).

A telha selecionada para o fechamento da cobertura foi o modelo colonial de PVC da DVG Precon. Preferiu-se pela escolha desta telha por conta das principais vantagens apresentadas, como:

- Telhas leves e fáceis de trabalhar;
- Material de composição 100% reciclável;
- Estrutura do telhado simplificada: necessita apenas de tesoura e terço;
- Economia, velocidade e praticidade.

De acordo com as especificações do manual técnico da DVG Precon (2018) para instalação das telhas coloniais de PVC (Quadro 8), a telha selecionada para o projeto foi com dimensões de 4,59 m de comprimento por 0,86 m de largura.

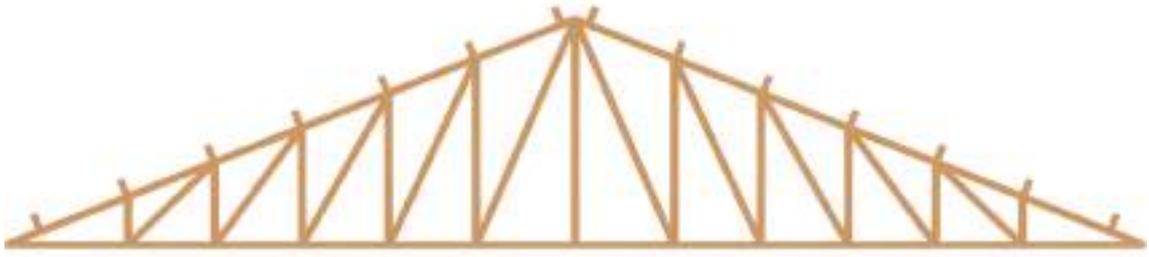
Quadro 8 – Especificações das telhas do modelo colonial.

| Especificações | | | | | | |
|--|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Comprimento | 2,30 m | 2,62 m | 3,28 m | 3,94 m | 4,59 m | 5,25 m |
| Largura | 0,86 m | 0,86 m | 0,86 m | 0,86 m | 0,86 m | 0,86 m |
| Espessura | 2,0 a 2,1 mm | | | | | |
| Área útil por telha | 1,53 m ² | 1,77 m ² | 2,28 m ² | 2,78 m ² | 3,28 m ² | 3,79 m ² |
| Largura útil | 0,77 m | 0,77 m | 0,77 m | 0,77 m | 0,77 m | 0,77 m |
| Apoios por telha | 4 a 5 | 5 a 6 | 6 a 7 | 7 a 8 | 7 a 8 | 8 a 9 |
| Peso aproximado por metro linear | 3,25 kg/m | | | | | |
| Parafusos e kits de vedação por telha* | 8 a 10 | 10 a 12 | 12 a 14 | 14 a 16 | 14 a 16 | 16 a 18 |
| | Parafusos de 3 1/2" | | | | | |
| Cores | Cerâmica, marfim, concreto, branca e translúcida | | | | | |

Fonte: DVG Precon (2018).

Analisando o Quadro, verificou-se que a quantidade de terças (apoios por telha) deveriam ser de 7 a 8 unidades. Neste caso, foram distribuídas 7 terças por telha e posicionadas sobre os nós da treliça como exposto na Figura 29.

Figura 29 – Treliça 1 da planta de armação.



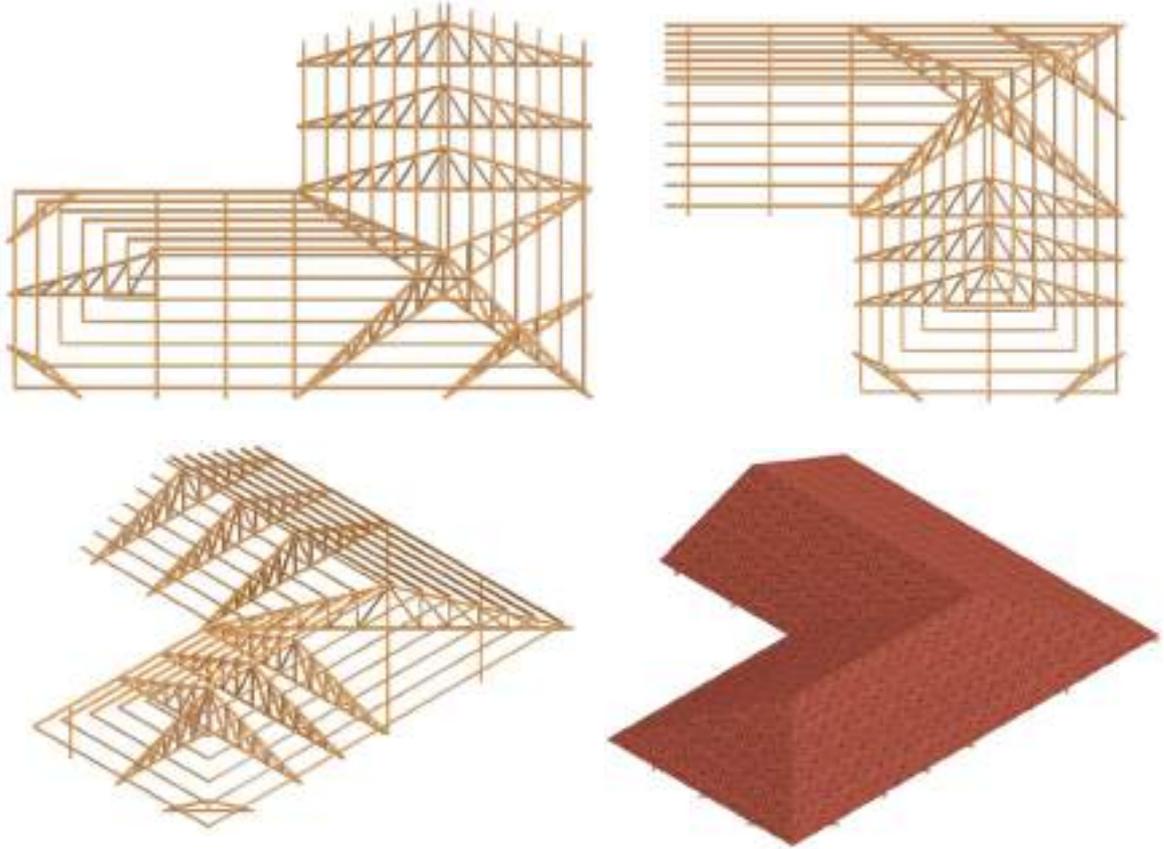
Fonte: Do autor (2023).

A inclinação projetada para o telhado foi de 40% respeitando o limite de inclinação do manual que se encontra na faixa de 17% a 58%. O beiral apresenta projeção horizontal de 0,67 m a partir da parede finalizada respeitando a projeção mínima de 0,60 m.

O forro configura-se por uma camada dupla de chapa de gesso para *drywall*, com espessura de 12,5 mm cada, sobrepostas por uma camada de manta de lã de vidro com 100 mm de espessura para garantir o isolamento térmico e acústico.

Por fim, verifica-se a estrutura completa do telhado na Figura 30.

Figura 30 - Modelagem 3D da estrutura do telhado.



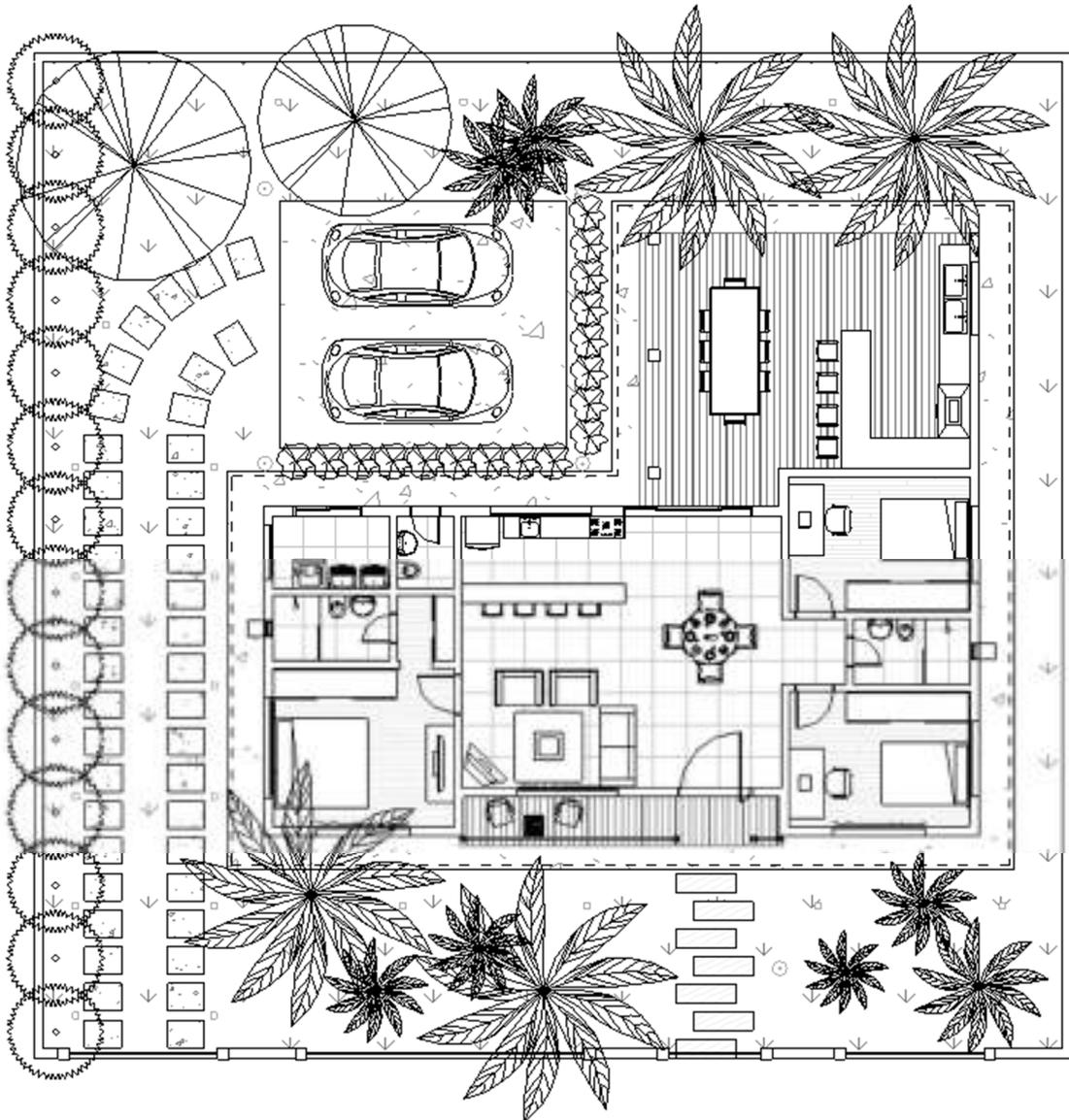
Fonte: Do autor (2023).

O objetivo do telhado foi planejar um sistema de cobertura simples, leve e prático utilizando a madeira como elemento estrutural e a telha de PVC reciclável como elemento de vedação, em conformidade com o conceito de sustentabilidade.

4.5 Layout, fachada e modelagem 3D

O layout foi desenvolvido com a finalidade de apresentar a disposição dos cômodos, estabelecer fluxos de circulação, dimensionar os espaços internos e externos e evidenciar a interação entre os ambientes, proporcionando uma visão geral da residência (Figura 31).

Figura 31 – Disposição do layout.



Fonte: Do autor (2023).

A fachada sul está representada na Figura 32 com a vegetação frontal oculta, de modo a permitir a visualização completa da aparência externa da residência, auxiliando na compreensão do projeto.

Figura 32 – Representação da fachada sul.



Fonte: Do Autor (2023).

Em última análise, são apresentadas na Figura 33 a modelagem tridimensional do projeto finalizado, retratando o período diurno com iluminação natural do sol e noturno com iluminação artificial.

Figura 33 – Modelagem 3D do projeto finalizado.



Fonte: Do autor (2023).

A modelagem 3D possibilita uma visão realista e precisa do resultado final, ilustrando a representação de elementos decorativos, texturas, vegetação e iluminação. Enfim, as modelagens tridimensionais permitem maior compreensão do projeto para a etapa de execução.

5 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, conclui-se:

- Foi desenvolvido um projeto arquitetônico de uma residência térrea unifamiliar. Observou-se a necessidade dos painéis serem modulados para respeitar os espaçamentos requeridos. Foram atendidas todas as recomendações técnicas empregadas como referência;
- Foi realizado o pré-projeto estrutural da mencionada edificação. Foi possível o pré-dimensionamento pois o projeto arquitetônico foi concebido para a técnica construtiva em *light wood frame*. Foram atendidas todas as recomendações técnicas empregadas como referência.

Considerando o tema abordado e os projetos realizados, são apresentadas algumas sugestões para possíveis trabalhos futuros a fim de complementar este projeto. Sugere-se que os possíveis trabalhos futuros apresentem os seguintes temas: verificações em Estado Limite Último (ELU) e Estado Limite de Serviço (ELS), dimensionamento da fundação, elaboração do projeto elétrico, elaboração do projeto hidrossanitário, planejamento orçamentário e cronograma para execução do projeto.

REFEÊNCIAS

- APA. **Advanced Framing Construction Guide**. Tacoma, WA, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14715-1**: Chapas de Gesso para Drywall, parte 1: Requisitos. Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2021
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais. Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ATOS Arquitetura. Dicas para quem vai construir sua casa: construção em wood frame. **ATOS Arquitetura**. 2018. Disponível em: <<https://atosarquitetura.com.br/noticias/dicas-para-quem-vai-construir-sua-casa-construcao-em-wood-frame/>>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- AZEVEDO, H. A. **O edifício até sua cobertura**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.
- BALEN, E.; PANSERA, R. D.; ZANARDO, R. L. P. Wood frame: Busca por sustentabilidade. **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS**. Passo Fundo, 2016.
- BOLSONI, Fernando. Bolsoni construções sustentáveis. **Sistema Wood frame**. Bolsoni construtora. 2014. Disponível em: <<https://bolsoniconstrutora.com.br/sistema-wood-frame/>>. Acesso em: 15 fev. 2023.
- BOLSONI, Fernando. Intordução ao wood frame. Fernando Bolsoni.- Florianópolis, SC: Editora Escrita Criativa, 2020. 5,9 MB; ePUB. Disponível em <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=9GACEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT19&dq=bolsoni+wood+frame&ots=ziG5_2DXVu&sig=5TInXY4WHBNc_8CZnP28mh7_r2A#v=onepage&q=bolsoni%20wood%20frame&f=false>_Acesso em: 15 fev. 2023.
- BROWN, L. **ECO-ECONOMIA**: Construindo uma Economia para a Terra. Salvador: UMA - Universidade Livre da Mata Atlântica, 2003.

CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS A. A. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**. Barueri: Manoele, 2003.

CEOTTO, L. **Construção Sustentável**. Massa cinzenta: Cooperação na forma de informação, 2007.

CRUZ, Esteves; MARCO, M.; FLORIAN, F. (2022). **Estudo Comparativo Entre Alvenaria E Parede De Concreto**: vantagens e desvantagens. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218, 3(1), e3102108.

DIAS, Gustavo Lacerda. **Estudo Experimental de Paredes Estruturais de Sistema Leve em Madeira (Sistema Plataforma) Submetidas a Força Horizontal no seu Plano**. 2005. Monografia (Doutor em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o Projeto e Execução de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Porto Alegre, 1999.

FARIA, R. **Industrialização econômica**: Sistemas construtivos industrializados ganham força com expansão do segmento residencial econômico. Revista Técnica. 136. Ed. Jul/2008.

GONÇALVES, L. S. ., CAZELLA, P. H. da S. ., AGIADO, A. C. ., e PEDREIRO, M. R. de M. **Análise Comparativa Entre Alvenaria Convencional E Alvenaria Estrutural**. Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação. 8(11) (2022), 2611–2618.

GUITARRARA, Paloma. "COP 27 — Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas"; Brasil Escola. 2022 Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/cop-27-conferencia-das-nacoes-unidas-sobre-as-mudancas-climaticas.htm>. Acesso em 30 de maio de 2023.

LARUCCIA, M.M. 2014. **Sustentabilidade e Impactos Ambientais da Construção Civil**. Revista Eniac Pesquisa. 3, 1 (jun. 2014), 69–84.

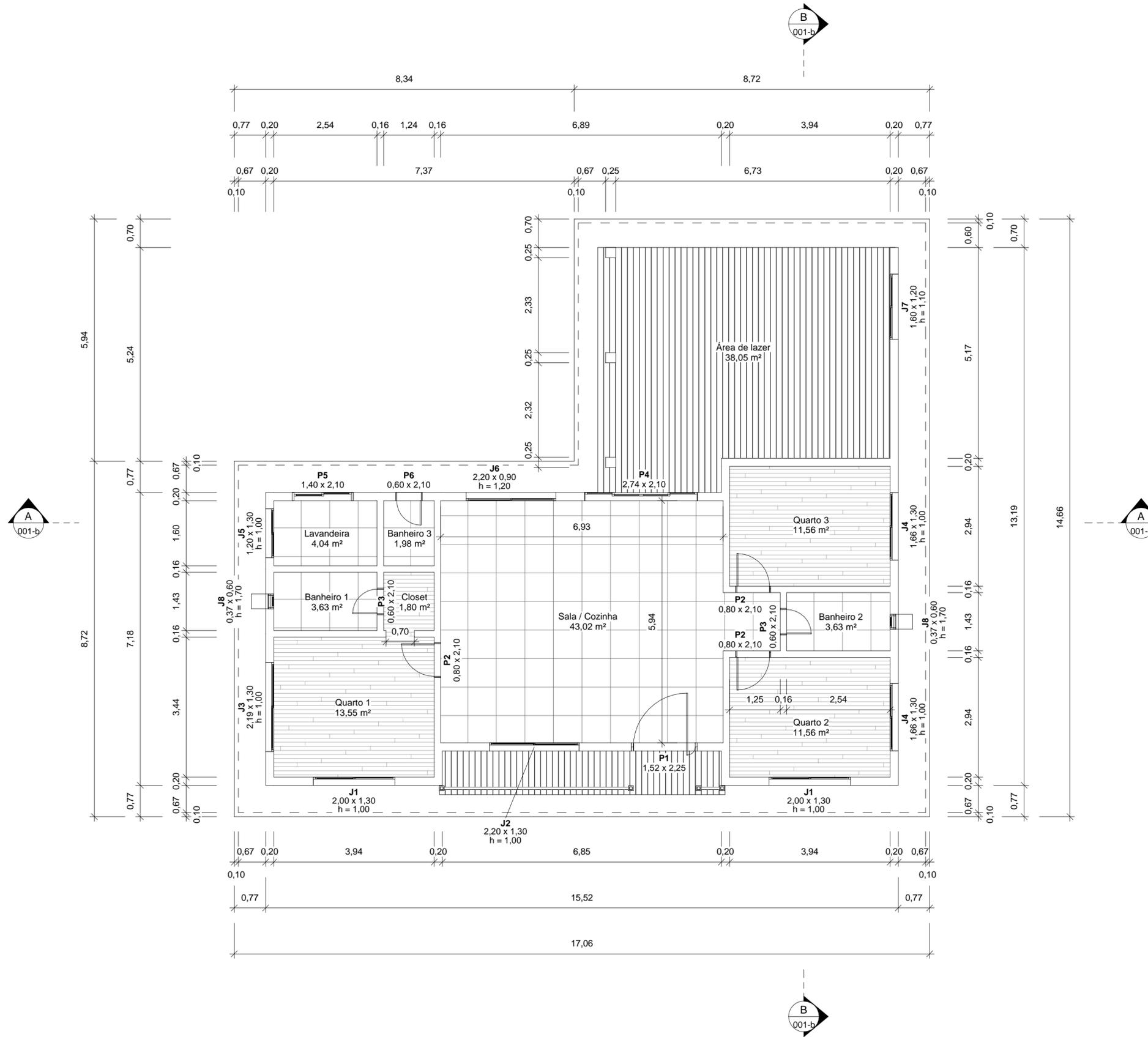
LEITE, M. A. **Construção de edificações pré-fabricadas em Wood Frame para habitação de interesse social no Estado do Ceará**: análise da viabilidade econômico-financeira, técnica e ambiental. 2017. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

- MILITO, José Antonio. **Técnica de construção civil**. São Paulo. 2009.
- MOLINA, J. C.; JUNIOR, C. C. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira**. Revista Ciências Exatas e Tecnológicas. Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, dez/2010.
- MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira. Revisão de Reyolando M. L. R. da Fonseca Brasil**. 4.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2010.
- OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1998. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.
- PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de madeira**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2003.
- PNAD. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios: PNAD: microdados**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9171-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-mensal.html>>
- SANTIAGO, T. O que é o Wood Frame: Como Fazer, Vantagens e Desvantagens. **Projétou Blog**. 2021. Disponível em: <<https://www.projétou.com.br/posts/titulo-o-que-e-wood-frame/>>. Acesso em: 13 fev. 2023.
- SILVA, F. B. Sistemas construtivos: Wood frame - construções com perfis e chapas de madeira. **Revista Téchné**. 161. Ed. Ago/2010.
- SNIF. **Sistema Nacional de Informações Florestais**. Brasília, DF, 2016. Disponível em <<https://snif.florestal.gov.br/pt-br/conhecendo-sobre-florestas>>
- SOUZA, L. G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e wood frame**. Revista Online Especialize. Jan/2013.
- TECVERDE, DATec. nº 020-D. Documento de Avaliação Técnica. **Sistema garantido em peças leves de madeira maciça serrada. Tecverde (tipo light wood framing)**. Ministério do Desenvolvimento Regional – Instituto Falcão Bauer da Qualidade (IFBQ) – Proponente TECVERDE Engenharia SA, São Paulo, 2020.

THALLON, Rob. **Graphic guide to frame construction: details for builders and designers.**
7ª edição. Newtown: The Taunton Press, 2000.

APÊNDICE

APÊNDICE A: Projeto arquitetônico e pré-projeto estrutural



1 Planta Baixa
1 : 75



| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

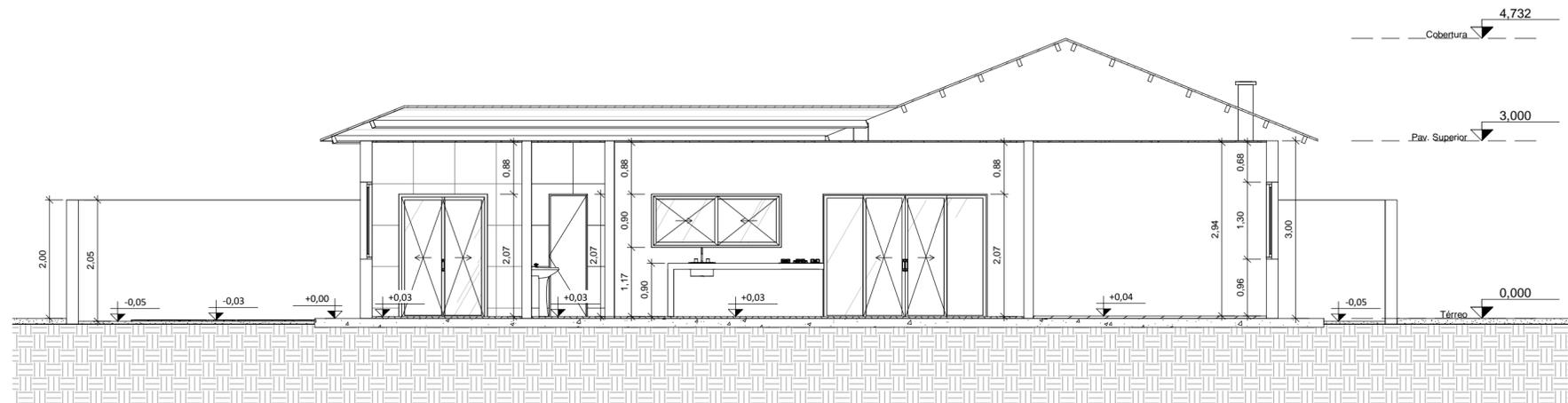
Projeto TCC
Resid. Wood Frame

Planta Baixa

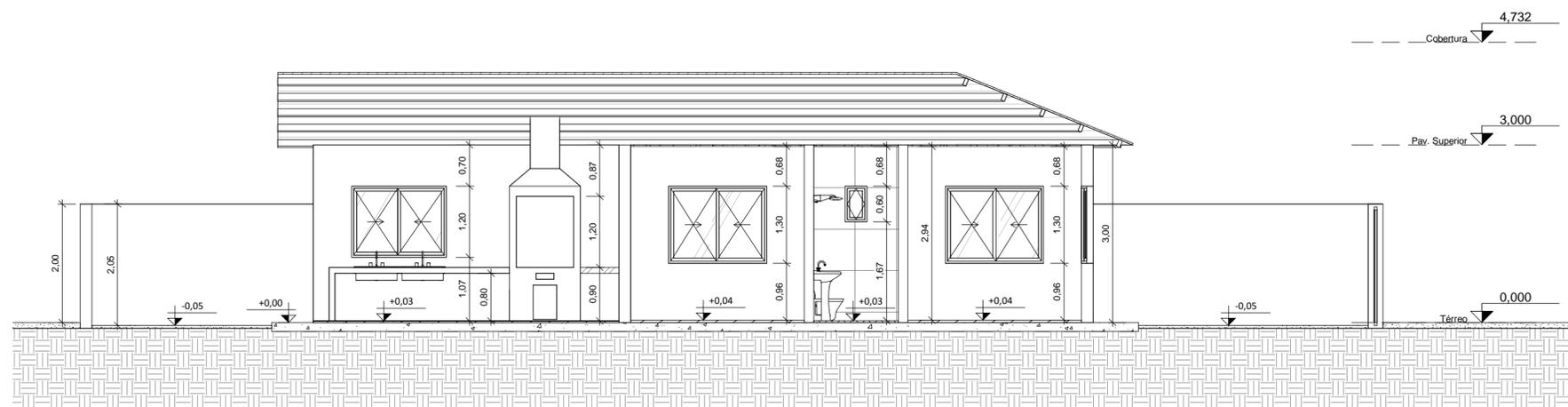
| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 01 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillardi |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |

001 - a

| | |
|--------|--------|
| Escala | 1 : 75 |
|--------|--------|



1 Corte AA
1 : 75



2 Corte BB
1 : 75



| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

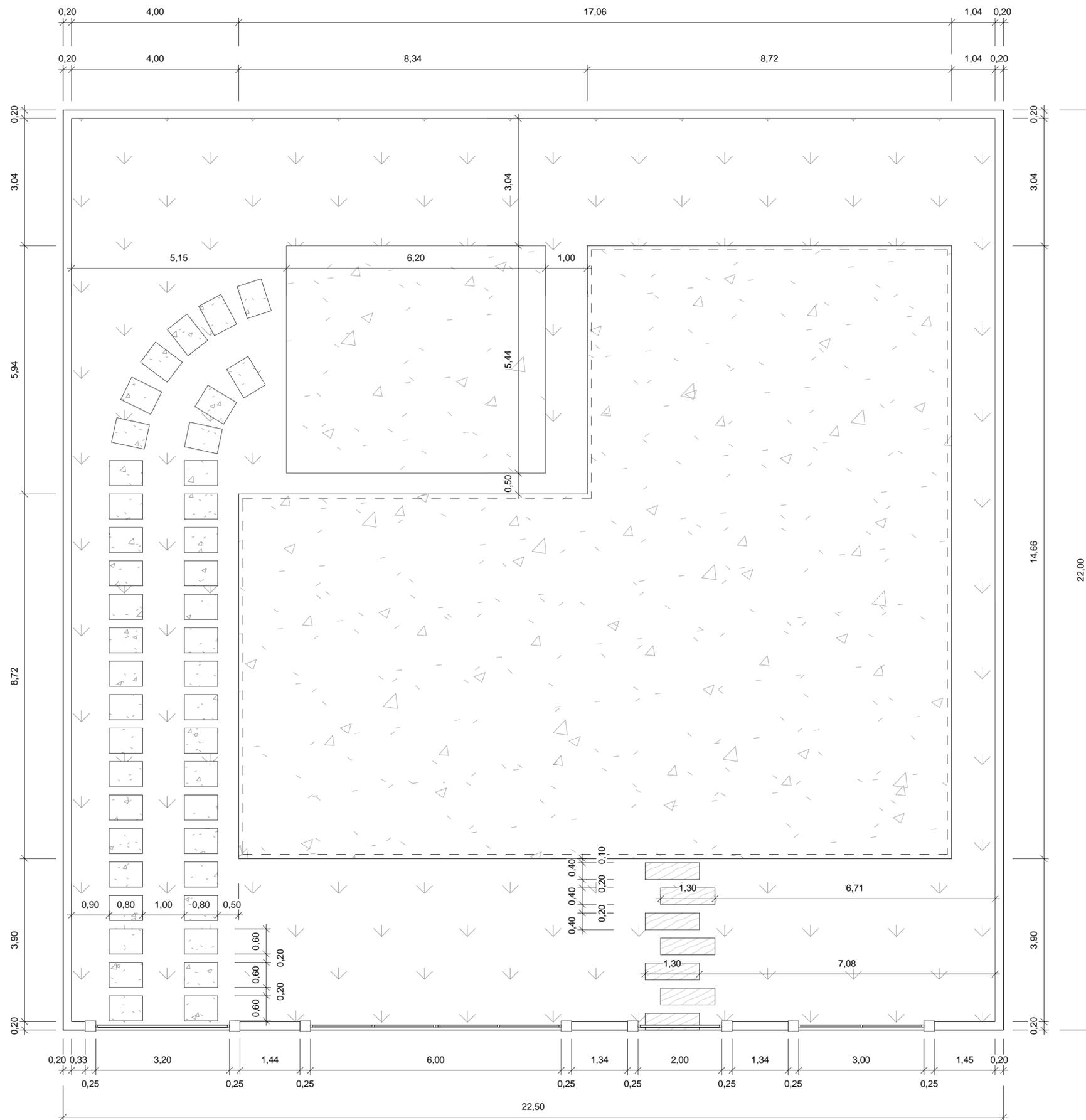
Projeto TCC
Resid. Wood Frame

Planta Corte

| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 01 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillardi |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |

001 - b

| | |
|--------|--------|
| Escala | 1 : 75 |
|--------|--------|



1 Planta de Locação
1 : 75

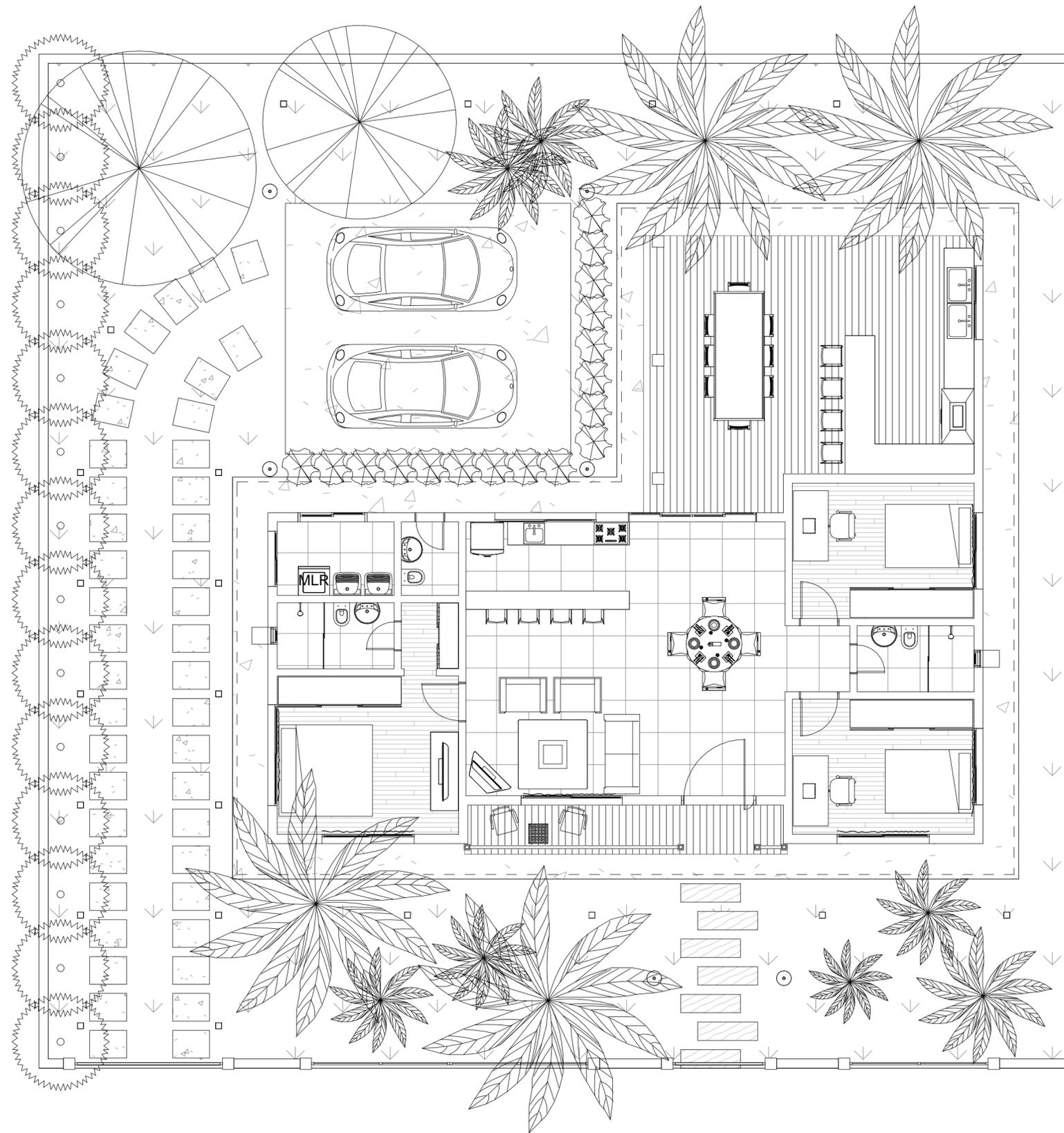


| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Projeto TCC
Resid. Wood Frame

Planta de Locação

| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 02 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillardi |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |
| 002 | |
| Escala | 1 : 75 |



1 Layout
1 : 75

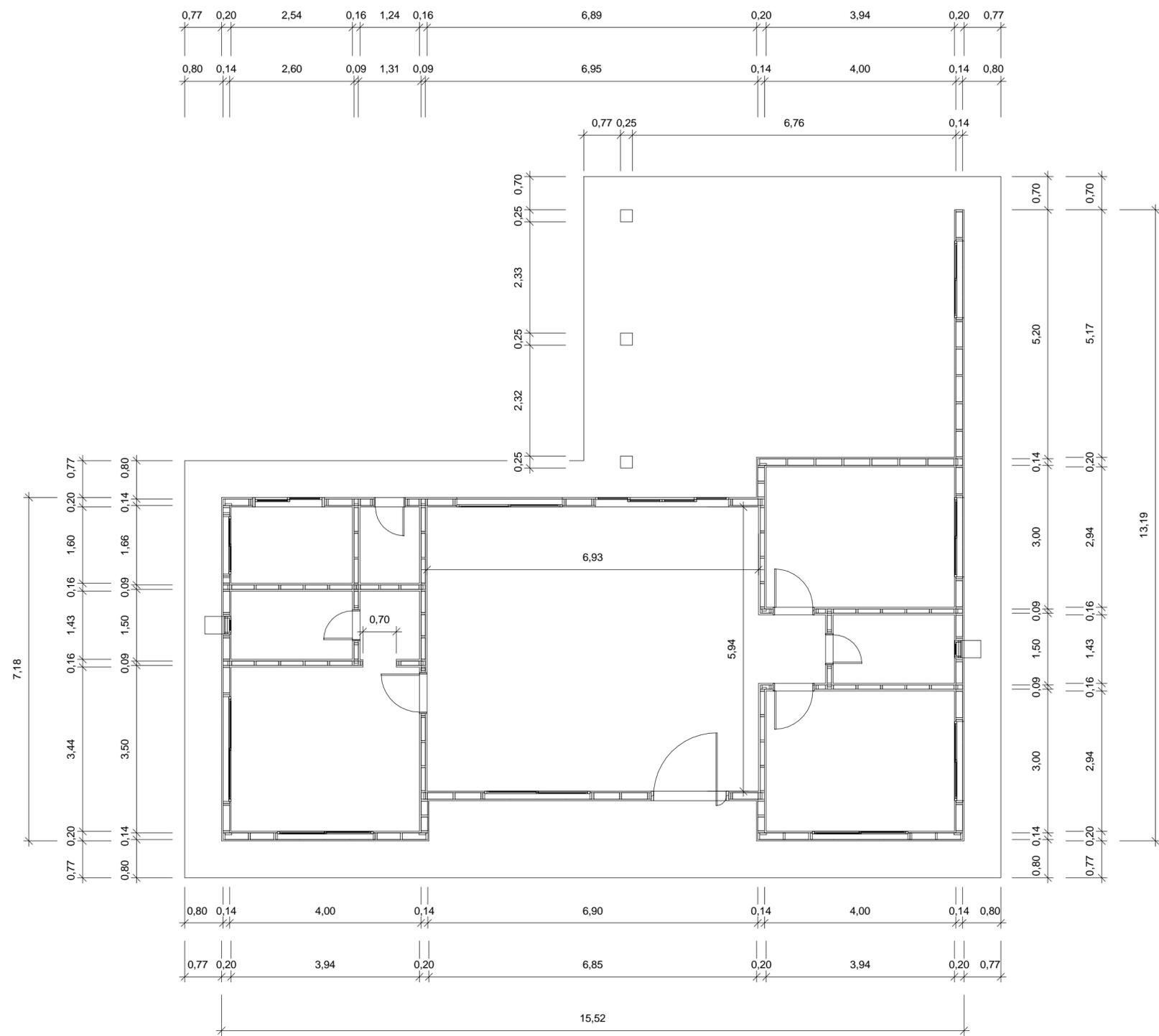


| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Projeto TCC
Resid. Wood Frame

Layout

| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 03 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillardi |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |
| 003 | |
| Escala | 1 : 75 |



1 Planta Estrutural
1 : 75

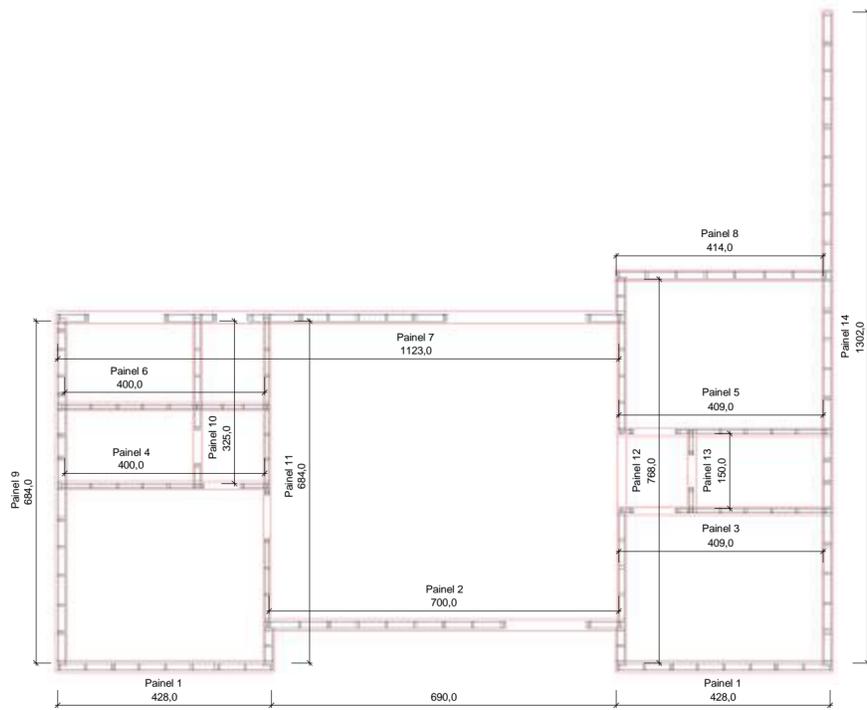


| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

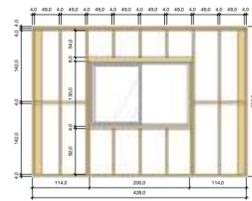
Projeto TCC
Resid. Wood Frame

Planta Estrutural

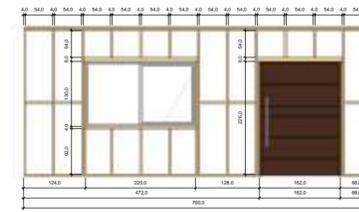
| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 04 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillard |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |
| 004 | |
| Escala | 1 : 75 |



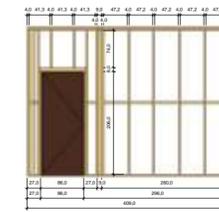
1 Detalhamento Estrutural
1 : 100



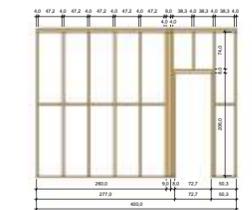
2 Painel 1
1 : 100



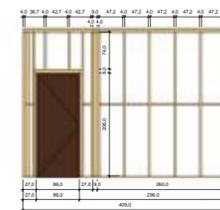
3 Painel 2
1 : 100



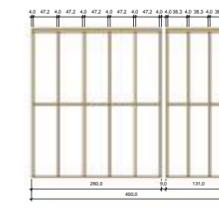
4 Painel 3
1 : 100



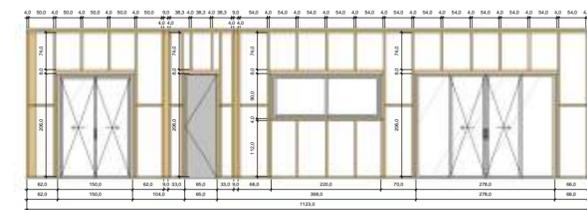
5 Painel 4
1 : 100



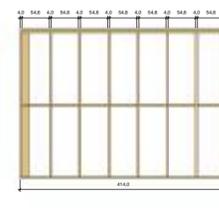
6 Painel 5
1 : 100



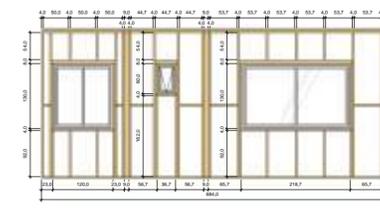
7 Painel 6
1 : 100



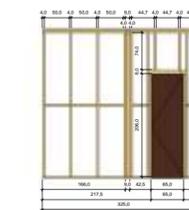
8 Painel 7
1 : 100



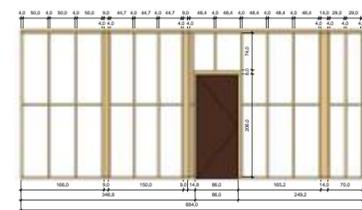
9 Painel 8
1 : 100



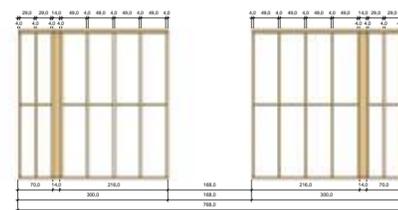
10 Painel 9
1 : 100



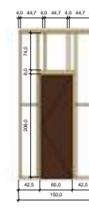
11 Painel 10
1 : 100



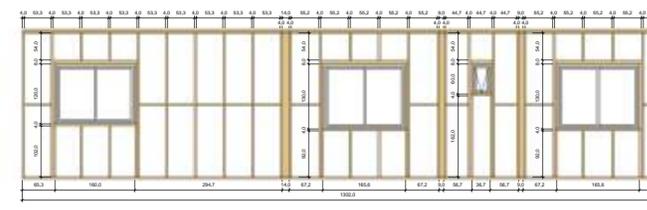
12 Painel 11
1 : 100



13 Painel 12
1 : 100



14 Painel 13
1 : 100



15 Painel 14
1 : 100



| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

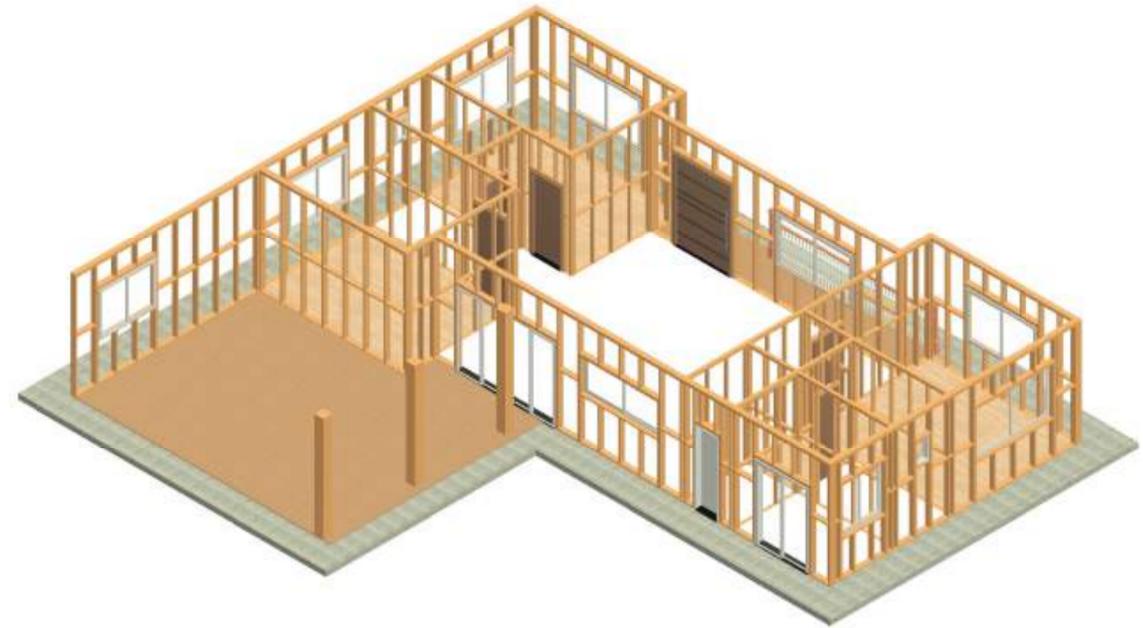
Projeto TCC
Resid. Wood Frame

Detalhamento Estrutural

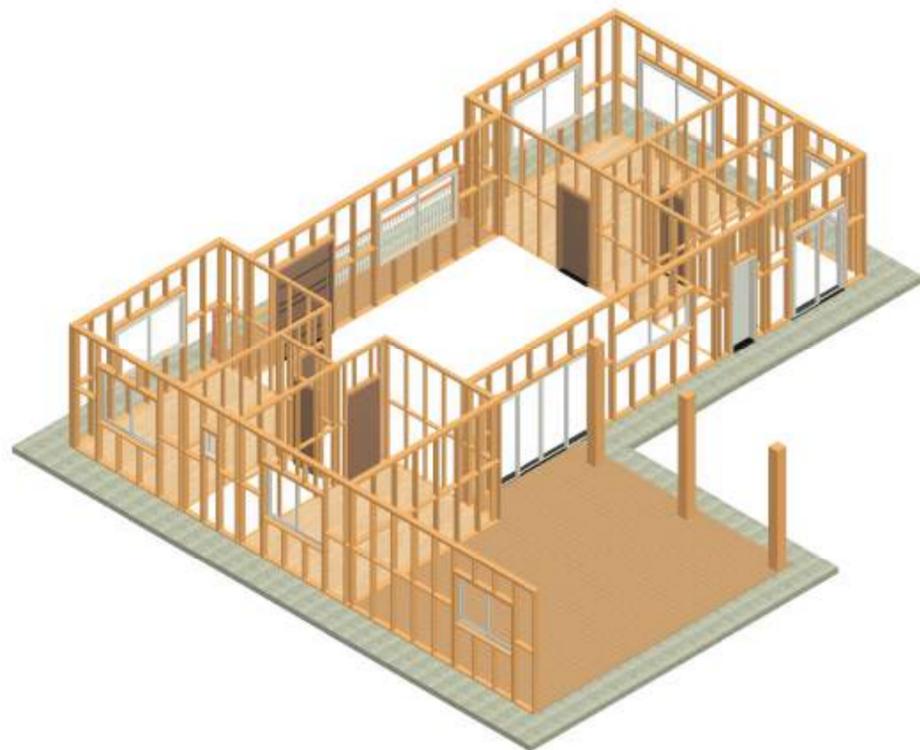
| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 05 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillardi |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |
| 005 | |
| Escala | 1 : 100 |



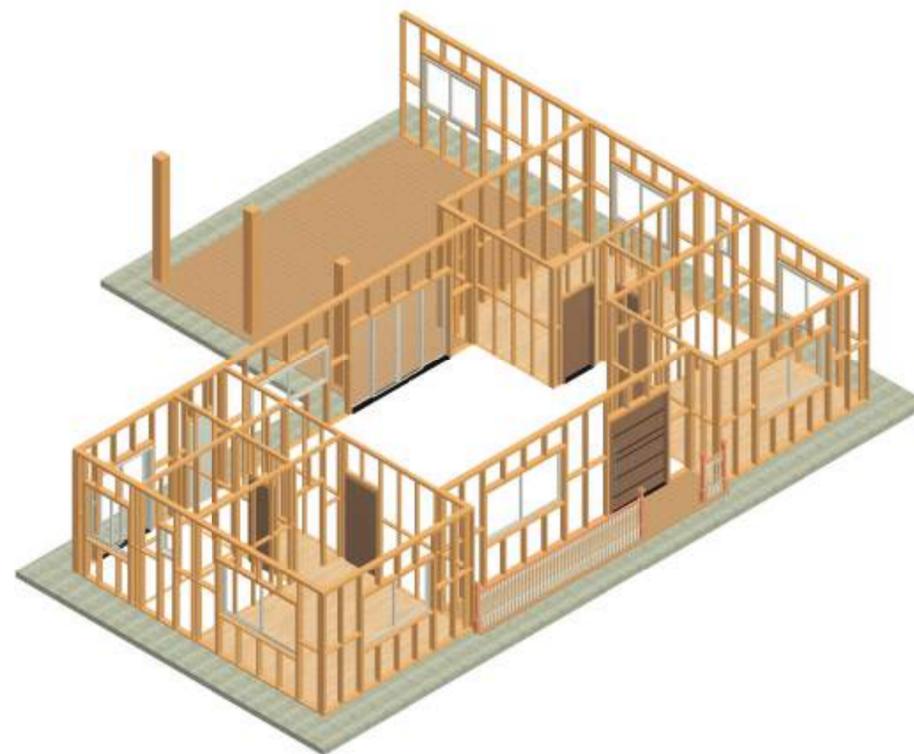
1 3D Parede - Vista 1



2 3D Parede - Vista 2



3 3D Parede - Vista 3



4 3D Parede - Vista 4



| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

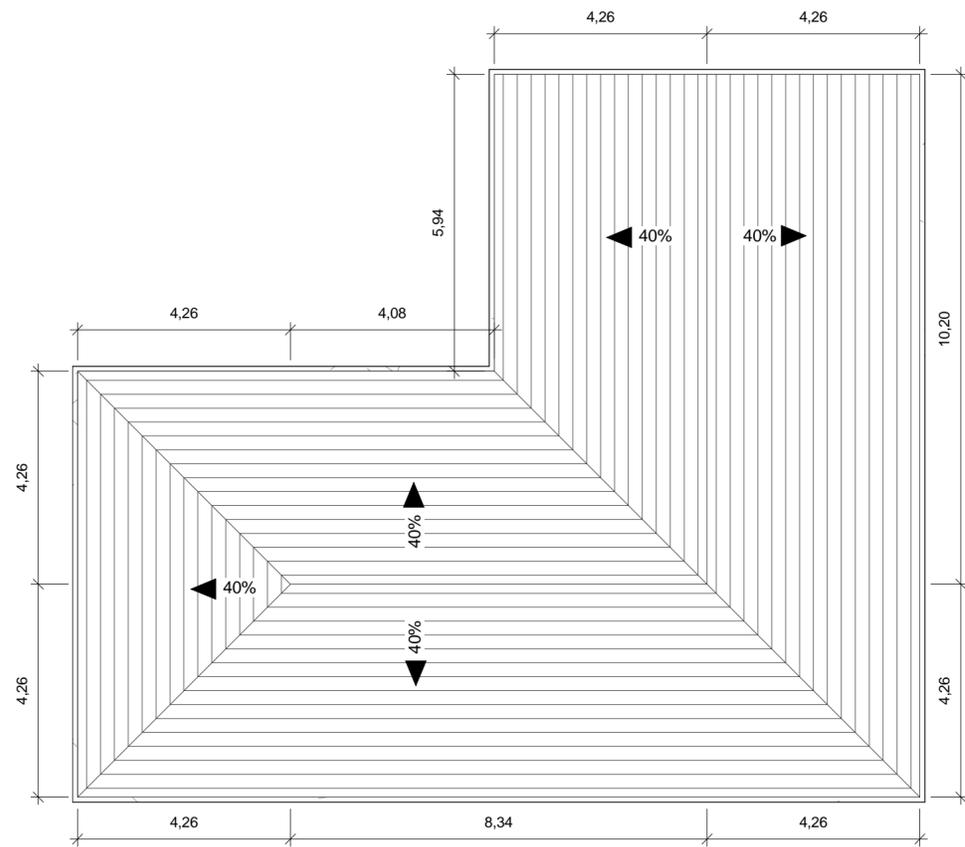
Projeto TCC
Resid. Wood Frame

3D Parede Estrutural

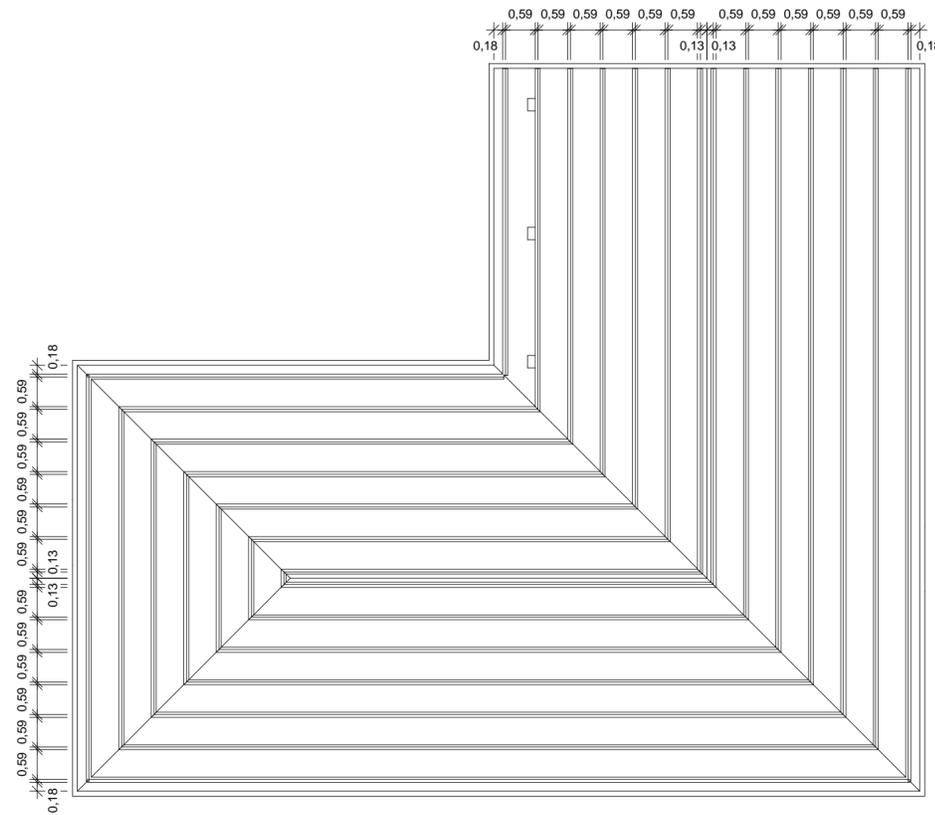
| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 06 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillard |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |

006

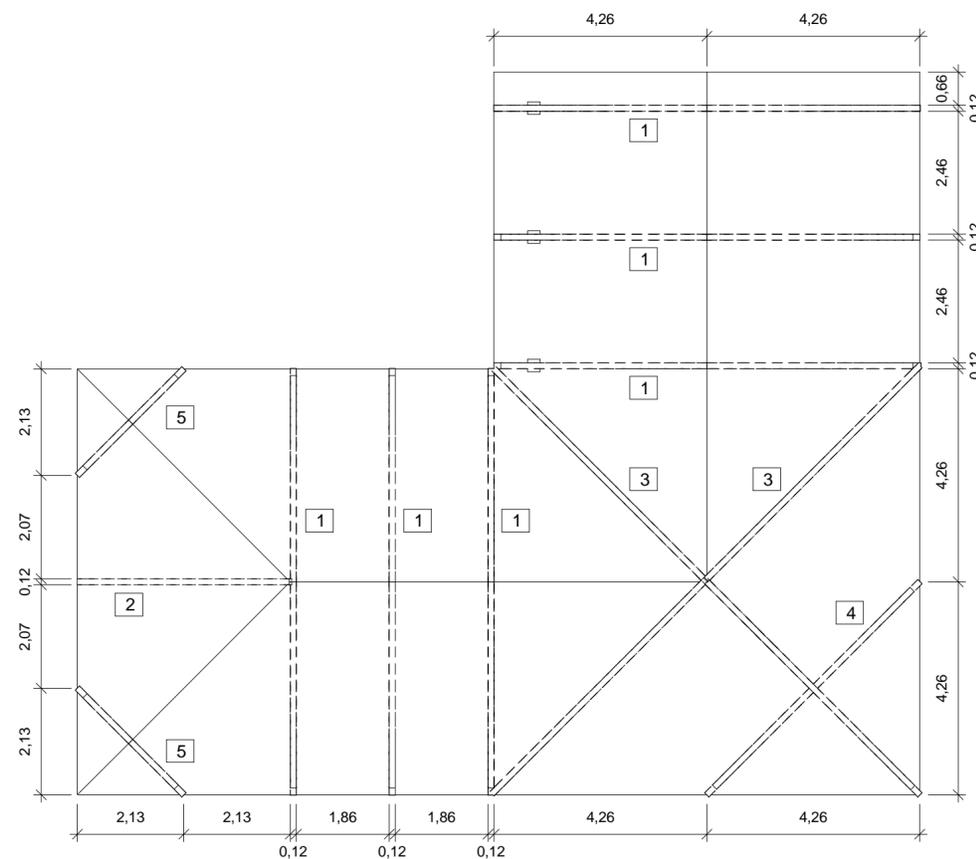
Escala



1 Planta de Cobertura
1 : 100



2 Planta de Cobertura - Terças
1 : 100



3 Planta de Armação
1 : 100

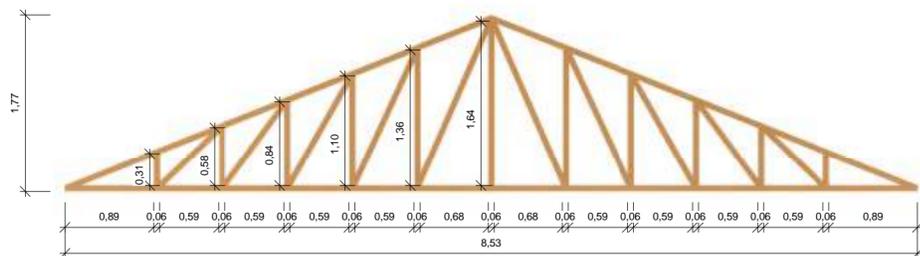


| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

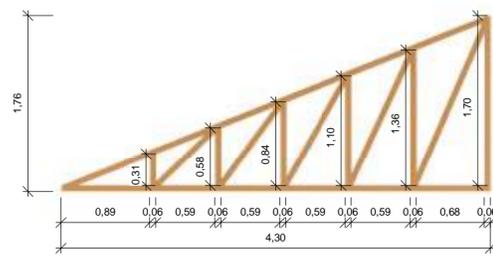
Projeto TCC
Resid. Wood Frame

Planta de Cobertura

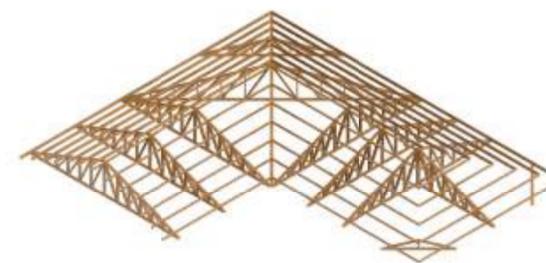
| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 07 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillardi |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |
| 007 | |
| Escala | 1 : 100 |



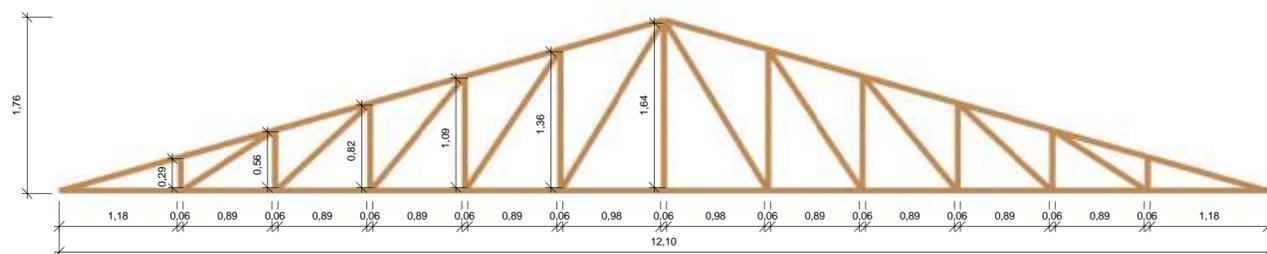
1 Trilha 1
1 : 50



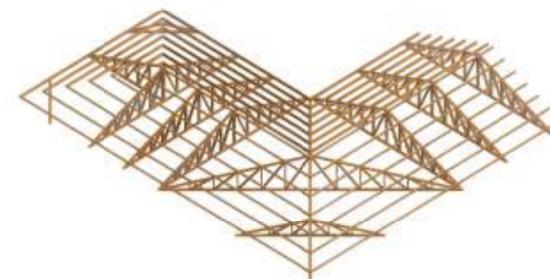
2 Trilha 2
1 : 50



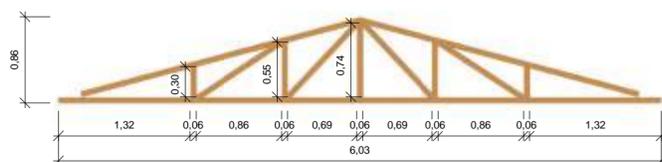
6 3D Telhado - Vista 1



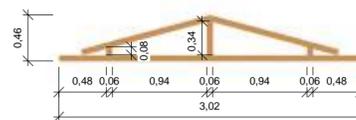
3 Trilha 3
1 : 50



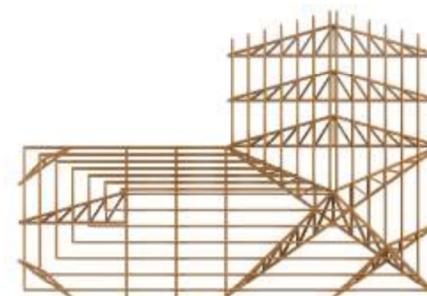
7 3D Telhado - Vista 2



4 Trilha 4
1 : 50



5 Trilha 5
1 : 50



8 3D Telhado - Vista 3



| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

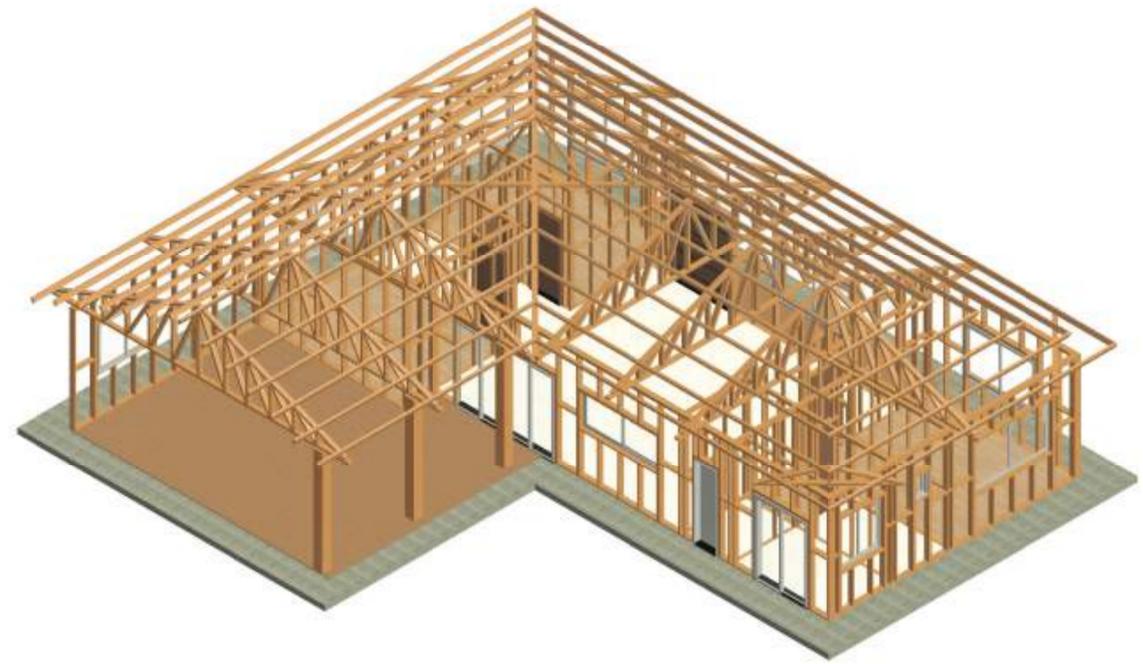
Projeto TCC
Resid. Wood Frame

Detalhamento Trilha

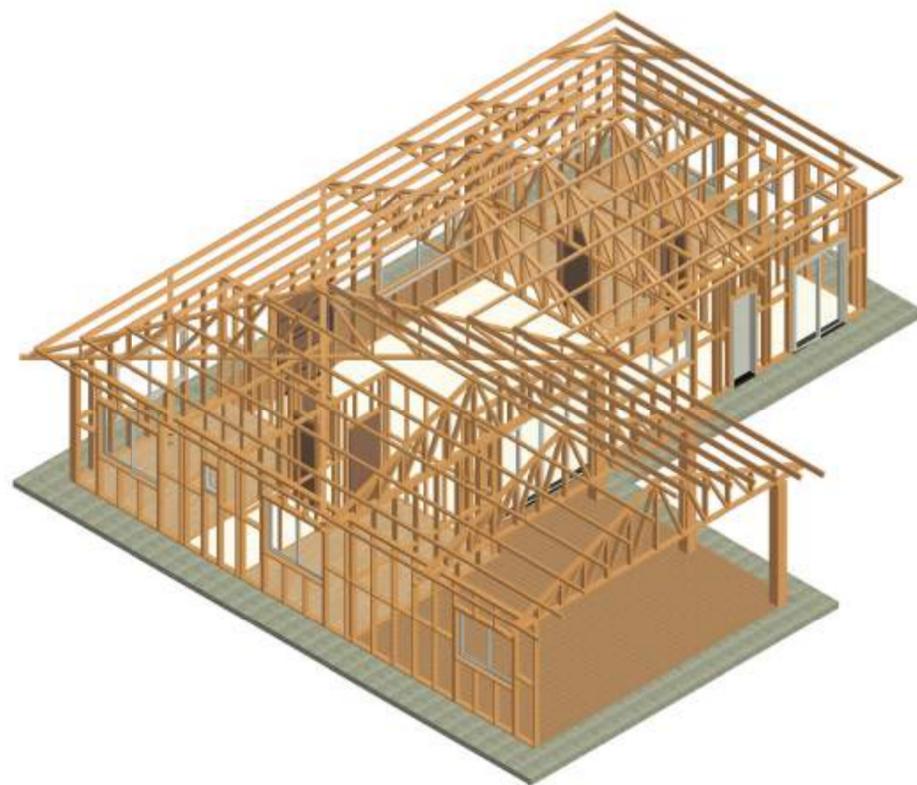
| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 08 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillardi |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |
| 008 | |
| Escala | 1 : 50 |



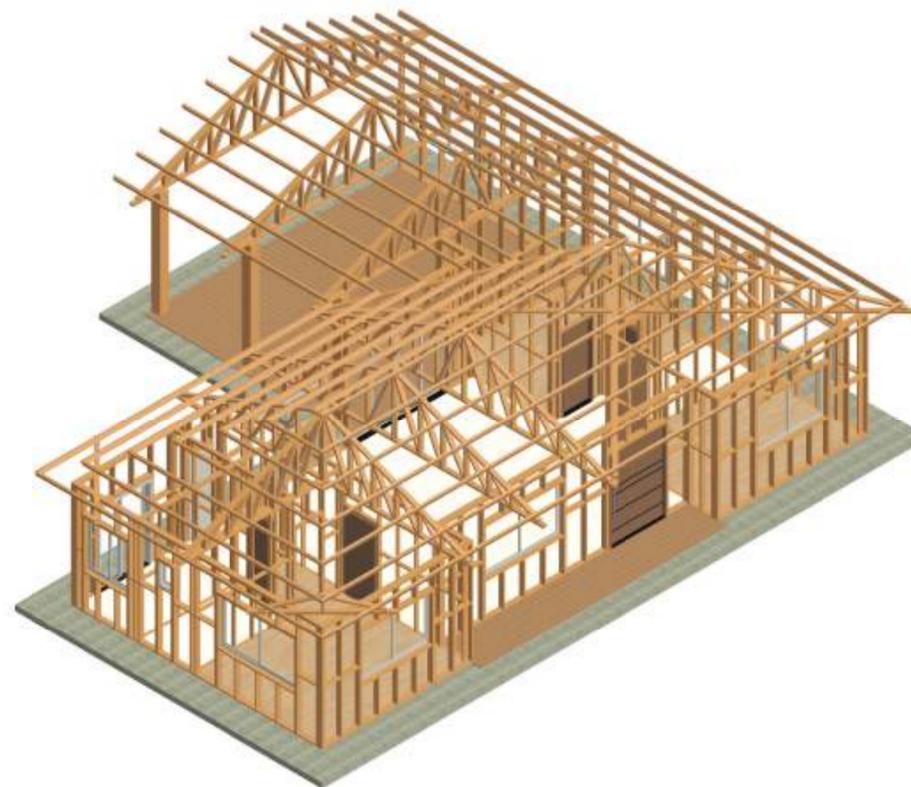
1 3D Estrutural - Vista 1



2 3D Estrutural - Vista 2



3 3D Estrutural - Vista 3



4 3D Estrutural - Vista 4



| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Projeto TCC
Resid. Wood Frame

3D Estrutural

Número do projeto 09

Data 04/06/2023

Desenhadas por Lucas Guillardi

Orientador André Luiz Zangiácomo

009

Escala



1 Fachada Sul



2 Fachada Norte



3 Fachada Oeste



4 Fachada Leste



| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Projeto TCC
Resid. Wood Frame

Fachadas

| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 10 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillard |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |
| 010 | |
| Escala | |



1 3D Arquitetônico - Vista 1



2 3D Arquitetônico - Vista 2



3 3D Arquitetônico - Vista 3



4 3D Arquitetônico - Vista 4



5 3D Arquitetônico - Vista 5



6 3D Arquitetônico - Vista 6



| Nº | Descrição | Data |
|----|-----------|------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Projeto TCC
Resid. Wood Frame

3D Arquitetônico

| | |
|-------------------|-----------------------|
| Número do projeto | 11 |
| Data | 04/06/2023 |
| Desenhadas por | Lucas Guillardi |
| Orientador | André Luiz Zangiácomo |

011

Escala