

**Universidade Fumec**  
**Faculdade de Engenharia e Arquitetura- FEA**  
**Mestrado Profissional em Processos Construtivos**

Hannah Gomes Silva

PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE PROJETO ARQUITETÔNICO  
RESIDENCIAL PREVISTO EM PROCESSO CONSTRUTIVO  
CONVENCIONAL PARA SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING

Belo Horizonte  
2018

Hannah Gomes Silva

PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE PROJETO ARQUITETÔNICO  
RESIDENCIAL PREVISTO EM PROCESSO CONSTRUTIVO  
CONVENCIONAL PARA SISTEMA LIGHT STEEL FRAMING

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC, como requisito para a obtenção de título de Mestre em Processos Construtivos.

Orientador: Prof. Me Oswaldo Teixeira Baião Filho

Belo Horizonte  
2018

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais por todo o incentivo e por nunca medirem esforços para me proporcionarem as melhores oportunidades de educação e formação profissional.

Agradeço ao meu companheiro e melhor amigo Eduardo Henrique, por dar sentido às coisas da vida. Obrigada por todo apoio, ajuda, conselhos e amor.

Agradeço a minha irmã Mona, com quem sei que posso contar para tudo, sempre.

Agradeço ao professor Oswaldo Teixeira Baião Filho, pela orientação e disponibilidade no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço a Deus, que sabe de todas as coisas.

*“A alegria que se tem em pensar e aprender  
faz-nos pensar e aprender ainda mais.”*

*Aristóteles*

## RESUMO

O Light Steel Framing (LSF) apresenta-se como um processo construtivo de grande potencial quando utilizado em substituição ao sistema construtivo tradicional, gerando rapidez na execução da obra e redução de peso do edifício, dos custos e dos desperdícios. Este trabalho tem por objetivo geral apresentar proposta de adequação de um projeto arquitetônico, previsto para ser construído em sistema construtivo convencional, para sistema Light Steel Framing. Foram apresentadas as características construtivas do LSF segundo estudos publicados nos últimos cinco anos no Brasil. É realizado um estudo de caso de projeto arquitetônico de um condomínio unifamiliar popular residencial, que utiliza o sistema construtivo parede de alvenaria, e que foi adaptado para sistema construtivo Light *steel* Framing. Verificou-se que a proposta de adequação é viável, uma vez que o projetista tenha conhecimento dos elementos que compõem o sistema e suas principais etapas construtivas. Verificou-se também que a substituição gerou uma alteração de espaço interno devido à mudança de espessura das paredes e a eliminação de shaft.

**Palavras-chave:** Light *steel* Framing. Sistemas construtivos industrializados. Projeto arquitetônico.

## ABSTRACT

Light Steel Framing is a building process of great potential when used as a replacement for the traditional building system, increasing construction speed and reducing building weight, costs and waste. This work aims to present a proposal for the adequacy of an architectural project, initially designed to be built in a conventional building system, to Light Steel Framing system. The constructive characteristics of LSF, according to studies published in the last five years in Brazil, are presented. A study of case of an architectural project of a popular residential single-family condominium was made. First, a version using the construction of the masonry wall, and then a version using the light steel framing construction system. It was verified that the adequacy proposal is feasible once the designer has knowledge of the layers that make up the Light Steel Framing system and its main constructive steps. It was also verified that the replacement of the building process generated a change of internal space due to the thickness difference of the walls and the shaft elimination.

**Keywords:** Light *steel* Framing. Industrial building systems. Architectural project.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Camadas da parede estrutural LSF .....	17
Figura 2 - Canteiro de obra em Light Steel Framing - construtora Fastcon.....	18
Figura 3 - Estrutura de montantes e guias montada de Light Steel Frame .....	19
Figura 4 - Chapas de OSB .....	20
Figura 5 - Revestimento interno: Chapa de gesso acartonado .....	21
Figura 6 - Revestimento externo: Placa cimentícia .....	21
Figura 7 - Lã de fibra de vidro .....	22
Figura 8 - Sistema de fechamento LSF .....	22
Figura 9 - Execução do radier .....	23
Figura 10 -Fixação dos quadros na fundação radier .....	24
Figura 11 - Sistema de piso em área molhada.....	27
Figura 12 - Instalações elétricas.....	28
Figura 13- Planta baixa da edificação no terreno em construção convencional...	42
Figura 14 - Planta baixa da edificação em sistema convencional sem o entorno	43
Figura 15 – Shaft projetado para passagem de tubulação .....	44
Figura 16 - Fachada principal (Rua 1).....	44
Figura 17 - Corte transversal AA .....	45
Figura 18 - Corte longitudinal BB .....	45
Figura 19 - Planta de cobertura.....	46
Figura 20 - Planta de situação/localização .....	46
Figura 21 - Perfis formados a frio utilizados na confecção dos painéis do sistema LSF.....	48
Figura 22 – Encaixe de dos montantes na guia. ....	48
Figura 23 - Planta baixa com a mudança de espessura de paredes.....	51
<i>Figura 24</i> – Paredes em sistema LSF sem necessitar de <i>shaft</i> hidráulico .....	52
Figura 25 - Tipos de conexão de montantes no Light steel Frame.....	53
Figura 26 – Planta de definição das áreas de ocorrência da malha de modulação Casa 1.....	54
Figura 27 – Modelo 3D - Montantes decorrentes da malha de modulação Casa 1. ....	54

Figura 28 – Planta de definição das áreas de ocorrência da malha moduladora 60x60cm Casa 1. ....	56
Figura 29 – Modelo 3D - Montantes decorrentes da malha de moduladora Casa 1. ....	56
Figura 30 – Corte transversal AA – Projeto em Light Steel Frame.....	57
Figura 31 - Corte longitudinal BB – Projeto em Light Steel Frame.....	58
Figura 32 – Modelo 3D – Perfis que compõe a estrutura da Casa 1.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Materiais para subsistemas de cobertura.....	26
Tabela 2 - Espessura das paredes.....	47
Tabela 3 - Comparativo de área dos ambientes.....	59

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1 Objetivos</b> .....	12
1.1.1 <i>Objetivo geral</i> .....	12
<b>1.2 Justificativa</b> .....	13
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	14
<b>2.1 Sistema construtivo convencional</b> .....	14
<b>2.2 Sistemas construtivos industrializados</b> .....	14
<b>2.3 Light Steel Framing</b> .....	16
2.3.1 <i>Elementos construtivos do LSF</i> .....	18
2.3.2 <i>Fundações</i> .....	23
2.3.3 <i>Lajes</i> .....	25
2.3.4 <i>Coberturas</i> .....	25
2.3.5 <i>Piso e contrapiso</i> .....	26
2.3.6 <i>Instalações elétricas, hidrossanitárias e gás</i> .....	27
2.3.7 <i>Tratamento térmico e acústico</i> .....	29
<b>2.4 Aspectos relevantes para elaboração de um projeto arquitetônico em Light Steel Framing</b> .....	30
2.4.1 <i>Especificações</i> .....	31
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	33
<b>4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO</b> .....	35
<b>4.1 Condomínio residencial unifamiliar</b> .....	35
<b>4.2 Projeto arquitetônico em sistema construtivo convencional</b> .....	36
<b>4.3 Especificações construtivas para o Light Steel Framing</b> .....	47

<b>4.4 Adequação do projeto arquitetônico do sistema construtivo convencional para o sistema construtivo Light Steel Framing</b> .....	49
4.4.1 1ª Etapa: Mudança de espessura de paredes .....	49
4.4.2 2ª Etapa: Definição dos montantes de conexão de paredes .....	52
4.4.3 3ª Etapa: Definição dos montantes para fixação dos painéis de vedação .....	55
4.4.4 4ª Etapa: Definição das guias .....	57
<b>5 ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	59
<b>6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	62
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil vem buscando novos métodos construtivos que substituam os métodos tradicionalmente utilizados, visando o aumento da produtividade, a diminuição de perdas e o atendimento a uma demanda crescente do mercado.

De acordo com Freitas (2006), o uso de novas tecnologias vem sendo uma das estratégias empregadas no setor da construção civil. Com intuito de atender as necessidades de investimento em mão-de-obra qualificada, otimizar custos, conter desperdício de materiais, racionalizar processos e cumprir cronogramas rígidos, cada dia mais, o setor vem investindo em eficiência no sistema construtivo e em novas técnicas de se construir.

Para Santiago, Freitas e Crasto (2012), dada a busca da construção civil por sistemas construtivos mais eficientes e processos mais racionalizados, com vistas a aumentar a produtividade e atender a demanda crescente, uma alternativa viável seria a utilização de sistemas construtivos com aço, caracterizados pelo alto índice de industrialização, com projetos detalhados e integrados, que minimizam perdas e prazos na construção.

Também Batista Filho (2015), considerando a necessidade da construção industrializada ser uma realidade no mercado brasileiro, aponta o aço como um dos materiais que vem preencher muitas das premissas de técnicas industrializadas de construção.

Nesse contexto, o Light Steel Framing, também conhecido como construção LSF, ou estrutura em aço leve, apresenta-se como um processo de grande potencial, quando utilizado como um sistema construtivo em substituição ao sistema tradicional, gerando rapidez na execução da obra e redução no peso do edifício, dos custos e dos desperdícios (PEDROSO, 2014).

O sistema Light Steel Framing é constituído por perfis de aço galvanizado formados a frio, montados de forma a darem origem a painéis estruturais, ou não, além de

vigas, tesouras e demais estruturas necessárias à construção civil, gerando baixíssimo desperdício de materiais e pouco volume de entulho (MELLO, 2016).

Os primeiros grandes projetos em Light Steel Framing, no Brasil, tiveram como foco as construções residenciais de alto padrão, mas atualmente, já consolidado o sistema no país, conforme a literatura sobre o tema, cresce o número construções comerciais e casas populares que utilizam este processo construtivo (GOMES, 2013; BATISTA FILHO, 2015; MELLO, 2016; MIRANDA E ZAMBONI, 2016).

No mercado da construção civil, segundo Batista Filho (2015), há uma dificuldade quanto à qualificação de mão de obra para trabalhar de forma eficiente em sistemas construtivos industrializados, cabendo aos profissionais da construção civil, sejam arquitetos ou engenheiros envolvidos no processo de projeto, empresários responsáveis pelas decisões de investimento e até mesmo operários envolvidos diretamente na execução da obra, possuir uma visão global do sistema, de modo a serem capazes de tirar o máximo proveito desse tipo de solução.

Esta dissertação propõe alternativas para adequação do uso do sistema construtivo industrializado Light Steel Framing em empreendimento residencial.

A utilização de novos sistemas construtivos pode representar reduções consideráveis de insumos e de operações nos canteiros de obras.

Santiago, Freitas e Crasto (2012), caracterizam o LSF como um sistema construtivo de concepção racional, altamente industrializado que possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Nesse contexto, o que se pretende pesquisar no presente estudo é: *quais as adequações no projeto arquitetônico são necessárias para emprego do sistema Light Steel Framing (LSF) em substituição ao sistema tradicional, em projeto de residência unifamiliar?*

## **1.1 Objetivos**

### *1.1.1 Objetivo geral*

Esta dissertação tem por objetivo geral apresentar uma proposta de adequação de um projeto arquitetônico de residência unifamiliar, previsto inicialmente para ser construído em sistema construtivo convencional, para o sistema Light Steel Framing, analisando suas principais etapas construtivas, estabelecendo uma análise comparativa entre o projeto arquitetônico do sistema LSF e o sistema convencional de residência unifamiliar e apresentando informações que possam incentivar o aumento do uso de construções residenciais unifamiliares em LSF contribuindo para reduzir o déficit habitacional do país e melhorando, assim, as condições de vida da população.

## **1.2 Justificativa**

Apesar do processo construtivo LSF apresentar na literatura vantagens consideráveis frente a métodos convencionais, ele ainda é pouco conhecido no que se diz respeito ao método de montagem de toda a estrutura e suas peculiaridades e à sua viabilidade técnica em projeto de residência unifamiliar.

Ressalta-se que o Brasil figura entre os dez maiores produtores de aço do mundo (Mello, 2016), no entanto, o Light Steel Framing é pouco utilizado, e além de existir certa resistência por parte de alguns setores da construção, quanto às metodologias construtivas alternativas, este fato pode ser explicado também pela dificuldade de se encontrar mão de obra qualificada para trabalhar com estes sistemas.

Nesse sentido, este projeto justifica-se por ser um estudo capaz de mostrar as vantagens do método construtivo, que é pouco utilizado no Brasil. É uma iniciativa de melhoria dos processos utilizados na construção civil, com o intuito de contribuir para redução de custo e de tempo de obra, além da redução de desperdícios gerados nela.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Sistema construtivo convencional**

A alvenaria está entre as mais antigas formas de construção empregadas pelo homem. Desde a antiguidade ela tem sido utilizada largamente pelo ser humano em suas habitações, monumentos e templos religiosos. Na década de 50 a utilização da alvenaria ganhou novo impulso, após a realização de uma série de experimentações na Europa (ACCETTI, 1998).

Segundo TAUIL & NESSE (2010), a execução da alvenaria se dá pela simples necessidade de vedação e divisão de ambientes ou necessidade de resistência a esforços estruturais, neste caso a alvenaria é estrutural. “Chamamos de alvenaria o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso”. (TAUIL & NESE, 2010).

Para Kalil (2007), a alvenaria é um sistema construtivo que utiliza peças industrializadas de dimensões e peso que as fazem manuseáveis, ligadas por argamassa, tornando o conjunto monolítico. A definição da capacidade resistente das alvenarias e a análise bem detalhada do projeto arquitetônico, para que as cargas sejam definidas da forma mais precisa possível, é de suma importância para o bom desempenho deste tipo de estrutura.

### **2.2 Sistemas construtivos industrializados**

Segundo Crasto (2005), o conceito de industrialização na construção, até a década de 70 do século passado, ligava-se à pré-fabricação, em que uma mesma empresa ou grupo de empresas executava com seus próprios meios e em suas próprias usinas o produto final, segundo o sistema de industrialização de ciclo fechado, cuja rigidez e, em vários casos, a monotonia na repetição de elementos estruturais ou de fechamento das obras edificadas, não agradavam ao público nem aos projetistas.

Atualmente, o sistema de industrialização construtiva é a de ciclo aberto, no qual os componentes são fabricados e podem ser combinados entre si numa grande

variedade de modos, gerando os mais diversos edifícios, atendendo melhor as exigências funcionais e estéticas, tanto de projetistas quanto de usuários (CRASTO, 2005).

Batista Filho (2015) aponta os sistemas construtivos industrializados com o processos muito eficientes, que apresentam aumento da produtividade, minimizam o desperdício, melhoram a gestão dos recursos disponíveis, podendo ser capazes de atender a demanda cada vez maior por edificações.

De acordo com Maso (2017), a construção industrializada utiliza procedimentos que reduzem ao máximo as operações no canteiro de obras, usando componentes de fábrica, ou componentes construtivos funcionais, produzidos em série, que tornam mais rápido o processo construtivo.

A rapidez do processo, segundo Moraes (2014) implica na substituição da mão-de-obra e técnicas artesanais por máquinas e novas técnicas aliadas às máquinas, sendo mantida a mão-de-obra apenas para operá-las.

A industrialização, segundo Maso (2017), está atrelada à racionalização, em aspectos como organização, planejamento e controle da produção, desde a concepção do projeto até o produto final.

O Manual da Construção Industrializada (ABDI, 2015), cita os seguintes sistemas construtivos industrializados podem ser em:

- a) Concreto: construção pré-fabricada de concreto composta por um ou mais dos sistemas: aporricados, em esqueleto e de paredes portantes, que por sua vez podem estar associados aos sistemas formados por pisos, de fachadas e sistemas celulares.
- b) Aço: devido à alta resistência mecânica do aço, o uso de estruturas metálicas cria melhores condições para se vencer grandes vãos, permitindo a concepção de projetos arquitetônicos arrojados. O uso desse sistema

construtivo também pode reduzir até 40% do tempo de execução de um projeto, por permitir a simultaneidade de etapas.

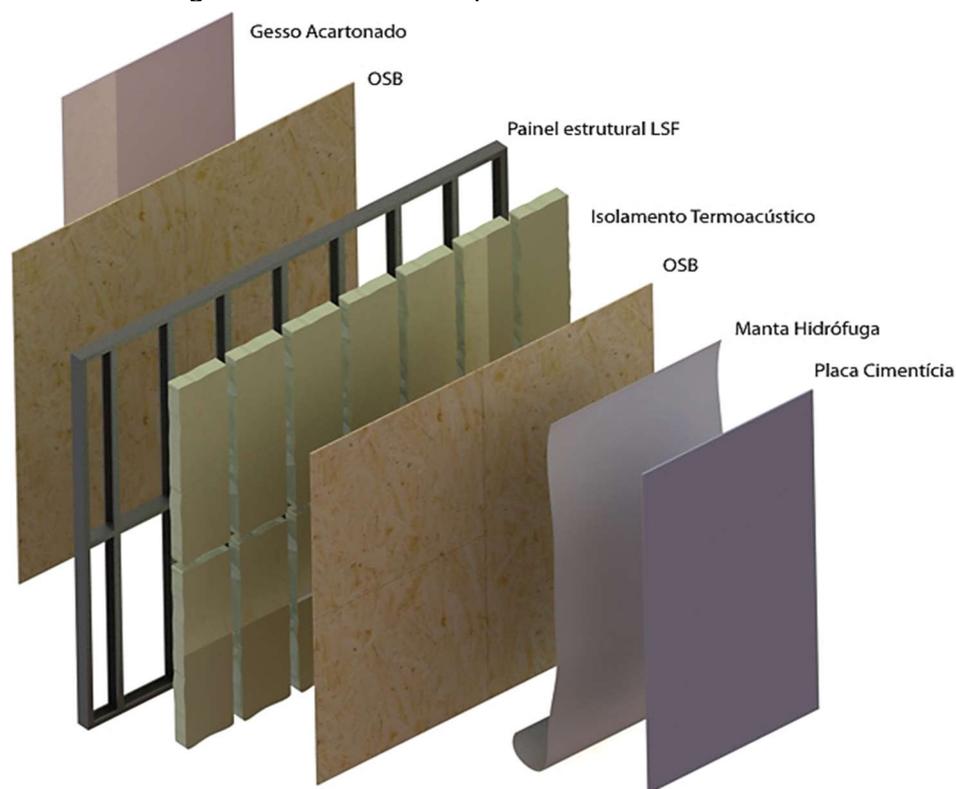
- c) Drywall: sistema utilizado como vedação na parte interna das construções sem função estrutural. Pode ser aplicado em construções residenciais e não residenciais como: paredes, forros e revestimentos.
- d) Wood Framing: consiste na fabricação de painéis estruturais para a montagem de edificações, sendo sua principal matéria-prima a madeira proveniente de florestas plantadas.
- e) Light *Steel*/ Framing: sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio, objeto de estudo da presente dissertação.

### **2.3 Light *Steel*/ Framing**

O Light *Steel*/ Framing é um sistema construtivo que utiliza uma estrutura de perfis de aço galvanizado, também chamada de esqueleto estrutural em aço. Para se obter uma resistência tão grande quanto às encontradas em estruturas construídas em concreto, basta fazer o fechamento com placas estruturais. (Santiago et al., 2012).

Segundo Santiago et al. (2012) é o “processo pelo qual compõe-se um esqueleto estrutural em aço formado por diversos elementos individuais ligados entre si, passando estes a funcionar em conjunto para resistir as cargas que solicitam a edificação e dando forma a mesma”.

Figura 1 - Camadas da parede estrutural LSF



Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

De acordo com Santiago e Freitas (2006), o Light Steel Framing foi muito utilizado para a reconstrução de quatro milhões de casas que foram destruídas pelos bombardeios e incêndios no Japão, após a Segunda Guerra Mundial. A agilidade na obra alavancou seu uso, difundindo a implantação do sistema nos EUA e Canadá. Estudos realizados no Texas, em 1998, mostraram que, na década de 1990, 25% das novas habitações norte-americanas haviam sido projetadas e executadas com o sistema Light Steel Framing.

O sistema Light Steel Framing apresenta dois níveis de produção de edificações, segundo Crasto (2005, p. 196):

- 1º. Produção de uma edificação através da montagem da estrutura “in loco”. A edificação é subdividida em uma série de componentes elementares que se combinam e a execução é dada em uma sucessão de etapas ocorridas no canteiro. Vários componentes podem ser industrializados, porém alguns processos ainda acontecem de forma convencional.

2º. Sistemas modulares pré-fabricados, onde os módulos produzidos pela indústria são transportados ao local da obra e podem vir com todos os subsistemas já instalados. Essas unidades podem constituir toda a edificação ou apenas parte dela, como ocorre com os banheiros pré-fabricados. Quanto maior o nível de industrialização no processo de construção dessas edificações, menor a quantidade de atividades no canteiro

Por se tratar de um sistema ainda considerado novo no mercado nacional CRASTO (2005), BATISTA FILHO (2015) e MELLO (2016), acreditam que, quando construída em LSF, as edificações não apresentam uma arquitetura semelhante às executadas a partir do sistema convencional. A Figura 1 ilustra uma residência construída em Light steel framing, em fase de finalização, que se assemelha àquelas construídas em alvenaria tradicional.

Figura 2 - Canteiro de obra em Light Steel Framing - construtora Fastcon



Fonte: Acessado em [http://fastcon.com.br/wp-content/uploads/2014/07/casa\\_steel\\_frame\\_obra.jpg](http://fastcon.com.br/wp-content/uploads/2014/07/casa_steel_frame_obra.jpg)

### 2.3.1 Elementos construtivos do LSF

O Light Steel Frame é um sistema construtivo leve, constituído por montantes e guias em aço zincado leve, conformado a frio, com espessura dos perfis variando de 0,8 a

1,25mm e os espaçamento dos montantes, que são os elementos verticais que compõem a estrutura, com até 600mm, conforme Campos (2014).

Figura 3 - Estrutura de montantes e guias montada de Light Steel Frame



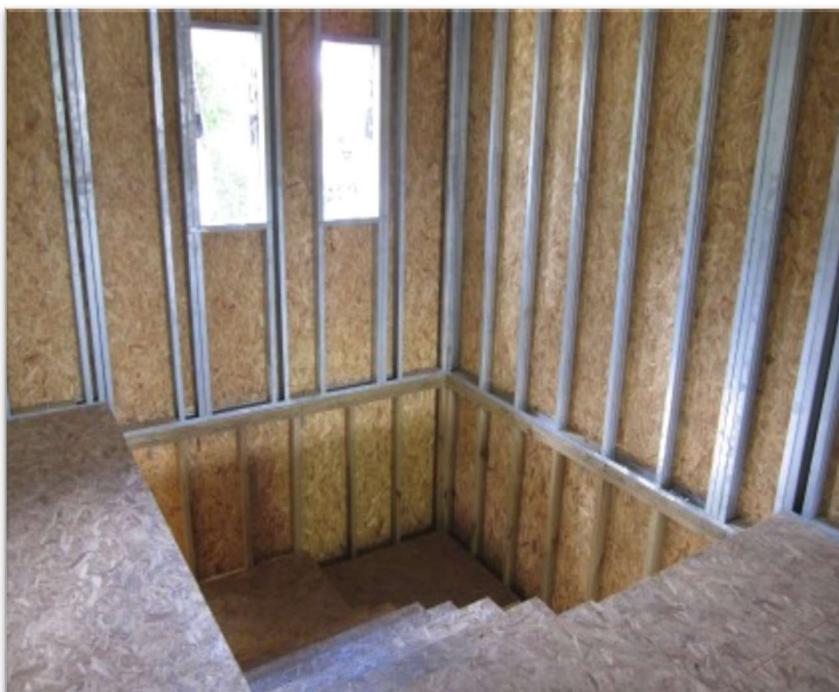
Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

Para fechamento interno e externo dos quadros que formam a estrutura são utilizadas chapas delgadas. Essas têm o papel de contraventar a estrutura dos quadros estruturais das paredes. Quatro tipos de chapas são utilizadas (SINAT, 2016):

- Placa cimentícia de 10mm de espessura, conforme ABNT NBR 15498 e classificada como classe A categoria 3;
- Chapas de OSB 11,1mm de espessura;
- Chapa de gesso para drywall tipo standard (ST) com 12,5mm de espessura;
- Chapa de gesso resistente à umidade (RU) com 12,5mm de espessura.

Conforme SINAT (2016), são utilizadas chapas delgadas de OSB – Oriented Strand Board (Painel de Tiras de Madeira Orientada), para fechamento interno e externo dos quadros que formam a estrutura, as quais têm o papel de contraventar a estrutura. As placas de OSB não foram desenvolvidas para utilização em contato direto com a água e o vapor. Logo, devem ser instaladas com afastamento de locais úmidos e protegidas por membrana hidrófuga (FIG. 4).

Figura 4 - Chapas de OSB



Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

A parte interna da edificação recebe uma camada de gesso acartonado, que pode receber acabamento como tinta ou cerâmica (FIG. 5).

Figura 5 - Revestimento interno: Chapa de gesso acartonado



Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

Como a parte externa da edificação, que está sujeita a recebimento da água de chuva, deve ser instalada, entre a placa de OSB externa e a placa cimentícia, uma manta impermeável à água e permeável ao vapor. Esta evita a passagem de água de fora para dentro da estrutura, assim como a condensação de vapores no interior da edificação. A placa cimentícia pode receber acabamento externo, como tinta ou porcelanato, caso desejado (FIG.6).

Figura 6 - Revestimento externo: Placa cimentícia



Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

Para Freitas e Crasto (2006), o sistema LSF não pode ser resumido apenas à sua estrutura, pois é composto por vários componentes: fundação, isolamento termo acústico, fechamento interno e externo, instalações elétricas e hidráulicas.

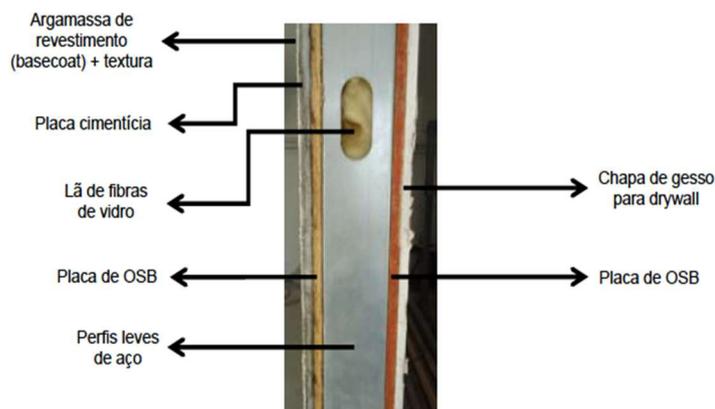
Como uma espécie de “recheio” do LSF, é utilizada a lã mineral e fibra de vidro, que tem papel de isolante térmico e acústico. Este é um material leve, incombustível, que contribui para a redução do consumo de energia do sistema de ar condicionado, não favorece a proliferação de fungos ou bactérias, não deteriora nem apodrece e não tem o desempenho comprometido quando exposto à maresia (FIG.7). De acordo com SINAT (2016), a lã deve possuir 50mm de espessura e ter densidade de 10kg/m<sup>2</sup>.

Figura 7 - Lã de fibra de vidro



. Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

Figura 8 - Sistema de fechamento LSF



Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

### 2.3.2 Fundações

O Sistema Steel Frame geralmente é montado sobre uma fundação tipo radier (FIG. 9), a qual é similar a uma laje de concreto armado, que tem por função a transmissão dos esforços da edificação de forma homogênea por toda área que ela está projetada. Porém, o radier deve ser construído sobre terreno plano e nivelado, havendo, portanto, uma limitação no tipo do terreno assim como nas suas características geológicas (CAMPOS, 2014).

Figura 9 - Execução do radier



Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

Por se tratar de uma estrutura leve, o sistema não exige muito da fundação. No entanto, como a estrutura distribui uniformemente as cargas nos painéis, exige-se uma fundação contínua que possa suportar essas cargas em toda a sua extensão. A fundação é executada segundo o processo construtivo convencional, levando em conta também o tratamento contra a umidade do solo (CRASTO, 2005, p. 31).

Conforme Miranda e Zamboni (2016), o dimensionamento estrutural do radier deve atender condições para um adequado desempenho no sistema:

- Previsão do nível do contra piso de, no mínimo, 15 cm da altura do solo, a fim de evitar umidade do solo e infiltrações.
- Previsão da inclinação de pelo menos 5% nas calçadas ao redor da edificação, garagens e terraços.

Depois de fabricados os perfis de aço, eles são fixados à fundação através de chumbadores (FIG. 10). Instalações provisórias de painéis, através da utilização de pinos fixados por pólvora, também são usuais na fase de montagem, entretanto, esta fixação não fornece ancoragem suficiente, sendo indispensável o uso dos chumbadores para garantir a transferência das cargas da edificação para a fundação e dessa para o terreno (ROCHA, 2017).

Figura 10 -Fixação dos quadros na fundação radier



Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

Conforme orienta Campos (2014), para os casos em que as fundações escolhidas forem o radier, são necessários alguns cuidados extras. Como a homogeneidade da superfície plana é difícil de ser controlada durante a cura do concreto é necessária a aplicação de um contrapiso antes da montagem do sistema, inclusive embaixo das guias. Além disso, o concreto deve ser deixado com a superfície rugosa, para facilitar a aderência do contrapiso, que será aplicado posteriormente.

Outro detalhe a ser ressaltado pelo autor é a necessidade de executar a calçada junto ao radier, que ajudará no equilíbrio do sistema estrutural e diminuirá o consumo de aço na fundação, reduzindo assim o custo com a fundação.

### 2.3.3 Lajes

As lajes do sistema Light Steel Framing são confeccionadas com os mesmos materiais dos perfis estruturais e seguem a linha de montagem dos painéis, onde os perfis são alocados horizontalmente e espaçados via cálculos estruturais e servem de apoio para o piso de nível superior (SINAT, 2012).

Conforme Freitas e Crasto (2006), as lajes podem ser secas ou úmidas. A laje seca é composta pelo aparafusamento de placas cimentícias combinadas com outros materiais no reticulado metálico. As lajes úmidas são formadas a partir do aparafusamento de chapas de aço galvanizado ao reticulado que, concomitantemente, forma um diafragma e anteparo para uma fina camada de concreto.

As lajes secas, segundo Rocha (2017), podem ser compostas por painéis de madeira ou placas cimentícias, apoiadas sobre perfis metálicos estruturais (vigas de entrepiso). Já as úmidas, são compostas por formas de aço (telhas galvanizadas) preenchidas com concreto e tela eletro soldada.

### 2.3.4 Coberturas

Coberturas do sistema Light Steel frame, são constituídas seguindo os padrões do sistema convencional, o que possibilita a realização dos mais variados projetos de cobertura (SINAT, 2016).

Para executar estruturas de coberturas utilizam-se os mesmos perfis de aço galvanizado empregados na estrutura das paredes.

O telhado destina-se a proteger a edificação contra agentes do intemperismo, tais como chuva, raios solares e neve e, também, evitar a entrada de poeiras e ruídos no seu interior. Nesse sentido, para a cobertura, os materiais recomendados para o sistema LSF, assim como suas dimensões (comprimento, altura e largura) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Materiais para subsistemas de cobertura

Composição	Dimensões (mm)		
	C	L	A
Cerâmica	414	247	75
Fibra vegetal e asfalto	2000	1055	38
Fibra mineral	1220	1050	51
Fibra polimérica e asfalto (Shingle)	305	914	4
Concreto	420	330	50
PVC	2300	880	70
Metálica	6000	1040	35
Metálica e Poliuretano	6000	1040	40

Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

O sistema de cobertura é formado por um sistema multicamadas, visando proporcionar a estanqueidade combinada com a proteção da estrutura contra a ação do intemperismo, visando o aumento da vida útil da edificação e o não surgimento de patologias (SINAT, 2016).

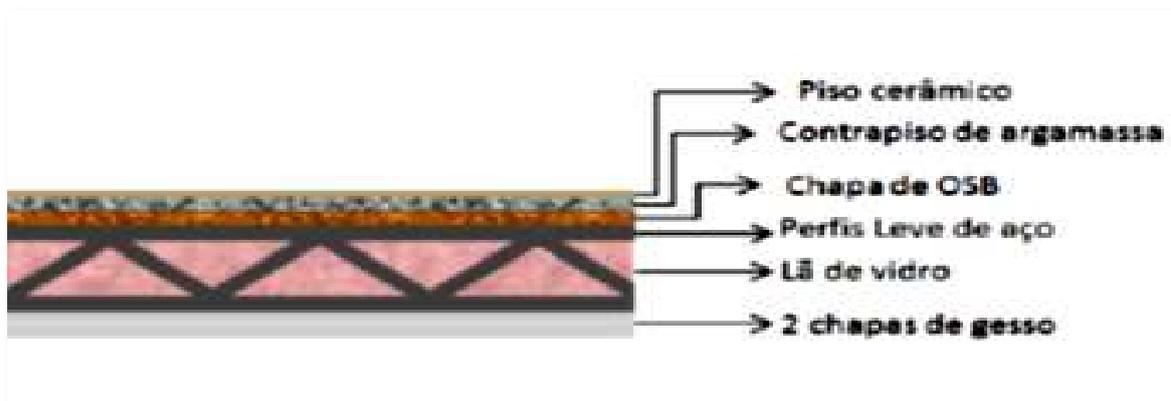
Conforme orienta SINAT (2016), devem ser seguidas as orientações do fabricante dos componentes com atenção especial a materiais compósitos, porosos, com peso específico elevado e que podem reagir quimicamente com a estrutura. Em todos os casos são recomendadas subcoberturas, como barreiras impermeáveis compostas de feltro asfáltico, hidrorrepelentes ou reflexivas para sistemas de cobertura.

### 2.3.5 Piso e contrapiso

No caso do sistema LSF, como o primeiro pavimento é em concreto e o segundo pavimento é de OSB, perfeitamente nivelados, não há necessidade de execução do contrapiso. Exceto em áreas molhadas, onde é obrigatória à execução de uma inclinação no piso para direcionar o escoamento de água para os ralos.

Em áreas molhadas, a estrutura do sistema de piso deve ser protegida por impermeabilização e contar ainda com revestimento cerâmico (FIG.11). Na área do box, a estrutura do sistema de piso deve usar madeira tratada com fungicida (SINAT, 2012).

Figura 11 - Sistema de piso em área molhada



Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

De acordo com Batista Filho (2015), em uma obra a seco não é viável a utilização de um piso que necessita de água para seu polimento, pois isto prejudica tanto o OSB quanto as paredes de gesso acartonado durante sua execução, além de ser incompatível com a ideia de industrialização do processo construtivo.

### 2.3.6 Instalações elétricas, hidrossanitárias e gás

Batista Filho (2015) orienta que no sistema LSF, executa-se todo o plaqueamento de uma das faces da parede com drywall deixando a outra face aberta para execução das instalações, que passam através de furos já previstos em projeto, sem necessidade de utilização de ferramenta de corte. Apenas após a conclusão das instalações prediais é que a execução desta parede é concluída.

Esta rotina facilita muito o trabalho de bombeiros e eletricitas e torna a execução da obra mais rápida e produtiva.

Para instalações hidrossanitárias e elétricas é recomendado os mesmos materiais empregados na construção convencional. Materiais como tubos em PVC, cobre, eletrodutos de PVC, PE (polietileno) e PP (polipropileno) são previstas em projeto e instaladas na parte interna antes de seu fechamento, como se vê na Figura 12. (CAMPOS, 2014).

Figura 12 - Instalações elétricas



Fonte: SINAT - DATEC 030 (2016)

Para as instalações hidrossanitárias são usadas tubulações do tipo PEX (polietileno reticulado). Em sistemas de LSF, as tubulações PEX são usadas na maioria dos casos, por serem flexíveis sem a necessidade de peças de conexão, gerando assim uma instalação contínua.

As instalações de gás do sistema Light *Steel* Framing, podem ser executadas da mesma forma, utilizando materiais da construção convencional, como tubos metálicos rígidos e tubos de polietileno de alta densidade, instalados na parte interna da parede

Há produtos específicos para os sistemas construtivos em chapas de gesso drywall que podem ser usados no LSF como bacia sanitária com saída lateral, piso em fibra para box, shafts visitáveis, alçapões, porta de correr, caixas de passagem de elétrica, tubulação de água fria e água quente flexível, etc.

### 2.3.7 Tratamento térmico e acústico

Segundo Campos (2014) as paredes do sistema LSF são em sua maioria ocas. Sendo assim são necessários tratamentos para que haja um conforto térmico e acústico na edificação. Para o isolamento, o espaço entre a parede é preenchido com lã de vidro, elemento feito de fibra de vidro e areia, que absorve e reduz a transmissão do som entre as camadas da parede. O material evita que o som e outros ruídos vazem de um ambiente para o outro e promove uma melhoria na receptividade acústica do ambiente como um todo. Além de otimizar o uso racional da energia, sobretudo em estruturas que usam ar condicionado.

Suas características físicas e químicas permitem baixa reatividade ao meio, sem riscos e altamente segura. É um material econômico, que demanda baixo investimento, é de fácil aplicação, pode ser utilizado em forros, paredes e divisórias, possui densidade e espessuras variadas, o que permite serem especificadas de acordo com cada projeto. Possui excelente durabilidade e não se deteriora e nem apodrece com o tempo.

Para edificação em nosso país, a norma NBR 10152, de 1987 estabelece as condições de ruídos em determinados ambientes de uma edificação. Dentre os ambientes, podendo-se citar:

- Escritórios: 45-55 dB;
- Salas de aula (sem ocupação): 35-45 dB;
- Salas de estar em residências (sem ocupação): 35-45 dB;
- Quartos em hospitais: 35-45 dB;
- Quartos em apartamentos residenciais e em hotéis (sem ocupação): 30-40 dB.

## 2.4 Aspectos relevantes para elaboração de um projeto arquitetônico em Light Steel Framing

No caso da utilização do LSF, por ser um sistema construtivo pré-fabricado, o projeto torna-se a etapa fundamental para o sucesso do empreendimento, tanto sob o ponto de vista da engenharia, quanto do consumidor. Sendo um sistema com componentes industrializados, é imperativo que as atividades de execução no canteiro de obras sejam previamente concebidas durante o projeto, ou seja, a produção deverá ser projetada a fim de evitarem-se imprevistos e retrabalhos (VIVAN e PALIARI, 2012).

Crasto (2005) e Vivan (2013), consideram que o projeto das atividades de produção do LSF deva ser desenvolvido durante a concepção do empreendimento.

Para Moraes (2014), um projeto arquitetônico bem elaborado, significa maior chance de êxito na redução dos custos da edificação.

“Não custa lembrar que a fase do projeto representa apenas de 5% a 6% do custo da obra, mas as decisões tomadas nessa fase representam mais de 70% de suas despesas, por isso ela é fundamental para o controle e domínio dos custos da construção. Em outras palavras, um baixo investimento tem alta influência nos custos. Uma vez concluído um projeto, a fase de execução da obra proporciona agir somente sobre os 30% dos custos restantes, isto é, só é possível atuar sobre alternativas de especificações e não mais sobre a base, que é a concepção da obra/projeto” (CAMBIAGHI, 1997 apud MORAES, 2014 p.35).

Santiago, Freitas e Crasto (2012), apresentam como papel essencial do projeto para a produção a inserção das condicionantes de racionalização e consuntibilidade, com a finalidade de dar suporte à atividade de execução, “através de um processo de produção seriado e definido, permitindo o seu controle, garantindo a qualidade desejada para o produto e redução dos custos e desperdícios”.

De acordo com os autores, o potencial do Light Steel Framing como um sistema construtivo industrializado, demanda o domínio da tecnologia pelo arquiteto, mas também, que sejam incorporadas ao projeto arquitetônico as ferramentas indispensáveis ao processo de industrialização da construção.

Por isso, é fundamental que o projeto seja pensado em conformidade com todos os seus condicionantes, pois sistemas industrializados são incompatíveis com improvisações no canteiro de obras, e a reparação dos erros pode acarretar em prejuízos tanto financeiros como de qualidade do produto final.

#### *2.4.1 Especificações*

Para o Projeto arquitetônico que utiliza o processo construtivo Light SteelFraming deverão ser considerados os itens abaixo relacionados, apresentados por Santiago, Freitas e Crasto (2012):

- O Sistema Steel Framing não é indicado para construções acima de 3 (três) pavimentos, assim como para cobertura de vão com mais de 18 (dezoito) metros, pois a sua utilização nessas hipóteses pode ser financeiramente inviável.
- Os conceitos e as condicionantes estruturais devem ser considerados, adotando-se a coordenação modular adequada para o sistema do steel framing que, no caso, é o módulo básico de 10 (dez) centímetros.
- A concepção de um projeto que demande tecnologias incompatíveis com aquelas que a construtora possui capacidade ou mesmo conhecimento técnico será ineficaz.
- Em uma construção industrializada, tal como o sistema do Light steel Framing, é necessário possuir maquinário e mão-de-obra qualificados.
- Para atingir o melhor desempenho da edificação, o projeto deve observar todo o meio ambiente em que ela será inserida, para verificar quais serão os melhores materiais de acordo com o clima, a acústica, a posição do imóvel, o público consumidor, dentre outras circunstâncias que não podem ser desconsideradas.
- Todas as especificações e detalhes necessários (tipo de acabamento, materiais termo acústicos, materiais de fechamento, instalações, etc.) deverão compor o projeto e devem ser levantadas durante o anteprojeto.

- Quanto mais preciso e detalhado o projeto, maior o desempenho e a qualidade na montagem da edificação.
- A estrutura de aço possui a peculiaridade de ser um sistema preciso, razão pela qual o projeto deve estar milimetricamente calculado e detalhado, especialmente nas interfaces de interação dos materiais.
- A utilização de uma equipe, além de qualificada, completa, é essencial.

“É necessário sempre um engenheiro responsável pelo cálculo estrutural, da mesma maneira que com qualquer estrutura de outro material. E seguir a boa prática do detalhamento do projeto - quanto mais detalhes especificados, mais fácil será a execução da obra” (ROSSO, 2013, p.2)

### 3 METODOLOGIA

Será apresentado estudo de caso de um projeto arquitetônico de um condomínio residencial unifamiliar concebido dentro dos padrões de casa popular do programa do governo e da prefeitura de Arcos/MG.

O projeto, que foi desenvolvido pela autora, será apresentado inicialmente em processo construtivo convencional. O mesmo se enquadra tanto nas normas exigidas no plano diretor da cidade de Arcos quanto nas exigências do programa de casa populares do governo.

A partir do estudo bibliográfico realizado, desenvolvido a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, foram levantadas as principais informações acerca dos sistemas construtivos convencional e industrializados dando enfoque ao sistema construtivo Light Steel Frame foi apresentada uma proposta de adequação do projeto em processo construtivo convencional para sistema construtivo Light *steel*/ Framing.

Para elaboração dos desenhos técnicos foi utilizada a ferramenta *Autocad*, e para elaboração de modelos 3D foi utilizada a ferramenta *Sketchup*.

O processo de adequação consistiu basicamente na substituição das paredes de alvenaria pelas paredes de Light *steel*/ Framing, seguindo as seguintes etapas:

A primeira etapa mostrou a mudança de espessura de paredes em planta e cortes. Para isso foi feita uma especificação dos elementos de composição da nova parede e uma análise para definir o ponto de partida para mudança de cada uma delas a fim de minimizar as modificações no projeto.

A segunda etapa consistiu em definir os montantes de conexão das paredes em planta. Para isso foram traçadas linhas de prolongamento.

A terceira etapa definiu os montantes para fixação dos painéis/chapas, também em planta. Para isso foi traçada uma malha modeladora.

A quarta etapa definiu as guias que irão compor a estrutura do Light *steel* Framing. Estes foram representados nos cortes longitudinal e transversal da edificação.

Em todas as etapas foram demonstrados modelos 3D da estrutura dos perfis.

## 4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

### 4.1 Condomínio residencial unifamiliar

O objeto de estudo foi de um condomínio de duas residências unifamiliares que se enquadram no programa de casas populares do governo, localizado na cidade de Arcos, no interior de Minas Gerais.

Para que seja aprovado um projeto arquitetônico na Prefeitura Municipal de Arcos, são exigidos os seguintes desenhos:

- Planta baixa de todos os pavimentos;
- Mínimo de 2 cortes (longitudinal e transversal);
- Fachada (s);
- Planta de cobertura;
- Planta de situação/localização.

Dentre as exigências do programa de casas populares do governo em que se enquadra o projeto em questão, estão:

- Residência com no mínimo 50 metros quadrados e no máximo 55 metros quadrados de área construída;
- Ambientes obrigatórios: sala, cozinha, 2 quartos, um banheiro e área de serviço externa;
- Mínimo de 10% da área do terreno permeável;
- Uma vaga para cada residência;
- Afastamento de 1 metro lateral e fundos;
- Afastamento de 3 metros entre edificações.

Para que se viabilizasse o projeto, foram estipuladas pelo cliente as seguintes premissas:

- Edificação geminada contendo duas residências independentes;
- Terreno de 159,194 metros quadrados;
- Hidráulica de banho, cozinha e serviço reunida para otimização.

## 4.2 Projeto arquitetônico em sistema construtivo convencional

Foi desenvolvido pela autora projeto arquitetônico de uma edificação geminada contendo duas residências, cada uma com 50 metros quadrados de área construída, com paredes de alvenaria estrutural sobre laje e telhado com telha cerâmica sobre laje.

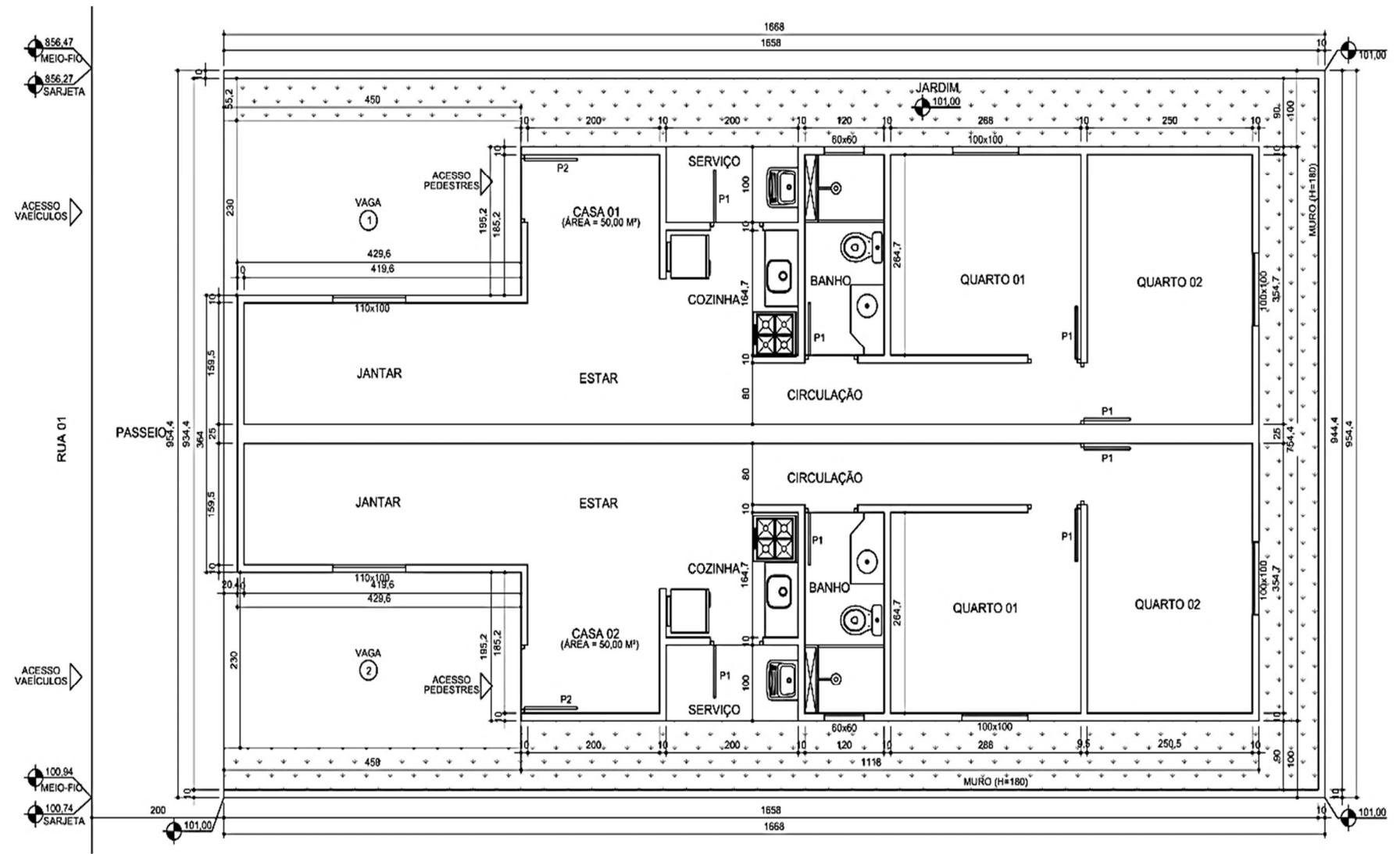
Para execução do projeto foi utilizado o *software Autocad*, que viabiliza o desenvolvimento dos desenhos com medidas específicas. A Figura 13 mostra a planta baixa da edificação no terreno (lote), projetada para construção convencional.

Para otimização do espaço dos ambientes internos, foi adotado uma espessura de paredes externas e internas de 10 centímetros, e, para a parede que divide as residências geminadas, foi adotada espessura de 25 centímetros, visando obter melhor barreira acústica.

A Figura 14 mostra o desenho em planta da edificação sem seu entorno. Como o objeto de estudo é focado apenas na construção da edificação em si, para que o tema seja melhor interpretado pelo leitor, o restante do lote será, em sua maioria, omitido.

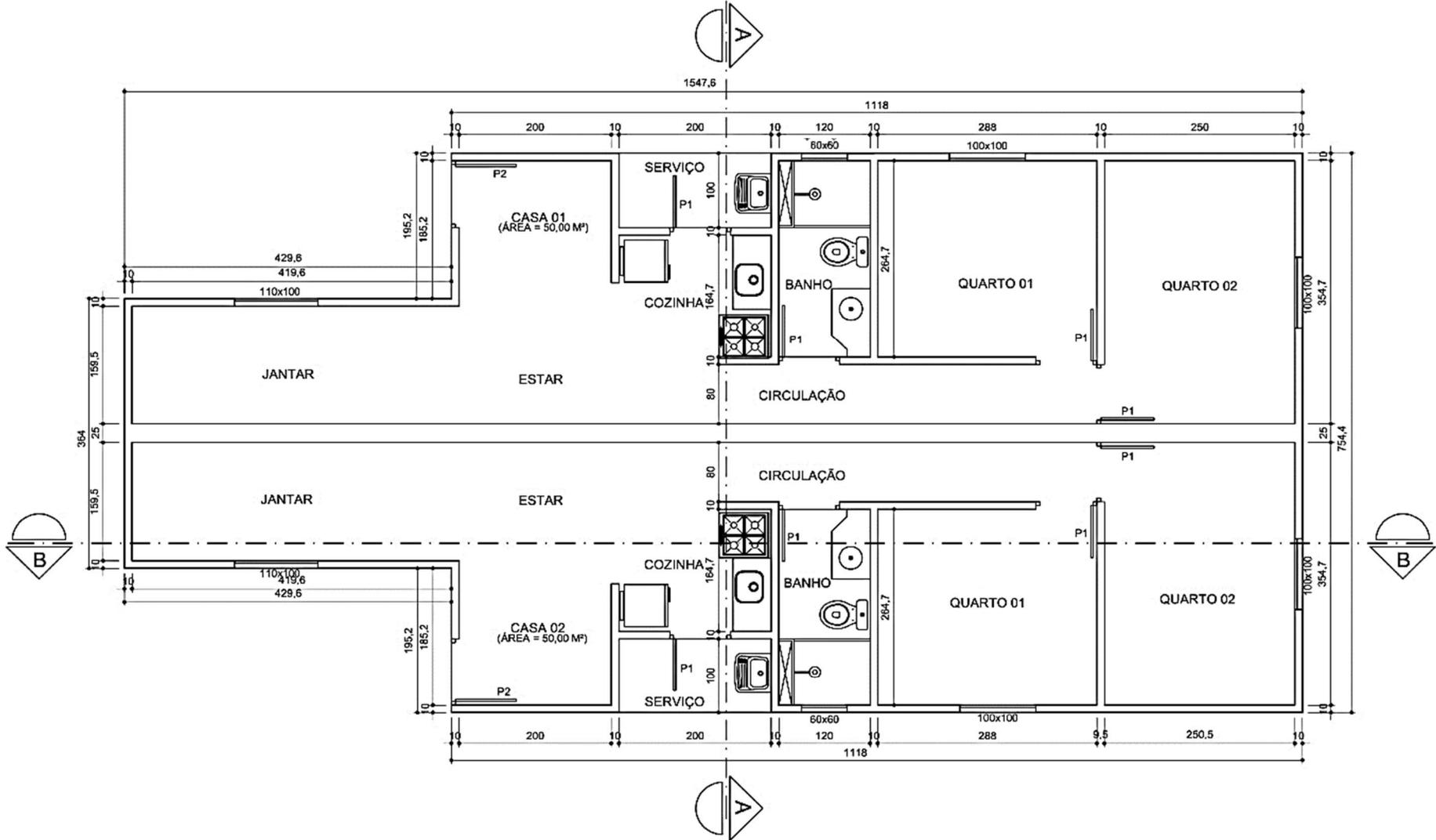
A Figura 15 mostra um *zoom* no box do banheiro, onde foi projetado com um *shaft* hidráulico a fim de atender o banheiro, a cozinha e a área de serviço. Este quesito atende uma das premissas exigidas pelo cliente de "hidráulica de banho, cozinha e serviço reunida para otimização".

Figura 13- Planta baixa da edificação no terreno em construção convencional



Fonte: da autora

Figura 14 - Planta baixa da edificação em sistema convencional sem o entorno



Fonte: da autora

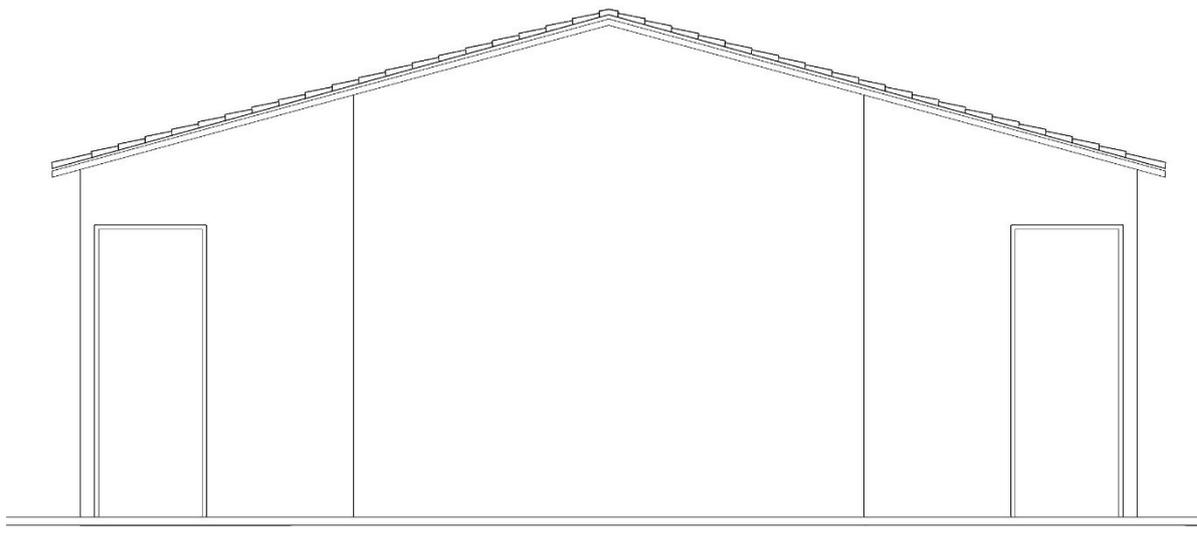
Figura 15 – Shaft projetado para passagem de tubulação



Fonte: da autora

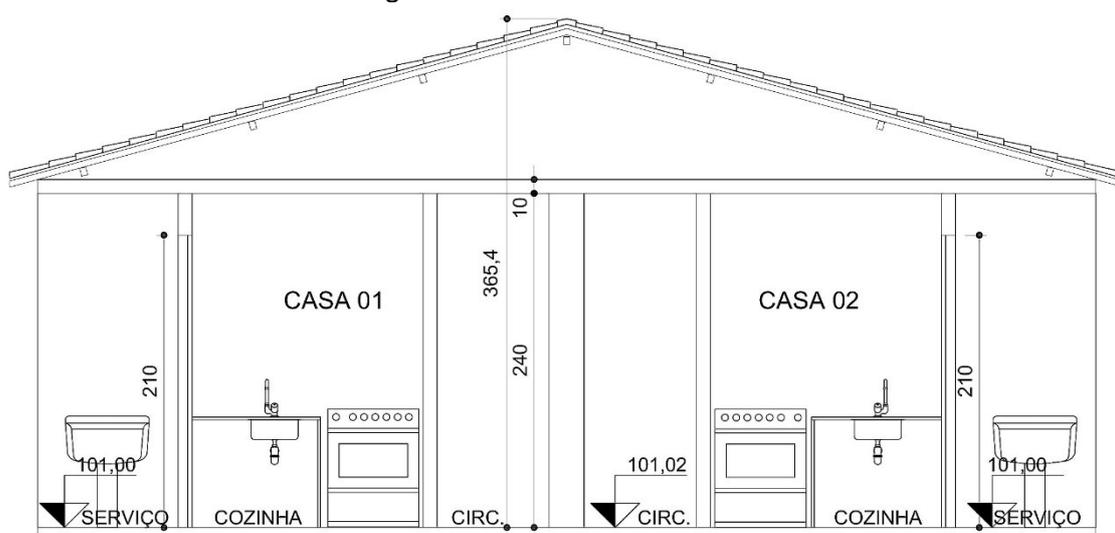
As Figuras 16, 17, e 18 apresentam respectivamente, a fachada principal, o corte transversal AA e corte longitudinal BB.

Figura 16 - Fachada principal (Rua 1)



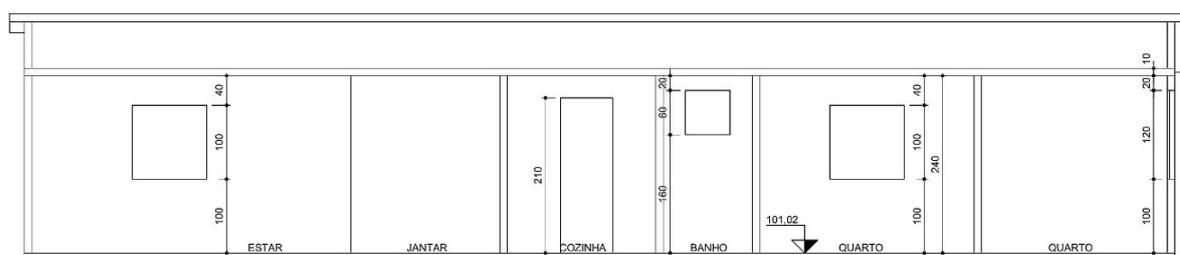
Fonte: da autora

Figura 17 - Corte transversal AA



Fonte: da autora

Figura 18 - Corte longitudinal BB



Fonte: da autora

Apresenta-se, a seguir, o desenho da planta de cobertura (FIG. 19) e a de situação/localização (FIG. 20).



### 4.3 Especificações construtivas para o Light Steel Framing

Para adaptação do projeto em Light *steel*/ Framing é necessário fazer a especificação dos elementos de composição da parede nesse processo construtivo, o que definirá também sua espessura. Para tal, foram adotadas as medidas de placa cimentícia, chapas de OSB e chapas de gesso especificadas pelo SINAT. Na Tabela 2 estão indicados os elementos de composição e suas respectivas espessuras.

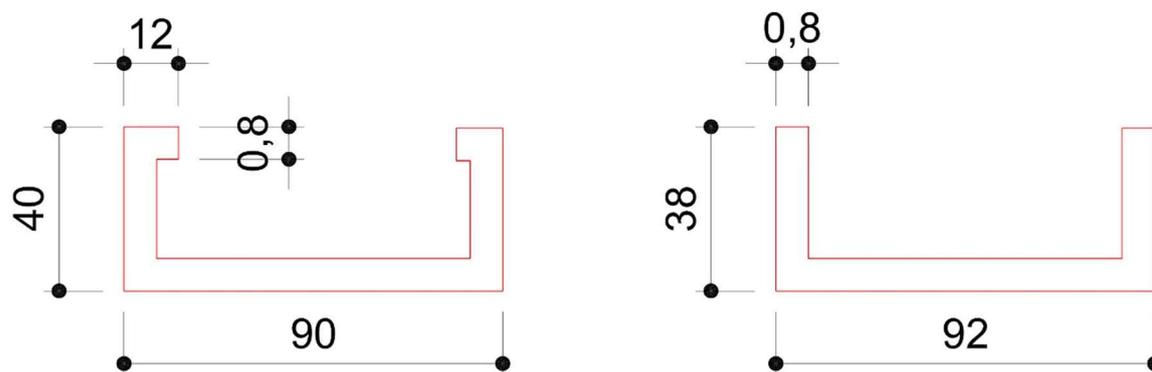
Tabela 2 - Espessura das paredes

ESPESSURAS CAMADAS LSF	
ELEMENTO DE COMPOSIÇÃO	MEDIDA
Placa cimentícia externa	10mm
Placa de OSB externa	11,1mm
Perfil leve de aço Ue	90mm
Placa de OSB interna	11,1mm
Chapa de gesso interna	12,5mm
TOTAL	13,47cm

Fonte: da pesquisa

No projeto em Light Steel Framing foram utilizados perfis metálicos U enrijecido e U simples, com 90mm e 92mm como ilustrados na Figura 21.

Figura 21 - Perfis formados a frio utilizados na confecção dos painéis do sistema LSF



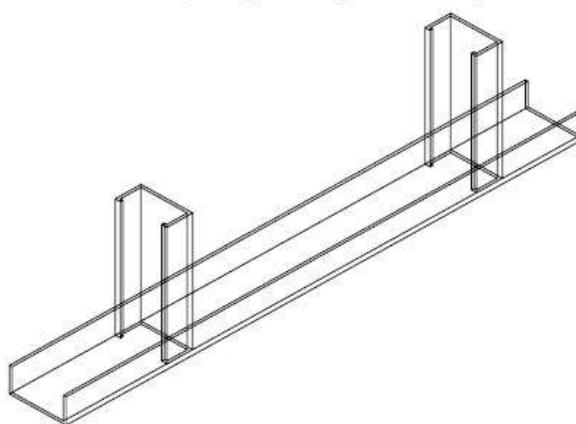
Montantes: Perfil Ue 90x40x12x0.8

Guias: Perfil U 92x38x0.8

Fonte: da autora

Os perfis simples são elementos horizontais do painel (guias), situados nos seus limites superior e inferior. Perfis enrijecidos são elementos verticais (montantes) que recebem as cargas das lajes e da cobertura. O princípio de formação dos painéis está ilustrado na figura 22.

Figura 22 – Encaixe de dos montantes na guia



Fonte: da autora

As espessuras da manta impermeável e dos revestimentos interno e externo foram desconsideradas.

No projeto, foi adotada uma medida arredondada de 13,5cm para as espessuras das paredes estruturais. Todas as elas devem ser recheadas com a lã de isolamento termo acústico de 50mm de espessura e densidade de 10kg/m<sup>2</sup>.

Todas as paredes terão a mesma estrutura e, com isso, a mesma espessura, inclusive a parede que divide as duas residências, que terá 13,5cm.

Respeitando-se a premissa inicial exigida pelo programa de casas populares do governo de área mínima construída, foi mantida a área construída de 50 metros quadrados por residência. Com isso, os limites da edificação foram mantidos, assim como o seu entorno. Trabalhou-se, portanto, com modificações internas à edificação.

#### **4.4 Adequação do projeto arquitetônico do sistema construtivo convencional para o sistema construtivo Light Steel Framing**

No processo de adequação do projeto arquitetônico do sistema construtivo convencional para o sistema construtivo em Light *steel*/ Framing, foram consideradas as seguintes etapas:

##### *4.4.1 1ª Etapa: Mudança de espessura de paredes*

Para modificar a espessura das paredes externas no projeto arquitetônico de 10cm e 25cm para 13,5cm, foi considerado o limite externo da planta baixa da edificação em sistema convencional, inclusive os da área de serviço (FIG. 23).

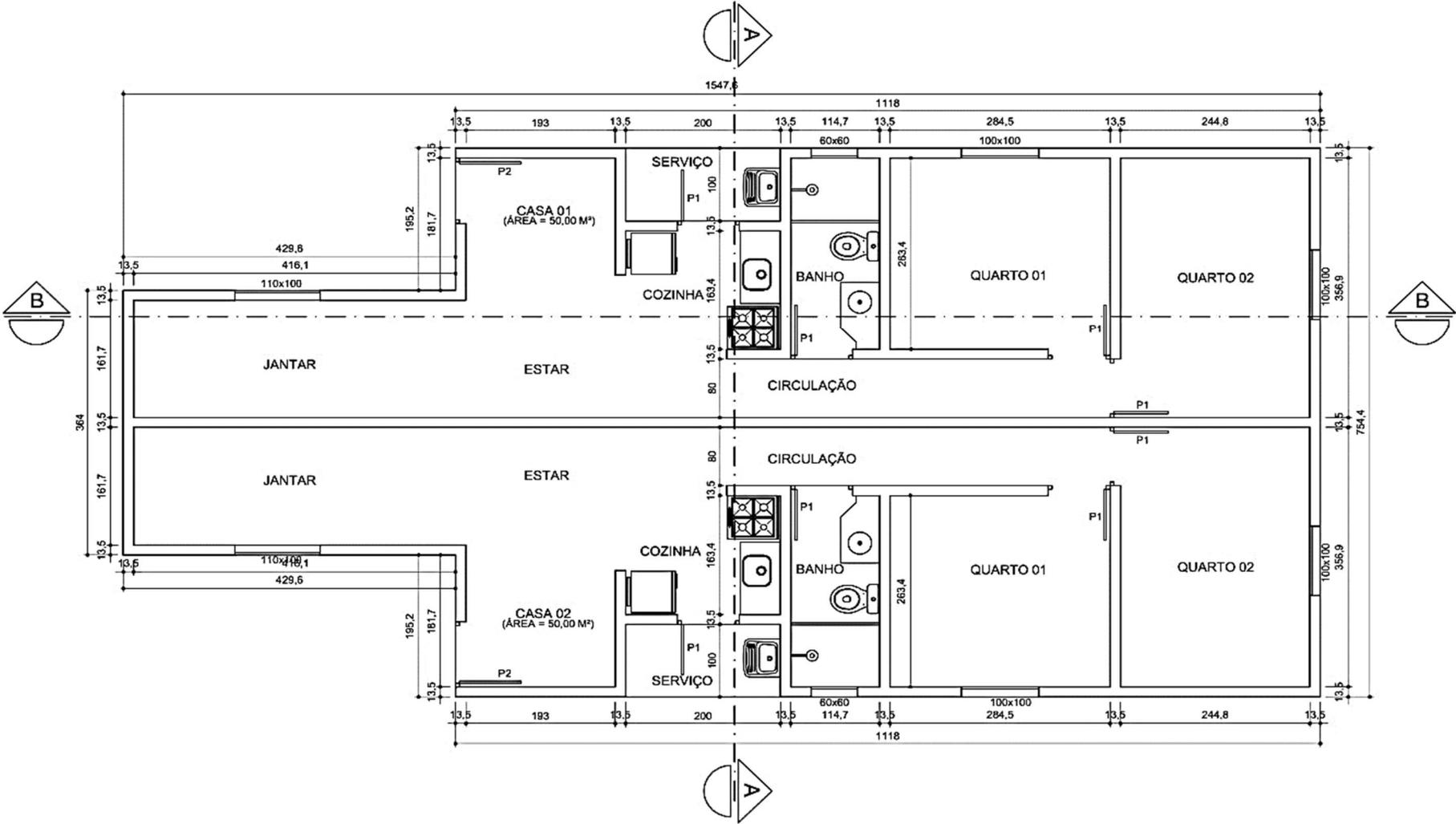
Para modificar a espessura das paredes internas no projeto arquitetônico, foi considerado o eixo das mesmas na planta baixa da edificação em sistema convencional. Este método foi adotado a fim de obter melhor distribuição de espaço com a mudança de espessura das paredes.

Uma das estratégias iniciais do projeto foi adotar para as circulações a largura de 80cm, para que fosse priorizada a otimização de espaço dos demais ambientes da residência (quartos, banheiro e cozinha). Com o mesmo intuito, esta medida foi mantida no projeto arquitetônico para o sistema construtivo Light *steel*/ Framing.

Como as instalações hidrossanitárias podem ser embutidas na estrutura do Light steel/ Framing, possibilitando uma manutenção de fácil acesso através de janelas/aberturas, sem demolições de paredes ou inutilização de pisos, foram retirados os *shafts* dos boxes dos banhos, otimizando o espaço interno (FIG.24).

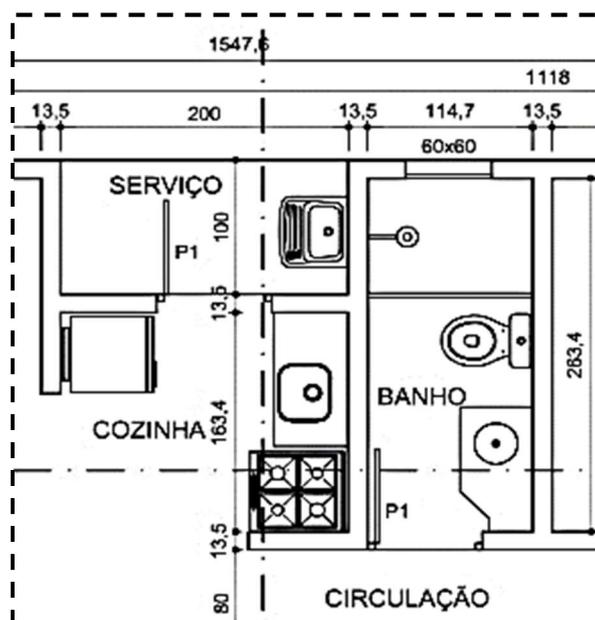
Todos as medidas e posicionamentos dos vãos, janelas e portas foram mantidos.

Figura 23 - Planta baixa com a mudança de espessura de paredes



Fonte: da autora

Figura 24 – Paredes em sistema LSF sem necessitar de *shaft* hidráulico



Fonte: da autora

#### 4.4.2 2ª Etapa: Definição dos montantes de conexão de paredes

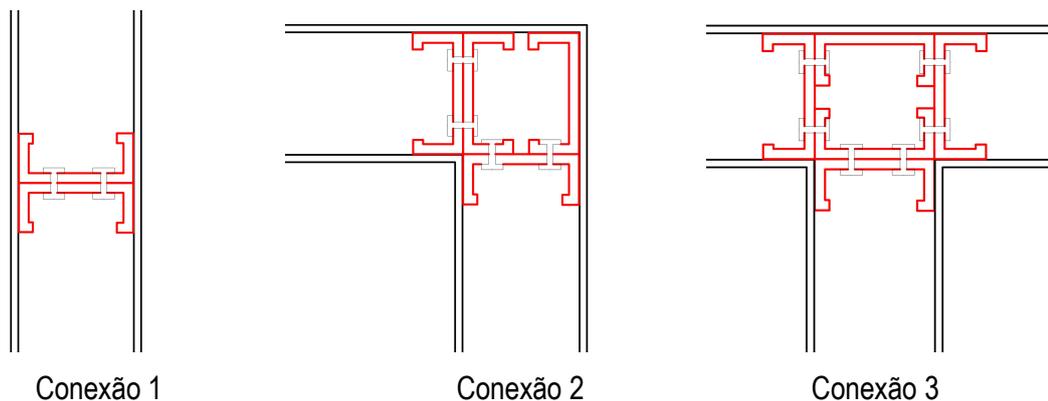
Existem 3 tipos de conexões de perfis (FIG. 25). Estas conexões permitem uma variedade de encaixes e usos para painéis. Os montantes estão representados em vermelho, e as fixações dos montantes estão representadas em azul.

Na Conexão 1, são utilizados 2 montantes, e ela é usada para encaixar lateralmente duas extremidades simples.

Na conexão 2, são utilizados 4 montantes, e ela é usada para encaixar perpendicularmente duas extremidades, uma simples e uma dupla, que são as “quinas”.

Na conexão 3, são utilizados 5 montantes, e é usada para encaixar perpendicularmente três extremidades. Esta conexão é normalmente usada quando há o encontro de duas paredes perpendiculares, sem que elas formem uma “quina” como no caso anterior.

Figura 25 - Tipos de conexão de montantes no Light steel Frame



Fonte: da autora

Foram traçadas linhas de prolongamento das quinas e dos encontros de paredes até a extremidade oposta da edificação. As linhas tracejadas (FIG. 26) representam este prolongamento. Os espaços delimitados formam áreas de ocorrência da malha de modulação e ajudam a definir os painéis ideais para cada situação. Os montantes conectam os encontros da malha tracejada com as paredes.

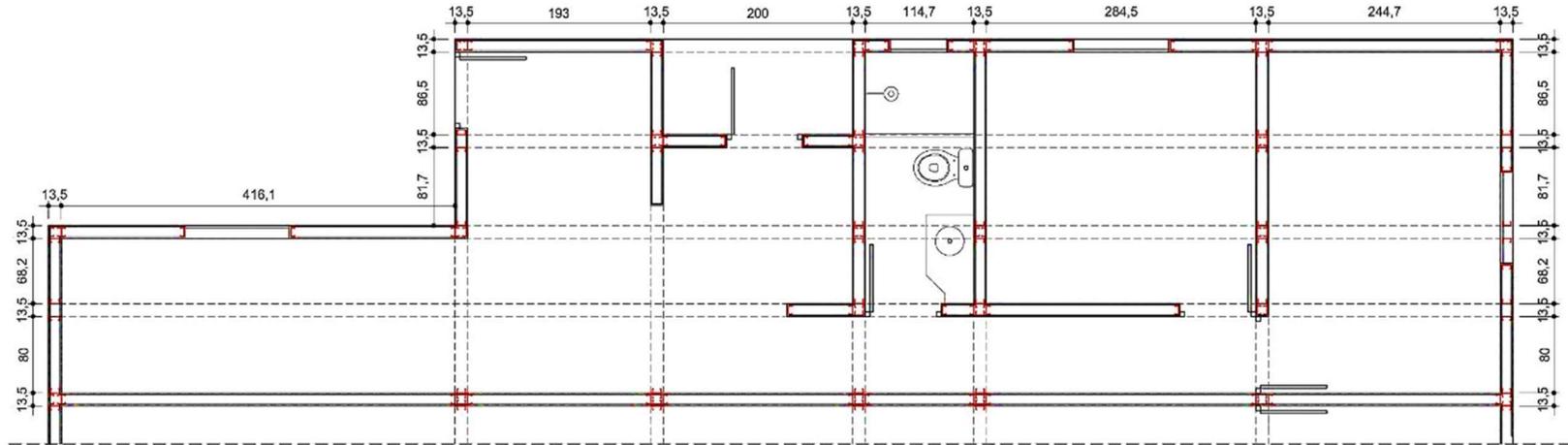
Nesta parte do projeto foi representada apenas a Casa 1 para visualização mais clara, uma vez que a casa 2 é similar.

A Figura 26 mostra a planta da Casa 1 com a representação das áreas de ocorrência da malha de modulação já definida e os montantes, em vermelho, que conectam os encontros da mesma com as paredes.

Neste passo também já estão representados os montantes que estruturam as aberturas. As laterais das portas e janelas precisam de montantes que servirão de estrutura para instalação das mesmas.

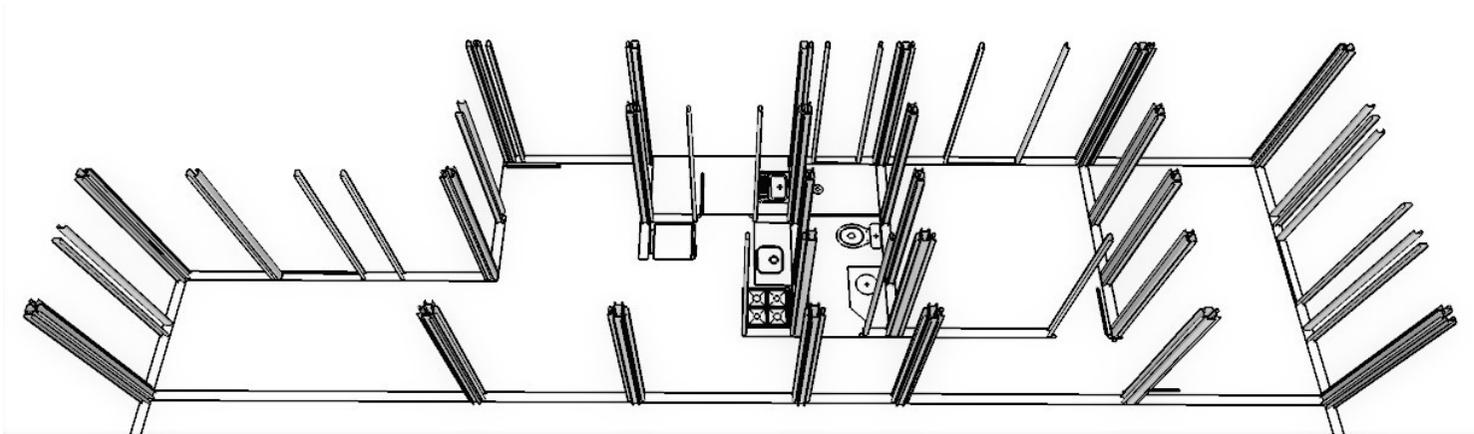
Na Figura 27 estão representados de forma espacial os montantes definidos neste passo. Trata-se de um modelo em 3D, contendo a planta da Casa 1 e os montantes executado com o *software* Sketchup.

Figura 26 – Planta de definição das áreas de ocorrência da malha de modulação Casa 1



Fonte: da autora

Figura 27 – Modelo 3D - Montantes decorrentes da malha de modulação Casa 1



Fonte: da autora

#### 4.4.3 3ª Etapa: Definição dos montantes para fixação dos painéis de vedação

Para estruturar os espaços que sobraram entre a malha tracejada, foi traçada uma malha moduladora formando uma subdivisão modulada dos espaços internos.

A malha modeladora deve-se originar a partir da malha tracejada. Neste caso foram priorizados espaçamentos de 60 centímetros entre elas. Esta medida facilita a fixação das chapas de gesso, que são fabricadas com 1,20m de comprimento.

O projeto arquitetônico foi inicialmente proposto para o sistema construtivo convencional, as medidas sobressalentes às definidas com 60 centímetros ficaram bastante variadas. Quando o projeto é concedido em sistema construtivo *Light steel/ Frame* desde o início, o ideal é que o projetista priorize formar painéis com montantes espaçados de, no máximo, 60 cm um do outro e com medidas múltiplas de 20 cm, facilitando a montagem dos painéis/chapas.

A Figura 28 mostra a planta final do projeto em método *Light steel/ Framing*. Nela, estão representados os montantes definidos na 2ª etapa, as áreas de ocorrência da malha modeladora e os montantes que conectam os encontros da mesma com as paredes. Os montantes de encontro com as aberturas (portas e janelas) devem ser interrompidos na área da abertura, porém não devem ser eliminados. Esses serão conectados em montantes horizontais, como será mostrado. Todos os montantes estão representados em vermelho.

Na Figura 29 estão representada de forma espacial todos os montantes verticais do projeto. Trata-se de um modelo em 3D contendo os montantes da Casa 1, que foi executado com o *software* Sketchup.



#### 4.4.4 4ª Etapa: Definição das guias

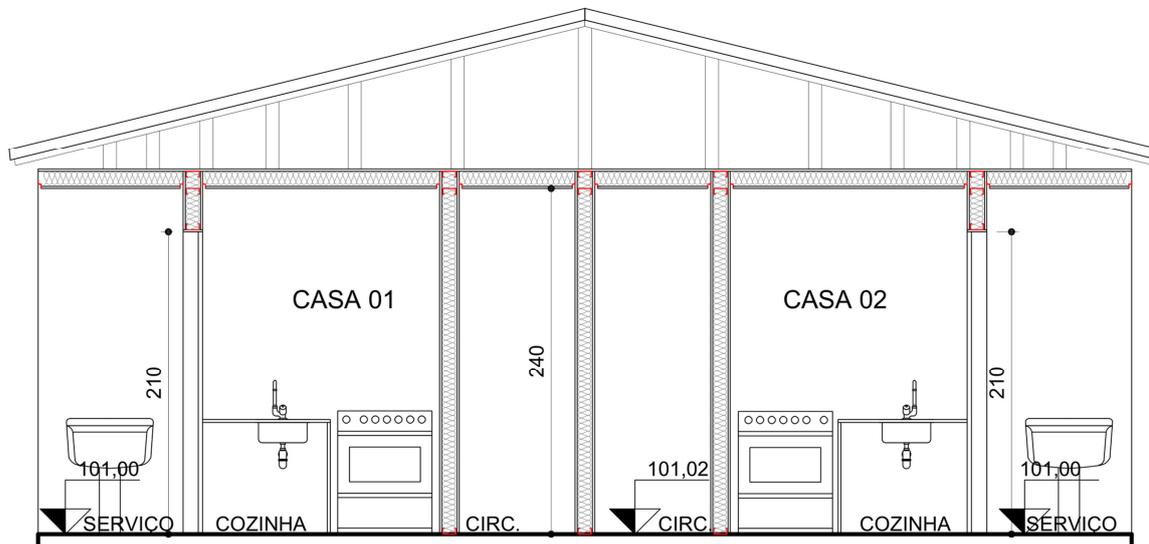
As guias são perfis horizontais que interligam os montantes. Eles também estruturam os vãos e aberturas (portas e janelas).

Nas figuras 30 e 31 observa-se representadas em vermelho, as guias que passam perpendicularmente sobre os montantes, unindo-os nos dois sentidos.

Abaixo do telhado estão as guias de borda que circundam a edificação.

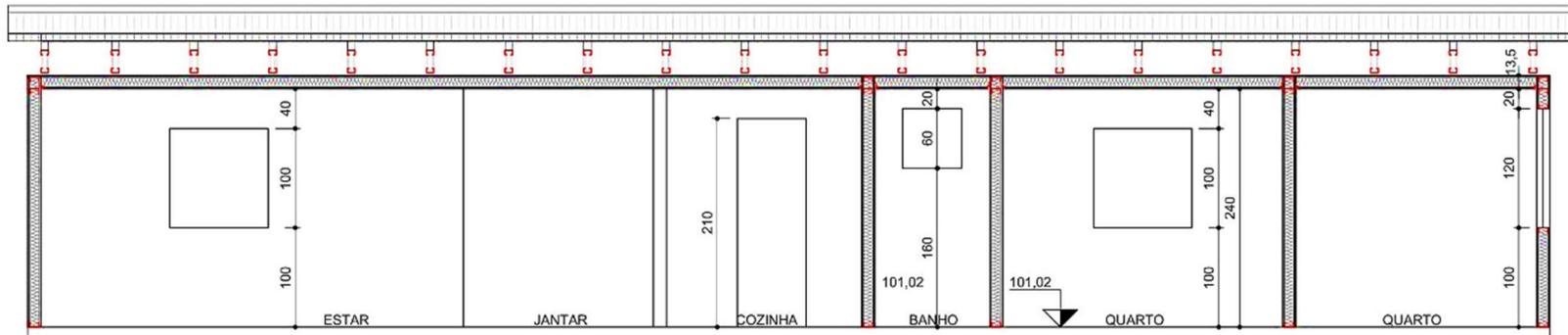
No modelo 3D (FIG. 32) observa-se uma visão espacial completa dos perfis (montantes e guias) que compõem a estrutura da edificação.

Figura 30 – Corte transversal AA – Projeto em Light Steel Frame



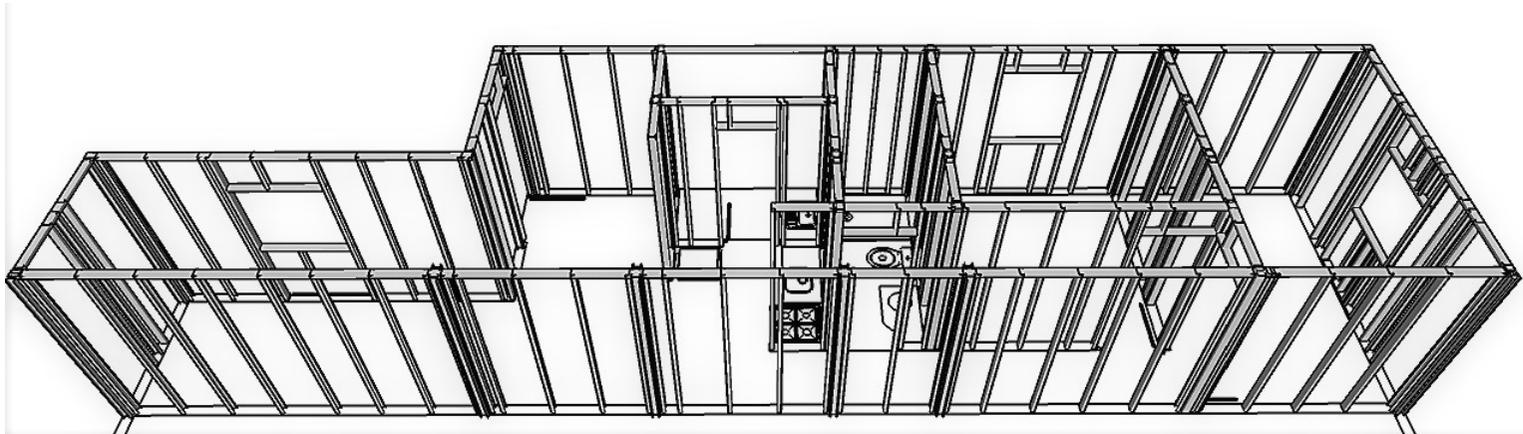
Fonte: da autora

Figura 31 - Corte longitudinal BB – Projeto em Light Steel Frame



Fonte: da autora

Figura 32 – Modelo 3D – Perfis que compõe a estrutura da Casa 1



Fonte: da autora

## 5 ANÁLISE DE RESULTADOS

O processo de adequação de projeto arquitetônico residencial unifamiliar em sistema construtivo convencional para projeto arquitetônico em sistema *Light steel/ Framing* requer do projetista conhecimento de seus componentes e suas principais etapas construtivas.

Primeiramente devem ser definidos os materiais que compõe as camadas e suas medidas específicas. Com isso se terá a medida das espessuras das paredes para serem modificadas em plantas e em cortes.

No estudo apresentado no capítulo 4, os desenhos de Fachada (FIG. 16), Planta de cobertura (FIG. 19), e Planta de situação/localização (FIG. 20) não sofreram alterações ao modificar o sistema construtivo do projeto, pois foram mantidos os limites da edificação.

A mudança nas espessuras das paredes alterou as áreas dos ambientes. A tabela mostra as áreas dos ambientes sem as paredes nos dois processos construtivos, onde observa-se que a área interna dos ambientes diminuiu 2,29 metros quadrados.

Tabela 3 - Comparativo de área dos ambientes

AMBIENTE	METRAGEM QUADRADA AMBIENTES	
	SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL	SISTEMA CONSTRUTIVO LSF
Salas (jantar+estar)	14,13m <sup>2</sup>	14,10m <sup>2</sup>
Cozinha	3,29m <sup>2</sup>	3,26m <sup>2</sup>
Circulação	5,15m <sup>2</sup>	5,18m <sup>2</sup>
Banho	2,99m <sup>2</sup>	2,99m <sup>2</sup>
Quarto 1	7,62m <sup>2</sup>	7,49m <sup>2</sup>
Quarto 2	8,86m <sup>2</sup>	8,73m <sup>2</sup>
Área de serviço	2,00m <sup>2</sup>	2,00m <sup>2</sup>
TOTAL	44,04m <sup>2</sup>	41,75m <sup>2</sup>

Um projeto mais detalhado requer a definição dos perfis (montantes e guias). Isso requer do projetista conhecimento das opções de conexões entre montantes e os casos em que devem ser aplicadas.

A estrutura da parede é composta por perfis e são neles que os painéis/chapas de contraventamento/vedação são fixados. É importante levar em consideração as medidas de fabricação dos painéis/chapas, pois o posicionamento dos montantes facilita a fixação deles.

É indispensável a participação de um engenheiro calculista para determinação da complexidade da estrutura. Montantes de contraventamento podem ser adicionados para melhor rigidez das paredes.

Quanto mais alto o índice de industrialização e quanto mais detalhados e compatibilizados forem os projetos, maior será a produtividade, gerando rapidez na execução da obra e redução de custos e desperdício. Com este intuito, após finalizado o projeto arquitetônico no sistema industrializado Light Steel Framing, deve ser contratada mão de obra especializada que executará planejamento, execução e cumprimento de cronogramas rígidos, visando racionalização dos processos, tudo isto tendo como referência o projeto arquitetônico, e deve conter especificações como:

- Listagem geral de materiais necessários e seus respectivos quantitativos, de ferramentas e de equipamentos de proteção individual necessários;
- Planta de identificação dos painéis contendo diretrizes e detalhes gráficos para a montagem de cada sistema da edificação. Na planta de identificação dos painéis deverá conter desenho com a disposição final de fixação dos painéis (estruturais e de vedação) devidamente cotados;
- Desenhos contendo cada peça que compõem a estrutura, representadas de modo que estejam dispostas para indicar tanto a sequência de montagem quanto a posição correta de fixação;

- Lista de ferramentas exclusivas para a produção da estrutura em questão, lista de parafusos que serão utilizados bem como a quantidade total prevista de uso de cada um, ou outro material necessário para a fixação de peças;
- Quantidade de operários necessários para a atividade proposta, bem como a especialidade de cada um;
- Tempo previsto para a conclusão da produção da estrutura representada na prancha, fornecendo o dia e o horário de início e conclusão do serviço;
- O local de produção da estrutura;
- O meio de transporte do elemento até seu local de fixação.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Propõe-se que para os trabalhos futuros a continuidade do presente trabalho, porém em uma versão mais completa, com o processo de adequação de projeto arquitetônico em sistema construtivo convencional para projeto arquitetônico em sistema *Light steel/ Framing* contendo mais de um pavimento;

A viabilidade do uso do sistema construtivo em *Light steel/ Framing* em edificações em série também é um assunto muito interessante quando se pensa em prazo e custo de obra, uma vez que a produção na fábrica e em canteiro de obra é feita sistematizada.

Na presente dissertação não foi abordado o quesito planejamento de obra. Outro tema para trabalhos futuros seria desenvolver um comparativo de planejamento de obra entre um mesmo projeto arquitetônico em sistema construtivo convencional e projeto arquitetônico em sistema *Light steel/ Framing*.

## 7 REFERÊNCIAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Conceitos e Etapas Manual da Construção Industrializada. Volume 1: Estrutura e vedação, 2015. Disponível em: < <http://www.abramat.org.br/datafiles/publicacoes/manual-construcao.pdf>>

BATISTA FILHO, Clébio Antônio. Uso de sistema industrializado na construção: adequação e mudança da estrutura convencional para o sistema light steel frame. Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. BH, 2015.

CAMPOS, Patrícia Farrielo de. Light Steel Framing: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. Dissertação (Mestrado -Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP. São Paulo, 2014.

CARDOSO, Roziane Duarte. Análise comparativa entre o sistema de construção light steel framing e da alvenaria tradicional no contexto da construção enxuta. Anhanguera Educacional, 2017.

CRASTO, Renata Cristina Moraes de. Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil, 2005.

FREITAS, Arlene Maria Sarmanho., CRASTO, Renata Cristina Moraes de. Steel Framing: Arquitetura. Instituto Brasileiro de Siderurgia. Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2006.

MASO, Julio Berton. Análise comparativa entre o sistema construtivo light steel framing e alvenaria estrutural. Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, 2017. Disponível em: <<https://riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/3700/Monografia%20Julio%20Berton%20Maso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>

MELLO, Filipe de Bragança Martins. A utilização da metodologia construtiva light steel frame na construção de UMEIS na cidade de Belo Horizonte. Escola de Engenharia, UFMG, BH, 2016. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg4/169.pdf>>

MIRANDA, Deividy; ZAMBONI, Luiz Ricardo. Estudo comparativo entre o sistema construtivo light steel frame e o sistema de alvenaria convencional em casas

populares. Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2016. . Disponível em: <<http://tcconline.utp.br/media/tcc/2017/05/ESTUDO-COMPARATIVO-ENTRE-O-SISTEMA-CONSTRUTIVO-LIGHT-STEEL-FRAME-E-O-SISTEMA-DE-ALVENARIA-CONVENCIONAL-EM-CASAS-POPULARES.pdf>>

MORAES, Lorena Saile de. A importância da gestão de projetos na construção industrializada, com enfoque no Sistema Steel Framing. Escola de Engenharia da UFMG. BH, 2014. . Disponível em: <[http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bits/tream/handle/1843/BUOS9R8GKD/monografia\\_lorena\\_\\_\\_ufmg\\_\\_capa\\_dura.pdf?sequence=1](http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bits/tream/handle/1843/BUOS9R8GKD/monografia_lorena___ufmg__capa_dura.pdf?sequence=1)>

ROCHA, Pabliny Paiva da. Steel frame: tecnologia na construção civil. Revista Científica FacMais, Volume. VIII, Número 1. Fev/Mar. Ano 2017/1º Semestre. ISSN 2238-8427. Disponível em <<http://revistacientifica.facmais.com.br/wp-content/uploads/2017/04/9-STEEL-FRAME-TECNOLOGIA-NA-CONSTRU%C3%87%C3%83O-CIVIL.pdf>>

ROSSO, Silvana Maria. Light steel framing. A tecnologia encontra especificação em projetos de variadas tipologias, não mais se restringindo à habitação padronizada. Revista Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: Editora Pini, e. 229, abril, 2013

SANTIAGO, Arlene Maria Sarmanho. FREITAS, Renata Cristina Moraes de Crasto. Steel Framing: Arquitetura. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Construção em Aço – CBCA, 2006. – Serie Manual de Construção em Aço.

SANTIAGO, Alexandre Kokke. FREITAS, Arlene Maria Sarmanho. CRASTO, Renata Cristina Moraes de. Manual de Construção em Aço - Steel Framing: Arquitetura.: 2. ed. 1.v. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA – Centro Brasileiro de Construção em Aço, 2012.

SINAT – SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS - DATEc nº 030 - Sistema Construtivo LP Brasil OSB em Light Steel Frame e fechamento em chapas de OSB revestidas com placa cimentícia - 2016

VIVAN, André Luiz; PALIARI, José Carlos. Design for Assembly aplicado ao projeto de habitações em Light Steel Frame. Ambient. constr., Porto Alegre , v. 12, n. 4, p. 101-115, 2012 . Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212012000400008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212012000400008&lng=en&nrm=iso)

[http://fastcon.com.br/wp-content/uploads/2014/07/casa\\_steel\\_frame\\_obra.jpg](http://fastcon.com.br/wp-content/uploads/2014/07/casa_steel_frame_obra.jpg)

GOMES, C. E. M. et al. Light steel frame na produção de moradias no Brasil. IX Congresso de Construção Metálica e Mista. I Congresso Luso-Brasileiro de

Construção Metálica Sustentável. Porto, Portugal. 24 a 25 de outubro de 2013. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/arqs/20150622104044-gomesc2013.pdf>>

PEDROSO, Sharon Passini et al. Steel frame na construção civil. Anais do 12º Encontro Científico Cultural Interinstitucional, 14 a 16 outubro de 2014. Disponível em: <<https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/559532ca64bc5.pdf>>