



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
PAULA YUMI IIDA

**UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO *LIGHT STEEL FRAME* NA
ARQUITETURA RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO**

Palhoça SC
2019

PAULA YUMI IIDA

**UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO *LIGHT STEEL FRAME* NA
ARQUITETURA RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro
Civil.

Orientador: Prof. Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.

Palhoça
2019

PAULA YUMI IIDA

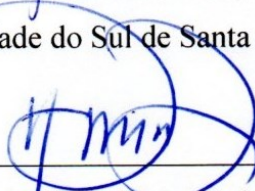
**UMA CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO *LIGHT STEEL FRAME* NA
ARQUITETURA RESIDENCIAL: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil da Universidade do Sul de Santa
Catarina como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Palhoça, 12 de junho de 2019



Professora Orientadora Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Professor Roberto de Melo Rodrigues, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Arquiteta e Urbanista Suzana Spohr
SJ Construções

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais, que sempre me apoiaram, de todas as formas, a desbravar novos caminhos.

AGRADECIMENTOS

A decisão pelas escolhas da vida muitas vezes não é fácil. A carreira de Engenharia a qual resolvi seguir caminho muito tem a ver com a minha profissão atual como Arquiteta. Ter o apoio dos meus pais Paulo Iida e Conceição Iida é de um valor imensurável e me proporciona conseguir conciliar esta jornada de trabalho e estudos de forma firme e tranquila. Meu sentimento é de gratidão. Gratidão a Deus, principalmente por ter me dado a minha família que amo e admiro.

Por todo o incentivo e companheirismo no dia a dia, agradeço ao meu noivo Gabriel Henrique que me ensina a olhar as dificuldades como desafio.

Agradeço os meus colegas e amigos que fiz aqui, em especial a Amanda Zimmerman e a Mônica Saviatto, pela parceria nos estudos, pelo incentivo nos momentos difíceis e pelas alegrias compartilhadas.

Aos professores, agradeço os ensinamentos transmitidos.

À professora Norma Beatriz Camisão Schwinden, agradeço as orientações, os ensinamentos e a troca de experiências; a boa vontade, a cobrança e a paciência para a realização deste trabalho.

Por todas estas estimadas pessoas, procuro e procurarei batalhar, me superar e fortalecer o que há de melhor em mim.

"A house is a machine for living in" (LE CORBUSIER).

RESUMO

Cada vez mais são abordados assuntos que envolvem a preocupação e consciência a respeito do meio ambiente. Diversas atividades dos seres humanos geram impactos ambientais, sociais e econômicos negativos e uma delas é a construção civil. Novas técnicas de construção mostram que é possível diminuirmos este impacto e uma delas é o *Light Steel Frame* (LSF) que vem para ficar.

Este trabalho baseia-se na apresentação do estudo de caso no qual um projeto residencial desenvolvido no sistema convencional é substituído pelo projeto no sistema inovador *Light Steel Frame*. O objetivo geral deste estudo de caso é a utilização dos conhecimentos levantados no desenvolvimento deste trabalho e aplicação em um lançamento de modelagem de projeto preliminar da residência no sistema *Light Steel Frame*.

Com o propósito de analisar e esclarecer o sistema construtivo LSF proposto para residências unifamiliares, foi utilizada a plataforma BIM (*Building Information Modelling*), no programa *Archicad* para a modelagem dos componentes deste sistema. Os subsistemas convencionais, como fundações, esquadrias, instalações hidráulicas e elétricas, elementos estéticos e demais elementos ou componentes convencionais não são objeto deste trabalho.

Este estudo confirmou as possibilidades permitidas pelo *Light Steel Frame*, através de simulações em modelos digitais 3D, realizadas tomando como projeto de estudo uma residência de dois pavimentos.

Palavras-chave: *Light Steel Frame* (LSF). Construção seca. Construção Sustentável. *Building Information Modelling* (BIM).

ABSTRACT

Issues related to the concern and awareness towards the environment have been more and more addressed nowadays. Countless human activities result in a negative environmental, social and economic impact and one of them is civil engineering/construction. New construction techniques show that it is possible to reduce this impact and the *Light Steel Frame* (LSF) is one of those that are here to stay.

This essay is based on the case study presentation, in which a residential project developed in the conventional system is replaced by the innovative LSF System. The main objective of this case study is to apply the knowledge acquired in this work's development and produce a preliminary modelling of the residency in the LSF system.

With the purpose of analysing and explaining the LSF constructive system proposed for single-family houses, the BIM (*Building Information Modelling*) platform and the *Archicad* program were utilized in the modelling of this system's components. The conventional subsystems like foundations, construction frames, hydraulic and electric installations, esthetical elements and further conventional components or elements are not part of this essay scope.

This study confirmed the possibilities provided by the use of LSF through simulations in 3D digital models developed for a 2-storey house.

Key words: Light Steel Frame (LSF). Dry construction. Sustainable construction. Building Information Modelling (BIM).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura de residência em <i>Light Steel Frame</i>	19
Figura 2 – Método <i>Stick</i>	20
Figura 3 – Método por painéis.....	20
Figura 4 – Módulo de banheiro	21
Figura 5 – Desenho esquemático de uma residência em <i>Light Steel Frame</i>	22
Figura 6 – Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em <i>Light Steel Frame</i> e suas respectivas aplicações.....	24
Figura 7 – Transmissão de carga vertical à fundação – alinhamento da estrutura	26
Figura 8 – Parafuso lentilha, sextavado e panela.....	26
Figura 9 – Distribuição dos esforços através da verga para as ombreiras	27
Figura 10 – Vergas	27
Figura 11 – Placa OSB	29
Figura 12 – Siding Vinílico	30
Figura 14 – Encontro de vértices.....	31
Figura 13 – Juntas internas e externas	31
Figura 15 – Juntas verticais batentes e portas.....	31
Figura 16 – Juntas de placas e painéis	32
Figura 17 – Pannel com contraventamento em “X”	33
Figura 18 – Placa de Gusset	33
Figura 19 – Montante ao longo do eixo longitudinal	34
Figura 20 – Mantas isolantes no interior da parede.....	35
Figura 21 – <i>Drywall</i>	36
Figura 22 – Pannel afastado do solo.....	36
Figura 23 – Estrutura de piso em <i>Light Steel Frame</i>	37
Figura 24 – Desenho esquemático de laje úmida	38
Figura 25 – Desenho esquemático de laje seca	38
Figura 26 – Detalhe ancoragem.....	41
Figura 27 – Detalhe ancoragem.....	41
Figura 28 – Detalhe ancoragem.....	42
Figura 29 – Radier sem enrijecimento.....	43
Figura 30 – Radier com enrijecimento	43
Figura 31 – Detalhe radier	44

Figura 32 – Treliças planas.....	47
Figura 33 – Planta térrea.....	57
Figura 34 – Planta Superior	58
Figura 35 – Vista frontal da residência.....	59
Figura 36 – Cobertura metálica sustentada por pilares no ambiente sala.....	59
Figura 37 – Fachada lateral da residência	60
Figura 38 – Perspectiva da residência	60
Figura 39 – Forma do pavimento térreo com marcação nos pilares a serem mantidos.....	62
Figura 40 – Forma do pavimento superior	63
Figura 41 – Forma da cobertura	64
Figura 42 – Perspectiva modelo 3D estrutural	64
Figura 43 – Perspectiva modelo 3D estrutural	65
Figura 44 – Designações do perfil de aço formados a frio U para uso em <i>Light Steel Frame</i> , suas respectivas aplicações e o perfil adotado.....	67
Figura 45 – Designações do perfil de aço formados a frio Ue para uso em <i>Light Steel Frame</i> , suas respectivas aplicações e o perfil adotado.....	67
Figura 46 – Imagem 3D da montagem do painel	68
Figura 47 – Configuração dos montantes no encontro de quadros estruturais – ligação de dois painéis de canto e de dois painéis formando um T.....	69
Figura 48 – Modulação dos montantes no pavimento térreo.....	70
Figura 49 – Modulação dos montantes no pavimento superior.....	71
Figura 50 – Bloqueador	72
Figura 51 – Contraventamento do quadro estrutural da cozinha.....	72
Figura 52 – 3D do contraventamento do quadro estrutural da cozinha.....	73
Figura 53 – Planta e vista da verga e ombreiras na porta da cozinha.....	74
Figura 54 – 3D da verga e ombreiras da porta da cozinha	75
Figura 55 – Planta e vista do número de ombreiras para porta-janela	76
Figura 56 – Planta e vista do número de ombreiras para janela	77
Figura 57 – Estrutura de piso em <i>Light Steel Frame</i>	78
Figura 58 – Viga principal: vigas compostas para aumentar a resistência.....	79
Figura 59 – 3D da viga principal adotada: 2 perfis U (guia) + 2 perfis Eu (viga).....	79
Figura 60 – Tipos de vigas principais adotadas para apoio das vigas de piso.....	80
Figura 61 – 3D da viga principal e vigas de piso no mesmo nível.....	81
Figura 62 – Laje em balanço na mesma direção das vigas de piso	82

Figura 63 – Laje em balanço não tem a mesma direção das vigas de piso	83
Figura 64 – Laje em balanço com contrapiso em níveis diferentes.....	84
Figura 65 – Estrutura de piso pavimento superior.....	84
Figura 66 – Laje seca.....	85
Figura 67 – Corte setorial: estrutura de piso.....	86
Figura 68 – Estrutura da cobertura	86
Figura 69 – Sistema LSF da residência de dois pavimentos	87
Figura 70 – Sistema LSF da residência de dois pavimentos	87
Figura 71 – Sistema LSF da residência de dois pavimentos	88
Figura 72 – Fechamento do quadro estrutural uso externo e uso interno área seca	89
Figura 73 – Fechamento do quadro estrutural uso externo e uso interno área úmida	90
Figura 74 – Fechamento do quadro estrutural uso externo e uso interno área banho	90
Figura 75 – Paginação das placas cimentícias.....	91
Figura 76 – Sistema LSF com revestimentos da residência de dois pavimentos	92
Figura 77 – Sistema LSF com revestimentos da residência de dois pavimentos	93
Figura 78 – Sistema LSF com revestimentos da residência de dois pavimentos	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Acabamentos aplicados sobre cada tipo de chapa de fechamento.....	88
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos Específicos.....	13
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	SISTEMA CONSTRUTIVO INOVADOR	15
2.1	SUSTENTABILIDADE X CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS	15
2.2	<i>LIGHT STEEL FRAME</i> NO BRASIL.....	16
2.3	CARACTERÍSTICAS DO <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	17
2.4	MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO.....	19
2.4.1	<i>Método Stick</i>	19
2.4.2	<i>Método por painéis</i>	20
2.4.3	<i>Construção modular</i>	21
2.4.4	<i>Método balloon / platform framing</i>	21
2.5	COMPOSIÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	21
2.5.1	Perfis de Aço	23
2.5.2	Sistema Estrutural Vertical (paredes).....	25
2.5.2.1	FECHAMENTOS.....	28
2.5.2.1.1	<i>FECHAMENTOS EXTERNOS</i>	28
2.5.2.1.2	<i>ISOLANTES TÉRMICOS E ACÚSTICOS</i>	34
2.5.2.1.3	<i>FECHAMENTO INTERNO (DIVISÓRIAS)</i>	35
2.5.3	Lajes e pisos	37
2.5.4	Fundação.....	39
2.5.4.1	RADIER	42
2.5.4.2	SAPATA CORRIDA.....	44
2.5.4.3	VIGA BALDRAME.....	45
2.5.5	Cobertura.....	45
2.5.5.1	TESOURAS	46
2.5.5.2	COBERTURA PLANA.....	47
2.5.6	Dimensionamento	47
2.6	PREMISSAS DE PROJETO	49

2.6.1	Estudo preliminar e anteprojeto	50
2.6.2	Projeto executivo e detalhamento	51
2.7	NORMAS	52
2.8	BIM	53
3	ESTUDO DE CASO	55
3.1	IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE ESTUDADA	56
3.1.1	Delimitações	61
3.2	COLETA DE DADOS	61
3.3	PROPOSIÇÃO DE PROJETO	65
3.4	CONCEPÇÃO DO MODELO EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	66
3.4.1	Fundação	66
3.4.2	Painéis	66
3.4.2.1	Perfis	66
3.4.2.2	União dos painéis	68
3.4.2.3	Modulação	69
3.4.2.4	Contraventamento	71
3.4.2.5	Aberturas para esquadrias	73
3.4.3	Estrutura do piso	77
3.4.3.1	Vigas de piso	78
3.4.3.2	Viga principal	78
3.4.3.3	Lajes em balanço	81
3.4.3.4	Laje seca	85
3.4.4	Cobertura Plana	86
3.4.5	Fechamento	88
3.4.5.1	Tipos de chapas	88
3.4.5.2	Paginação	91
3.5	VANTAGENS	94
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO DE CASO	95
5	CONCLUSÃO	96
5.1	PROPOSTA DE CONTINUAÇÃO	96
6	REFERÊNCIAS	97

1 INTRODUÇÃO

O Sistema construtivo *Light Steel Frame* surgiu nos Estados Unidos por volta do século XIX, com a “marcha para o Oeste” que foi um movimento em busca de conquista do território americano, gerando um grande aumento da população (PEDROSO, FRANCO, BASSO, BOMBONATO, 2014).

Os americanos passaram a buscar soluções para o problema habitacional, de maneira prática, rápida, de baixo custo e de fácil acesso de materiais que estavam disponíveis no local. Devido ao aumento da exploração das florestas, as indústrias madeireiras foram vetadas do desmatamento, e começaram a utilizar madeira de baixo custo, fazendo com que a qualidade caísse e deste modo, a madeira foi substituída pelo aço em meados de 1980. Com o fim da Segunda Guerra Mundial, o material em abundância era o aço e a produção do mesmo obteve grandes avanços devido à guerra, assim surgiu o revolucionário e até a atualidade utilizada esta metodologia construtiva (PEDROSO, FRANCO, BASSO, BOMBONATO, 2014).

Pedroso et al. (2014) apud Alessandro de Souza Campos (2018) afirma que atualmente o sistema *LSF* é utilizado nos EUA, Europa, Japão, Nova Zelândia, Austrália e entre outros. No Brasil, teve início em 1998, sendo aplicado em residências, trazendo tendências tecnológicas no modo de construir de maneira diferenciada das tradicionais.

Este estudo tem como tema principal o sistema construtivo em *Light Steel Frame*, cujo o principal material estrutural é o perfil de aço galvanizado.

Tem como foco, o desempenho desse método construtivo, juntamente com a sua adesão à sustentabilidade.

Além do desperdício de recursos, os sistemas construtivos tradicionais, como o uso da alvenaria ou concreto, demandam um período de tempo excedente se comparado a sistemas industrializados – pré-fabricado e pré-moldado. Pensar alternativas capazes de adaptar-se aos diferentes territórios junto a um custo-benefício equivalente e rapidez no processo construtivo tem se tornado cada vez mais um mote na busca de arquitetos e construtores (ARCHDAILY, 2018).

Desta forma, este trabalho buscou responder ao seguinte problema: **Qual a viabilidade de adoção deste sistema construtivo em aplicação ao estudo de caso de uma residência?**

1.1 JUSTIFICATIVA

Conforme Archdaily (2018), cada vez mais as cidades terão de suprir necessidades construtivas desenvolvendo técnicas capazes de unir a qualidade junto à garantia de sistemas mais sustentáveis, eficientemente econômicos e passíveis de serem produzidas em massa. Os sistemas construtivos a seco são exemplos de modelos capazes de atuar na consolidação dos pontos colocados e por permitir benefícios em comparação aos sistemas tradicionais.

Apesar de a sustentabilidade ser o carro chefe deste tipo de construção, o *Light Steel Frame* ainda garante outras vantagens que podem poupar não só o meio ambiente, mas também o bolso do consumidor. Ao utilizar material reciclável, o modelo reduz a quantidade de resíduos, assim como o descarte, e mantém o canteiro de obras mais organizado, tornando a obra mais fácil de ser executada. Também garante manutenções mais práticas (BENVENUTTI, 2018).

O tema reúne um estudo das principais características do sistema construtivo *Light Steel Frame*, assim como exemplifica com uma residência dentro do estudo de caso, tornando-se uma fonte de pesquisa a ser consultada juntamente com outras bibliografias que tratam do mesmo assunto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

A partir de um estudo detalhado a respeito das técnicas construtivas, aplicar uma proposta de substituição de um projeto em construção convencional para a modelagem preliminar de projeto no sistema *Light Steel Frame*.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atender ao objetivo geral acima, foram designados como objetivos específicos:

- a) Analisar as contribuições deste sistema construtivo à Engenharia, ao meio ambiente e aos consumidores;

- b) Descrever as características do sistema construtivo e aplicar a técnica num estudo de caso;
- c) Apresentar as vantagens deste sistema.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será estruturado em capítulos para facilitar a sua compreensão, que serão apresentados da seguinte forma:

O capítulo um trará a introdução, que compreenderá a apresentação do tema da pesquisa, a justificativa, os objetivos de trabalho, os procedimentos metodológicos e a estrutura do trabalho.

O capítulo dois apresentará a revisão da literatura sobre método construtivo *Light Steel Frame* e sua relação com a sustentabilidade.

No capítulo três é apresentado o estudo de caso.

O capítulo quatro irá expor os resultados e discussões do estudo de caso.

O capítulo cinco elucida qual a conclusão obtida com o desenvolvimento do presente trabalho, seguida pelas devidas referências bibliográficas.

2 SISTEMA CONSTRUTIVO INOVADOR

O *Light Steel Frame* é um sistema construtivo racional constituído de perfis leves de aço galvanizado, que formam paredes estruturais e não estruturais depois de receber os painéis de fechamento. Por ser um processo industrializado de construção, permite executar a obra com grande rapidez, a seco e sem desperdícios. Esse sistema é formado por painéis que possuem perfis metálicos (montantes, guias, cantoneiras, chapas e fitas metálicas), formando uma espécie de esqueleto que se torna a estrutura da edificação (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008).

2.1 SUSTENTABILIDADE X CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Com a preocupação em relação ao meio ambiente em alta e a busca pela sustentabilidade se tornando tópico principal em muitas empresas, como adaptar o ramo da construção, conhecido como um ambiente poluído e com alto desperdício, quando falamos em preservação (BENVENUTTI, 2018)?

O setor da construção civil é responsável por uma enorme produção de resíduos. De acordo com o economista e mestre em tecnologia ambiental Elcio Carelli, 60% do total de resíduos produzidos nas cidades brasileiras têm origem na construção civil, e completando, segundo Diana Scillag, diretora do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), somente 20% a 50% dos bens naturais são realmente consumidos pelo setor, enquanto que os valores em resíduos gerados dobram se comparado aos resíduos sólidos urbanos (ARCHDAILY, 2018).

Como afirma o Ministério do Meio Ambiente (2018), construção sustentável é um conceito que denomina um conjunto de medidas adotadas durante todas as etapas da obra que visam a sustentabilidade da edificação. Através da adoção dessas medidas é possível minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente além de promover a economia dos recursos naturais e a melhoria na qualidade de vida dos seus ocupantes.

Uma obra sustentável leva em consideração todo o projeto da obra desde a sua pré-construção onde devem ser analisados o ciclo de vida do empreendimento e dos materiais que serão usados, passando por cuidados com a geração de resíduos e minimização do uso de matérias-primas com reaproveitamento de materiais durante a execução da obra até o tempo

de vida útil da obra e a sustentabilidade da sua manutenção (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018).

Uma alternativa para construção em geral que agrega diversos benefícios e une sustentabilidade e economia é o *Light Steel Frame*. Muito utilizado em países como Japão, Estados Unidos e Argentina e em grande parte do continente Europeu, ele vem ganhando espaço devido às vantagens que possui se comparado a construções convencionais de alvenaria (BENVENUTTI, 2018).

Ainda na afirmação de Benvenuti (2018), o modelo *Light Steel Frame* consiste em uma construção de estrutura mais leve, com perfis de aço galvanizado, formando um molde com painéis, vigas e outros elementos preparados para suportar as cargas da edificação e acrescentando, segundo Archdaily (2018), dispensa o uso de cimento, permite solidificar a construção em um curto período de tempo.

Conforme CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço) (2018), o aço é material 100% reciclável podendo, esgotada a vida útil da edificação, retornar aos fornos sob forma de sucata e se tornar um novo aço, sem perda de qualidade.

A construção em aço está em perfeita sintonia com o conceito de desenvolvimento ambientalmente sustentado. Além de ser extremamente versátil e durável, utiliza tecnologia limpa, reduz sensivelmente os impactos ambientais na etapa de construção e, concluída a obra, garante segurança e conforto aos ocupantes da edificação. (CBCA, 2018).

2.2 *LIGHT STEEL FRAME* NO BRASIL

Apesar de, no Brasil, a construção civil ainda ser predominantemente artesanal, caracterizada pela baixa produtividade e principalmente pelo grande desperdício, o mercado tem sinalizado mudanças nessa situação, mas ainda de forma lenta se comparada a outros setores da economia. Dentro dessa realidade, os construtores têm buscado investir em processos construtivos mais eficientes que resultem em produtos de melhor qualidade sem aumentos significativos dos custos, a fim de se tornarem mais competitivos, como forma de garantir a presença de suas empresas no mercado (JUNIOR, 2006).

Na pesquisa realizada em 2018, ano base 2017, pelo Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), os números evidenciam novamente mercados com grande potencial de crescimento, mas que lutam contra a fraca demanda diante da atual situação político-econômica do Brasil. O estudo feito com os fabricantes de estruturas de aço mostra

que o setor apresentou queda de 13% na sua produção em 2017 na comparação com 2016, atingindo o nível mais baixo desde a primeira edição da pesquisa, em 2011, o que significou fechamento de empresas e baixo volume de obras. Destaca-se ainda que desde 2015 o setor vem sofrendo sucessivas quedas em sua produção. Quando comparada a produção de 2014 (pico) com a de 2017, observa-se uma redução de quase 50%. Somente em 2017 a pesquisa identificou a paralização das atividades de 15 empresas.

Os baixos números devem ser vistos com bons olhos, pois significa também que o *Light Steel Frame* ainda tem espaço para conquistar.

Os esforços da iniciativa privada, associações, universidades, construtores, profissionais de arquitetura e engenharia estão fazendo com que o sistema construtivo *Light Steel Frame* ganhe cada vez mais projeção no mercado nacional sendo possível, serem encontrados exemplos de obras espalhadas, praticamente, em todo o território nacional (CAMPOS, 2018).

Observa-se uma oportunidade no grande nicho de mercado brasileiro a ser explorado, tanto por empresas comerciantes quanto por profissionais da área da construção civil e é com essa energia que se dá o seguimento a este trabalho.

2.3 CARACTERÍSTICAS DO *LIGHT STEEL FRAME*

A inclusão do *Light*, traduzida para o português significa leve, que serve para expressar a estrutura de aço “*Steel*” que permite à edificação possuir o peso reduzido. A designação em inglês “*Frame*” é usada para, definir o esqueleto estrutural composto pelo aço e outros elementos que ligados entre si funcionam para suportar a obra. (PEDROSO et al. 2014).

No dizer de Pedroso et al. (2014), é uma denominação empregada internacionalmente para definir o material construtivo que utiliza o aço galvanizado como principal elemento estrutural, gerando elementos de baixo peso.

Dentre suas características, a que deve ser ressaltada é a viabilidade nos cálculos, gerando uma maior precisão na quantidade de material a ser aplicado, bem como mão de obra a ser utilizada e tempo de execução, consequentemente a redução nos custos da obra. É produzido a partir de chapa de aço com espessura reduzida, gerando rapidez na execução da obra, redução no peso do edifício, redução de custos e desperdícios. A influência do aço neste tipo de sistema, mantém a

estrutura leve, sendo destaque para edifícios com determinado número de pavimentos, além de sua resistência a determinados tipos de agentes externos. Sua fabricação não necessita de maquinaria pesada. Possui flexibilidade, permitindo qualquer tipo de acabamento exterior e interior (PEDROSO, FRANCO, BASSO, BOMBONATO, 2014).

Tecnicamente, o *Light Steel Frame* pode ser definido como um sistema construtivo estruturado em perfis de aço galvanizado formados a frio, projetados para suportar às cargas da edificação e trabalhar em conjunto com outros subsistemas industrializados, de forma a garantir os requisitos de funcionamento da edificação (CAMPOS, 2018). Campos (2018) acrescenta que a utilização é o aço galvanizado ZAR230 – de até 3 mm de espessura - zincado de alta resistência, com 230 MPa, com 180 g/m² de liga de zinco para ambientes não marinhos e com 275 g/m² de liga de zinco para ambientes marinhos, garante um ótimo desempenho contra corrosão.

A variação dos montantes ocorre, normalmente, em função da carga que suportam ou da espessura desejada para as paredes. "Paredes mais largas pedem montantes maiores, cargas elevadas podem pedir montantes mais robustos ou uma maior proximidade entre os montantes para aumentar a capacidade de suporte dessas cargas", explica Rodrigo Marcondes Ferraz, arquiteto titular da FGMF Arquitetos apud Rosso (2013).

Figura 1 – Estrutura de residência em *Light Steel Frame*



Fonte: (PARS-TIRAZIS, 2017)

2.4 MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO

Segundo Pedroso et al (2014), os métodos de construção utilizando o *Light Steel Frame* são os descritos a seguir:

2.4.1 Método *Stick*

Todas as partes da edificação são cortadas no canteiro de obra, as lajes, painéis e cobertura são montadas no local (figura 2). Eles podem vir perfurados para passagem de instalações hidráulicas e elétricas. Esse método é uma boa saída para construções onde não há local viável para a pré-fabricação, além de facilitar o transporte das peças e a união delas, aumentando apenas a atividade na obra (PEDROSO et al, 2014).

Figura 2 – Método *Stick*

Fonte: (SANTIAGO, 2008)

2.4.2 Método por painéis

Algumas partes (como painéis estruturais e não estruturais, tesouras do telhado, lajes, etc.) podem ser pré-fabricadas fora da obra, transportadas (figura 3) e montadas no local. Alguns painéis de fechamento também podem ser aplicados na pré-fabricação para diminuir o tempo de serviço na edificação. Este método é bom para construções em que há um curto prazo de entrega, pois a montagem é rápida (PEDROSO et al, 2014).

Figura 3 – Método por painéis



Fonte: (SANTIAGO, 2008)

2.4.3 Construção modular

Este método consiste em todo o módulo ser pré-fabricado e entregue pronto (figura 4) com todos os acabamentos e revestimentos internos, bancadas, instalações hidráulicas e elétricas. Podem ser colocadas lado a lado, ou uma sobre a outra, dependendo de como será a forma final da edificação (PEDROSO et al, 2014).

Figura 4 – Módulo de banheiro



Fonte: (SANTIAGO, 2008)

2.4.4 Método *balloon* / *platform framing*

No método *balloon* a estrutura do piso é fixada nos painéis da parede que são geralmente grandes e vão além de um pavimento. Já no método *platform* os pisos e paredes são construídos sequencialmente, um pavimento por vez, não havendo painéis contínuos como no método *balloon* (PEDROSO et al, 2014).

2.5 COMPOSIÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAME*

O *Light Steel Frame* é um sistema construtivo pré-fabricado, que tem como principal material estrutural, o perfil de aço galvanizado (galvanização é o processo em que uma peça metálica recebe o banho de outro metal mais nobre, com a finalidade de proteger contra corrosão e oferecer maior condutibilidade) (INDUFIX, 2016).

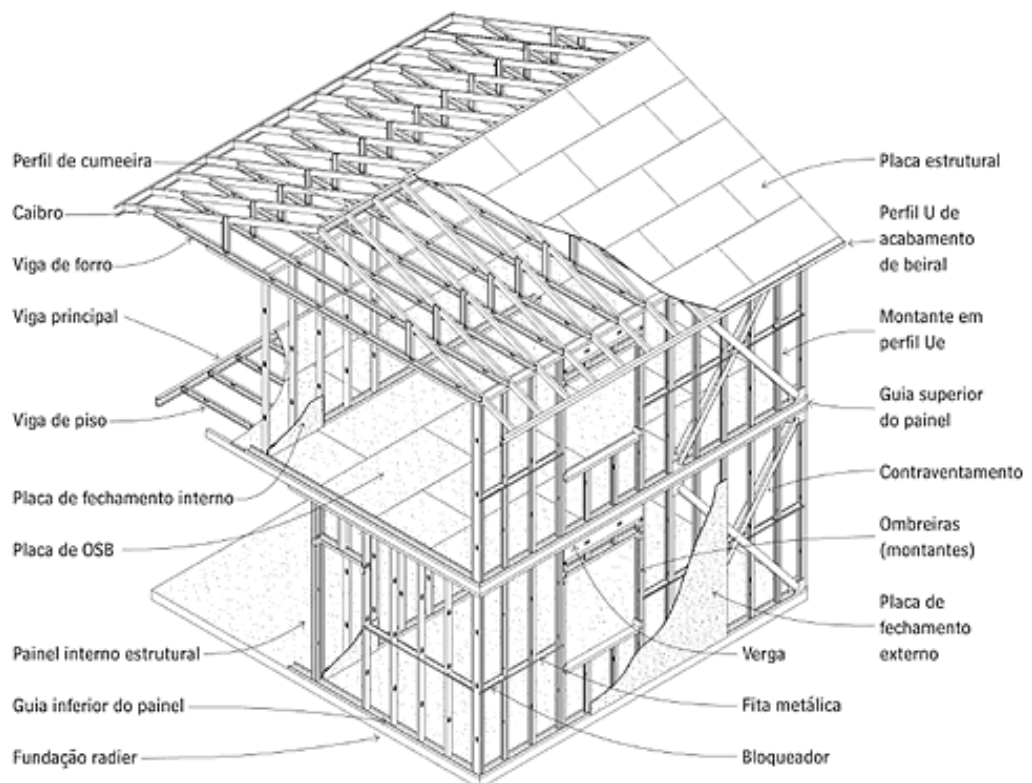
Os perfis metálicos, dobrados a frio, estruturam e compõem os painéis estruturais que são calculados por um projetista e produzidos como elementos estáveis e, quando

montados, conferem bom desempenho de resistência estrutural para a edificação (JUNIOR, 2006).

Os perfis formados a frio de aço galvanizado são utilizados na composição de painéis estruturais e não estruturais, vigas de piso, vigas secundárias, tesouras de telhado e demais componentes. Em conjunto com outros subsistemas como fundação, fechamentos interno e externo, isolamento termoacústico e instalações elétricas e hidráulicas dão forma à edificação e garantem sua habitabilidade (JUNIOR, 2006).

Basicamente o esqueleto estrutural em *Light Steel Frame* é composto por paredes, pisos e cobertura. Reunidos, eles possibilitam a integridade estrutural da edificação, resistindo aos esforços que a solicitam.

Figura 5 – Desenho esquemático de uma residência em *Light Steel Frame*



Fonte: (CASTRO, 2006)

2.5.1 Perfis de Aço

Castro e Freitas (2006) afirmam que os perfis típicos para o uso em *Light Steel Frame* geralmente são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumíniozinco pelo processo contínuo de imersão a quente ou por eletrodeposição, conhecido como aço galvanizado.

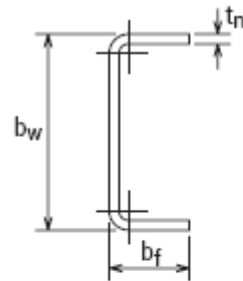
Reforçam os autores que as seções mais comuns na construção civil são as com formato em "C" ou "U" enrijecido (Ue) para montantes e vigas e o "U" simples que é usado como guia na base e no topo dos painéis. As guias geralmente não transmitem nem absorvem os esforços, sendo isso feito pelos montantes, vigas e eventualmente pilares presentes na estrutura.

No Brasil, as dimensões dos perfis comercializados são 90, 140 e 200 mm (dimensões da alma dos perfis). E os flanges podem variar de 35 a 40 mm, dependendo do fabricante e do tipo de perfil. Os outros perfis que podem ser necessários são tiras planas, cantoneiras e cartolas. Tiras ou fitas são tipicamente utilizadas para estabilização dos painéis. As cantoneiras são normalmente usadas nas conexões de elementos, e o cartola é comumente empregado como ripas de telhado (CASTRO, FREITAS, 2006).

A figura 6 apresenta a designação e a utilização dos perfis do sistema.

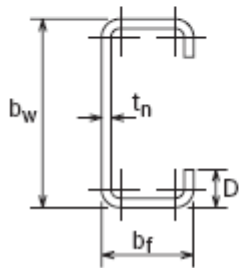
Figura 6 – Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em *Light Steel Frame* e suas respectivas aplicações

Seção transversal Série Designação NBR 6355:2012 Utilização



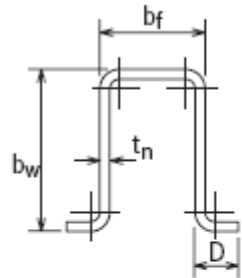
U simples
U bw x bf x tn

Guia
Ripa
Bloqueador
Viga principal



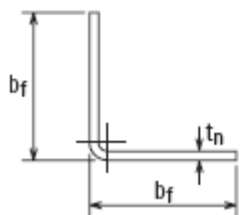
U enrijecido
Ue bw x bf x D x tn

Bloqueador
Enrijecedor de alma
Montante
Verga
Viga



Cartola
Cr bw x bf x D x tn

Ripa



Cantoneira de abas desiguais
L bf1 x bf2 x tn

Cantoneira

Fonte: (ABNT, 2012)

2.5.2 Sistema Estrutural Vertical (paredes)

No Sistema Construtivo *Light Steel Frame* as paredes também são chamadas de painéis estruturais e têm a função de receber e transmitir as cargas até a fundação.

A estrutura é composta por perfis metálicos, isolante termo- acústico, que em conjunto com placas estruturais, constituem um diafragma que permitirá resistir a cargas verticais (cobertura e segundo pavimento), cargas horizontais (ventos) e cargas de corte (sismos).

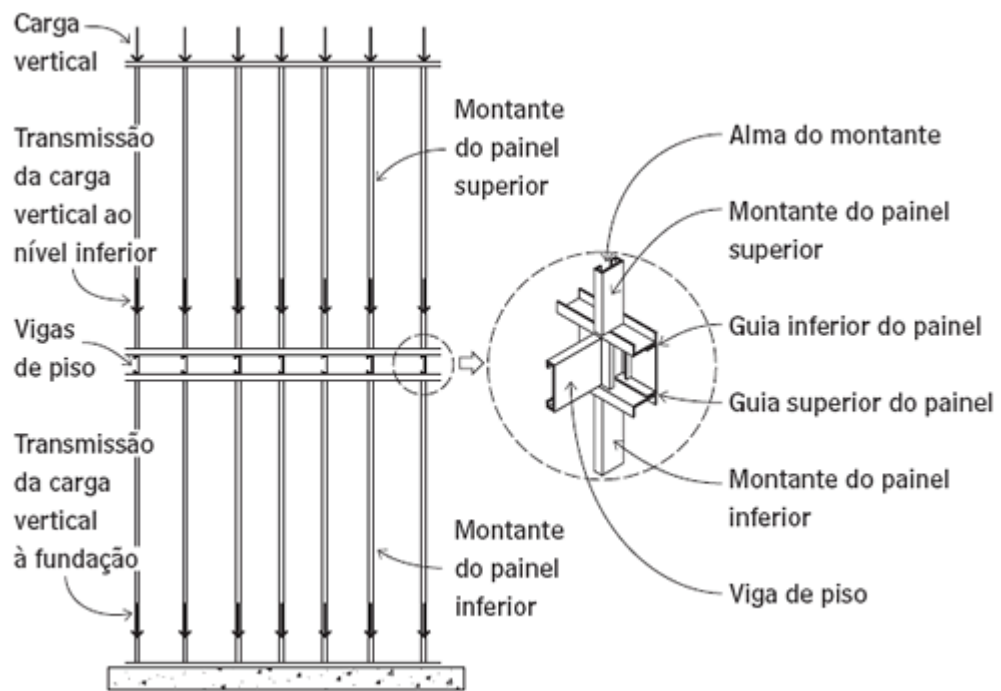
Conforme Terni, Santiago e Pianheri (2008), a estrutura vertical normalmente é portante, isto é, tem a finalidade estrutural para a edificação, na qual recebe e transmite cargas distribuídas. Neste sistema, os painéis trabalham em conjunto, travando-se entre si e gerando estabilidade.

Ainda de acordo com os autores, os montantes (perfis Ue) são os elementos paralelos verticais normalmente modulados a cada 400 mm ou 600 mm, que dependendo da solicitação, pode ser de até 200 mm. Essas modulações estão associadas às dimensões dos elementos constituintes dos sistemas de acabamento, visando à minimização do desperdício.

Castro e Freitas (2006) acrescentam que os montantes que compõem os painéis transferem as cargas verticais por contato direto através de suas almas, estando suas seções coincidentes de um nível a outro, dando origem a uma estrutura alinhada (figura 7). Quando não é possível conseguir esse alinhamento deverá ser colocada sob o painel uma viga capaz de distribuir uniformemente as cargas excêntricas aos montantes inferiores.

As guias (perfis U) são elementos que fixam as extremidades dos montantes (inferior e superior) conformando a estrutura básica do sistema *Light Steel Frame*.

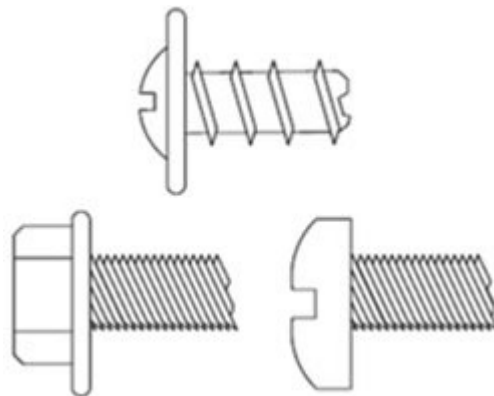
Figura 7 – Transmissão de carga vertical à fundação – alinhamento da estrutura



Fonte: (CASTRO, 2006)

A união dos montantes e guias é executada com parafusos autoperfurantes e auto-atarraxantes com diversas formas de cabeça (lentilha, sextavada e panela), empregadas de acordo com o local de uso e função estrutural do parafuso (figura 8). O comprimento e o diâmetro, bem como a quantidade de parafusos, são estabelecidos pelo projetista de acordo com as considerações do dimensionamento da união (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008).

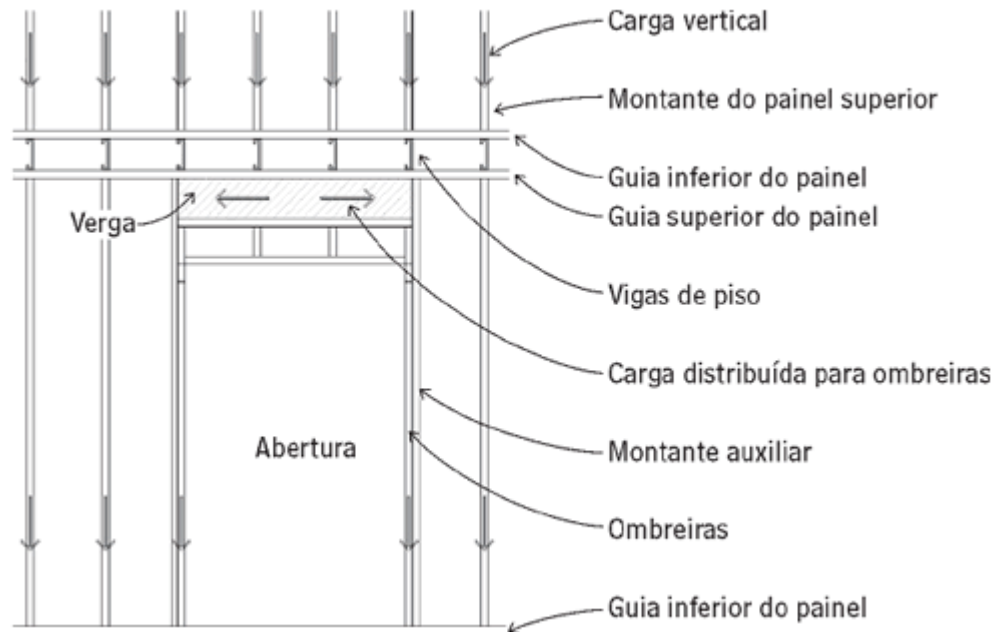
Figura 8 – Parafuso lentilha, sextavado e panela



Fonte: (TERNI, 2008)

Nas aberturas de portas e janelas, instalam-se vergas e ombreiras com a finalidade de redistribuição das solicitações nos montantes interrompidos (figura 9).

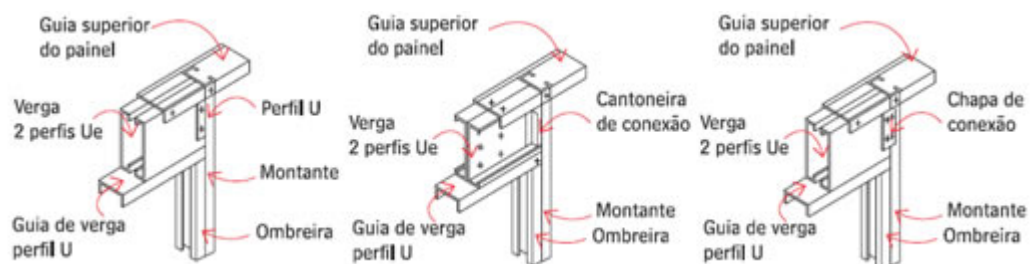
Figura 9 – Distribuição dos esforços através da verga para as ombreiras



Fonte: (CASTRO, 2006)

Como afirma Terni, Santiago e Pianheri (2008), a verga é obtida com a composição de dois ou mais perfis conectados ou, ainda, utilizando-se perfis cantoneiras. As ombreiras, que são os perfis que delimitam o vão, são montadas em mesmo número de cada lado da abertura, tomando-se, aproximadamente, o correspondente à quantidade de montantes interrompidos dividido por dois (figura 10). Já como o sistema *Light Steel Frame* permite aberturas de grandes vãos e, nesse caso, as vergas devem ser compostas por vigas treliçadas, como expõem os autores.

Figura 10 – Vergas



Fonte: (TERNI, 2008)

Existem várias opções de vedação para o fechamento muitas delas combináveis.

2.5.2.1 FECHAMENTOS

A segurança estrutural, a segurança ao fogo, a estanqueidade, o conforto termoacústico, tátil e visual são importantes condições para a aplicação de um sistema de fechamento, além, é claro, da durabilidade e economia. Heloisa Pomaro apud Tamaki (2015) ressalta que cada sistema de vedação tem suas especificidades e deve ser executado conforme as instruções do fabricante, seguindo as etapas por ele recomendadas.

Para Castro e Freitas (2006), os componentes de fechamento devem ser constituídos por elementos leves, compatíveis com o conceito da estrutura à qual é dimensionada para suportar vedações de baixo peso próprio. Como também, os materiais mais adequados são aqueles que propiciam uma obra "seca" que serão descritos a seguir.

Castro e Freitas (2006) ainda lembram que, no mercado nacional os produtos disponíveis para o fechamento de construções em *Light Steel Frame* são fornecidos em placas ou chapas, com várias espessuras. Normalmente, as placas são dimensionadas com largura de 1,20 m, múltiplos da modulação estrutural, a fim de otimizar a utilização das mesmas, tornando o processo construtivo mais racionalizado.

Pode-se dividir o sistema de vedação vertical em três partes: a primeira corresponde aos fechamentos externos que delimitam as áreas molháveis; a segunda refere-se aos isolantes térmicos e acústicos, que são colocados entre as placas e entre os montantes e, por último, os fechamentos internos, instalados nas áreas secas ou úmidas, mas não molháveis.

2.5.2.1.1 FECHAMENTOS EXTERNOS

Para os fechamentos externos, que estão sujeitos às ações das intempéries, sem dúvida, uma das maiores preocupações é quanto às propriedades em relação à estanqueidade e à durabilidade, seguida da condição de ser estética.

As opções de placa de fechamento externo mais utilizadas são em OSB e placas cimentícias, com as características a seguir apresentadas:

2.5.2.1.1.1 OSB (Oriented Strand Board)

Terni, Santiago e Pianheri (2008) definem OSB como placas de madeira fabricadas com três a cinco camadas de tiras de madeira reflorestada, cruzadas perpendicularmente, prensadas e unidas com resinas (figura 11).

Tamaki (2015) afirma que são placas estruturais, instaladas entre o perfil *Light Steel Frame* e o revestimento, que podem ajudar a enrijecer o sistema. Se a parede inteira estiver reforçada é possível trocar o lugar do objeto posteriormente.

Figura 11 – Placa OSB



Fonte: (ESPAÇO SMART, 2018)

Terni, Santiago e Pianheri (2008) destacam que as placas de OSB, quando utilizadas como fechamento externo, necessitam de revestimentos e impermeabilização que garantam a estanqueidade dos painéis.

Castro e Freitas (2006), afirmam que a impermeabilização das placas é feita por uma membrana de polietileno de alta densidade, que reveste toda a área externa das placas evitando a entrada da água, porém permitindo a passagem da umidade da parte interna dos painéis para o exterior, evitando a condensação dentro dos mesmos.

Tamaki (2015) acrescenta que no perímetro da edificação, independentemente de haver painel OSB, é preciso instalar a barreira de vapor, ou membrana hidrófuga. "Barreira de ar, impermeabilidade à água, permeabilidade ao vapor, alta resistência mecânica. Essas características protegem a estrutura da construção e aumentam a eficiência do isolamento térmico", explica Boni Kotake, engenheira civil da Construtora Micura em publicação de 2015.

Para o revestimento das placas de OSB podem ser adotados o *siding* vinílico (revestimento constituído por placas fabricadas em PVC ou alumínio) (Figura 12) e a

argamassa, sendo que esse último, por se tratar de uma etapa úmida, influi no nível de industrialização da obra (CASTRO, FREITAS, 2006).

Acrescenta Terni, Santiago e Pianheri (2008) que o uso de argamassa na obra vai contra o princípio da construção seca, entretanto, não deixa de ser uma solução viável.

Para Castro e Freitas (2006), o método mais indicado para revestir o OSB com argamassa consiste em aplicá-la sobre tela de viveiro ou tela plástica resistente à alcalinidade. A tela disposta em duas camadas e fixada com grampos sobre a superfície do OSB impermeabilizada com a membrana de polietileno garante a aderência da argamassa. A argamassa de traço forte deve ser aplicada, uniformemente, oferecendo um bom recobrimento e não deixando a tela exposta.

Figura 12 – Siding Vinílico



Fonte: (ESPAÇO SMART, 2018)

2.5.2.1.1.2 Placa cimentícia

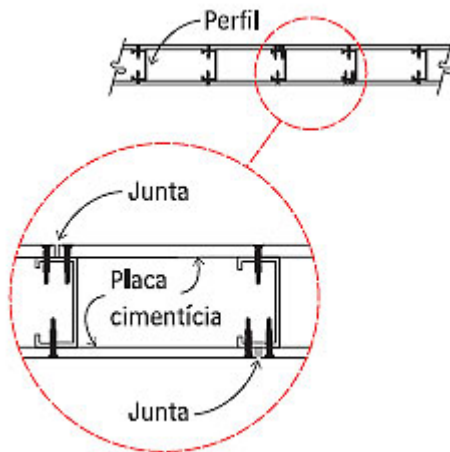
Tamaki (2015) afirma que placa cimentícia é feita de cimento, fibras de celulose e agregados, reforçada com tela de fibra de vidro em ambas as faces.

Possui grande compatibilidade com o sistema, pois as placas são leves, de pequena espessura, mas adequadas a esse sistema, impermeáveis, incombustíveis e, ainda, possuem compatibilidade modular, resistência aos impactos, baixa condutividade térmica,

resistem a cupins e microorganismos, elevada durabilidade e permitem inúmeros acabamentos (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008).

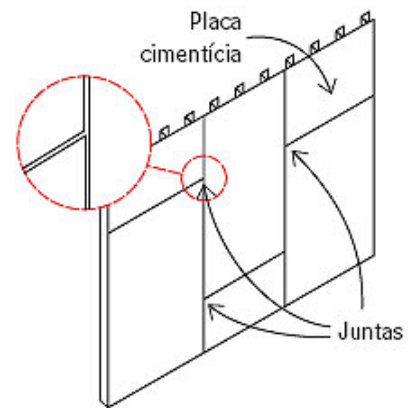
Na utilização das placas cimentícias deve-se seguir algumas recomendações, como evitar coincidir as juntas das placas internas com as juntas externas (figura 13), evitar a ocorrência de quatro vértices no mesmo ponto nas juntas verticais das chapas (figura 14) e, no vão de porta e janelas, as juntas verticais junto aos batentes não devem seguir até o teto (figura 15) sendo ideal também que as juntas de placas não coincidam com as juntas dos painéis (figura 16) (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008).

Figura 13 – Juntas internas e externas



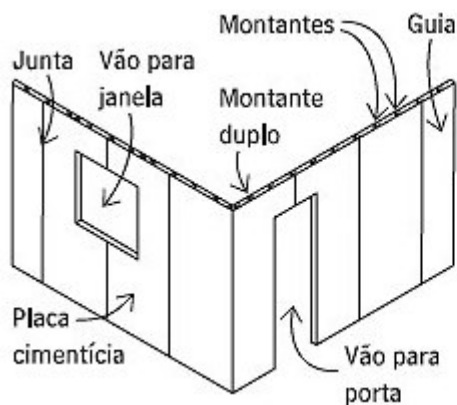
Fonte: (TERNI, 2008)

Figura 14 – Encontro de vértices



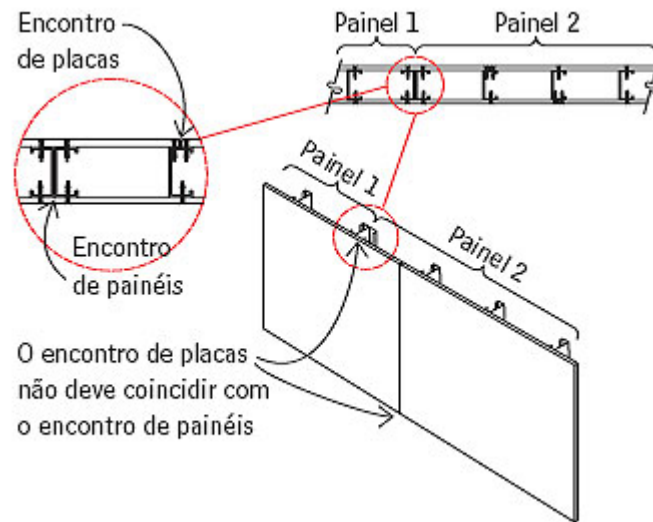
Fonte: (TERNI, 2008)

Figura 15 – Juntas verticais batentes e portas



Fonte: (TERNI, 2008)

Figura 16 – Juntas de placas e painéis



Fonte: (TERNI, 2008)

2.5.2.1.1.3 Contraventamento

As placas de fechamento externo também podem atuar como diafragma rígido, possibilitando um aumento da resistência do painel. Porém, nem todas as placas apresentam características estruturais para resistir à ação das cargas horizontais. Portanto, nos casos em que são utilizadas placas de fechamento que não sejam estruturais, é necessário o uso do contraventamento que podem assumir formas de X ou K, dependendo das condições do projeto (figura 17) (CASTRO, FREITAS, 2006).

Terni, Santiago e Pianheri (2008) acrescentam que os contraventamentos são geralmente executados com fitas de aço galvanizado (figura 17) parafusadas em placas de Gusset (figura 18) que, por sua vez, encontram-se nas quinas do painel, como se observa nas figuras seguintes.

Figura 17 – Painel com contraventamento em “X”



Fonte: (CASTRO, 2006)

Figura 18 – Placa de Gusset



Fonte: (TERNI, 2008)

Destacam Terni, Santiago, Pianheri (2008) que o travamento horizontal é executado pelos bloqueadores, de perfis U ou Ue, conectados aos montantes ou vigas. Introduce-se, também, uma fita metálica que une os montantes do painel entre si e com os bloqueadores. Esse conjunto bloqueador-fita aumenta a capacidade resistente do painel, pois diminui o comprimento de flambagem dos montantes e tenta impedir a torção do montante em torno de seu eixo longitudinal (figura 19). O número de linhas de bloqueadores e fitas depende da altura do painel e das suas solicitações.

Figura 19 – Montante ao longo do eixo longitudinal



Fonte: (TERNI, 2008)

2.5.2.1.2 ISOLANTES TÉRMICOS E ACÚSTICOS

O isolamento térmico e acústico no *Light Steel Frame* é o de multicamada: uma combinação de placas de fechamento com espaço entre elas, preenchido por mantas isolantes (figura 20). A mais adotada é a lã de vidro, normalmente com 50 mm ou 75 mm de espessura, e para sua aplicação é necessário EPI. A lã de rocha pode ter custo superior, mas sua resistência térmica e acústica também é maior que a da lã de vidro, além de ela resistir ao calor. Também existem no mercado a lã sintética (de PET) e materiais como EPS, poliuretano, entre outros (TAMAKI, 2015).

A própria concepção do sistema, formado por duas placas, internamente preenchidas com lã mineral (sistema massa-mola-massa), proporciona redução acústica pela descontinuidade do meio (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008).

Figura 20 – Mantas isolantes no interior da parede



Fonte: (TERNI, 2008)

2.5.2.1.3 FECHAMENTO INTERNO (DIVISÓRIAS)

Além dos perfis de aço galvanizado, o fechamento interno é composto pelos, isolante termo-acústico, placa de *drywall* (gesso acartonado) unidos por uma fita microperfurada que é recoberta por uma massa para dar acabamento. Pode ser aplicado revestimento, pintura, etc (figura 21).

Drywall é um sistema de vedação, não estrutural, que utiliza aço galvanizado em sua sustentação, com espessura nominal de 0,50mm, com necessidade de revestimento de Zinco menor do que o *Light Steel Frame* (média mundial de 120g/m²) e que necessita de uma estrutura externa ao sistema para suportar as cargas da edificação (CAMPOS, 2018).

Figura 21 – *Drywall*

Fonte: (MAPA DA OBRA, 2018)

Normalmente, o *drywall* não é tão reforçado quanto os fechamentos, mas mesmo assim elas oferecem uma boa resistência. Qualquer objeto com até 10kg pode ser fixado diretamente na parede e se for necessário fixar objetos mais pesados podem ser usados reforços (DIAS, 2017).

Uma grande vantagem destas divisórias é a facilidade de passar tubulações das redes hidráulicas e elétricas.

Terni, Santiago, Pianheri (2008) afirmam que independente do tipo de placa para os fechamentos externos ou internos, as placas ou painéis não devem ficar em contato com o solo ou fundação para evitar a umidade (figura 22).

Figura 22 – Painel afastado do solo



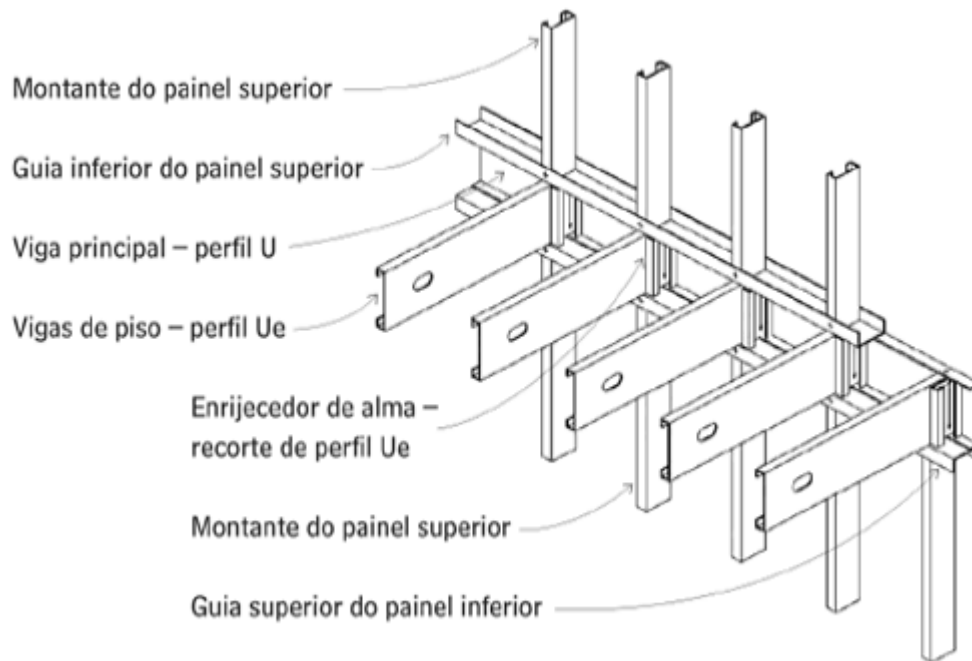
Fonte: (TERNI, 2008)

2.5.3 Lajes e pisos

As lajes, partindo do mesmo princípio dos painéis, utilizam perfis galvanizados, dispostos na horizontal e obedecem à mesma modulação dos montantes.

Esses perfis compõem as vigas de piso, servindo de estrutura de apoio aos materiais que formam a superfície do contrapiso. As vigas de piso estão apoiadas nos montantes de forma a permitir que suas almas estejam em coincidência com as almas dos montantes, novamente compondo uma estrutura alinhada (figura 23). Essa disposição permite garantir que predomine esforços axiais nos elementos da estrutura (CASTRO et al. 2006).

Figura 23 – Estrutura de piso em *Light Steel Frame*



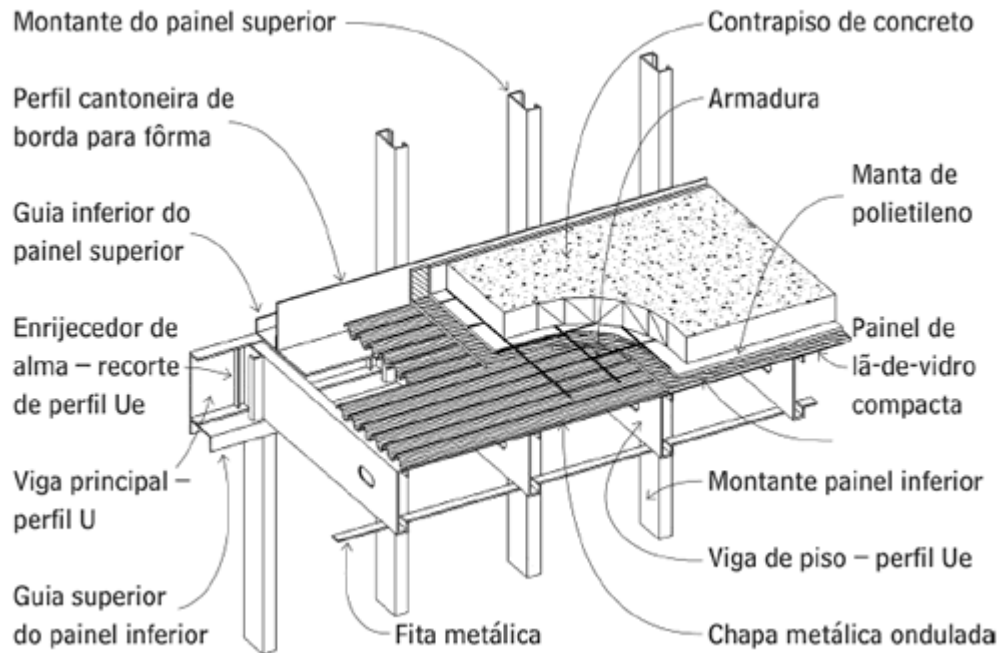
Fonte: (CASTRO, 2006)

Terni, Santiago e Pianheri (2008) informam que os painéis de piso são montados a partir de perfis Ue paralelos, com a mesma modulação das paredes, formando as vigas e em suas extremidades instalam-se as guias, denominadas sanefas. Nas extremidades das vigas onde se apoiam painéis deve-se colocar um enrijecedor de alma para combater a flambagem local da seção transversal desse elemento, dada à ação das cargas normais verticais oriundas dos montantes do painel do pavimento superior nessas extremidades.

Castro e Freitas (2006) afirmam que, de acordo com a natureza do contrapiso, a laje pode ser do tipo *steel deck* ou laje úmida, onde se utiliza uma chapa metálica ondulada

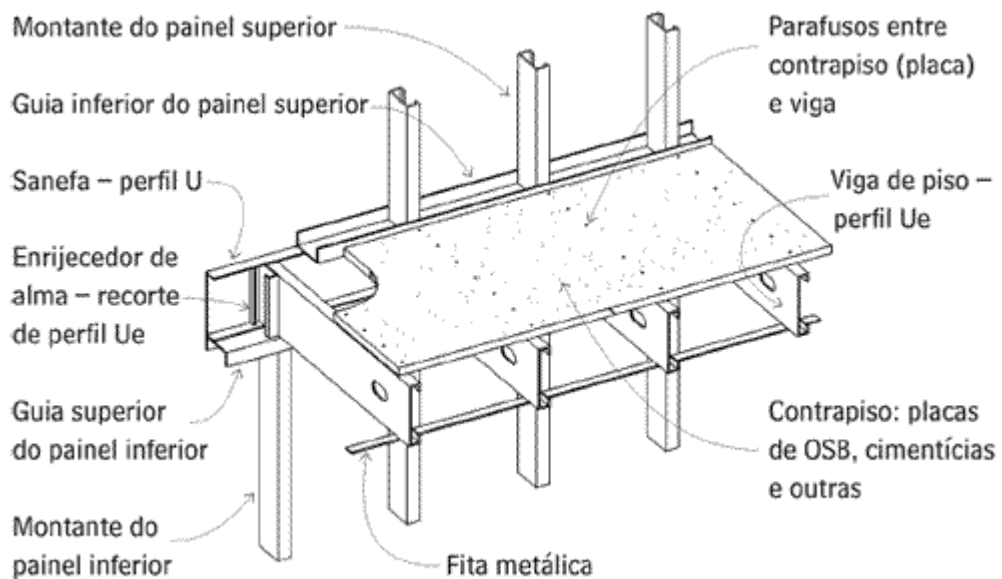
aparafusada às vigas e preenchida com concreto que serve de base para o contrapiso (figura 24). Ou pode ser do tipo seca quando placas rígidas de OSB, cimentícias ou outras são aparafusadas à estrutura do piso (figura 25).

Figura 24 – Desenho esquemático de laje úmida



Fonte: (CASTRO, 2006)

Figura 25 – Desenho esquemático de laje seca



Fonte: (CASTRO, 2006)

Para Terni, Santiago e Pianheri (2008), é possível também o emprego de lajes convencionais em concreto (moldadas "in loco" ou pré-fabricadas), porém essas, assim como a laje úmida, desviam-se do conceito de construção a seco, que é premissa do sistema *Light Steel Frame*.

Alguns construtores acham mais produtivo montar os painéis estruturais do pavimento superior sobre o contrapiso da laje, seja ela seca ou úmida. Porém a bibliografia recomenda que os painéis portantes sejam montados diretamente sobre a estrutura do piso, onde os montantes do painel superior fazem contato direto com as vigas de piso como forma de garantir a transmissão axial dos esforços entre os componentes da estrutura e evitar deformações relativas à falta de nivelamento ou precisão dimensional dos elementos que formam o contrapiso (CASTRO et al. 2006).

Já as lajes são normalmente montadas totalmente no canteiro de obras, em função da dificuldade de transporte de painéis de grandes dimensões. O procedimento de montagem dos painéis do pavimento superior é semelhante ao do pavimento inferior, como citam Terni, Santiago, Pianheri (2008) sendo a fixação dos suportes de ancoragem feita com barras roscadas passante na laje.

Estruturalmente, Terni, Santiago e Pianheri (2008) ressaltam que as lajes funcionam como diafragma horizontal participando efetivamente da rigidez global do conjunto da edificação, semelhante ao que se considera nas estruturas de alvenaria estrutural.

Ainda, para os autores citados, da mesma forma como ocorre em edificações de alvenaria estrutural, é fundamental que a estrutura seja projetada de forma que as paredes estruturais estejam em prumo e, particularmente no sistema *Light Steel Frame*, os montantes estejam alinhados (*in-line framing*) entre paredes de todos os pavimentos, lajes e estrutura de telhado, para que se possa admitir a distribuição das ações de maneira mais uniforme e se possa obter a melhor capacidade resistente dos elementos estruturais que compõem os painéis.

2.5.4 Fundação

A fundação tem como finalidade receber os esforços exercidos pela estrutura e distribuí-los no terreno de forma que suporte as cargas solicitadas e não sofra deformações.

Castro e Freitas (2006) comentam que, por ser muito leve, a estrutura de *Light Steel Frame* e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outras construções.

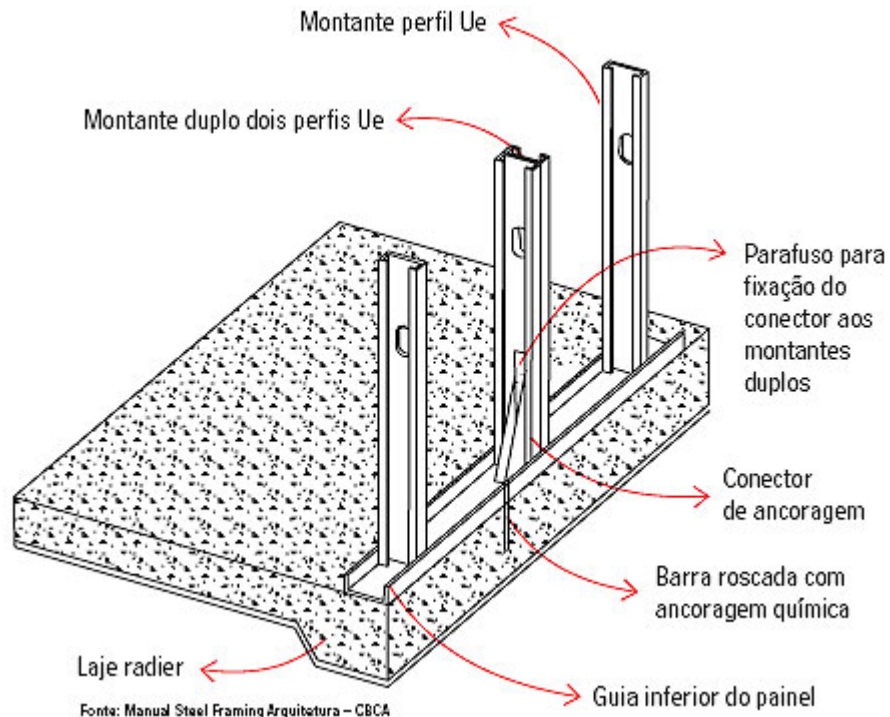
Recomendam os mesmos autores que como a carga é distribuída uniformemente ao longo dos painéis estruturais, a fundação deverá ser contínua, suportando os painéis em toda a sua extensão. A escolha do tipo de fundação vai depender: da topografia, do tipo de solo, do nível do lençol freático e da profundidade de solo estável.

Qualquer que seja a opção especificada para a fundação de construções em *Light Steel Frame*, deve-se verificar o deslocamento de translação e rotação da estrutura pela ação do vento. Para que esses efeitos sejam impedidos, a fixação da estrutura deve ser executada de maneira que fique coerentemente ancorada à fundação (TERNI et al. 2008).

Ainda para os autores, a ancoragem é a maneira construtiva que a estrutura deve se prender à fundação e permitir que a transmissão dos esforços impeça qualquer deslocamento indesejável. Todos os tipos de ancoragem requerem uma guia. Trata-se de um perfil estrutural na posição horizontal e nele são presos os montantes ou chamados perfis verticais.

Pode-se fazer a ancoragem química com uma barra rosçada colada à fundação em orifício executado após o concreto da fundação adquirir a resistência especificada. A colagem é feita geralmente com resina epoxídica, que permite uma ponte de aderência entre a barra e a fundação. A estrutura da edificação, então, é fixada à fundação com uma barra rosqueada através de uma peça de aço que se ajusta à guia do montante (um dos perfis verticais do "esqueleto" da estrutura) e aparafusada. O montante geralmente é de perfil duplo, conforme mostra a figura 26 (TERNI et al. 2008).

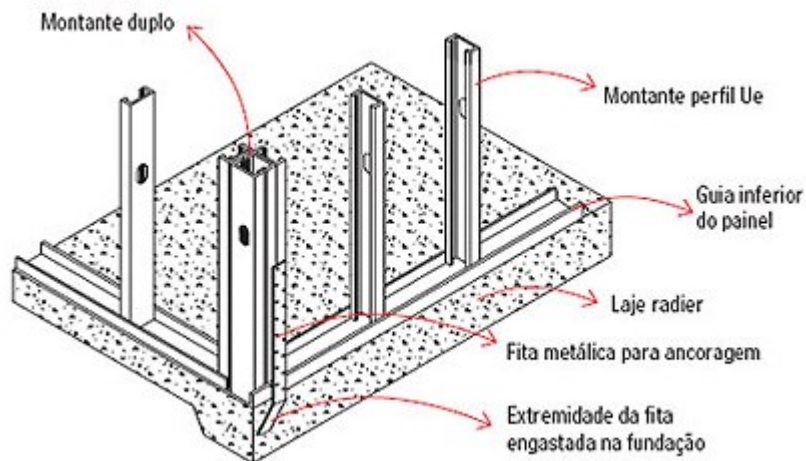
Figura 26 – Detalhe ancoragem



Fonte: (TERNI, 2008)

Terni, Santiago e Pianheri (2008), também afirmam que outra forma de fixar a estrutura é utilizar uma fita metálica chumbada à fundação, para desenvolver a ancoragem. Nesse caso, a fita metálica - que nada mais é que uma fita de aço galvanizada, com dobras para aumentar a capacidade aderente - é chumbada à fundação para a fixação em conjunto com o montante. O montante geralmente também é de perfil duplo, como na figura 27.

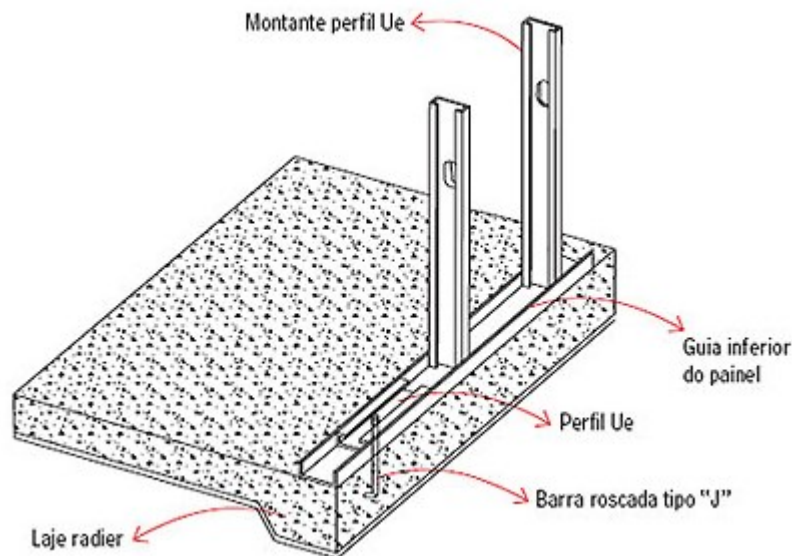
Figura 27 – Detalhe ancoragem



Fonte: (TERNI, 2008)

A ancoragem tipo "J" é executada com um chumbador (fixado à fundação), que se prende por parafuso a um pedaço de perfil e se fixa à guia. Essa, por sua vez, fixa os montantes, conforme mostra a figura 28.

Figura 28 – Detalhe ancoragem



Fonte: (TERNI, 2008)

Para Terni, Santiago e Pianheri (2008), a concepção construtiva de uma edificação em LSF deve seguir padrões. Esses sistemas de ancoragem são projetados de forma a racionalizar a execução e montagem da estrutura, dentro de critérios rígidos de qualidade.

Conforme os autores, as soluções mais empregadas para fundações de construções em *Light Steel Frame* são o radier, sapatas corridas e vigas baldrame.

2.5.4.1 RADIER

Castro e Freitas (2006) afirmam que sempre que o tipo de terreno permite, a laje radier é a fundação mais comumente utilizada para construções em *Light Steel Frame*, no que concorda Junior (2006).

Sabe-se que o radier é uma fundação rasa que se assemelha a uma laje de concreto armado que abrange toda a área da construção, ou seja, absorve todas as cargas e as distribui uniformemente ao solo pelo contato direto (PEREIRA, 2018).

Estruturalmente, o radier pode ser liso (como uma laje com espessura constante e sem nenhuma viga enrijecedora) ou formado por lajes com vigas de bordas e internas, para

aumentar sua rigidez. A escolha de um ou outro esquema depende da resistência do solo, das cargas atuantes sobre o radier e da intensidade e aplicação das ações da estrutura. Na figura 29, apresenta-se um exemplo de radier sem vigas enrijecedoras e na figura 30, com vigas enrijecedoras (TERNI et al. 2008).

Figura 29 – Radier sem enrijecimento



Fonte: (TERNI, 2008)

Figura 30 – Radier com enrijecimento

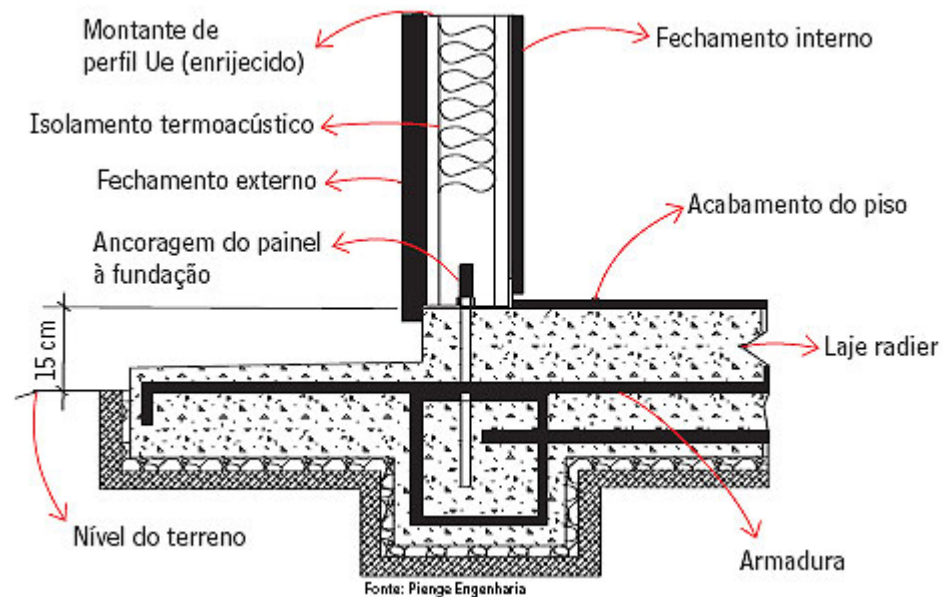


Fonte: (TERNI, 2008)

Continuando na afirmação destes autores, quando bem-executado e nivelado, prescinde de contrapiso, podendo receber diretamente o revestimento.

Nos dizeres de Terni, Santiago e Pianheri (2008), o radier deve possuir certo desnível em seu contorno para que o painel fique protegido da umidade. A calçada deve ser executada de forma que permita o escoamento das águas pluviais, recomendando-se uma inclinação em torno de 5%. A distância do contrapiso ao solo, conforme recomenda a norma NBR 6122:2010 – Projeto e execução de fundações, deve ser de pelo menos 15 cm, para evitar a penetração de umidade (figura 31).

Figura 31 – Detalhe radier



Fonte: (TERNI, 2008)

Terni, Santiago e Pianheri (2008) explicam que a execução do radier permite localizar as furações para instalações hidráulicas, sanitárias, elétricas e de telefonia. Essas locações devem ser precisas em relação às posições e diâmetro dos furos, para que não ocorram transtornos na montagem dos painéis, nas colocações das tubulações e dos acessórios e nos serviços subsequentes. Ressaltam os mesmos autores que os ajustes tornam-se muito difíceis se houver grande desalinhamento.

2.5.4.2 SAPATA CORRIDA

Segundo Rebello (2008) apud Santos et al (2016) sapata corrida é uma placa de concreto armado em que uma das dimensões, o comprimento, prevalece em relação à outra, a largura. A sapata corrida tem como função distribuir pelo solo, as cargas linearmente. As sapatas corridas são normalmente utilizadas nas construções em que necessitam receber as cargas verticais de muros, paredes e também de outros elementos alongados que transmitem e distribuem as cargas uniformemente em uma direção.

Na afirmação de Terni, Santiago e Pianheri (2008), a sapata corrida pode ser classificada em rígida ou flexível, dependendo das dimensões das abas. Na prática, adota-se

geralmente a sapata rígida. A sapata corrida é interessante em solos com boa resistência a aproximadamente 60 cm da superfície.

2.5.4.3 VIGA BALDRAME

Baldrames são as vigas que ficam normalmente um pouco abaixo do nível do solo. Nos baldrames, amarram entre si o topo das estacas ou brocas com as armações de ancoragem e as bases dos pilares (CARLOS, 2014).

Para Terni, Santiago e Pianheri (2008), a opção por viga baldrame, em conjunto com os blocos de fundação, se dá quando a resistência do solo só é encontrada em profundidades maiores.

A viga baldrame permanece com a condição de possuir continuidade para o apoio dos painéis (paredes) como nos casos citados anteriormente. Estruturalmente, a viga baldrame pode ser considerada uma viga, por vezes contínua, que se apóia nos blocos com a ação de seu peso próprio e das cargas dos painéis. Pode-se dimensioná-la também como viga sobre base elástica, obtendo-se certa economia na armadura (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008).

2.5.5 Cobertura

A cobertura tem a função de proteger a edificação de ações das intempéries, captar e distribuir as águas pluviais. Proporciona estética, privacidade, conforto térmico e acústico à edificação.

De acordo com Terni et al. (2009), a estrutura da cobertura deve suportar, além de seu peso, o peso da vedação, forros suspensos, mantas térmicas ou acústicas, ações devidas ao vento, os equipamentos e as instalações que nela se apoiam, além da sobrecarga de pessoas quando a cobertura estiver em manutenção periódica.

A norma NBR 8800:2008 - Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios prevê que, se nenhum outro valor mais específico puder ser avaliado, deve ser considerada uma sobrecarga de $0,25 \text{ kN/m}^2$ na área projetada da cobertura, para atender também eventual empoçamento de água em função dos caimentos. Devem ser levadas em consideração, ainda, no dimensionamento dos elementos estruturais, as ações decorrentes do processo construtivo ou de montagem.

Existe uma grande diversidade de formas para a cobertura de edificações. A solução mais comum nas coberturas de residências em *Light Steel Frame* são as treliças inclinadas, geralmente conhecidas como tesouras.

2.5.5.1 TESOURAS

Nos dizeres de Terni, Santiago e Pianheri (2008), os perfis que compõem a tesoura, treliça ou conjunto de caibros do telhado devem ter suas almas alinhadas às almas dos montantes das paredes que as suportam, para que gerem o mínimo de excentricidade e os esforços não produzam efeitos não avaliados no dimensionamento.

Para os autores, no sistema *Light Steel Frame*, as tesouras possuem seus elementos estruturais em perfis Ue e, basicamente, são constituídas pelo: banzo superior (que possui a inclinação do plano da cobertura definida pelo projetista em função dos fatores já mencionados); banzo inferior (que geralmente é horizontal e pode permitir a sustentação do forro); montantes (que são os elementos estruturais da tesoura instalados na posição vertical ligados nas extremidades aos banzos); o montante central (que recebe o nome de pendural) e diagonais (que são os elementos inclinados em relação aos montantes e vinculam-se aos banzos superior e inferior).

Nas tesouras em *Light Steel Frame* recomendam os citados que se deve introduzir, ainda, os enrijecedores de apoio, para auxiliar na transmissão dos esforços e impedir a flambagem local dos banzos.

Cada tesoura, individualmente, é instável lateralmente, por isso é necessário introduzir travamentos e contraventamentos de maneira a formar um conjunto rígido. O contraventamento lateral é composto por perfis U e Ue que são fixados a tesouras paralelas. Para garantir a estabilidade do conjunto no plano do banzo inferior das tesouras, dimensiona-se um contraventamento com fitas metálicas galvanizadas diagonais. Esse contraventamento tem a função de impedir o deslocamento das tesouras e é também importante para manter o alinhamento desejado entre as paredes da edificação (TERNI et al. 2009).

As telhas utilizadas para a cobertura podem ser cerâmicas, metálicas, de cimento reforçado por fios sintéticos ou de concreto.

Também é comum o uso de telhas *shingles*, que são compostas de material asfáltico (CASTRO, FREITAS, 2006).

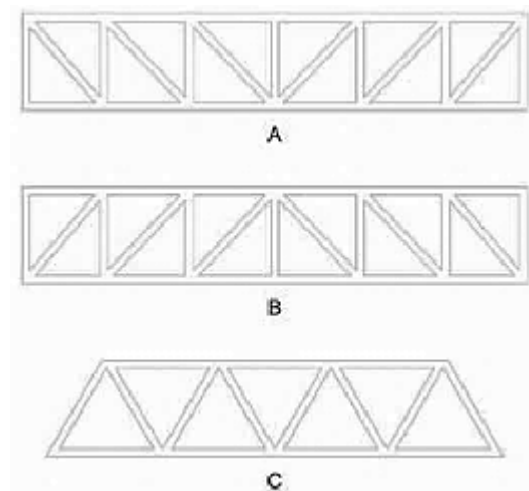
"A telha *shingle* apresenta melhor desempenho", defende Boni apud Tamaki (2015). "Mas é necessário uso do OSB como base para fixação das telhas e travamento; sobre ele, uma subcobertura faz vedação e proteção contra água e umidade. Essas camadas proporcionam isolamento, alta resistência mecânica, resistência à ação dos ventos, impermeabilização e versatilidade", explica Boni apud Tamaki (2015).

2.5.5.2 COBERTURA PLANA

As coberturas planas são, na maioria dos casos, resolvidas como uma laje úmida onde a inclinação para o caimento de água é obtida variando espessura do contrapiso de concreto. Para vãos maiores sem apoios intermediários, é possível o uso de treliças planas confeccionadas com perfis Ue galvanizados (LOPES et al. 2008).

A Figura 32 mostra três tipos de treliças muito utilizadas.

Figura 32 – Treliças planas



Fonte: (PRINCIPO, 2018)

2.5.6 Dimensionamento

Conforme Terni, Santiago e Pianheri (2008), o dimensionamento da estrutura, sendo basicamente constituída por perfis formados a frio, é regido pela NBR 14762:2010 - Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio: procedimento que fornece as considerações de dimensionamento dos elementos estruturais

para as diversas formas de solicitações com as considerações inerentes e particulares para cada verificação.

Reforçam ainda Terni, Santiago, Pianheri (2008) que quando da análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura em exame, levando-se em conta os possíveis estados limites últimos e os de serviço. Nesse sentido, a avaliação e determinação das ações (permanentes, variáveis e excepcionais) e seus esforços solicitantes segue os procedimentos normativos de estruturas de modo geral.

Nessas tarefas, são importantes, entre outras as normas, a NBR 8681:2004 - Ações e Segurança nas Estruturas - Procedimento, a NBR 6120:2000 - Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações - Procedimento, a NBR 6123:2013 - Forças Devidas ao Vento em Edificações – Procedimento.

Em princípio, para os autores Terni, Santiago, Pianheri (2008), a rotina de dimensionamento para os elementos de perfis metálicos segue o que se desenvolve comumente num projeto de estruturas, destacando-se as análises referentes às flambagens locais do perfil devido à seção transversal ser formada por elementos (mesas, almas e abas) em chapas de espessura fina.

No sistema *Light Steel Frame* é usual a aplicação de perfis com seções transversais abertas e assimétricas e, portanto, a análise do comportamento dessas seções deve ser criteriosa, principalmente nas adoções e considerações de contraventamentos laterais e distâncias entre seções lateralmente contidas. Verificam-se, também, outras formas de instabilidade considerando o perfil como um todo (TERNI et al., 2008).

Verifica-se, entre outras, a flambagem da barra por flexão, torção e flexotorção enquanto para vigas, além da verificação à flexão e cisalhamento, a verificação da instabilidade lateral. Outras verificações são importantes, como a determinação de flechas e a instalação de adequados contraventamentos garantindo a estabilidade global da estrutura.

Para Terni, et al, 2008, o dimensionamento das ligações é fundamental para a estabilidade da estrutura, principalmente no sistema *Light Steel Frame* que utiliza parafusos autoperfurantes. A NBR 14762:2010 recomenda o uso de parafusos de aço com qualificação estrutural, comum ou de alta resistência. Contudo, não apresenta prescrições a respeito do dimensionamento de ligações com parafusos autobrocantes, que são os mais usuais. Assim, na prática, para o dimensionamento das ligações, vale-se das especificações da North American Specification for Design of Cold-Formed Steel Structural Members (AISI, 2001). Entre as

considerações normativas, disposições e prescrições, as referentes às distâncias entre centros de furos e entre centro de furos e bordas, devem ser bem analisadas no projeto para que não ocorram colapsos nas ligações, como rasgamentos entre furos e entre furos e as bordas e, conseqüentemente, esta condição altere o comportamento do elemento estrutural ou mesmo da estrutura como um todo.

2.6 PREMISSAS DE PROJETO

O *Light Steel Frame* se trata de um sistema industrializado e que, por isso, é formado por materiais com medidas específicas. Se o arquiteto trabalhar as medidas conforme a modulação desses materiais, conseguirá melhor aproveitamento, evitando cortes e emendas que significariam desperdício de dinheiro e de tempo (SILVA, 2009).

A metodologia básica para a aplicação da coordenação modular na construção civil, de acordo com Silva (2009) é conseguida pela integração dos subsistemas e componentes de uma edificação a uma malha modular que permita a coordenação de todas as informações do projeto.

Deve-se considerar o que diz Campos (2018) quando traz que os materiais destinados à sua execução estão parametrizados como múltiplos e submúltiplos de 3 como, por exemplo: a placa de gesso acartonado, utilizada como fechamento interno em toda construção, possui largura e altura padrões de 1200 mm e 2400 mm, respectivamente, podendo ser encontrada com 2700 mm ou 3000 mm. Por isso é possível trabalhá-las em conjunto com as placas de gesso acartonado de 40 a 60 cm que, multiplicadas, atingem a medida de 1,20 m; o perfil metálico mais usual no *Light Steel Framing* tem 90 mm de alma por 3000 mm ou 6000 mm de comprimento.

Castro e Freitas (2006) afirmam que a modulação permite que o projeto seja posteriormente adequado a qualquer das opções determinadas pelo projeto estrutural. Também permite, desde o anteprojeto, a otimização no uso das placas de fechamento e dos materiais de revestimento.

O uso da coordenação modular permite eliminar a fabricação, modificação ou adaptação de peças em obra, reduzindo o tempo da execução e o desperdício de materiais (CASTRO E FREITAS, 2006).

Nos dizeres de Terni, Santiago e Pianheri (2008), os projetos devem prever juntas entre as placas devido à variação dimensional ocasionada por variação de umidade e, portanto, convém obter informações com os fabricantes quanto às dimensões da juntas.

Deve-se dar atenção especial à colocação das placas externas e suas respectivas juntas. Se a execução for concomitantemente com as instalações das placas internas, invariavelmente, ocorrem movimentações durante a fixação. Esses efeitos das placas internas podem prejudicar as juntas nas placas externas já executadas, mas que ainda não atingiram a condição necessária de absorver tais movimentos ou impactos. O projeto de paginação das placas ainda deve prever juntas de movimentação, sendo que as distâncias dessas juntas também dependem do tipo de placa e do tipo de revestimento a ser aplicado. (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008).

O sistema *Light Steel Frame* possui pouca maleabilidade para ajustes na obra e, portanto, não deve sofrer nenhuma interferência decorrente de desvios da fundação. Eventuais paredes fora de esquadro deverão ter as devidas soluções previstas na etapa de concepção do projeto. (TERNI, SANTIAGO, PIANHERI, 2008).

2.6.1 Estudo preliminar e anteprojeto

Para Lopes et al. (2008), os projetos devem ser elaborados, de forma a irem ao encontro com as possibilidades da construtora, ou seja, que sejam perfeitamente exequíveis, tanto financeiramente, como com relação às técnicas que podem ser utilizadas pela mesma.

Para isso, devem-se seguir algumas recomendações propostas (LOPES, et al. 2008):

- a) Atentar para o uso a que se destina o edifício e o clima local a fim de considerar o padrão de acabamento e os critérios de desempenho termo-acústico, uma vez que várias configurações são possíveis no projeto de vedações;
- b) Especificar o tipo de revestimento e acabamento, para que seu peso próprio seja considerado no projeto estrutural. Nessa etapa, anteprojeto de estrutura, fundações e instalações devem ser desenvolvidos simultaneamente, e as interferências entre os subsistemas já devem ser consideradas;

- c) Compatibilizar o projeto arquitetônico com as dimensões dos componentes de fechamento a fim de otimizar a modulação horizontal e vertical dos mesmos;
- d) Especificar esquadrias, formas de fixação e as folgas necessárias para tal, compatibilizar a paginação dos componentes de fechamento com as aberturas de esquadrias;
- e) Proporcionar estanqueidade ao ar e água da estrutura através de componentes de impermeabilização e fechamento;
- f) Definir a viabilidade de concentrar as passagens das prumadas em *shafts* visando menor interferência com a execução das vedações e estruturas;
- g) Definir o uso e tipo de sistema de água quente, ar condicionado e calefação;
- h) Sempre que possível, lançar o layout das peças fixadas aos painéis dos ambientes para prever a colocação de reforços.

2.6.2 Projeto executivo e detalhamento

Para Lopes et al. (2008), nesta etapa deve-se tentar promover a compatibilização entre os subsistemas, além da elaboração dos projetos executivos e detalhamentos, sendo que quanto mais preciso forem, melhor será o desempenho da construção.

Dentro dos citados pelos autores (2008), pode-se prosseguir da seguinte forma:

- a) Compatibilizar o projeto estrutural com o arquitetônico, e na sequência com o de instalações.
- b) Especificar e detalhar o tipo de juntas de união, dessolidarização e movimentação das placas de fechamento, considerando a deformabilidade da estrutura e as variações higrotérmicas dos materiais.
- c) Especificar e detalhar o tipo de revestimento de áreas molháveis e o uso de materiais como piso, box e outros.
- d) Definir projeto luminotécnico para evitar interferências com a estrutura, como vigas de piso e montantes.

Ressalta Lopes, Gomes, Meneghin, Soares (2008), que no processo de montagem de construções em *Light Steel Frame*, várias atividades ocorrem simultaneamente. Devido à velocidade de execução, fica difícil solucionar de forma ótima as interferências que vão aparecendo, podendo comprometer a sequência de execução, atrasando os prazos de entrega da obra, podendo causar, inclusive, prejuízos para a empresa.

É certo que sistemas construtivos como o *Light Steel Frame* são uma ponte para o desenvolvimento tecnológico da construção civil e uma promessa para a industrialização do setor, porém, deve-se sempre ter a preocupação de construir com qualidade, sem desperdício e com preocupação ambiental.

2.7 NORMAS

As normas asseguram as características desejáveis de produtos e serviços, como qualidade, segurança, confiabilidade, eficiência, intercambiabilidade, bem como respeito ambiental – e tudo isto a um custo econômico (ABNT, 2018).

- ABNT NBR 15575-1:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR 14762:2010 – Dimensionamento de Estrutura de Aço Constituídas por Perfis Formadas a Frio;
- ABNT NBR 7008-1:2012 – Chapas e Bobinas de Aço Revestidas com Zinco ou com Liga Zinco-Ferro Pelo Processo Contínuo de Imersão à Quente. Parte 1: Requisitos;
- ABNT NBR 7397:2016 – Produto de Aço e Ferro Fundido Galvanizado por Imersão à Quente – Determinação da Massa do Revestimento por Unidade de área – Método de ensaio;
- ABNT NBR 7400:2015 – Galvanização de Produtos de Aço e Ferro Fundido por Imersão à Quente – Verificação da Uniformidade do Revestimento – Método de Ensaio;
- ABNT NBR 15253:2014 – Perfis de Aço Formados a Frio, com Revestimento Metálico, para Painéis Estruturais Reticulados em Edificações – Requisitos Gerais;
- ABNT NBR 6355:2012 – Perfis Estruturais de Aço Formados a Frio – Padronização.

- ABNT NBR 15498:2016 – Placa de Fibrocimento sem Amianto – Requisitos e Métodos de Ensaio;
- ABNT NBR 8800:2008 – Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios;
- ABNT NBR 8681:2004 – Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento;
- ABNT NBR 6120:2000 – Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações;
- ABNT NBR 6122:2010 – Projeto e Execução de Fundações;
- ABNT NBR 6123:2013 – Forças Devidas ao Vento em Edificações;
- ABNT NBR 14715:2010 – Chapas de Gesso para *Drywall*.

As normas têm benefícios técnicos, econômicos, sociais e de segurança que são questões importantes para o trabalho e para a vida. Respeitá-las se torna uma obrigação do cidadão para com a sociedade.

2.8 BIM

O BIM (*Building Information Model*) que em português pode ser traduzido para “Modelo de Informação da Construção” não se trata de um software específico, e sim de um conceito de virtualização, modelagem e gerenciamento das atividades inerentes ao projeto/construção de obras de engenharia. O projeto, neste novo conceito, torna-se muito mais próximo da obra real (virtualização dos elementos), facilitando a observação de possíveis inconformidades (erros de projeto, sobreposições, etc.). A representação planificada deixa de ser o meio para o desenvolvimento do projeto e torna-se um dos fins disponíveis de representação (SAEPRO, 2019).

Os modelos gerados pela plataforma BIM atualiza automaticamente as plantas perante quaisquer modificações em elementos de projeto, reduzindo desperdícios, erros e omissões, proporciona a previsibilidade de custos e desempenho, consentindo maior liberdade e tempo para a experimentação de alternativas de projeto e aprimora os resultados finais (ROSSO, 2011).

O *ArchiCAD*, principal produto da *GRAPHISOFT*, foi a primeira implementação de Modelagem da Informação na Construção, introduzido em 1987 como o conceito do Edifício Virtual. (GRAPHISOFT, 2019).

O modelo de projeto preliminar apresentado no transcorrer do estudo de caso foi desenvolvida na ferramenta *ArchiCAD*, conceito BIM.

3 ESTUDO DE CASO

Esta é uma pesquisa do tipo exploratória e na afirmação de Gil (2007) apud Gerhardt e Silveira (2009), esse tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão. Essas pesquisas podem ser classificadas como: pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Para Fonseca (2002) apud Gerhardt e Silveira (2009), o estudo de caso visa conhecer em profundidade o como e o porquê de uma determinada situação que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando descobrir o que há nela de mais essencial e característico. O pesquisador não pretende intervir sobre o objeto a ser estudado, mas revelá-lo tal como ele o percebe. O estudo de caso pode decorrer de acordo com uma perspectiva interpretativa, que procura compreender como é o mundo do ponto de vista dos participantes, ou uma perspectiva pragmática, que visa simplesmente apresentar uma perspectiva global, tanto quanto possível completa e coerente, do objeto de estudo do ponto de vista do investigador.

Neste estudo, será utilizado esse método para esclarecer e analisar o sistema construtivo proposto para residências unifamiliares, a partir de um estudo de caso.

Destaca-se que este trabalho de substituição de um projeto desenvolvido em alvenaria convencional por *Light Steel Frame* não tem pretensão, nem mesmo informações técnicas suficientes para servir como manual ou guia técnico do sistema e seus materiais. A apresentação deste trabalho é um estudo preliminar de projeto de aplicação do objeto de estudo, a partir das informações do embasamento teórico. É necessário sempre um engenheiro responsável pelo cálculo estrutural para sua validação, da mesma maneira que com qualquer estrutura de outro material. Calculistas, técnicos especializados e profissionais dentro das construtoras podem auxiliar no desenvolvimento do projeto na hora de especificar o *Light Steel Frame*.

As fontes de consulta para o desenvolvimento da pesquisa bibliográfica foram livros, artigos de periódicos e materiais disponibilizados na rede mundial de computadores.

O processo de pesquisa foi ordenado conforme a seguir:

1ª Etapa – Com a intenção de entender as vantagens e limitações da construção em *LSF*, buscou-se uma maneira prática e objetiva de se fazer esta aplicação, focada somente na estrutura e na vedação (paredes e lajes). Para isso, foi escolhido um projeto da empresa Ruschel Arquitetura voltado para a construção convencional em alvenaria. Foi feito um pedido de autorização a titular da empresa e assim concedido para o desenvolvimento deste trabalho.

2ª Etapa – Iniciou-se a busca por informações referentes à residência em alvenaria. Para a elaboração do projeto estrutural foi utilizado o software Eberick V9 por uma empresa de cálculo estrutural (cujo nome será mantido em sigilo). Foi adotado a sigla SE para referenciá-lo ao longo do trabalho. Obteve-se deste projeto o modelo completo de definição de fundação, lajes, pilares, vigas e cobertura necessários para a execução da estrutura.

3ª Etapa – Encontro com a Arquiteta e Urbanista Suzana Spohr experiente no ramo *LSF* e titular da empresa SJ CONSTRUÇÕES e com o fornecedor Espaço Smart localizado em Barreiros, São José, SC para as definições de aplicações no projeto preliminar.

4ª Etapa – Início do desenvolvimento do projeto preliminar de substituição do sistema convencional pelo *LSF*, conforme embasamento teórico, na plataforma BIM (*BUILDING INFORMATION MODELLING*), pelo programa *Archicad*.

5ª Etapa – Foram feitas as observações referentes às vantagens deste sistema.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE ESTUDADA

O projeto escolhido é uma residência unifamiliar desenvolvido pela empresa Ruschel Arquitetura, localizado em Jurerê Internacional, cidade de Florianópolis, SC.

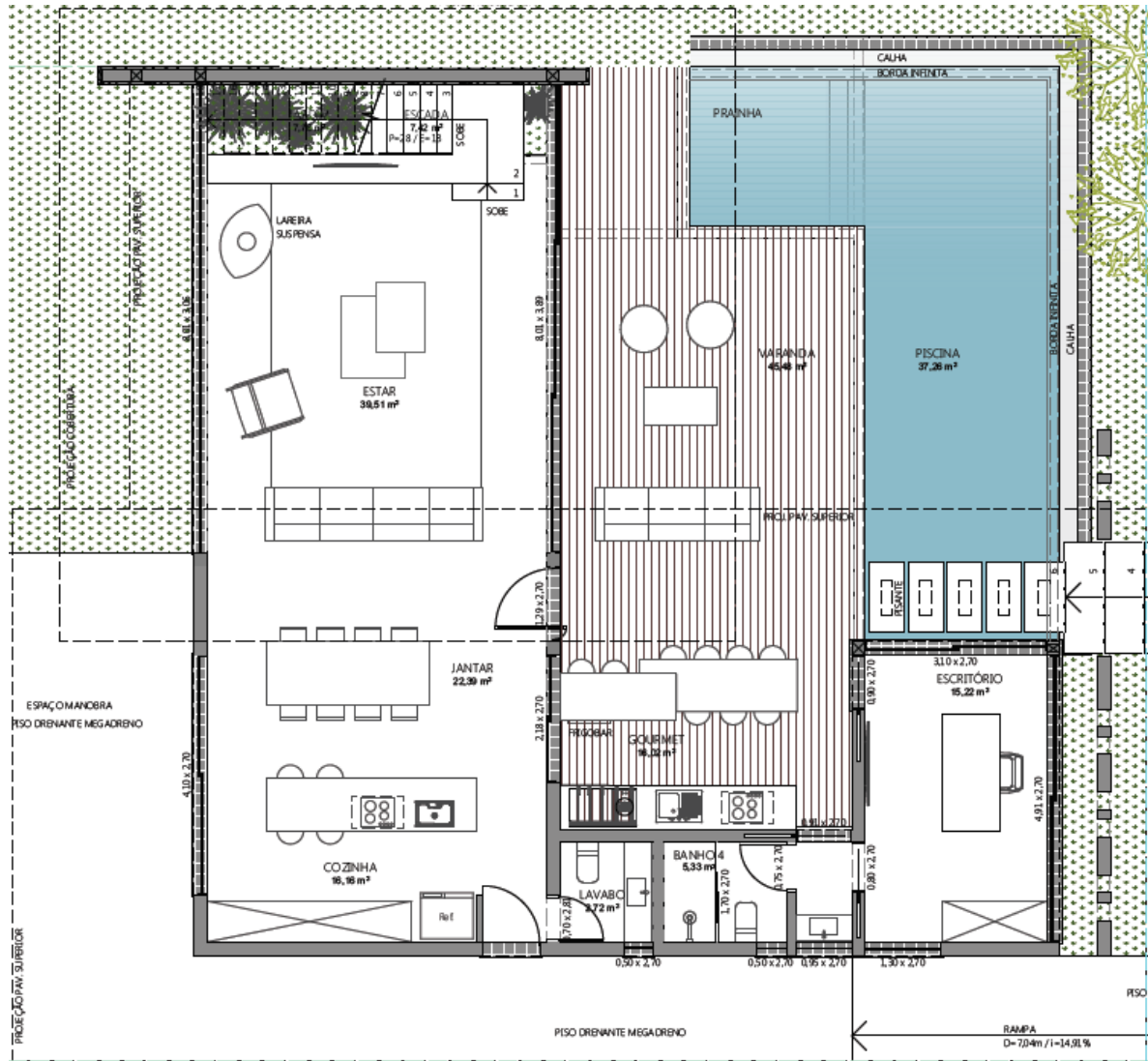
Apresenta o conceito de integração dos ambientes.

É composta por dois pavimentos com 141,71 m² no térreo e 179,33 m² no superior, totalizando 321,04 m². No pavimento térreo existem os ambientes jantar, cozinha, lavabo, banho piscina, escritório, gourmet e uma sala com pé-direito duplo (Figura 33). O pavimento superior apresenta um mezanino, 3 suítes e 2 sacadas em balanço (Figura 34). A cobertura é uma laje plana impermeabilizada.

As paredes são de vedação convencional com tijolos de 19 cm e acabamento de 2,5 externo e 1,5 interno, totalizando uma espessura de 23 cm para paredes perimetrais. Já

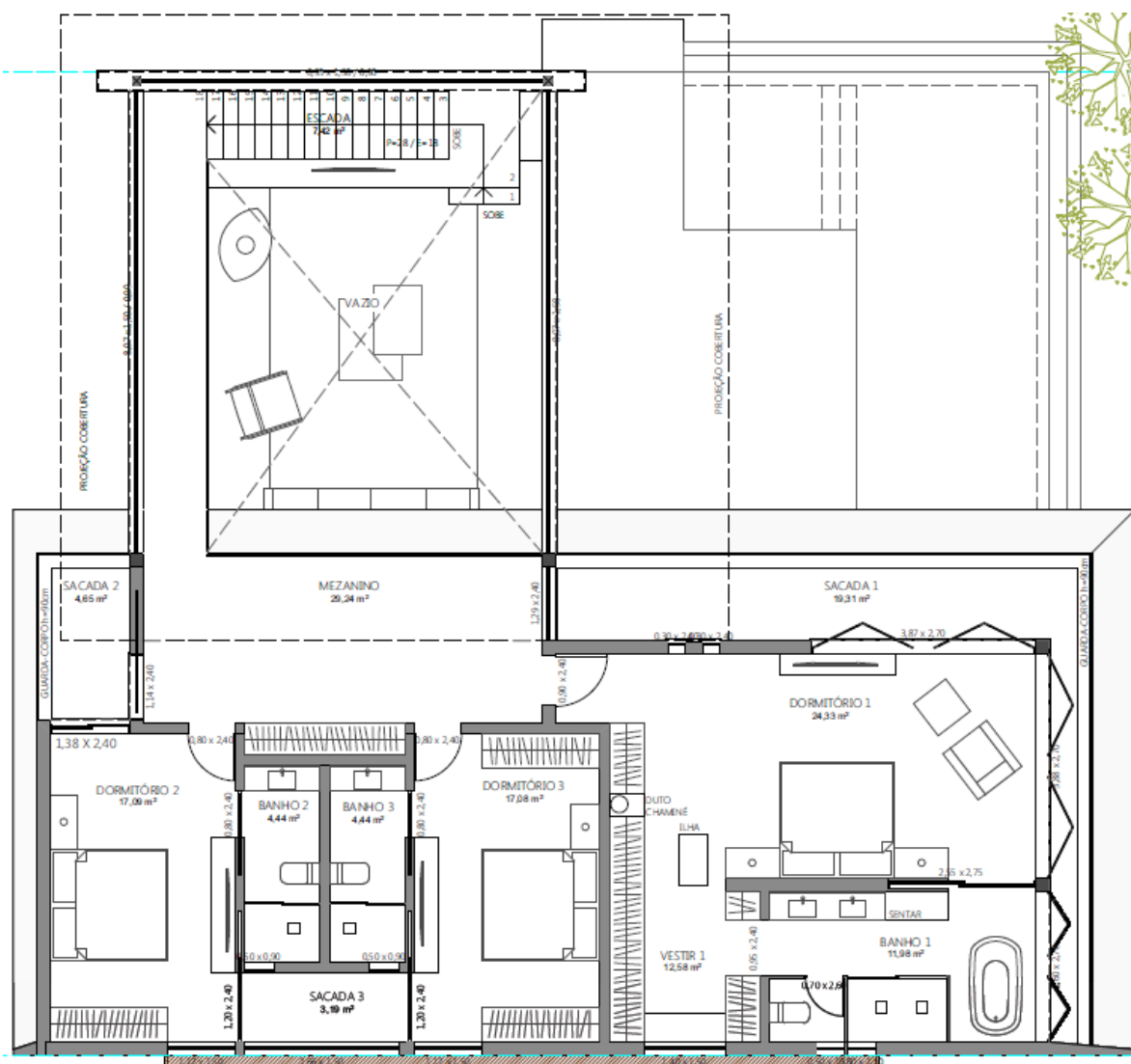
para vedações internas, os tijolos são de 14 cm e acabamento de 1,5 ambas as faces, totalizando uma espessura de 17cm.

Figura 33 – Planta térrea



Fonte: (RUSCHEL ARQUITETURA, 2019)

Figura 34 – Planta Superior



Fonte: (RUSCHEL ARQUITETURA, 2019)

Figura 35 – Vista frontal da residência



Fonte: (RUSCHEL ARQUITETURA, 2019)

Figura 36 – Cobertura metálica sustentada por pilares no ambiente sala.



Fonte: (RUSCHEL ARQUITETURA, 2019)

Figura 37 – Fachada lateral da residência



Fonte: (RUSCHEL ARQUITETURA, 2019)

Figura 38 – Perspectiva da residência



Fonte: (RUSCHEL ARQUITETURA, 2019)

3.1.1 Delimitações

Os subsistemas convencionais, como fundações, esquadrias, instalações hidráulicas e elétricas, elementos estéticos, demais elementos ou componentes convencionais, torre de reservatório não são objeto deste trabalho, porém devem ser consideradas as interfaces entre subsistemas convencionais e inovadores, como as entre paredes e esquadrias, entre paredes ou pisos e instalações, entre outros e devem atender às normas técnicas correspondentes.

A área da piscina, em detrimento da garantia de estanqueidade, optou-se por construção convencional em concreto armado.

O estar com pé-direito duplo e cobertura “solta” é sustentada por pilares de concreto para manter a característica de grandes vãos (Figura 36). Não tem parede até a cobertura o que impossibilita a função autoportante do sistema LSF (painéis estruturais fazem papel dos pilares e das vigas). Assim, justifica-se neste trecho, manter esses pilares de concreto que servirão como apoio existente, tornando este objeto de estudo um sistema híbrido.

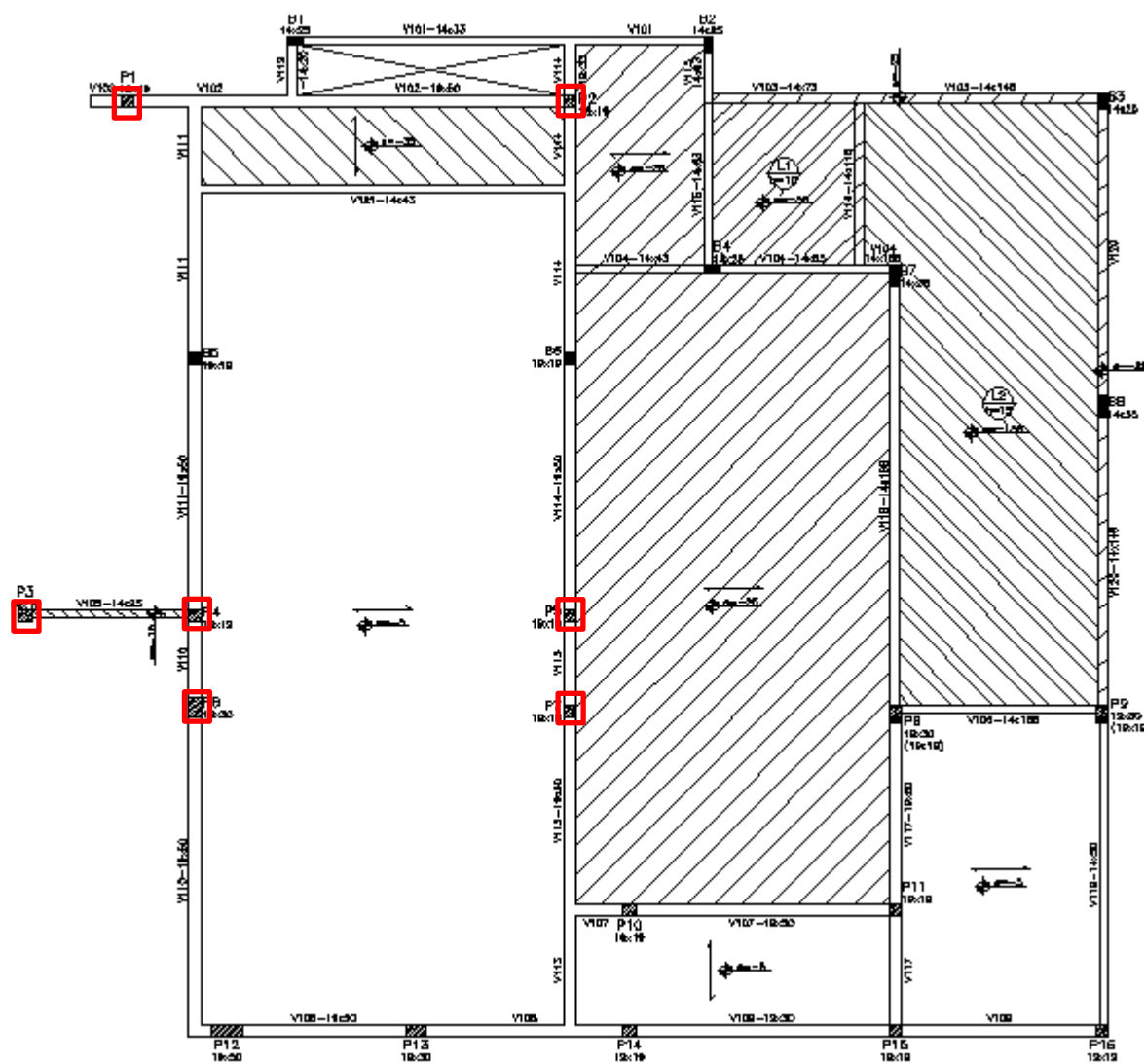
Este trabalho propõe um projeto preliminar de substituição da alvenaria convencional pelo sistema *LSF* e manter as características originais do projeto. A intenção é demonstrar as possibilidades permitidas pelo *Light Steel Frame* através de simulações em modelos digitais 3D, realizadas tomando como projeto de estudo esta residência de dois pavimentos.

3.2 COLETA DE DADOS

Analisando o projeto estrutural elaborado no sistema convencional, fez-se o uso de sapatas para a fundação; pilares, vigas e lajes pré-moldadas para a estrutura.

O projeto será um sistema híbrido pois este estudo está focado no sistema autoportante e não em outras soluções como pilares para o sistema LSF, apesar de existirem. No estar, pilares de concreto sustentam a cobertura e este ambiente é todo permeável tendo o fechamento feito por esquadrias. Será mantido esses pilares já que não existem paredes que vão até a cobertura para sustentá-las (Figuras 39 e 40).

Figura 39 – Forma do pavimento térreo com marcação nos pilares a serem mantidos

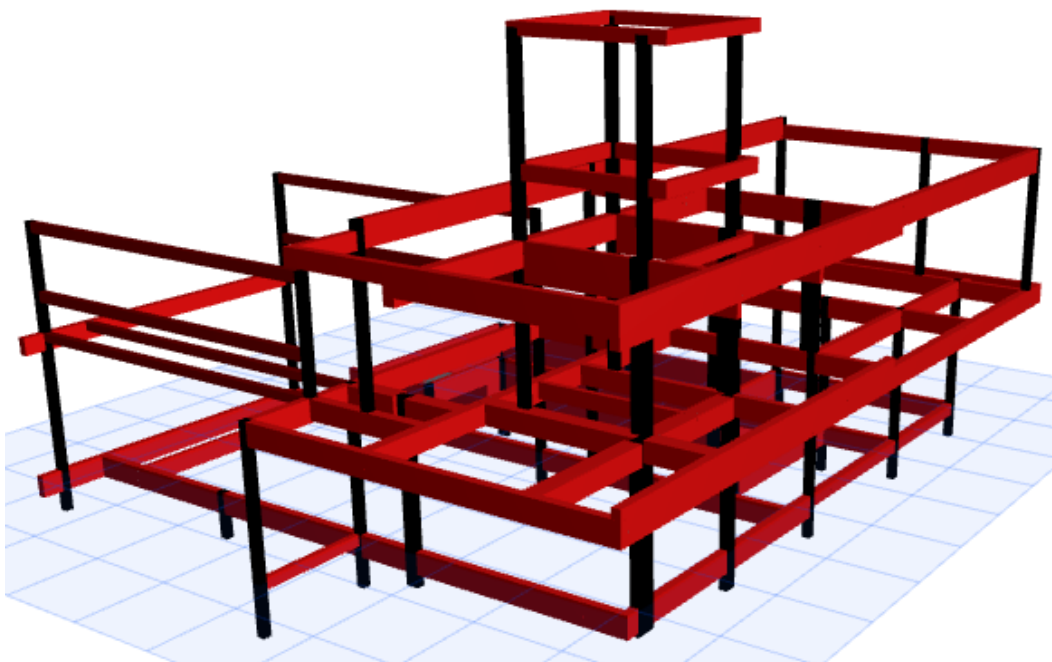


Legenda:

Pilares a serem mantidos

Fonte: (SE, 2019) , adaptado pelo autor

Figura 43 – Perspectiva modelo 3D estrutural



Fonte: (SE, 2019)

3.3 PROPOSIÇÃO DE PROJETO

A partir de encontros com a Arquiteta e Urbanista Suzana Spohr, de visita ao fornecedor Espaço Smart, de estudos auxiliares do DATec nº 014b assim como da Diretriz SINAT nº 003 - Revisão 2, foram definidos os parâmetros para a aplicação do Sistema *Light Steel Frame* no projeto residencial.

O DATec (Documento de Avaliação Técnica) nº 014b - Sistema construtivo a seco Saint-Gobain - *Light Steel Frame* (emitido em fevereiro de 2018 pelo Ministério das Cidades por meio do SINAT - Sistema Nacional de Avaliação Técnica - com validade até janeiro de 2020), tem a função de avaliar o desempenho de um sistema construtivo. Ele é usado para os sistemas construtivos considerados inovadores, pois estes ainda não estão normalizados pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). O documento comprova que este sistema atende a todos os requisitos da Diretriz SINAT Nº 003 - Revisão 2 - “Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas - Sistemas leves tipo ‘*Light Steel Framing*’”, publicada em dezembro de 2012 e de acordo com a NBR 15.575-4 (2013) e é avaliado tecnicamente pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo).

Estes documentos contemplam o uso em unidades térreas ou sobrados, isoladas ou geminadas, unifamiliares, e edifícios multifamiliares de até 05 pavimentos, destinados à construção de habitações. Deles e do embasamento teórico contido nesta pesquisa, foram tirados dados para cumprir o objetivo deste trabalho na qual se destina a modelagem do projeto preliminar de paredes e lajes pelo sistema construtivo *Light Steel Frame*.

3.4 CONCEPÇÃO DO MODELO EM *LIGHT STEEL FRAME*

Para o desenvolvimento da modelagem de estudo preliminar da residência em *Light Steel Frame*, optou-se pelo instrumento de plataforma BIM (*Building Information Modelling*), no programa *Archicad*.

Informações e dados técnicos:

3.4.1 Fundação

Na área de aplicação do LSF, optou-se pela fundação radier efetuada segundo o processo da construção convencional pelo fato do sistema ser muito mais leve e por ser uma fundação superficial que pode ser admitida como uma laje. Ela nos garantirá firmeza e é necessário o cuidado para que as instalações hidráulicas, sanitárias, elétricas e telefonia já estejam montadas antes da sua concretagem. Como em qualquer outra construção, deve-se observar o isolamento contra a umidade, evitando a sua percolação da fundação para as paredes. Prever também que a laje-piso, em contato com o solo, seja de concreto com no mínimo 100 mm de espessura (SINAT nº 003 - Revisão 2). Nas calçadas ao redor da construção, garagens e terraços, e preciso possibilitar o escoamento da água através de uma inclinação de pelo menos 5%.

3.4.2 Painéis

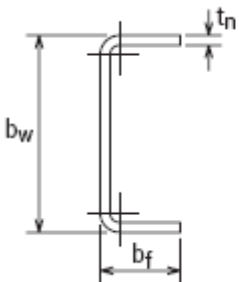
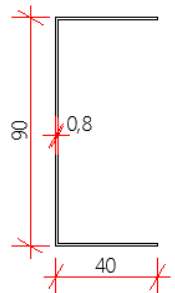
3.4.2.1 Perfis

Iniciou-se pela substituição das vedações de tijolos por quadros estruturais, constituídos por perfis de aço zincado, conformados a frio, que atendem a NBR 6673. A resistência mínima de escoamento é de 230 MPa, e a espessura mínima do perfil é de 0,80 mm (segundo ABNT NBR 15253), porém foi adotado uma espessura acima exigido pela

norma com 0,95mm. Os perfis para painéis estruturais possuem proteção contra corrosão classe de zinco Z350 (massa de zinco mínima de 350 g/m² para ensaio triplo, segundo a ABNT NBR 7008), para atmosferas marinhas (são considerados ambientes marinhos - classe de agressividade III - aqueles distantes da orla marinha até 2.000 metros ou com qualquer concentração de cloreto (Cl)) (DATec n° 014b, 2018).

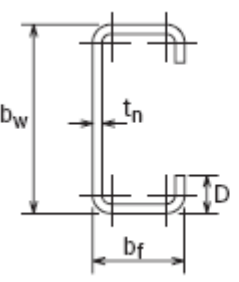
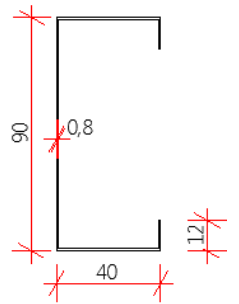
As guias são posicionadas na base e no topo dos quadros e para elas, foram utilizados perfis guia tipo “U”, com dimensões nominais de 90 mm x 40 mm x 0,95 mm. e perfis montantes tipo “Ue” de 90 mm x 40 mm x 12 mm x 0,95 mm.

Figura 44 – Designações do perfil de aço formados a frio U para uso em *Light Steel Frame*, suas respectivas aplicações e o perfil adotado

Secção transversal	Série	Designação NBR 6355:2012	Utilização
	U simples	U bw x bf x tn	Guia Ripa Bloqueador Viga principal
			

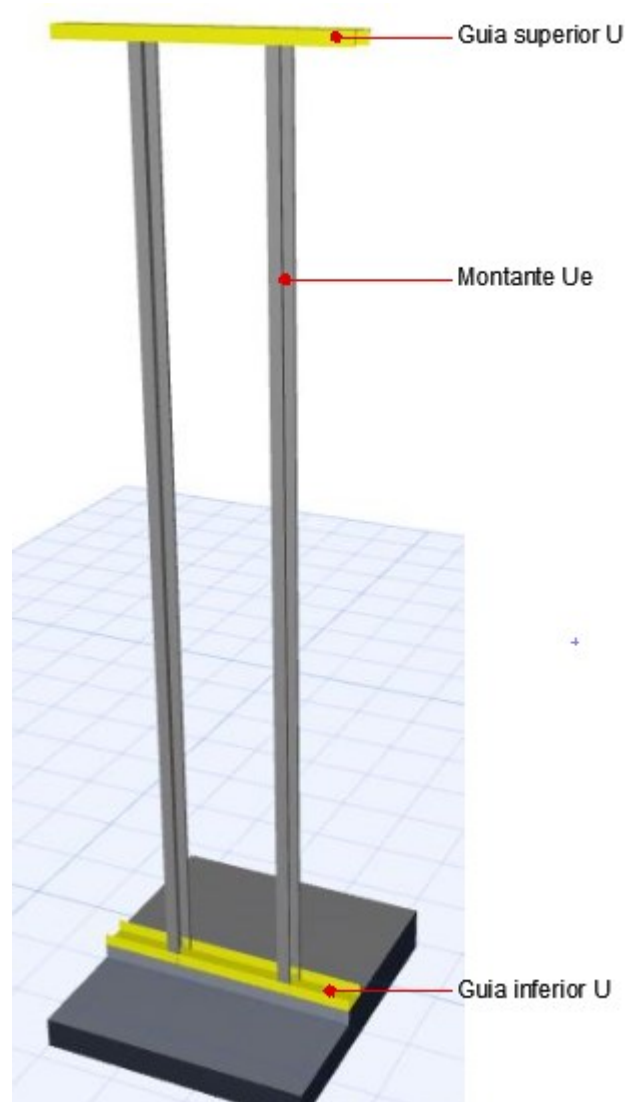
Fonte: adaptado pelo autor

Figura 45 – Designações do perfil de aço formados a frio Ue para uso em *Light Steel Frame*, suas respectivas aplicações e o perfil adotado

Secção transversal	Série	Designação NBR 6355:2012	Utilização
	U enrijecido	Ue bw x bf x D x tn	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
			

Fonte: adaptado pelo autor

Figura 46 – Imagem 3D da montagem do painel



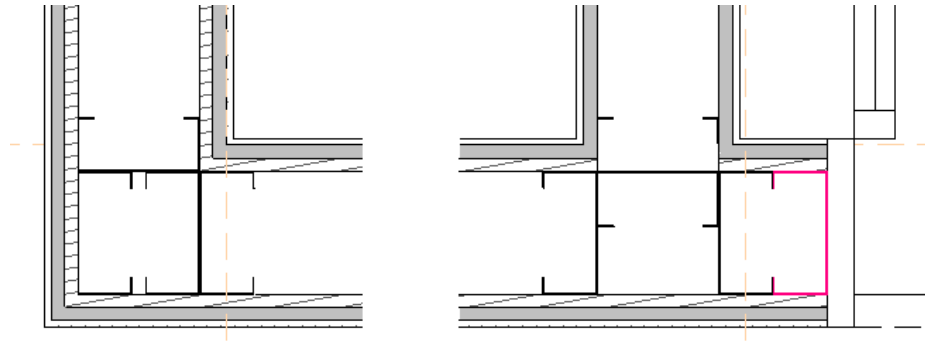
Fonte: Autor (*Archicad 21*)

3.4.2.2 União dos painéis

A união dos painéis é feita pela conexão dos montantes por parafusos estruturais. O encontro deve ser feito de forma a garantir a rigidez do sistema e a resistência aos esforços. O encontro pode ser:

- Ligação de dois painéis de canto – sendo união de quatro montantes;
- Ligação de dois painéis formando um T;
- Ligação de três painéis.

Figura 47 – Configuração dos montantes no encontro de quadros estruturais – ligação de dois painéis de canto e de dois painéis formando um T



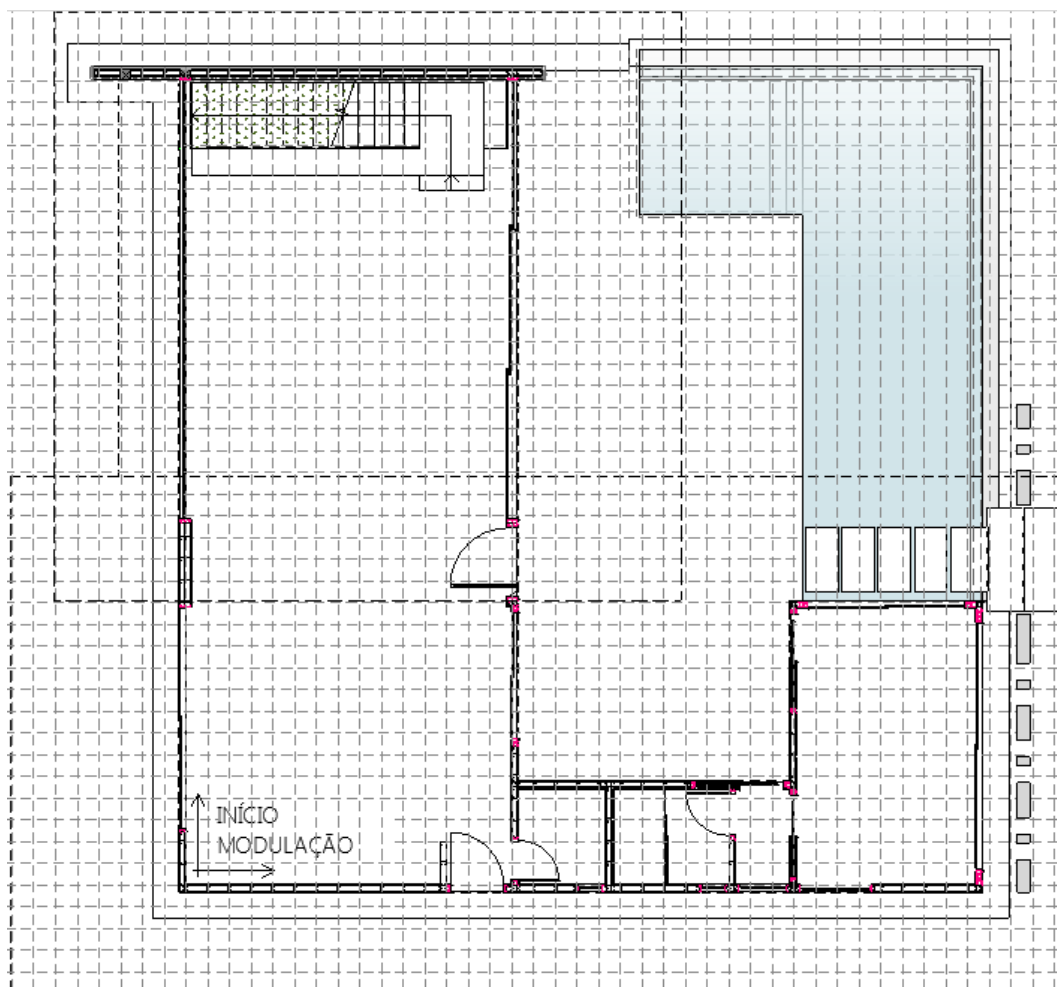
Fonte: Autor (*Archicad 21*)

3.4.2.3 Modulação

O projeto arquitetônico tem o conceito de espaços integrados, com grandes áreas e poucas paredes. Devido a este conceito, adotou-se por todas as paredes, tanto as internas quanto as externas, serem estruturais e apresentarem um espaçamento de montantes de 40 cm já que também paredes de cozinha e banheiro, com chapas de gesso para drywall RU onde são aplicadas placas cerâmicas, os montantes são espaçados, no máximo, a cada 40 cm. A maior proximidade entre os montantes aumenta a capacidade de suporte das cargas.

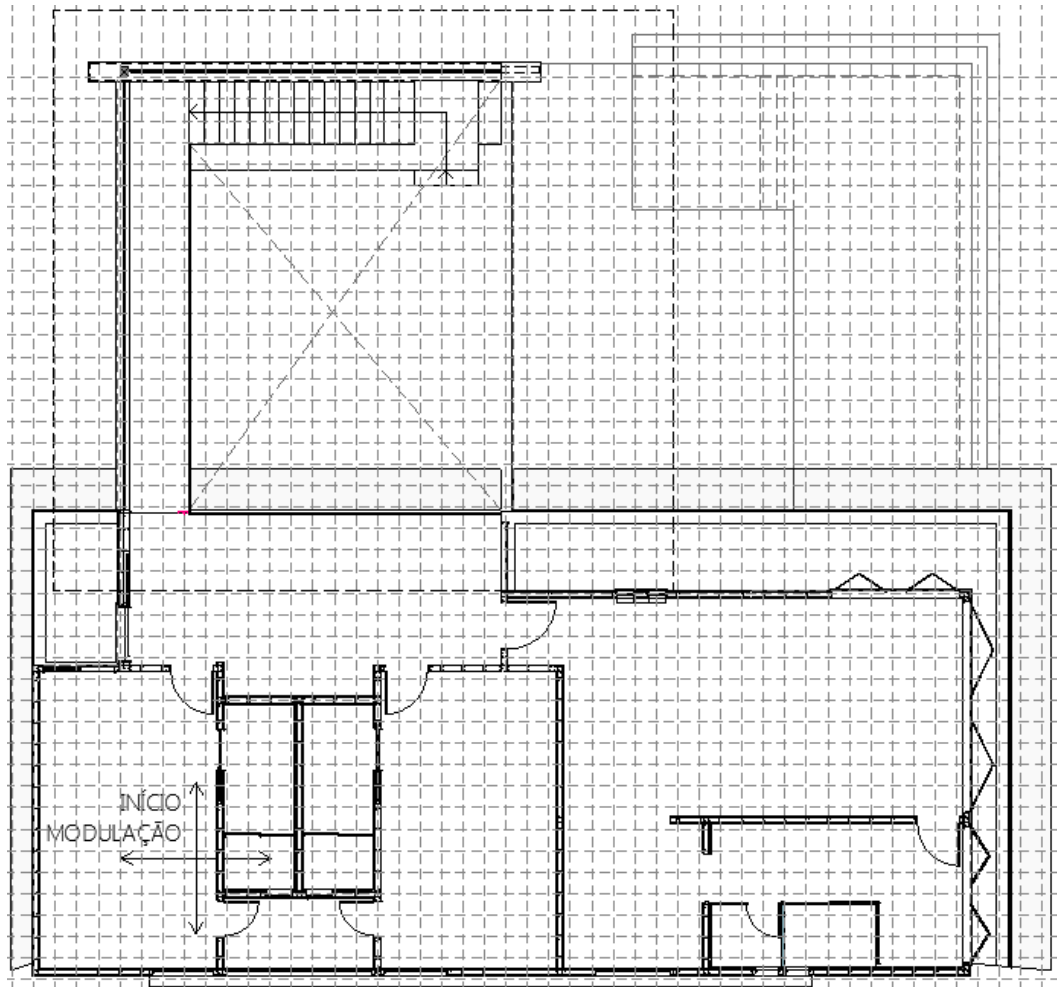
A variação dos montantes ocorre, normalmente, em função da carga que suportam ou da espessura desejada para as paredes. "Paredes mais largas pedem montantes maiores, cargas elevadas podem pedir montantes mais robustos ou uma maior proximidade entre os montantes para aumentar a capacidade de suporte dessas cargas".

Figura 48 – Modulação dos montantes no pavimento térreo



Fonte: Autor (*Archicad 21*)

Figura 49 – Modulação dos montantes no pavimento superior



Fonte: Autor (Archicad 21)

3.4.2.4 Contraventamento

As fitas, as chapas de Gousset, os suportes de ancoragens e os bloqueadores fazem parte do sistema de contraventamento (Figura 51 e 52).

As fitas são posicionadas na diagonal da face externa dos quadros (70 mm x 0,95 mm) e na horizontal da face interna (40 mm x 0,95 mm), a cada 1200 mm. As fitas diagonais são fixadas em peças denominadas de chapas de Gousset, posicionadas no encontro entre montantes e guia, na base e no topo dos quadros estruturais (DATEc nº 014b, 2018). Brasilit Saint-Gobain, apud Consul Steel (2002), afirma que “Preferencialmente, para o melhor desempenho, a inclinação das diagonais deverá estar compreendida entre 30° e 60°.”

As chapas de Gousset, formadas por peças quadradas de 150 mm x 150 mm x 0,95 mm, são fixadas na região de canto de paredes, no encontro entre montantes e guias (DATec nº 014b, 2018).

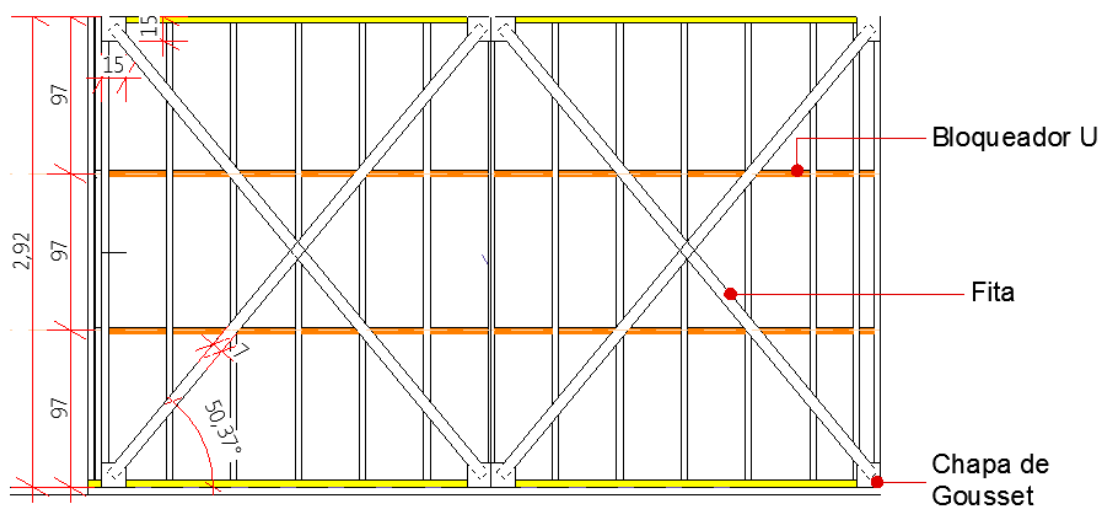
Os bloqueadores são reforços dos quadros estruturais que forma um sistema de travamento horizontal composto por perfis guia U de 90 mm x 40 mm x 0,8 mm (DATec nº 014b, 2018) e para Brasilit Saint-Gobain, apud Elhajj; Bielat (2000), devem estar localizadas a meia altura para painéis de até 2,50 m e a cada 1,00 m, aproximadamente, para painéis entre 2,75 m e 3,00 m. Temos painéis de 2,92 m no térreo, com espaçamento de 0,97 m entre bloqueadores.

Figura 50 – Bloqueador



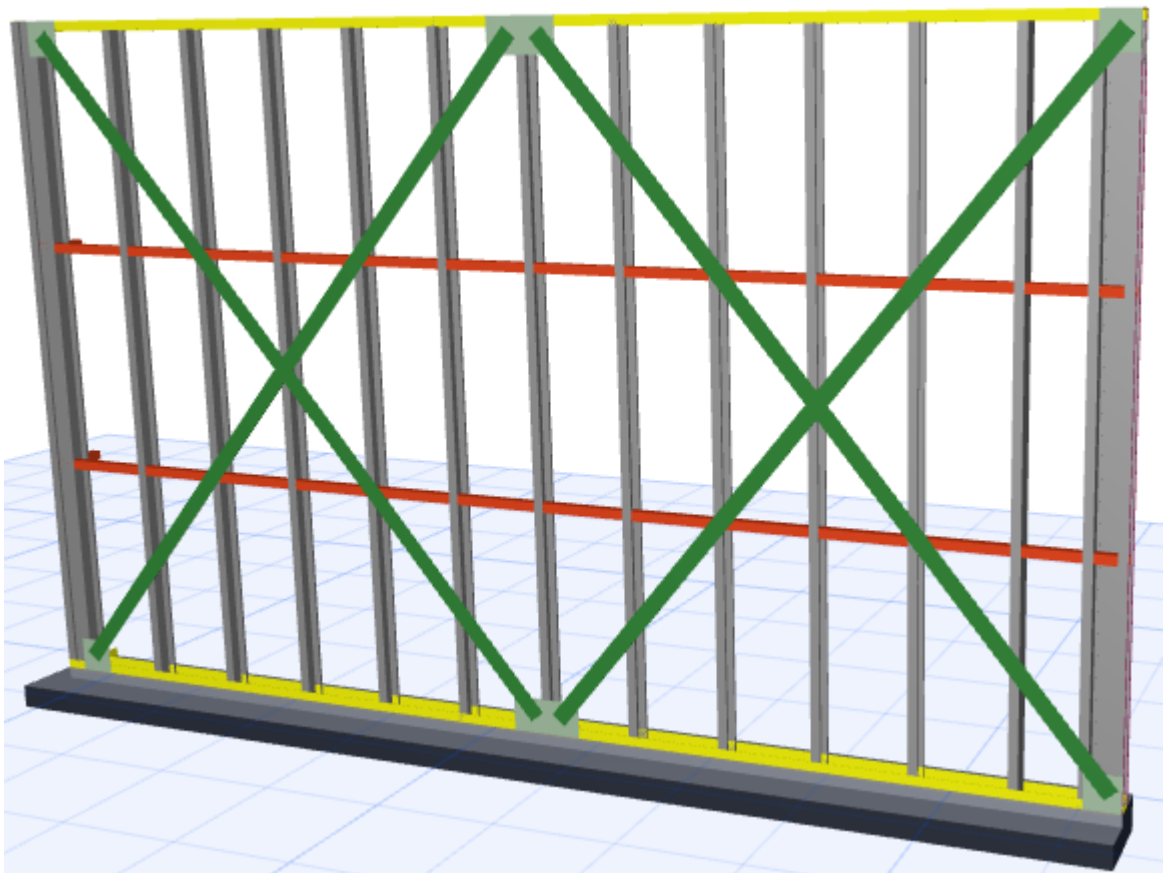
Fonte: (BRASILIT SAINT-GOBAIN, 2016)

Figura 51 – Contraventamento do quadro estrutural da cozinha



Fonte: Autor (Archicad 21)

Figura 52 – 3D do contraventamento do quadro estrutural da cozinha

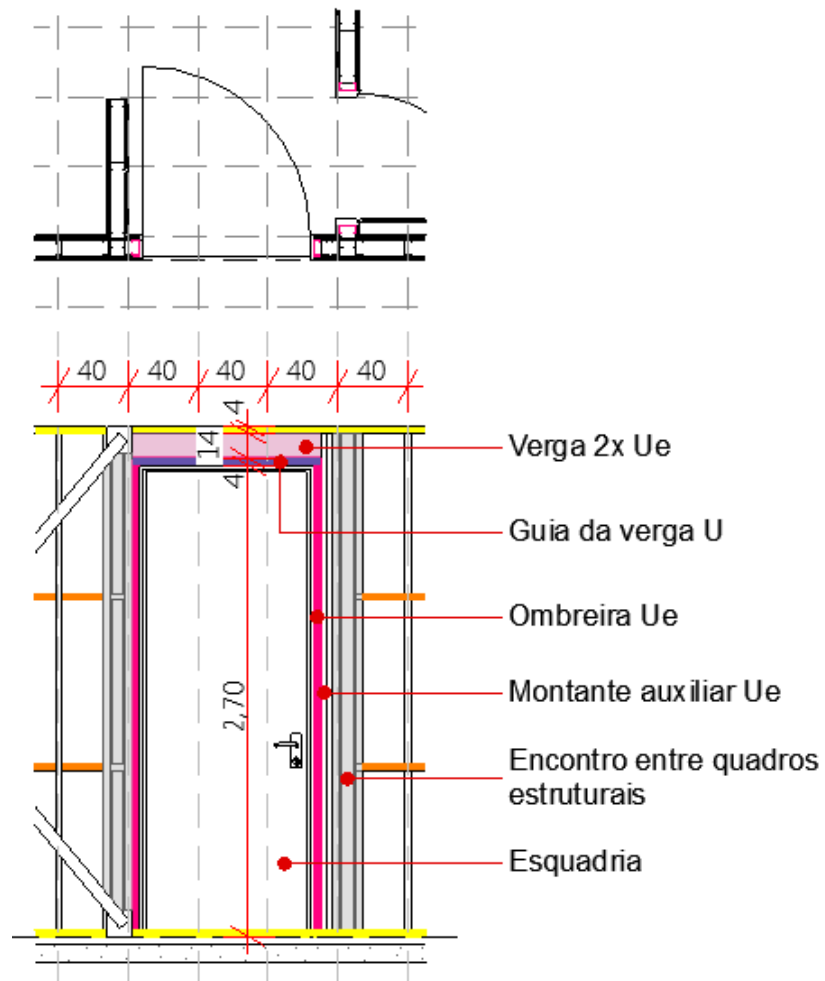


Fonte: Autor (*Archicad 21*)

3.4.2.5 Aberturas para esquadrias

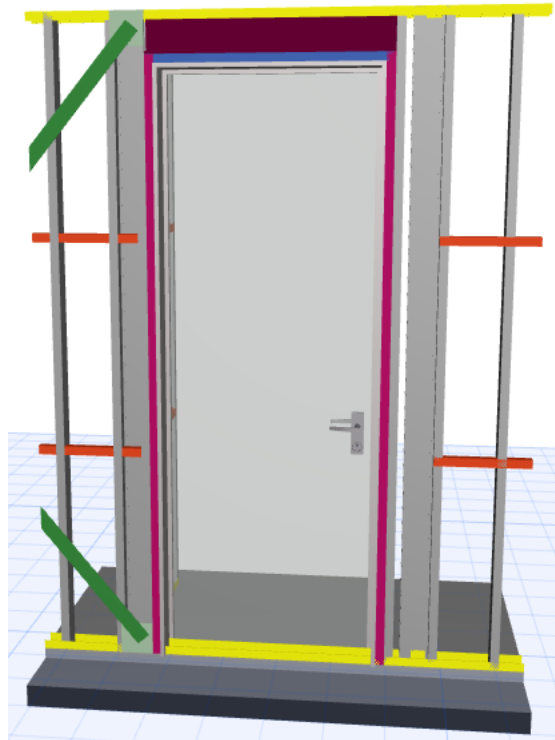
No vão das esquadrias, são posicionados perfis montantes de reforços ou ombreiras U_e , paralelos aos perfis montantes U_e dos quadros estruturais com a altura limitada à verga composta por 2 perfis U_e unidos e dispostos horizontalmente e apoiados sobre a guia U da verga da abertura.

Figura 53 – Planta e vista da verga e ombreiras na porta da cozinha



Fonte: Autor (*Archicad 21*)

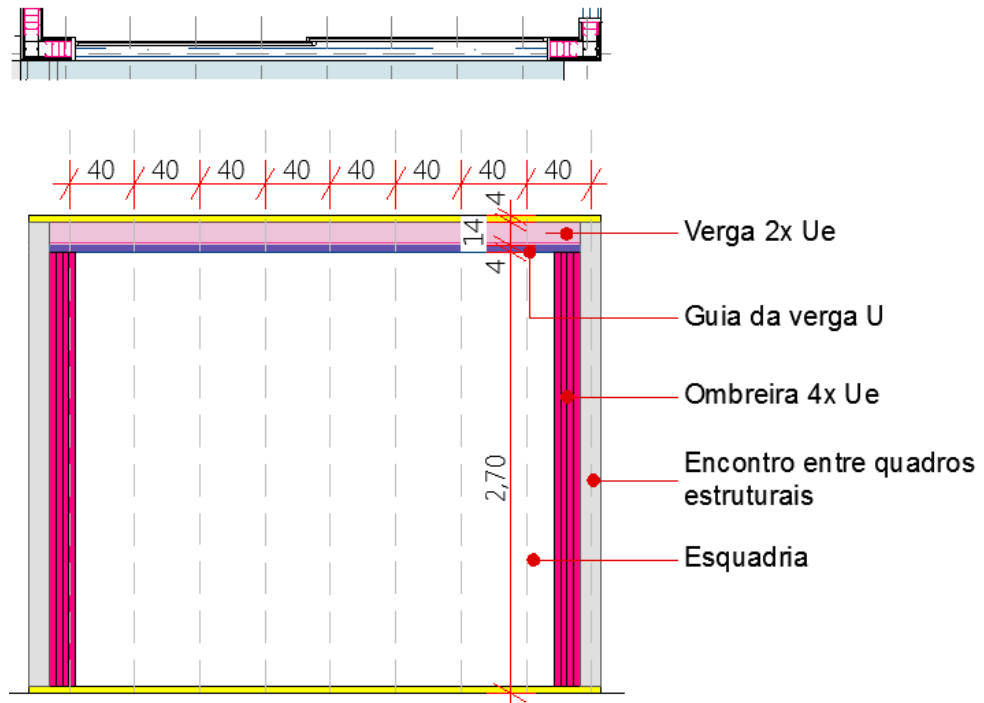
Figura 54 – 3D da verga e ombreiras da porta da cozinha



Fonte: Autor (Archicad 21)

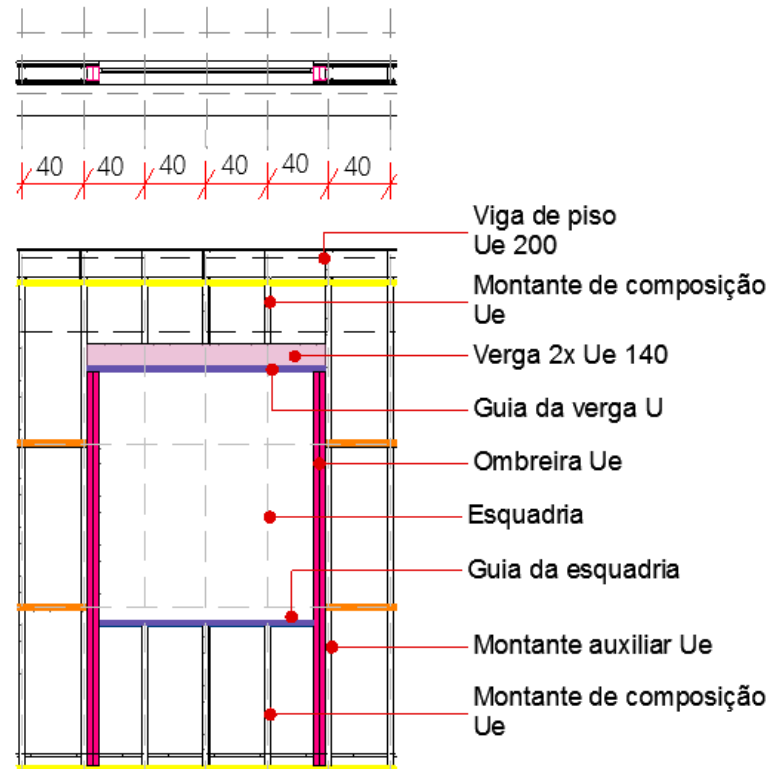
As ombreiras são montadas em mesmo número de cada lado da abertura, tomando-se, aproximadamente, o correspondente à quantidade de montantes interrompidos dividido por dois (conforme item 2.5.2 deste TCC). O sistema *light steel frame* permite aberturas de grandes vãos e, nesse caso, as vergas devem ser compostas por vigas treliçadas.

Figura 55 – Planta e vista do número de ombreiras para porta-janela



Fonte: Autor (Archicad 21)

Figura 56 – Planta e vista do número de ombreiras para janela

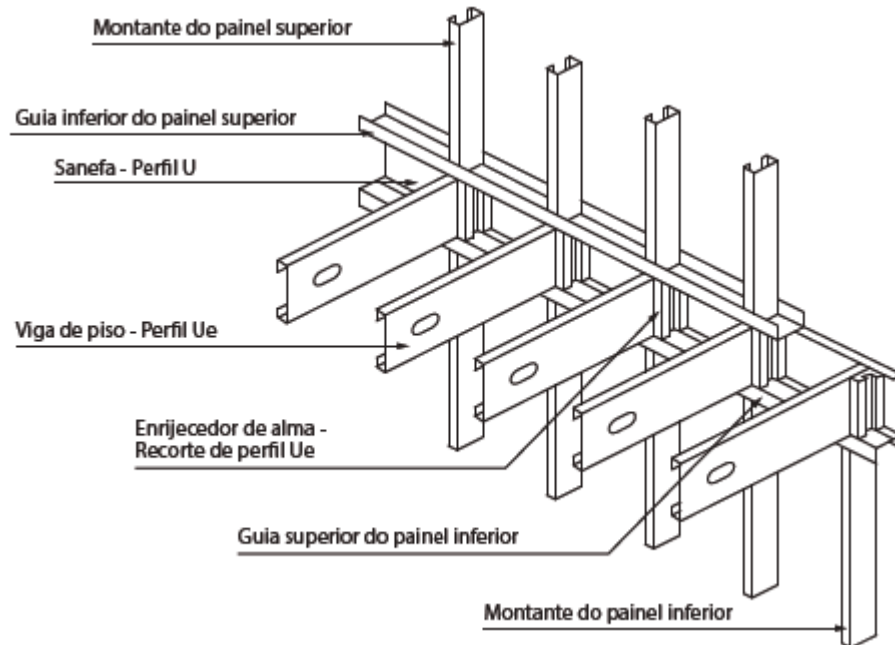


Fonte: Autor (*Archicad 21*)

3.4.3 Estrutura do piso

Vários fatores contribuem para a escolha de um determinado perfil ou de uma solução estrutural: carga de utilização da edificação, comprimento do vão, modulação do projeto estrutural, apoios intermediários, comprimento das vigas de piso etc.

Figura 57 – Estrutura de piso em *Light Steel Frame*



Fonte: (BRASILIT SAINT-GOBAIN, 2016)

- Sanefa ou guia: perfil U que fixa as extremidades das vigas para dar forma à estrutura;
- Enrijecedor de alma: recorte de perfil Ue, geralmente montante, que, fixado através de sua alma a alma da viga no apoio da mesma, aumenta a resistência no local, evitando o esmagamento da alma da viga. Também pode ser chamado de enrijecedor de apoio;

3.4.3.1 Vigas de piso

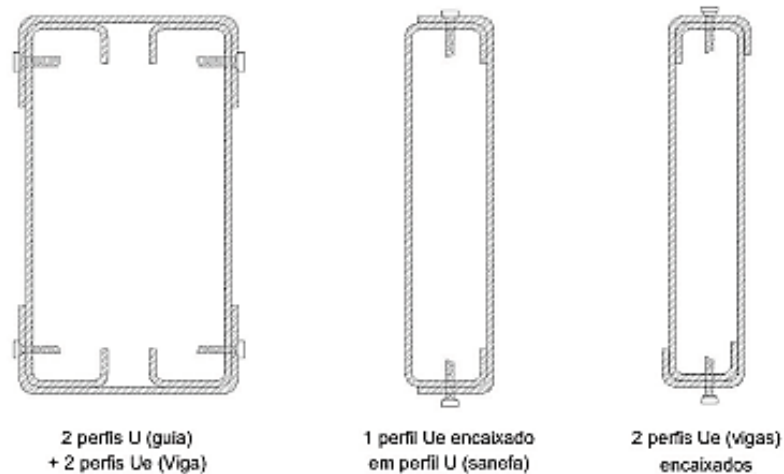
Normalmente, para aplicações residenciais, são recomendados vãos de até 4,0 m para o uso de vigas de perfis U enrijecidos 200 x 40 x 0,95 (alma de 200 mm, mesa de 40 mm e espessura 0,95 mm) dispostos na horizontal ou, no caso de grandes vãos ou de carregamentos maiores, podem ser empregadas treliças planas. A disposição das vigas de piso deve gerar a menor distância entre os apoios, resultando em perfis de menor altura.

3.4.3.2 Viga principal

De maneira geral, as vigas de piso que formam a laje se apoiam nos montantes e suas almas, estando em coincidência, dão origem ao conceito de estrutura alinhada. Porém,

para vãos maiores, quando exigências de projeto e layout não permitem o uso de painéis intermediários de apoio, as vigas de piso podem ser reforçadas através da combinação de dois ou mais perfis, formando vigas compostas chamada viga principal, conforme mostra a Figura 4.11:

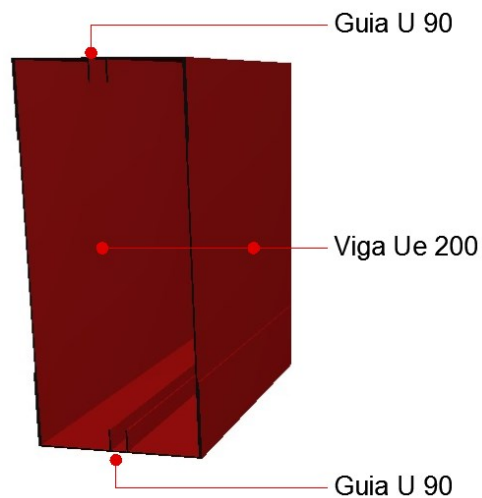
Figura 58 – Viga principal: vigas compostas para aumentar a resistência



Fonte: (BRASILIT SAINT-GOBAIN, 2016)

Neste trabalho, adotou-se como viga principal a composição de 2 perfis Ue (viga) e 2 perfis U (guia)

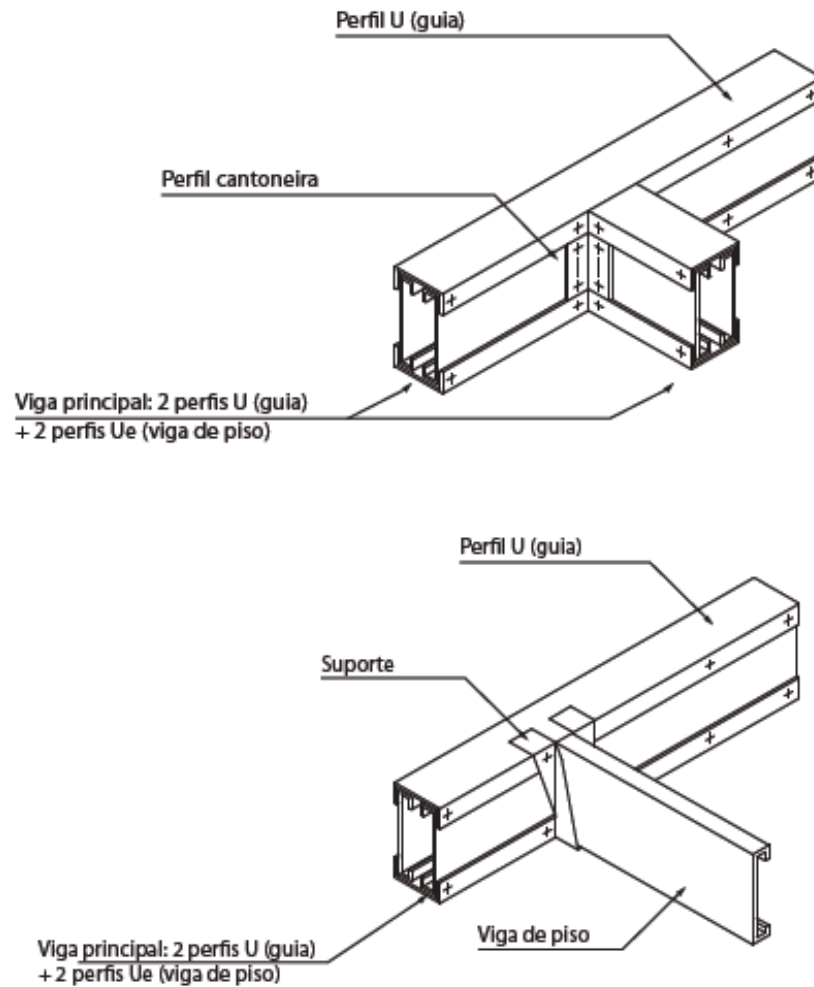
Figura 59 – 3D da viga principal adotada: 2 perfis U (guia) + 2 perfis Eu (viga)



Fonte: Autor (*Archicad 21*)

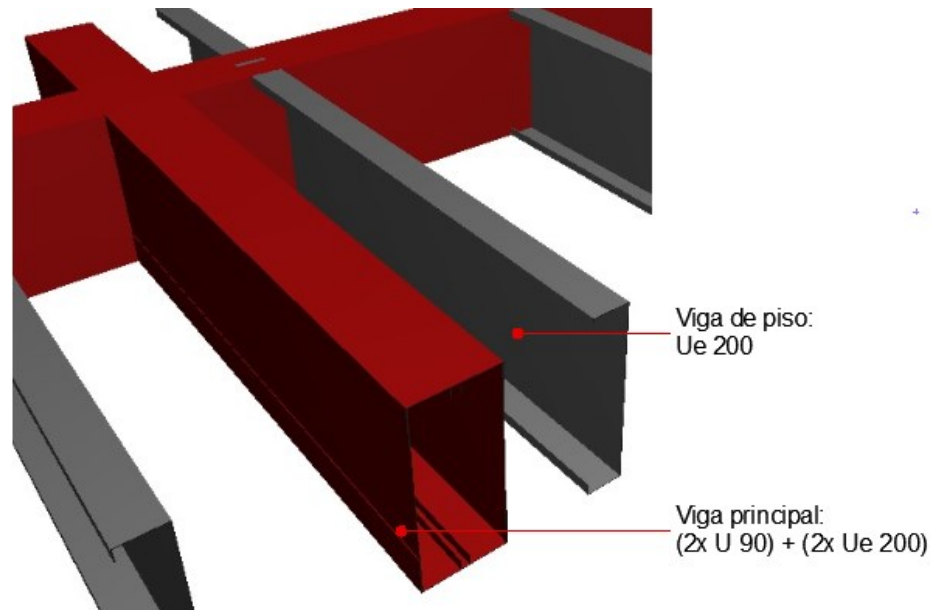
Devido à limitação do pé-direito, as vigas principais apoiam-se no mesmo nível das vigas de piso, através de conexões, utilizando peças como cantoneiras ou suportes (Figura 4.12).

Figura 60 – Tipos de vigas principais adotadas para apoio das vigas de piso



Fonte: (BRASILIT SAINT-GOBAIN, 2016)

Figura 61 – 3D da viga principal e vigas de piso no mesmo nível

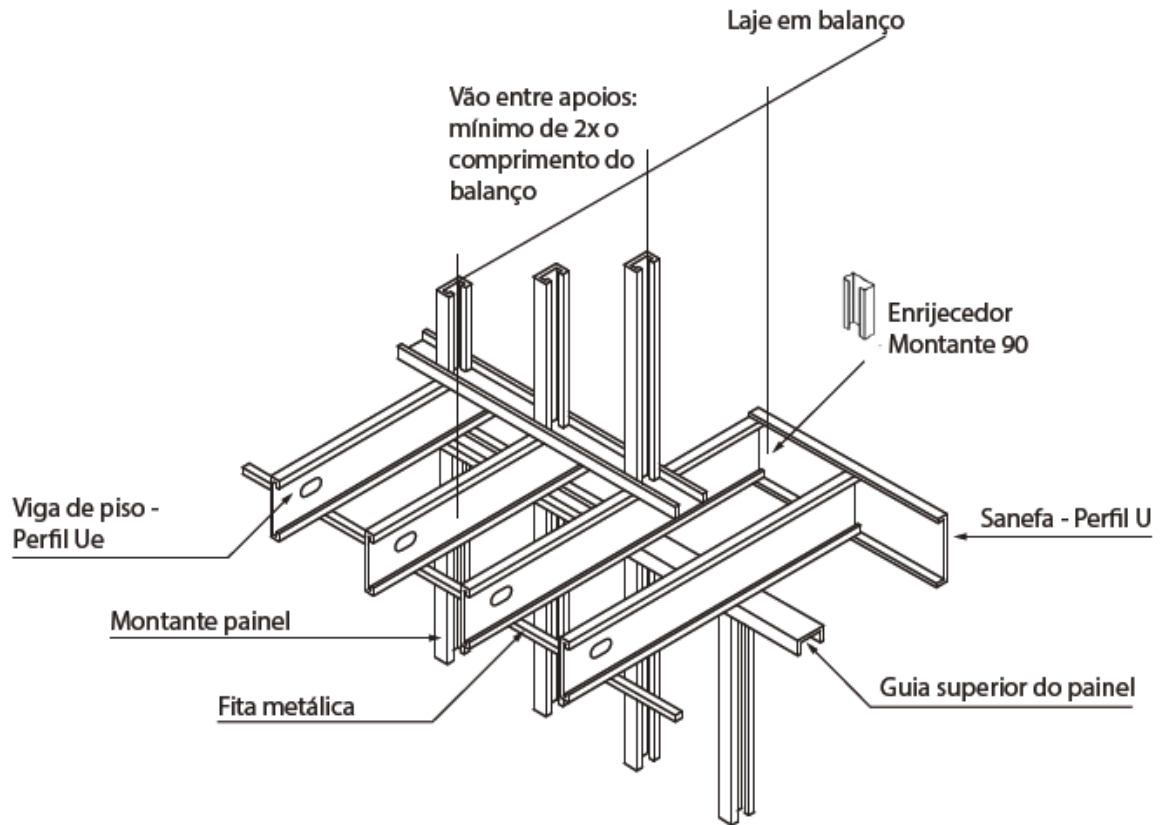


Fonte: Autor (*Archicad 21*)

3.4.3.3 Lajes em balanço

Devido a ausência de apoio em uma das extremidades das vigas, necessitam de reforços especiais na estrutura, e dois casos podem ser considerados. No primeiro, as vigas da laje em balanço tem a mesma direção das vigas de piso, então elas constituem um prolongamento da estrutura de piso. Porém, o segmento em balanço deve ter, no máximo, metade do comprimento do segmento das vigas que estão entre os apoios.

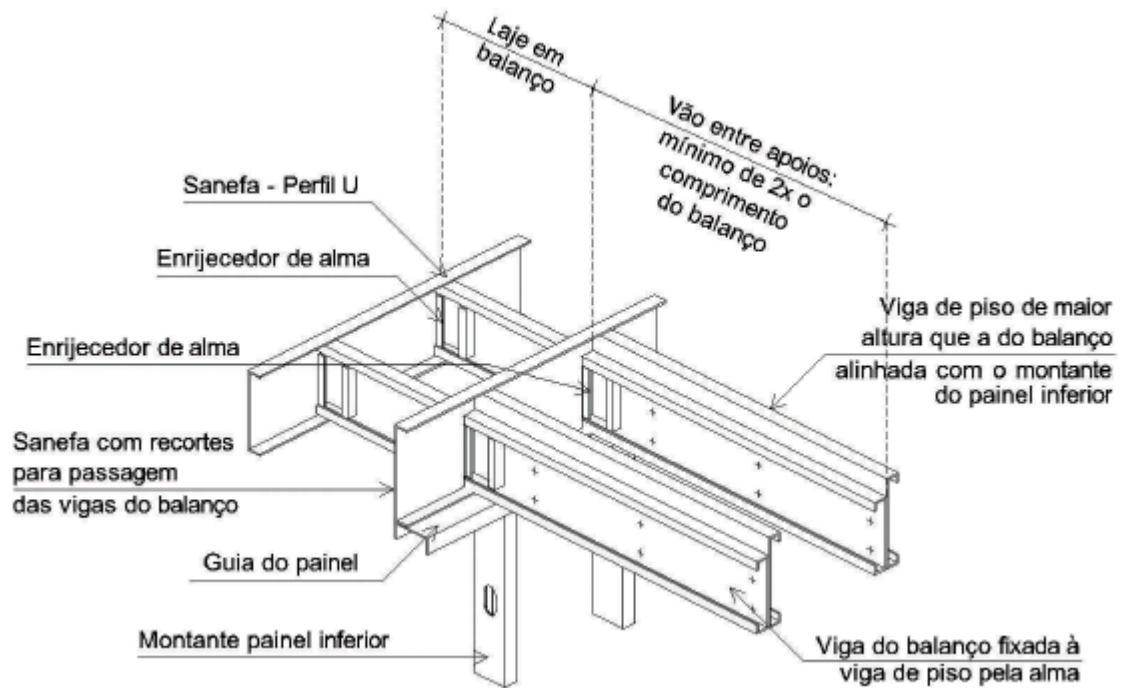
Figura 62 – Laje em balanço na mesma direção das vigas de piso



Fonte: (BRASILIT SAINT-GOBAIN, 2016)

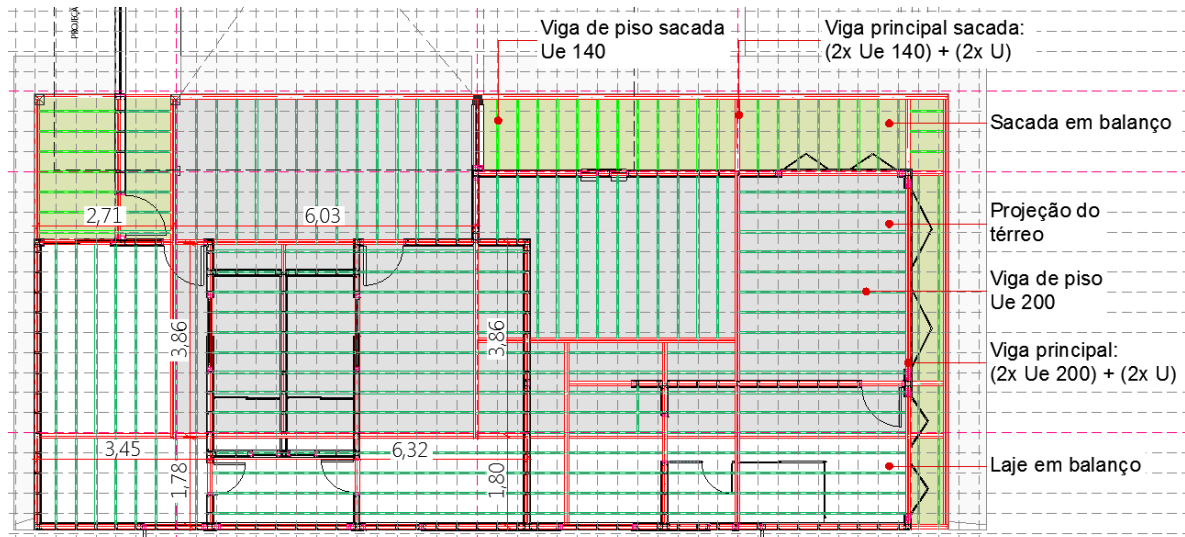
No segundo caso, quando as vigas da laje em balanço não tem a mesma direção das vigas da estrutura do piso, e necessário prover uma nova estrutura para suportar as vigas que formarão o balanço. Para isso, da mesma forma como no 1o caso, as vigas devem ter pelo menos o dobro do comprimento do balanço, prolongando-se para dentro da construção, e estar entre apoios. Um desses apoios pode ser uma viga de piso reforçada, chamada viga principal. As vigas de piso que forem interrompidas podem ser apoiadas nas vigas do balanço, desde que estas estejam devidamente reforçadas.

Figura 64 – Laje em balanço com contrapiso em níveis diferentes



Fonte: (BRASILIT SAINT-GOBAIN, 2016)

Figura 65 – Estrutura de piso pavimento superior



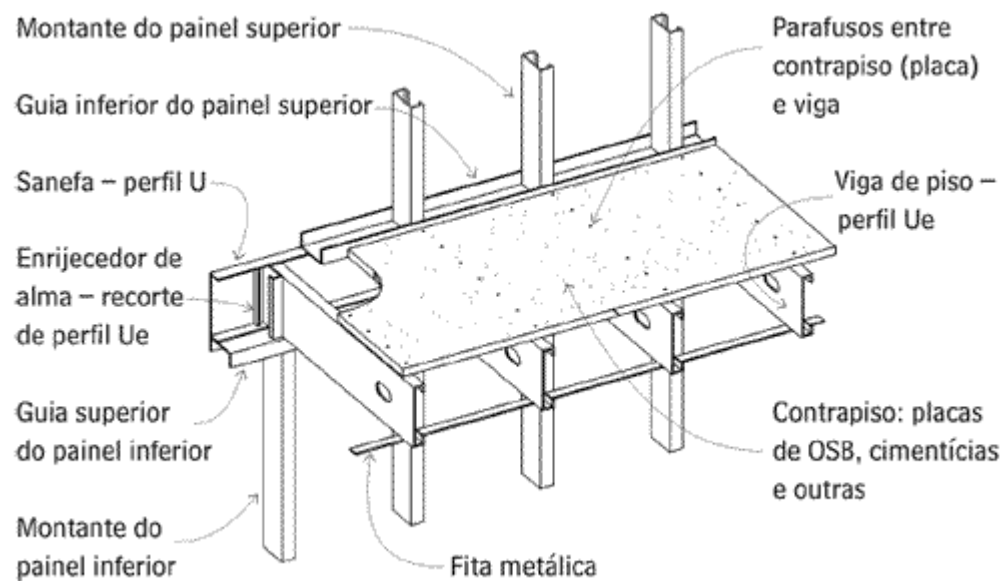
Fonte: Autor (Archicad 21)

3.4.3.4 Laje seca

A laje seca consiste no uso de placas OSB 18,3 mm aparafusados às vigas de piso, que servem como contra piso, podendo desempenhar a função de diafragma horizontal, conforme Figura X. Entre a estrutura e a placa OSB, foi utilizado banda acústica – fita com polietileno expandido – 4 mm e lã de vidro entre as vigas de piso a fim de proporcionar maior isolamento acústico.

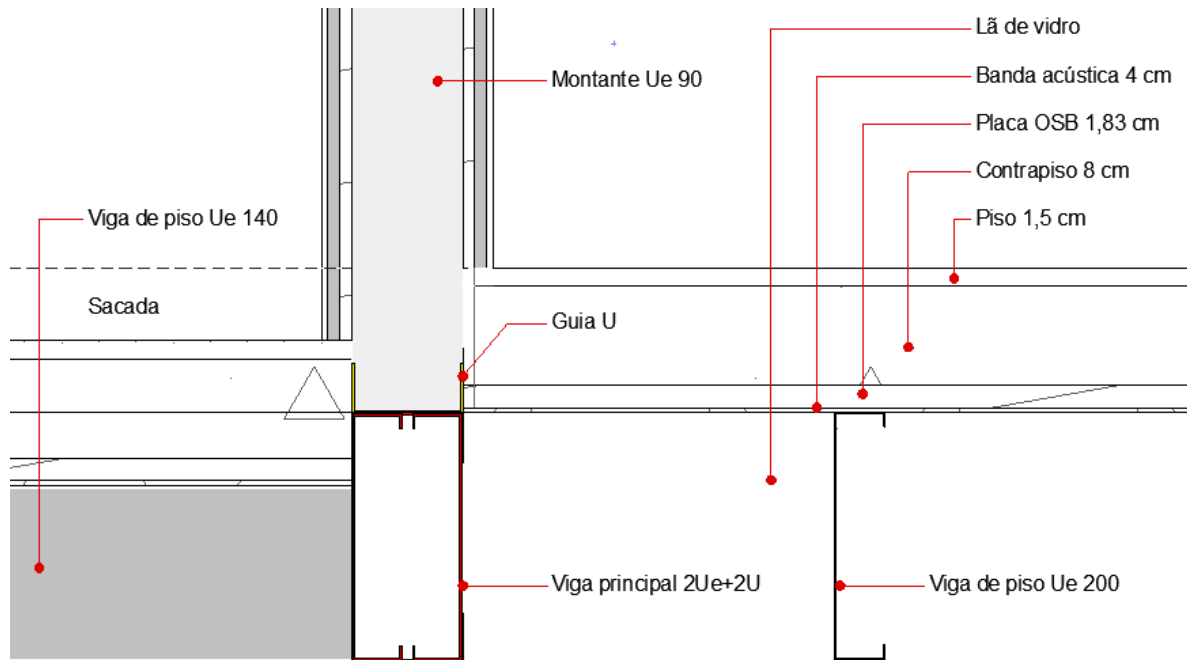
Para áreas molhadas, como banheiros, cozinhas, áreas de serviço e outras, é necessário fazer a impermeabilização dos painéis com manta asfáltica da mesma forma que em uma laje convencional.

Figura 66 – Laje seca



Fonte: (BRASILIT SAINT-GOBAIN, 2016)

Figura 67 – Corte setorial: estrutura de piso

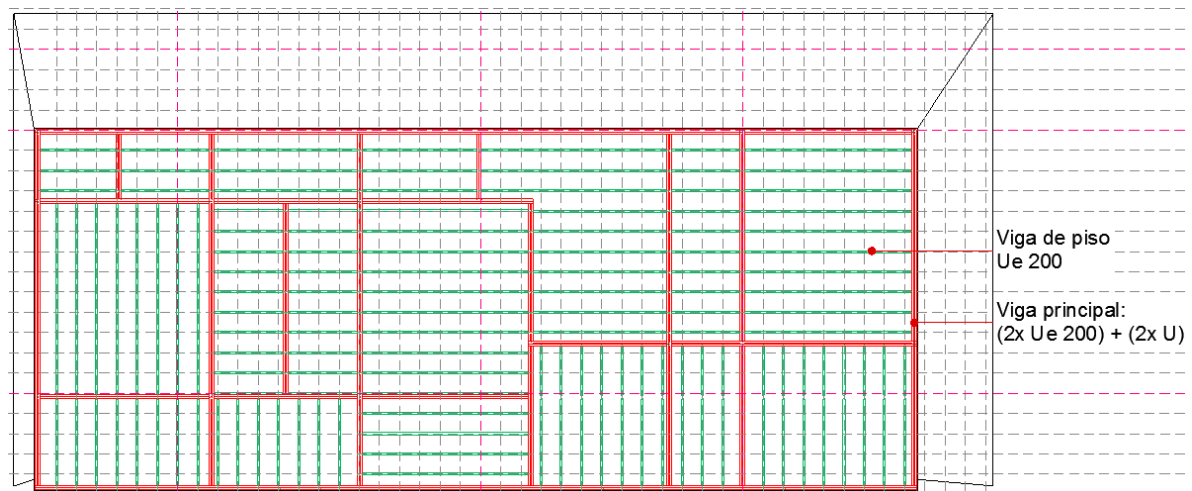


Fonte: Autor (Archicad 21)

3.4.4 Cobertura Plana

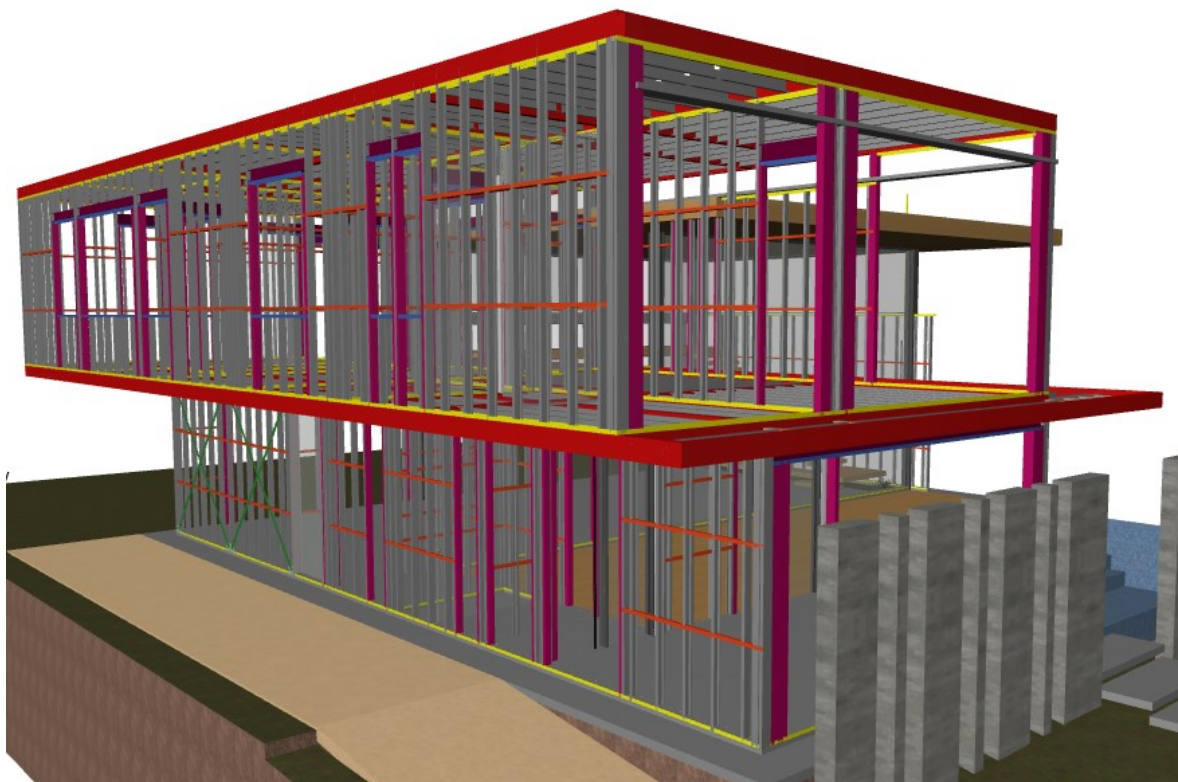
A cobertura plana é resolvida com a laje seca, devidamente impermeabilizada com manta asfáltica. Também é constituída de estrutura em perfis leves de aço zincado, telhas sanduíche, calha, forro em chapas de gesso para drywall e manta de lã de vidro posicionada entre os vigamentos (Figuras x).

Figura 68 – Estrutura da cobertura



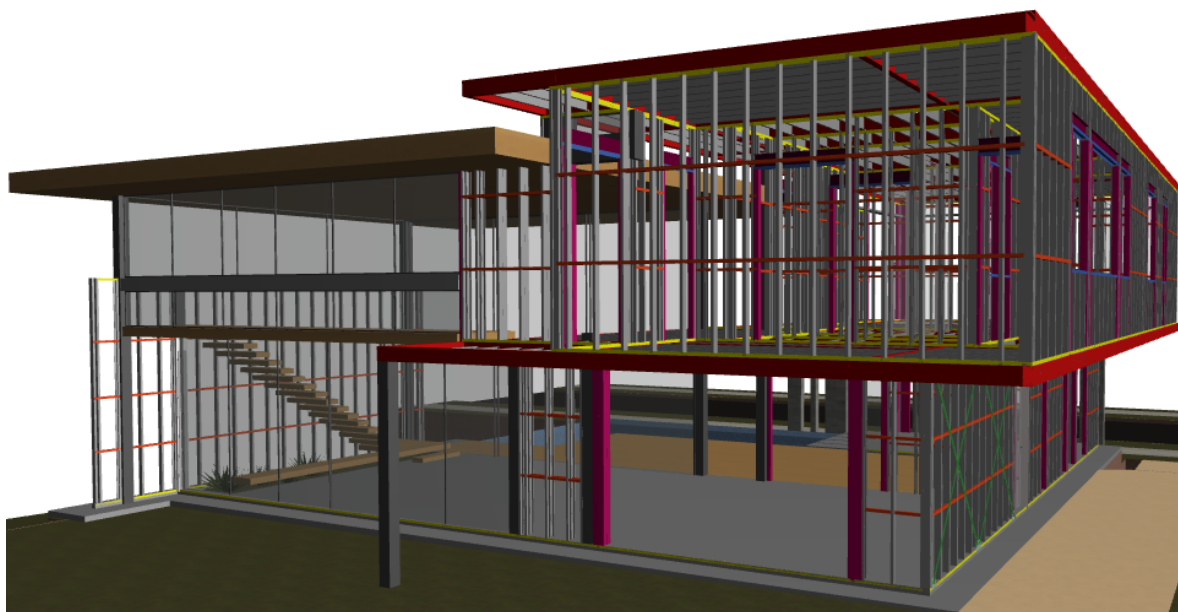
Fonte: Autor (Archicad 21)

Figura 69 – Sistema LSF da residência de dois pavimentos



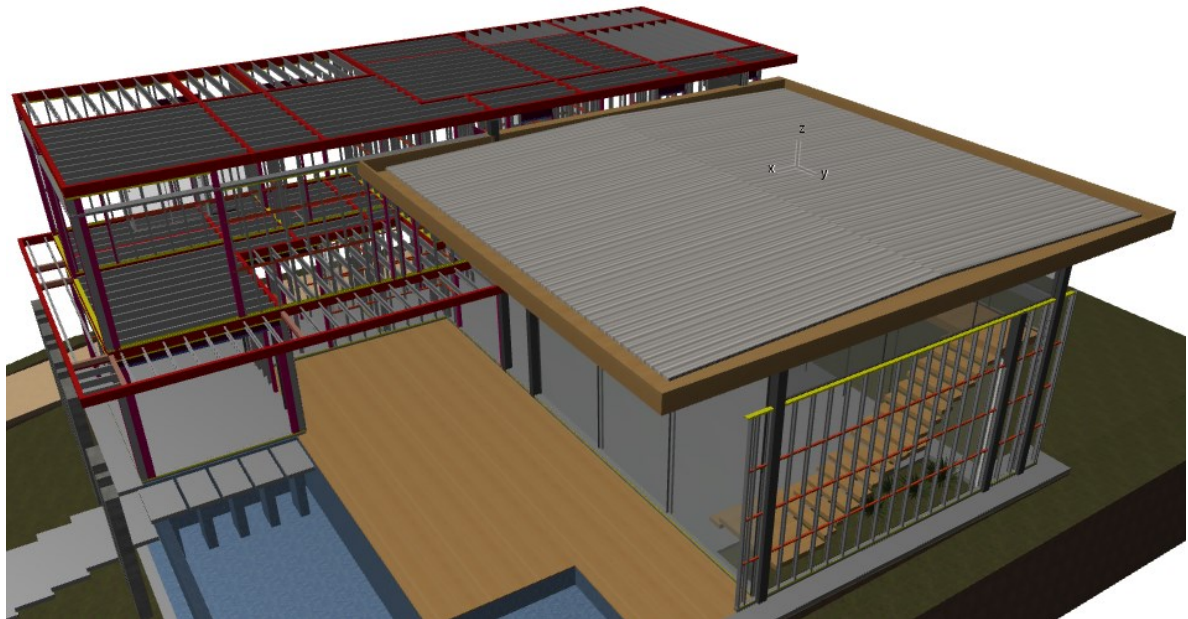
Fonte: Autor (*Archicad 21*)

Figura 70 – Sistema LSF da residência de dois pavimentos



Fonte: Autor (*Archicad 21*)

Figura 71 – Sistema LSF da residência de dois pavimentos



Fonte: Autor (Archicad 21)

3.4.5 Fechamento

3.4.5.1 Tipos de chapas

O sistema construtivo é composto por três tipos de chapas de fechamento: placa cimentícia de 10 mm de espessura, conforme NBR 15.498:2016; chapa de gesso para *drywall* tipo standard (ST) com 12,5 mm e chapa de gesso resistente à umidade (RU) com 12,5 mm, ambas conformes à NBR 14715:2010. Os acabamentos dessas chapas podem variar em função das características do ambiente onde se encontram (Tabela 1).

Tabela 1 – Acabamentos aplicados sobre cada tipo de chapa de fechamento

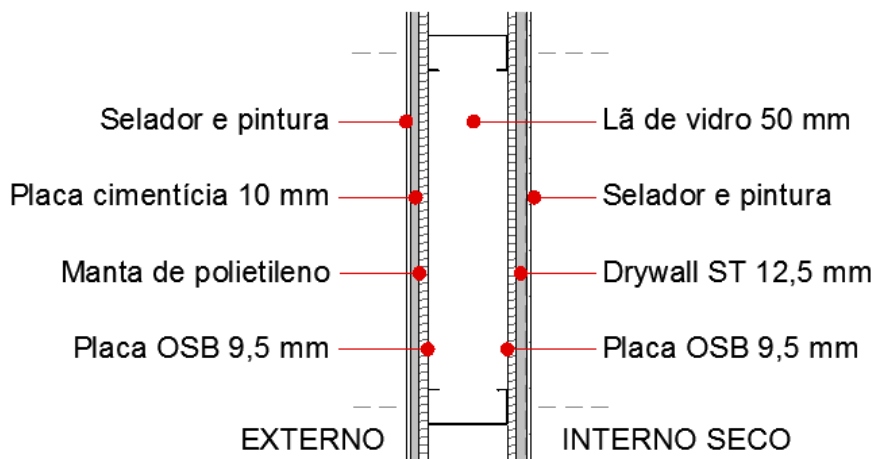
Tipos de fechamento	Uso	Acabamento da superfície
Placa cimentícia	Externo	Selador e Textura acrílica
	Interno, nos banheiros	Revestimento cerâmico
Chapa de gesso ST	Interno, em áreas secas	Selador e pintura
Chapa de gesso RU	Interno, em áreas molháveis (cozinha)	Selador e pintura acrílica
		Revestimento cerâmico

Fonte: (DATec nº 014b, 2018)

O perímetro externo do quadro estrutural tem o fechamento composto por placa OSB com 9,5 mm de espessura com a função complementar de contraventamento e recebe tratamento contra ataque de cupins. Sobre ela, é feita a aplicação de barreira impermeável à água com manta de polietileno de alta densidade permeável ao vapor d'água na face interna e impermeável à água na face externa. (DATec nº 014b, 2018). Em seguida vem a placa cimentícia 10 mm de espessura (conforme NBR 15.498:2016), altura conforme projeto, 1200 mm de largura, com a função de contribuir com a estanqueidade à água da parede. O acabamento é feito com selador e textura acetinada.

A face interna do quadro estrutural para ambientes sem umidade e presença de água, como salas e quartos, é composta pela placa OSB com 9,5 mm, pela chapa de gesso para *drywall* tipo *standard* (ST) com 12,5 mm (conforme NBR 14715:2010), selador e pintura.

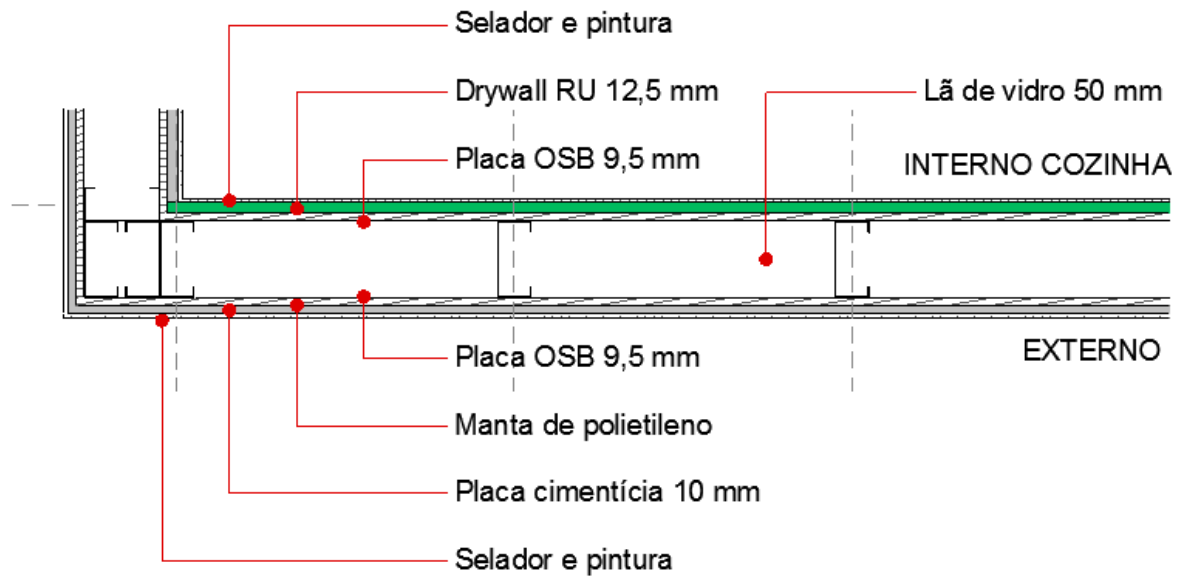
Figura 72 – Fechamento do quadro estrutural uso externo e uso interno área seca



Fonte: Autor (*Archicad 21*)

Para os ambientes úmidos e molháveis, como cozinha, o fechamento do quadro estrutural é composto pela placa OSB com 9,5 mm, pela chapa de gesso para *drywall* resistente à umidade (RU) com 12,5 mm (conformes à NBR 14715), selador e pintura.

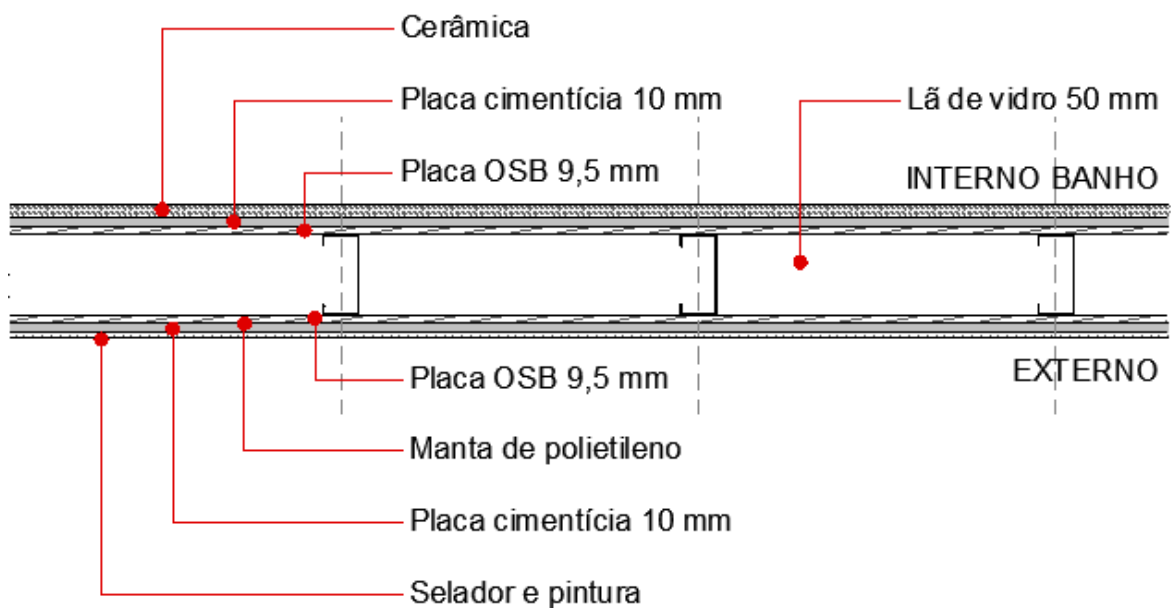
Figura 73 – Fechamento do quadro estrutural uso externo e uso interno área úmida



Fonte: Autor (Archicad 21)

Para as áreas de banho, o fechamento do quadro estrutural é composto pela placa OSB com 9,5 mm, pela placa cimentícia 10 mm de espessura (conforme NBR 15.498) e revestimento cerâmico.

Figura 74 – Fechamento do quadro estrutural uso externo e uso interno área banho



Fonte: Autor (Archicad 21)

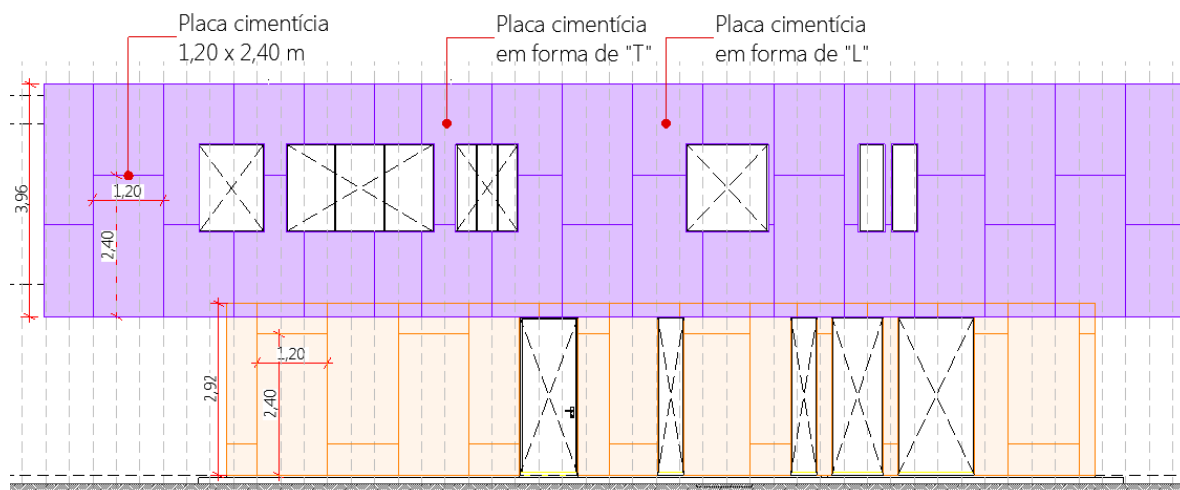
Nas placas de gesso acartonado pode-se instalar pesos de até 30 kg nos montantes e 18 kg diretamente nas chapas.

O núcleo dos quadros estruturais é feito com manta de lã de vidro de 50 mm de espessura e densidade de 10kg/m³.

3.4.5.2 Paginação

Em relação à paginação das placas cimentícias externas, elas tem dimensão de 1,20 m x 2,40 m e são posicionadas verticalmente. Caso sejam necessárias junções horizontais entre placas, estas são desconstruídas em relação às placas adjacentes (desalinhadas na horizontal). Na ocorrência de aberturas, as placas cimentícias são cortadas em formato de “L” ou em formato de “T”, de modo a contornarem os vãos de portas e janelas (Figura X). As juntas verticais entre as placas cimentícias são desconstruídas em relação às juntas verticais das chapas de gesso aplicadas na face interna das paredes externas.

Figura 75 – Paginação das placas cimentícias



Fonte: Autor (Archicad 21)

Neste caso, adotou-se juntas invisíveis com tratamento através de aplicações de primer impermeabilizante, selante, fita de papel, fita telada e massa cimentícia que garanta a flexibilidade que a placa precisa para trabalhar a expansão e retração. Somente após estas etapas é que serão executados os revestimentos.

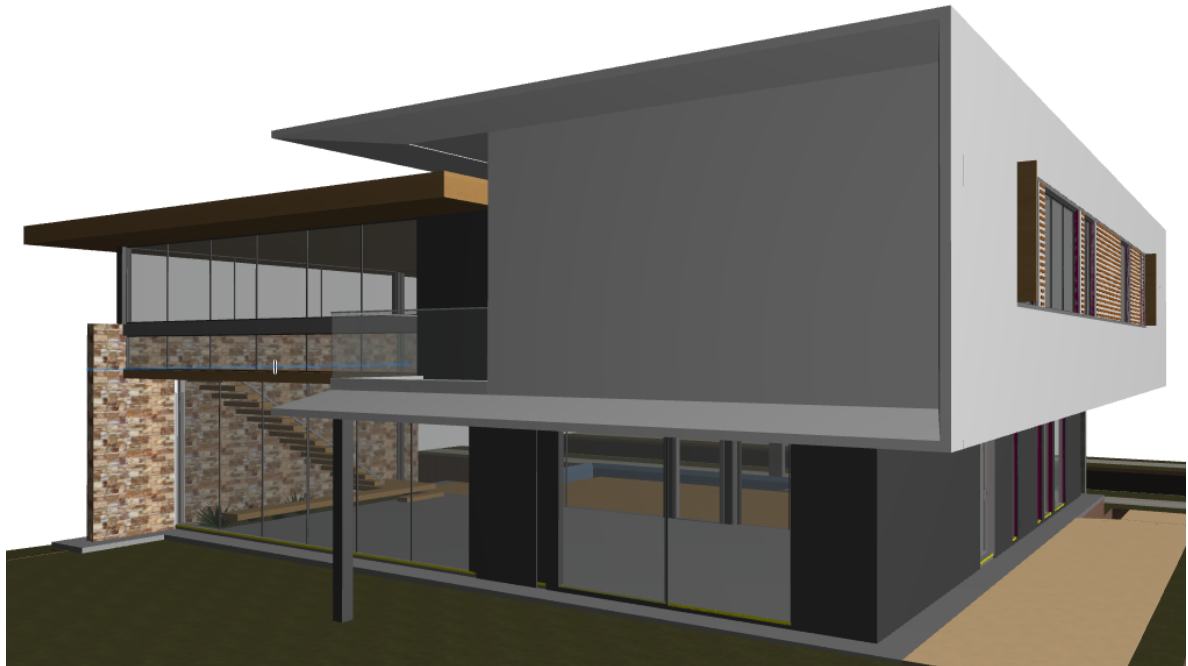
É possível fixar pesos até 25 kg nas placas cimentícias, divididos no mínimo em dois pontos de fixação com espaçamento de 40 mm. Se instalado no montante, essa carga pode chegar até 50 kg.

Figura 76 – Sistema LSF com revestimentos da residência de dois pavimentos



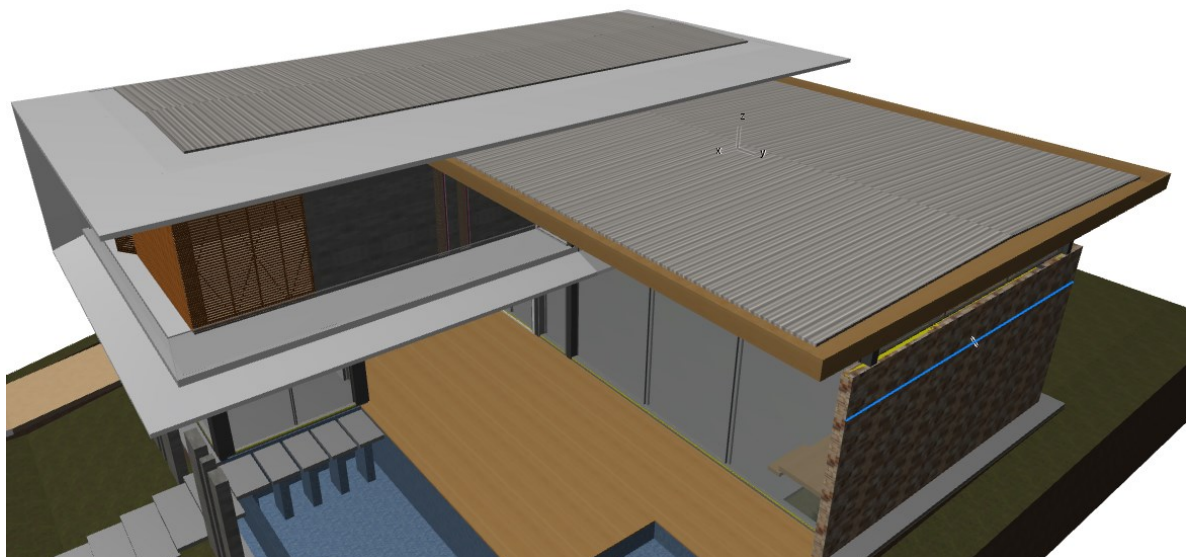
Fonte: Autor (*Archicad 21*)

Figura 77 – Sistema LSF com revestimentos da residência de dois pavimentos



Fonte: Autor (*Archicad 21*)

Figura 78 – Sistema LSF com revestimentos da residência de dois pavimentos



Fonte: Autor (*Archicad 21*)

3.5 VANTAGENS

Os principais benefícios e vantagens no uso do sistema *Light Steel Frame* (LSF) em edificações, conforme Brasilit Saint-Gobain, (2016) são os seguintes:

- Os produtos que constituem o sistema são padronizados com tecnologia avançada, em que os elementos construtivos são produzidos industrialmente, e a matéria-prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade.
- O aço é um material de comprovada resistência e o alto controle de qualidade, tanto na produção da matéria-prima quanto de seus produtos, permite maior precisão dimensional e melhor desempenho da estrutura.
- Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio, já que são largamente utilizados pela indústria.
- Durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis.
- Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido a leveza dos elementos.
- Construção a seco, o que diminui o uso de recursos naturais e o desperdício.
- Os perfis perfurados previamente e a utilização dos painéis de gesso acantonado facilitam as instalações elétricas e hidráulicas.
- Melhores níveis de desempenho termo acústico, que podem ser alcançados por meio da combinação de materiais de fechamento e isolamento.
- Facilidade na execução das ligações.
- Rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem.
- O aço é um material incombustível.
- O aço é reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades.
- Grande flexibilidade no projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DO ESTUDO DE CASO

O engenheiro R. Bassani (2016) destaca a diferença no canteiro de obras como principal vantagem deste sistema que, além de agilizar a construção, também influencia no custo da obra, ficando mais competitivo em relação aos processos mais artesanais. “O sistema *Light Steel Frame* é prático: ele leva 180 dias para chegar à fase de acabamento, enquanto o convencional leva cerca de 540 dias. Essa economia pode representar uma redução de até 60% do tempo total da obra”. Além disso, garante ter mais controle dos processos, mão de obra e materiais, reduzindo o desperdício.

O arquiteto Alexandre Kokke Santiago (da empresa Flasan, especializada em sistemas construtivos de aço) apud Silva (2009), afirma que "Seguindo a modulação é possível estimar o número exato de material que será utilizado, sem sobras ou desperdício", mas contrapõe com a afirmação de que "Para uma única edificação não faz grande diferença projetar com medidas padrão para *Light Steel Frame*, porque se perde pouco material nas adaptações. A diferença será considerável em um conjunto habitacional ou condomínio com muitas casas, por exemplo".

Não mais se restringindo à habitação padronizada, o projeto arquitetônico pode ser executado com a mesma liberdade que no sistema tradicional, sendo necessário, assim como em qualquer outro sistema, o cálculo estrutural.

A ausência de detalhamento do sistema construtivo industrializado é o que dificulta a boa execução das construções, o que acontece com frequência nas edificações em LSF. Deve-se ser feita uma qualificação de projetos nos treinamentos oferecidos por fabricantes e fornecedores que são os maiores aliados para as boas práticas e seguir o manual ou guia técnico do sistema e seus materiais.

O BIM é a ferramenta que facilita o projeto em LSF, pois, na elaboração de um modelo único, permite que a obra aconteça de maneira planejada desde a fase inicial até a fabricação dos seus componentes, diminuindo as interferências entre as disciplinas.

5 CONCLUSÃO

Por meio de pesquisas realizadas por Sales et al. (2001) observou-se que grande parte das falhas construtivas e problemas executivos são devidos à deficiência de projeto e de planejamento do processo de produção. O sucesso de um empreendimento em LSF ou em qualquer outro sistema construtivo industrializado passa necessariamente pela concepção de um projeto de arquitetura dotado de uma visão sistêmica do processo de produção e que considere todo o potencial e condicionantes do sistema.

Este estudo confirmou as possibilidades permitidas pelo *Light Steel Frame*, através de simulações em modelos digitais 3D, realizadas tomando como projeto de estudo uma residência de dois pavimentos.

É certo que sistemas construtivos como o *Light Steel Frame* são uma ponte para o desenvolvimento tecnológico da construção civil e uma promessa para a industrialização do setor. (CASTRO et al. 2006).

5.1 PROPOSTA DE CONTINUAÇÃO

Para complementar e aprofundar este estudo, sugere-se que seja elaborado um cálculo estrutural para este projeto de residência unifamiliar de dois pavimentos no sistema *Light Steel Frame* e se fazer as adequações necessárias para a validação e desenvolvimento do projeto executivo, compatibilizando com os projetos complementares de hidráulica e elétrica.

6 REFERÊNCIAS

ARCHDAILY. Steel Frame e Wood Frame: vantagens dos sistemas construtivos a seco, 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/890724/steel-frame-e-wood-frame-vantagens-dos-sistemas-construtivos-a-seco>. Acesso em 15 out. 2018.

BASSINI, R. Sistema de Construção a Seco Conquista Datec, 2016. Disponível em: <https://www.lpbrasil.com.br/sistema-de-construcao-a-seco-conquista-datec/>. Acesso em jun. 2019.

BENVENUTTI, Márcio. Steel frame é tendência de construção sustentável, 2018. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/a/steel-frame-e-tendencia-de-construcao-sustentavel_15976. Acesso em 15 out. 2018.

BRASILIT SAINT-GOBAIN. Guia de Sistemas Produtos Planos, 2016. Disponível em: https://www.brasilit.com.br/sites/brasilit.com.br/files/downloads/1/Guia%20de%20Sistemas%20Produtos%20Planos_2.pdf. Acesso em 07 jun. 2019.

CAMPOS, Alessandro de Souza. Light Steel Framing traz novas possibilidades para a arquitetura, 2018. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=29&cod=84>. Acesso em 15 out. 2018.

CARLOS. O que são vigas baldrame, 2014. Disponível em: <http://engcarlos.com.br/o-que-sao-vigas-baldrame/>. Acesso em 15 out. 2018.

CASTRO, R.C.M e FREITAS, Arlene Maria Sarmano. Construção em Light steel frame, 2006. Disponível em: <http://techn17.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo285545-2.aspx>. Acesso em 23 out. 2018.

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço. Sustentabilidade, 2018. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-sustentabilidade.php>. Acesso em 15 out. 2018.

DIAS, João Gabriel. Construção em Steel Frame – Vantagens e Desvantagens, 2017. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/steel-frame-desvantagens-vantagens/>. Acesso em 15 out. 2018.

GERHARDT, T.E. e SILVEIRA, D.T. Métodos de Pesquisa, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em 8 out. 2018.

GRAPHISOFT. Sobre o MyArchiCAD.com, 2019. Disponível em: https://myarchicad.com/About.aspx?_ga=2.5347189.735096842.1562190567-2131395105.1562190567, Acesso em 01 jul. 2019.

INDUFIX. Acabamento superficial, 2016. Disponível em: <http://www.indufix.com.br/diferenca-entre-zincado-e-galvanizado/>. Acesso 8 out. 2018.

JUNIOR, João Kominski. Construções de light steel frame, 2006. Disponível em: http://coral.ufsm.br/decc/ECC8058/Downloads/Construcoes_de_Light_Steel_Frame_Techne_n_112_2006.pdf. Acesso em 15 out. 2018.

LOPES, Cristiano Rocha, GOMES, Cynara F. Maia, MENEGHIN, Rita de Cássia, SOARES, Samuel Lamounier. Steel framing, 2008. Disponível em: <http://principo.org/universidade-federal-de-minas-gerais-escola-de-engenharia-da-u.html?page=7>. Acesso em 25 out. 2018.

PARS-TIRAZIS. 2017. Disponível em: <<http://www.pars-tirazis.com/images/pars/lsf5.jpg>>. Acesso em: 2017.

PEREIRA, M. Steel frame e wood frame: vantagens dos sistemas construtivos a seco, 2018. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/890724/steel-frame-e-wood-frame-vantagens-dos-sistemas-construtivos-a-seco>. Acesso em 8 out. 2018.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos DIRETRIZ SINAT N003 – Revisão 2, 2016. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/download.php?doc=8622c6d0-7d24-4995-83abd1d35b15ea22&ext=.pdf&cd=1405>. Acesso em 07 jun. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Construções Sustentáveis, 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/item/10317-eixos-tematicos-construcoes-sustentaveis>. Acesso em 15 out. 2018.

PEDROSO, Sharon Passini, FRANCO, Guilherme Augusto, BASSO, Guilherme Luiz BOMBONATO, Fabiele Aparecida. Steel frame na construção civil, 2014. Disponível em < <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/559532ca64bc5.pdf>>. Acesso em 15 out. 2018.

ROSSO, Silvana Maria. Tecnologia, 2013. Disponível em <http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/229/como-especificar-light-steel-framing-280821-1.aspx>. Acesso em 15 out. 2018.

ROSSO, Silvana Maria. Tecnologia, 2011. Disponível em <http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/bim-quem-e-quem-224333-1.aspx>. Acesso em 02 jul. 2019.

SAINT-GOBAIN DO BRASIL LTDA. Sistema Construtivo a Seco Saint-Gobain – *Light Steel Frame*, 2018. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/download.php?doc=4cc2bba0-8abe-409b-b5df-b7aefd3340be&ext=.pdf&cd=4732>. Acesso em 07 jun. 2019.

SANTIAGO, Alexandre Kokke. O Uso do Sistema *Light Steel Framing* Associado a Outros Sistemas Construtivos como Fechamento Vertical Externo não Estrutural, 2008. Disponível em: http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2248/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_UsoSistemaLightSteel.pdf. Acesso em 13 out. 2018.

SAEPRO. O conceito BIM (Building Information Model), 2019. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/saepr/sobre-o-saepr/>. Acesso em 01 jul. 2019.

SALES, Urânia Costa, SOUZA, Henor Artur, NEVES, Francisco de Assis. Mapeamento de problemas na construção industrializada em aço, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000400012. Acesso em jul. 2019.

SANTOS, Manoel Eduardo, SILVA, Rogério de Oliveira, P. DOS SANTOS, Marcelo Hermersom, SILVA, Me. Ruiz. Fundações Superficiais, 2016. Disponível em: <https://www.unaerp.br/revista-cientifica-integrada/edicoes-anteriores/volume3/2170-fundacoes-superficiais/file>. Acesso em 13 out. 2018.

SILVA, Vânia. Steel frame, 2009. Disponível em: <http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/185/steelframe-149630-1.aspx>. Acesso em 15 out. 2018.

TAMAKI, Luciana. Componentes leves, 2015. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/upfiles/downloads/noticias/Componentes-leves.pdf>. Acesso em 23 out. 2018.

TERNI, Antonio Wanderley, SANTIAGO, Alexandre Kokke, PIANHERI, José. Steel frame – Fundações (parte 1), 2008. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/135/artigo285722-1.aspx> > . Acesso em 24 out. 2018.

TERNI, Antonio Wanderley, SANTIAGO, Alexandre Kokke, PIANHERI, José. Steel frame – Estrutura (parte 2), 2008. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/137/artigo285729-1.aspx> > . Acesso em 24 out. 2018.

TERNI, Antonio Wanderley, SANTIAGO, Alexandre Kokke, PIANHERI, José. Steel frame – Fechamento (parte 3), 2008. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/139/artigo286547-1.aspx> > . Acesso em 24 out. 2018.

TERNI, Antonio Wanderley, SANTIAGO, Alexandre Kokke, PIANHERI, José. Steel frame – Cobertura (última parte), 2009. Disponível em: < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/144/artigo285759-1.aspx> > . Acesso em 24 out. 2018.