

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**RODRIGO HIDEKI MASUOKA DE SOUZA**

**PESQUISA SOBRE A INFLUÊNCIA DA RIGIDEZ DE LIGAÇÃO EM ESTRUTURA  
DE LIGHT STEEL FRAMING**

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

**RODRIGO HIDEKI MASUOKA DE SOUZA**

**PESQUISA SOBRE A INFLUÊNCIA DA RIGIDEZ DE LIGAÇÃO EM ESTRUTURA  
DE LIGHT STEEL FRAMING**

**Research about the influence of connection stiffness in light steel framing  
structures**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.  
Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes

**CAMPO MOURÃO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**RODRIGO HIDEKI MASUOKA DE SOUZA**

**SOBRE A INFLUÊNCIA DA RIGIDEZ DE LIGAÇÃO EM ESTRUTURA DE LIGHT  
STEEL FRAMING**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.  
Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes

Data de aprovação: 30 de maio de 2022

---

Jorge Luís Nunes de Góes  
Doutor em Engenharia de Estruturas  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Fabiana Goia Rosa de Oliveira  
Doutora em Ciências e Engenharia de Materiais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Sérgio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga  
Doutor em Engenharia de Segurança aos Incêndios Urbanos  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CAMPO MOURÃO**

**2022**

Dedico este trabalho ao meu pai, que iniciou essa jornada comigo, mas não a verá sendo concluída.

## **AGRADECIMENTOS**

Não tenho palavras pra expressar a felicidade e gratidão que sinto neste momento. Sei que é inviável citar a todas as pessoas que contribuíram durante esta etapa de minha vida, mas alguns nomes e pessoas eu com toda certeza deverei agradecer.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes, pela sabedoria e paciência com que me guiou nesta trajetória.

A minha mãe, que me forneceram apoio incondicional nesta trajetória.

Ao meu tio, que me proporcionou sabedoria e experiência de vida.

Aos meus amigos, pelos momentos felizes e aprendizados que estarão marcados em minha memória.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Na vida, não há nada a temer, somente  
entender”.  
(CURIE; MARIE, Ano desconhecido).

## RESUMO

O sistema autoportante em aço de construção a seco – mais conhecido como Light Steel Framing – é um sistema construtivo que utiliza perfis de aço formados a frio, e é conhecido pelo seu processo de construção de alta eficiência e grande velocidade de execução. Entretanto, mesmo com suas vantagens, o mesmo é pouco utilizado em território nacional, embora isso esteja gradualmente se revertendo. O objetivo geral do trabalho é esclarecer alguns pontos sobre o sistema em geral e discursar sobre a rigidez da ligação, assunto este que é de suma importância neste sistema construtivo, assim como apresentar o modelo de cálculo utilizado pelas principais referências nacionais ao sistema LSF.

Palavras-chave: estruturas em aço; rigidez lateral; restrição lateral do conector-placa.

## **ABSTRACT**

The self-supporting system in dry construction – better known as Light Steel Framing – is a construction system that uses cold-formed steel profiles, and is known for its high-efficiency construction process and high execution speed. However, even with its advantages, it is little used in the national territory, although this is reversing. The general objective is explain general points about the system and talking about an connection stiffness, a subject that some is of importance in this constructive system, as well as presenting the calculation model used by the main national references to the LSF system..

Keywords: steel structures; lateral stiffness; lateral restraint of fastener-sheathing.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Estrutura de uma residência em Light Steel Framing.....	14
Figura 2: “Balloon Framing” .....	15
Figura 3: Protótipo de residência em Steel Framing na Exposição Mundial de Chicago em 1933. ....	16
Figura 4: Painel de Light Steel Framing .....	17
Figura 5: Parede interna e externa do sistema Light Steel Framing.....	18
Figura 6: Estrutura do piso em Light Steel Framing .....	19
Figura 7: Montagem em light steel framing pelo método stick .....	20
Figura 8: Esquema de construção tipo Balloon (à esquerda) e tipo Platform (à direita) .....	21
Figura 9: Painéis pré-fabricados sendo transportados .....	22
Figura 10: Módulo de banheiro .....	23
Figura 11: Tiras de madeira antes de serem prensadas .....	27
Figura 12: Placa cimentícia .....	29
Figura 13: Placas de gesso acartonado .....	30
Figura 14: tipos de ponta de parafuso.....	31
Figura 15: tipos de cabeça de parafuso .....	31
Figura 16: Paredes de aço formadas a frio e contraventamento dos pinos. ....	33
Figura 17: Esquema de ensaio para obtenção da rigidez lateral local .....	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>4.1</b>	<b>Light Steel Framing .....</b>	<b>14</b>
4.1.1	Desenvolvimento histórico.....	14
4.1.2	Características do Sistema.....	17
<b>4.2</b>	<b>Perfil de aço formado a frio .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3</b>	<b>Painéis do Sistema Light steel Framing.....</b>	<b>26</b>
4.3.1	Oriented Strand Board.....	27
4.3.2	Placa Cimentícia.....	28
4.3.3	Placa de Gesso Acartonado.....	29
<b>4.4</b>	<b>LIGAÇÕES.....</b>	<b>30</b>
<b>4.5</b>	<b>Rigidez das ligações .....</b>	<b>32</b>
<b>4.6</b>	<b>Comportamento da ligação (fenomeno da rigidez da ligação).....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>37</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil nacional ao longo do tempo sempre foi caracterizada por mudanças pouco expressivas e de evolução lenta, tanto nos processos construtivos quanto em gestão organizacional. Entretanto, Prudêncio (2019) afirma que a busca constante por produtividade e qualidade imposta pela concorrência de mercado vêm mudando a mentalidade da indústria de obras civis no país, escolhendo cada vez mais sistemas industrializados.

Todavia, para que a construção industrializada possa ser uma solução tangível no mercado brasileiro, é necessário que os sistemas construtivos sejam viáveis e compatíveis com as condicionantes nacionais. Sales (2001) afirma que os novos conceitos tecnológicos devem considerar não somente as condições sociais, como também as condições climáticas do país, de modo a se consolidar com uma solução confiável e inteligente.

Neste contexto, as estruturas compostas por perfis de aço formados a frio se apresentam como uma solução técnica viável, já que estes elementos possuem grande versatilidade para aplicações em edificações de pequeno a médio porte. Uma de suas aplicações está na composição de um sistema construtivo já estabelecido em países de primeiro mundo: O *Light Steel Framing* (LSF).

Segundo Rodrigues e Caldas (2016), o LSF é um sistema construtivo de concepção racional que tem como característica a estrutura formada por perfis de aço galvanizado de pequena espessura formados a frio, possuindo um processo de construção de alta eficiência e grande velocidade de execução.

O sistema apresenta uma série de vantagens em relação ao sistema construtivo tradicionalmente utilizado no Brasil. Porém, Sales, Barros e Pereira (2011) afirmam que a estrutura metálica possui uma metodologia construtiva própria e não ter conhecimento dessa tecnologia resulta em uma solução incompatível com o sistema estrutural. Nesse aspecto, torna-se essencial o estudo dos diferentes componentes estruturais deste sistema.

Dentro dos componentes estruturais do sistema LSF, existe um componente que é de vital importância; as ligações. Segundo Neves (2016), as ligações são regiões de comportamento complexo e exigem conhecimento de seu comportamento pois estão diretamente relacionadas a redistribuição de esforços da estrutura, de maneira que os elementos estruturais interajam entre si, formando um sistema

estrutural. Ou seja, sem eles, não haveria o conceito de sistema estrutural, pois os elementos não trabalhariam em conjunto.

Um dos conceitos mais importantes para a ligação é a rigidez. Rigidez é definida como a resistência de um corpo à deformação por uma força aplicada. Visto que as ligações são elementos que estão diretamente relacionados a redistribuição de esforços, é compreensível a importância da caracterização da rigidez de uma ligação.

Sendo assim, o estudo da rigidez de uma ligação estrutural é de suma importância para a caracterização do sistema estrutural como um todo. Desta forma, o intuito principal do presente trabalho é sintetizar os principais estudos realizados sobre o assunto e apresentar os modelos de cálculo presentes em documentos normativos internacionais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Investigar a influência da rigidez das ligações parafusadas em paredes estruturais do sistema *Light steel framing*, frente a ações horizontais e apresentar a metodologia de cálculo presente nas normativas internacionais.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Apresentar o comportamento estrutural de paredes diafragma e suas funções no sistema LSF;
- Sintetizar os principais estudos realizados sobre a rigidez de ligações em paredes estruturais do sistema LSF;
- Apresentar e comparar os modelos analíticos de cálculo de rigidez de ligações em paredes estruturais, presentes em documentos normativos internacionais.

### 3 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil nacional é caracterizada pela utilização de sistemas construtivos principalmente feitos à mão, baixa produtividade e grande desperdício de materiais. Dito isto, a competitividade do mercado sinaliza mudanças nessa situação, mesmo que de forma lenta e, dentro dessa realidade, as construtoras procuram investir em processos que sejam eficientes e que resultem em um produto final de melhor qualidade.

Porém, essas inovações devem ser economicamente viáveis e compatíveis com os condicionantes nacionais, para que a construção industrializada possa ser uma real solução no panorama brasileiro. Entre os métodos que podem ser aplicados em âmbito nacional, o *Light Steel Framing* se destaca. Segundo Rodrigues e Caldas (2016), o uso do sistema apresenta vantagens ao sistema de alvenaria tradicional brasileiro. Entre elas, a redução no prazo de execução da obra, a durabilidade e redução do peso da estrutura, a maior precisão de montagem dos componentes estruturais, a minimização do desperdício de material, além das propriedades do aço como material reciclável e incombustível.

Porém, ainda há um atraso quanto ao conhecimento e aplicação do LSF em território nacional, em que mesmo as normas brasileiras não se excluem. A zona de conformismo que existe com o sistema tradicional cria um déficit de normativas para outras tecnologias, tais como o *wood framing*, ou o *steel framing*. A carência de estudos nacionais sobre o assunto torna a situação ainda mais prejudicial, visto que para um nível adequado de segurança do projeto e uma otimização quanto ao aproveitamento dos materiais, é fundamental a compreensão dos diferentes componentes estruturais que constituem o sistema.

Entre tais componentes estruturais, o estudo sobre o comportamento entre o conjunto conector/chapa de fechamento é vital, visto que é necessário para que o modelo teórico se aproxime do modelo real, reduzindo as variáveis desconhecidas de projeto. Entretanto, as normas vigentes brasileiras não possuem um modelo de cálculo quanto a rigidez de ligações em estruturas em LSF, ao contrário das normas europeias (EUROCODE) e das normas estadunidenses (AISI).

Desta forma, o intuito principal do presente trabalho é sintetizar os principais estudos realizados sobre o assunto e apresentar os modelos de cálculo presentes em documentos normativos internacionais.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Light Steel Framing

#### 4.1.1 Desenvolvimento histórico

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) o Light Steel Framing é um sistema construtivo caracterizado pelo fato de que a estrutura é constituída por perfis de aço galvanizado conformado a frio (Figura 1). Por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Assim, devido a essas características, o sistema Steel Framing também pode ser denominado de sistema autoportante em aço de construção a seco.

**Figura 1: Estrutura de uma residência em Light Steel Framing.**



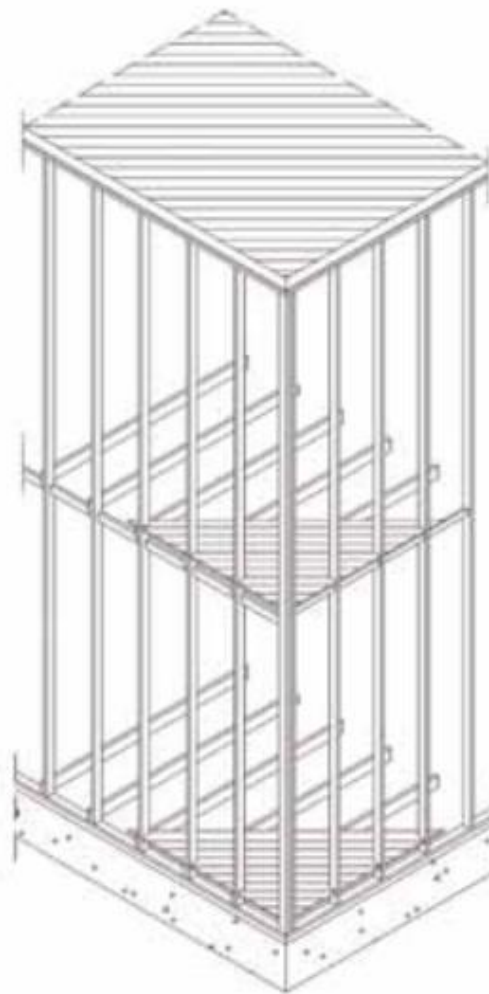
Fonte: IBDA (2020, P. 1).

Em suma, o sistema consiste em um esqueleto de aço estrutural formado por uma série de elementos individuais interligados que trabalham juntos para resistir às cargas que são exigidas em projeto. Entretanto o LSF não se resume apenas a sua estrutura, como um sistema construtivo, ele é composto por vários componentes e “subsistemas”. De acordo com Consul Steel (2002), os subsistemas existentes são o estrutural, de fundação, de isolamento, de fechamento (tanto interno quanto externo), e instalações elétricas e hidráulicas.

Embora seja considerada uma tecnologia nova, Santiago, Freitas e Crasto (2012) e Consul Steel (2002), destacam que a origem deste sistema remonta ao início

do Século XIX, em que se inicia com as habitações em madeira construídas pelos colonizadores no território americano naquela época. Para atender ao crescimento populacional, foi necessário utilizar os materiais disponíveis na área (madeira no caso) para construção de moradias, utilizando métodos mais rápidos e produtivos. Esse método consistia em uma estrutura composta de peças em madeira serrada de pequena seção transversal espaçadas a um intervalo regular de 400 ou 600 mm, conhecido por Balloon Framing (Consul Steel, 2002), Figura 2.

**Figura 2: “Balloon Framing”**



**Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012, P. 13)**

Um século mais tarde, em 1933, com o grande desenvolvimento da indústria do aço nos Estados Unidos, foi lançado na Feira Mundial de Chicago, o protótipo de uma residência em Light Steel Framing em que se utilizavam perfis leves de aço substituindo a estrutura de madeira (CRASTO, 2005) (Figura 3).



**Figura 3: Protótipo de residência em Steel Framing na Exposição Mundial de Chicago em 1933.**



**Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012, P. 13)**

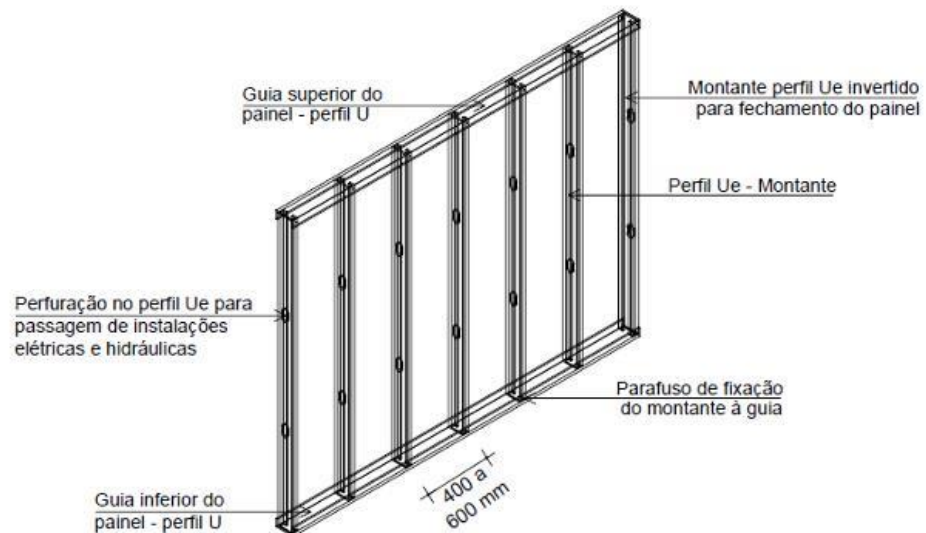
De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), O crescimento da economia norte americana e a abundância na produção de aço no período pós Segunda Guerra possibilitou a evolução nos processos de fabricação de perfis formados a frio e, a grande resistência e eficiência estrutural do aço, em conjunto com a capacidade da estrutura em resistir a catástrofes como terremotos e furacões (muito comuns no país), consolidaram o sistema no cenário da construção civil estadunidense.

Assim como nos Estados Unidos, no Japão as primeiras construções em Steel Framing começaram a aparecer após a Segunda Guerra, quando foi necessária a reconstrução de quatro milhões de casas destruídas por bombardeios. A principal matéria prima utilizada nas construções da época (madeira) agravava os incêndios que resultavam dos ataques ao país. Sendo assim, o governo japonês foi obrigado a restringir o uso da madeira em construções autoportantes com o intuito de proteger os recursos florestais que poderiam ser exauridos e também para promover construções não-inflamáveis. A indústria do aço japonesa, vendo nessas restrições um nicho de mercado, começou a produzir perfis leves de aço para a construção como um substituto para os produtos estruturais de madeira, tornando-se referência quando se trata de construções em perfis leves de aço (SANTIAGO; FREITAS; CASTRO, 2012).

#### 4.1.2 Características do Sistema

Em Suma, a estrutura em Light Steel Framing é composta de paredes, pisos e cobertura. Reunidos, eles possibilitam a integridade estrutural da edificação, resistindo aos esforços que solicitam a estrutura. As paredes que constituem a estrutura são denominadas de painéis estruturais ou autoportantes e são compostos por grande quantidade de perfis galvanizados muito leves denominados montantes, que são separados entre si 400 ou 600 mm. Na Figura 4, é possível verificar a disposição dos elementos na parede.

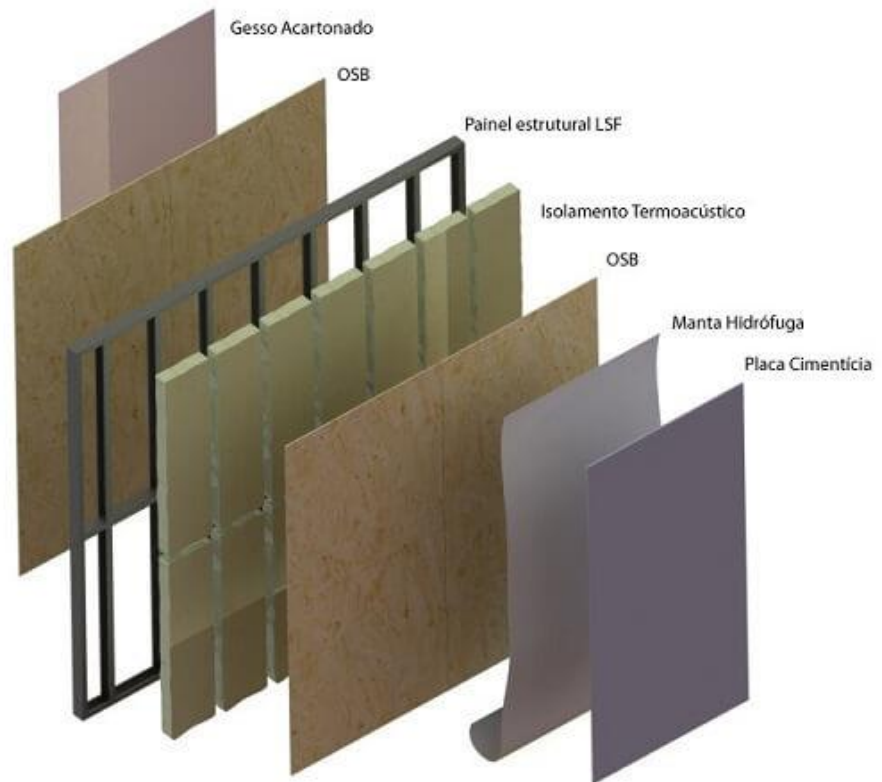
**Figura 4: Painel de Light Steel Framing**



**Fonte: Manual Steel Framing: Arquitetura (2012, P. 33)**

Esta dimensão é definida de acordo com o cálculo estrutural, e determina a modulação do projeto. Segundo Crasto (2005), a modulação otimiza custos e mão de obra na medida que se padronizam os componentes estruturais, os de fechamento e de revestimento. Os painéis têm a função de distribuir uniformemente as cargas e encaminhá-las até o solo. O fechamento desses painéis pode ser feito por vários materiais, mas, normalmente, utilizam-se placas cimentícias ou placas de OSB (oriented strand board) externamente, e chapas de gesso acartonado internamente. O esquema de arranjo pode ser observado na Figura 5.

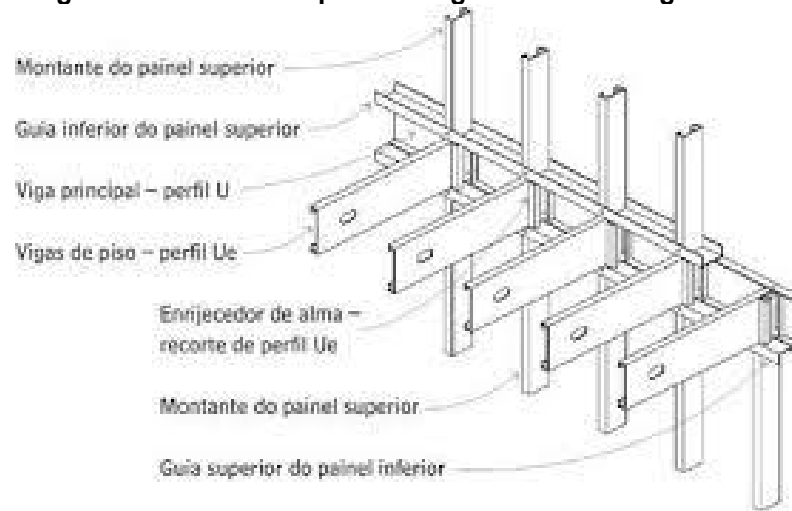
**Figura 5: Parede interna e externa do sistema Light Steel Framing**



**Fonte: Vivadecora (2019, P. 1).**

Os pisos também 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 contra piso. As vigas de piso estão apoiadas nos montantes de forma a permitir que suas almas estejam em coincidência com as almas dos montantes, dando origem ao conceito de estrutura alinhada ou “in-line framing”. Essa disposição permite garantir que predomine esforços axiais nos elementos da estrutura (CRASTO, 2005). A disposição dos perfis na laje pode ser observada na Figura 6.

**Figura 6: Estrutura do piso em Light Steel Framing**



**Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012, P. 52).**

Segundo Trebilcock (1994), Scharff (1996), Bateman (1998) e Waite (2000), há essencialmente três métodos de construção utilizando o Light Steel Framing; o método Stick, o método por painéis, e o método de construção modular.

O método Stick (Figura 7) consiste em preparar os componentes estruturais, tais como painéis, lajes e tesouras de cobertura dentro do canteiro de obras. Os perfis podem vir perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas e os demais subsistemas são instalados posteriormente a montagem da estrutura. Essa técnica pode ser utilizada em locais onde a pré-fabricação não é viável, e apresenta as seguintes vantagens: Facilidade do transporte de materiais até o canteiro, ligação dos elementos de fácil execução e a ausência de um local prévio de montagem para o material.

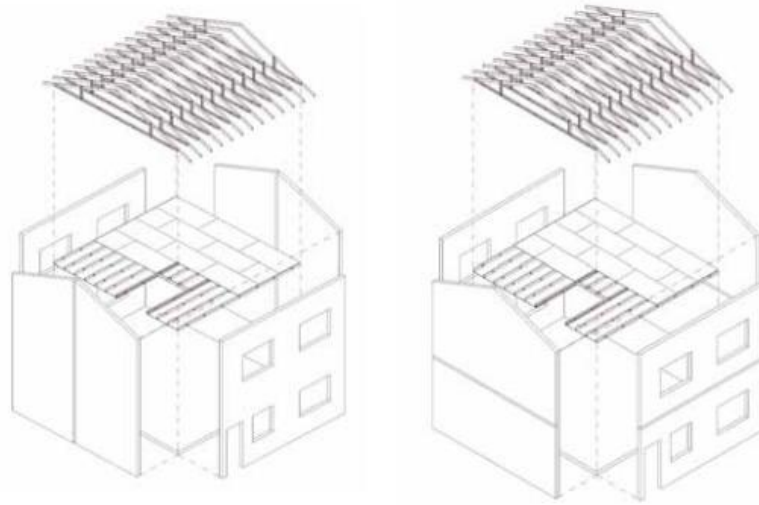
**Figura 7: Montagem em light steel framing pelo método stick**



**Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012, P. 24).**

O método Stick ainda pode ser subdividido em duas vertentes; o Platform e o Balloon. Na construção Stick Platform, a montagem da estrutura segue um pavimento de cada vez, e os pavimentos não são estruturalmente contínuos. Este é o método mais atual da vertente stick, já que ela segue o conceito de estrutura alinhada, ou in line framing. Já no método Stick Balloon, a estrutura é fixada nas laterais dos montantes e os painéis geralmente vão além de um pavimento. A Figura 8 demonstra os esquemas construtivos.

**Figura 8: Esquema de construção tipo Balloon (à esquerda) e tipo Platform (à direita)**



**Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012, P. 26).**

Quanto ao método por painéis, os elementos estruturais, tais como contraventamentos, lajes e tesouras de telhado podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local (Figura 9). Alguns materiais de acabamento podem também ser aplicados na fábrica para diminuir o tempo da construção. As principais vantagens são: velocidade de montagem, maior controle de qualidade, minimização do trabalho *in loco* e aumento da precisão dimensional.

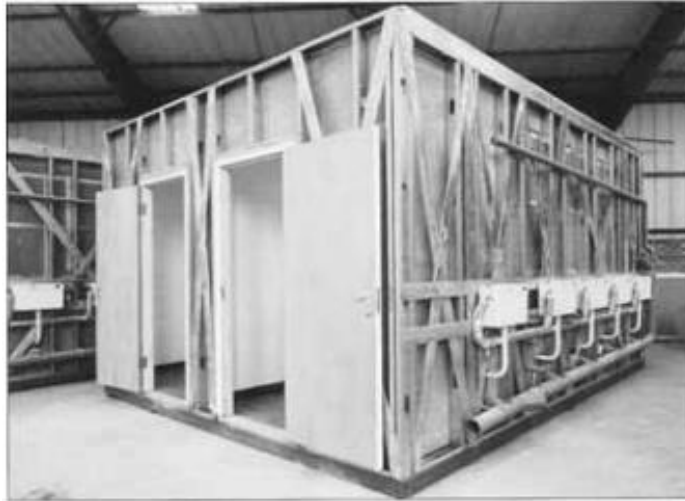
**Figura 9: Painéis pré-fabricados sendo transportados**



**Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012, P. 25).**

Já no método de construção modular as unidades são completamente pré-fabricadas na indústria e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos. As unidades podem ser estocadas lado a lado, ou uma sobre as outras já na forma da construção final. Um exemplo muito comum desse tipo de construção são os módulos de banheiros para obras comerciais ou residenciais de grande porte (Figura 10). Esse método é caracterizado pelo alto nível de industrialização.

**Figura 10: Módulo de banheiro**



**Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012, P. 25).**

Por fim, para Santiago, Freitas e Crasto (2012) o principal elemento do sistema LSF é a estrutura de perfis em aço galvanizado. Tanto que os autores ressaltam que, para compor um conjunto autoportante capaz de resistir aos esforços que solicitam a edificação, se faz necessário que o dimensionamento dos perfis de aço e o projeto estrutural sejam realizados por profissionais especializados, atendendo as prescrições das normas vigentes para perfis de aço formados a frio.

#### **4.2 Perfil de aço formado a frio**

As estruturas de aço podem ser divididas em dois grupos de perfis estruturais; os Perfis Laminados e Soldados (PLS) e os Perfis Formados a Frio (PFF). O sistema LSF utiliza em sua estrutura o segundo grupo. O PFF é o perfil obtido por dobramento, em prensa dobradeira, de tiras cortadas de chapas ou bobinas, ou por conformação contínua em conjunto de matrizes rotativas, a partir de bobinas laminadas a frio ou a quente, revestidas ou não, sendo ambas as operações realizadas com o aço em temperatura ambiente (ABNT NBR 14762, 2010).

Os perfis utilizados no sistema LSF são obtidos a partir de bobinas de aço zincado de alta resistência (ZAR), as quais são revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente, também conhecido com processo de galvanização. Esse processo tem como função estender a vida útil das peças de aço. As massas mínimas de revestimento são determinadas pela ABNT NBR 15.253 de 2014 e demonstradas no Quadro 1.



**Quadro 1: Revestimento mínimo do aço segundo ABNT NBR 15253: 2014**

Tipo de revestimento por imersão a quente	Massa mínima do revestimento <sup>a</sup>	Designação do revestimento
Zincado	275 g/m <sup>2</sup> ABNT NBR 7008-1 [9]	Z275 ABNT NBR 7008-1 [9]
Alumínio-zinco	150 g/m <sup>2</sup> ABNT NBR 15578 [11]	AZ150 ABNT NBR 15578 [11]

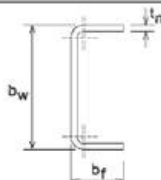
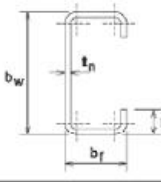
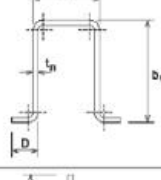
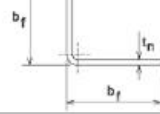
<sup>a</sup> A massa mínima refere-se ao total nas duas faces (média do ensaio triplo)

Fonte: ABNT NBR 15253 (2014, P. 9).

No Brasil, as bobinas que constituem a matéria prima para fabricação dos perfis devem apresentar espessura nominal mínima de 0,80 mm com resistência ao escoamento não inferior a 230 MPa, atendendo as seguintes normativas: ABNT NBR 15.253 (2014), ABNT NBR 7008-3 (2012) e a ABNT NBR 15578 (2008).

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), os perfis mais utilizados no sistema LSF são os que possuem seção transversal tipo U, Ue, cantoneira e cartola. O Quadro 2 apresenta as funções mais utilizadas pra cada tipo de seção, assim como sua denominação na normativa nacional e seu formato.

**Quadro 2: Designações dos perfis de aço formados a frio para uso em LSF e suas respectivas aplicações.**

SEÇÃO TRANSVERSAL	SÉRIE Designação NBR 6355:2003	Utilização
	U simples $U \ b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	U enrijecido $Ue \ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga
	Cartola $Cr \ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Ripa
	Cantoneira de abas desiguais $L \ b_{f1} \times b_{f2} \times t_n$	Cantoneira

Fonte: NBR 15253 (ABNT, 2005 apud Maso, P. 11).

Segundo Crasto (2005), as dimensões da alma dos perfis Ue geralmente variam entre 90 e 300 mm (dimensões externas), embora outras dimensões possam ser utilizadas. No Brasil, os tamanhos comercializados são 90, 140 e 200 mm, com as mesas variando de 35 a 40 mm, dependendo do fabricante e do tipo de perfil. Os outros perfis que podem ser necessários para estruturas de Steel Framing são tiras planas, cantoneiras e cartolas. Na Tabela 1, é possível observar as dimensões nominais dos perfis comercializados nacionalmente.

**Quadro 3: Dimensões Nominiais Usuais dos Perfis de Aço para Steel Framing, conforme NBR 6355.**

<b>DIMENSÕES (mm)</b>	<b>DESIGNAÇÃO</b>	<b>LARGURA DA ALMA <math>b_w</math> (mm)</b>	<b>LARGURA DA MESA <math>b_f</math> (mm)</b>	<b>LARGURA DO ENRIJECEDOR DE BORDA – D (mm)</b>
Ue 90x40	Montante	90	40	12
Ue140x40	Montante	140	40	12
Ue 200x40	Montante	200	40	12
Ue 250x40	Montante	250	40	12
Ue 300x40	Montante	300	40	12
U 90x40	Guia	92	38	-
U 140x40	Guia	142	38	-
U 200x40	Guia	202	38	-
U 250x40	Guia	252	38	-
U 300x40	Guia	302	38	-
L 150x40	Cantoneira de abas desiguais	150	40	-
L 200x40	Cantoneira de abas desiguais	200	40	-
L 250x40	Cantoneira de abas desiguais	250	40	-
Cr 20x30	Cartola	30	20	12

Fonte: Caixa Econômica Federal (2003, P. 16).

Os perfis obtidos por chapas finas de aço por conformação a frio apresentam uma alteração no seu comportamento estrutural em relação ao perfil tradicional. Segundo Rodrigues e Caldas (2016), isso se deve aos perfis formados a frio apresentarem pequenas espessuras em relação a sua largura, o que faz estes elementos, quando sujeitos a esforços axiais ou normais, ou uma combinação entre ambos, tender a perder a estabilidade em níveis de tensões menores que aquele correspondente a resistência ao escoamento do material. Porém, não necessariamente os perfis entrarão em colapso. Segundo os autores, elementos esbeltos em aço possuem a capacidade de suportar forças adicionais além daquelas correspondente a

ocorrência da flambagem local, apresentando um comportamento pós-crítico estável antes de atingir a ruptura.

Ainda sobre peças esbeltas, Silva e Pierin (2014) afirmam que, peças excessivamente esbeltas possuem uma tensão crítica de flambagem global muito pequena, caracterizando perda de estabilidade em níveis de tensões menores que aquela correspondente a tensão crítica de flambagem local. Neste caso, para questões de cálculo, a seção efetiva resulta na seção bruta, razão pela qual a resistência limite do perfil é determinado pela instabilidade global.

Entretanto, os autores também ressaltam que peças curtas submetidas ao esforço axial de compressão, a tensão crítica de flambagem global é elevada, com o esforço resistente do perfil sendo determinado pela instabilidade local. Quando o perfil está sujeito apenas a flambagem local, as arestas comuns entre os seus elementos continuam retas, com os ângulos entre os elementos adjacentes permanecendo invariáveis. Na figura (figura aqui), se evidencia o modo de flambagem dos elementos.

Além da flambagem local, Rodrigues e Caldas (2016) enfatizam que deve ser considerada a possibilidade da ocorrência da flambagem distorcional, que pode ocorrer para níveis de força menores que aqueles correspondentes a flambagem local. Os autores destacam que a probabilidade de ocorrer flambagem local da cha-pa ou flambagem distorcional varia conforme a forma e as dimensões dos elementos que formam a seção transversal do perfil. Nesse sentido, um perfil Ue, por exemplo, pode apresentar a distorção de toda a seção transversal ou simplesmente uma flambagem local, iniciada pela instabilidade das mesas ou da alma.

Em sua aplicação prática, os painéis do sistema LSF são constituídos por perfis formados a frio, restritos por placas estruturais, compondo as paredes da edificação. Entretanto, Prudêncio (2019) afirma que a maior parte das bibliografias sobre o assunto tratam somente do cálculo de perfis isolados, ignorando a contribuição das placas na análise estrutural. Isso se deve a ausência de uma normatização específica sobre o assunto.

### **4.3 Painéis do Sistema Light steel Framing**

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) os painéis do sistema Light Steel Framing se dividem em dois tipos: Estruturais e não estruturais. Segundo os autores, os painéis são considerados estruturais quando possuem função de suportar as cargas solicitantes da edificação, ou seja, são responsáveis por distribuir os

esforços linearmente ao longo de sua extensão, encaminhando até as fundações. Os painéis não estruturais, por outro lado, exercem a mesma função das paredes das construções convencionais, destinando-se apenas ao seu fechamento e isolamento.

As paredes da edificação são basicamente formadas por guias em seu topo e base que ligam horizontalmente os montantes, dispostos na vertical e espaçados entre 400 e 600 mm. Em geral, os perfis empregados possuem seção Ue. No mercado nacional, os materiais mais utilizados para o fechamento de construções em LSF são o OSB (Oriented Strand Board), as placas cimentícias e o gesso acartonado.

#### 4.3.1 Oriented Strand Board

Segundo a definição da APA – Engineered Wood Association, OSB é um painel composto de tiras comprimidas dispostas em camadas, orientados em ângulos retos entre si e unidos sob um processo de prensagem a quente com um adesivo/resina resistente à umidade. Segundo Clountier (1998), a geometria dessas tiras, sua orientação e processo de fabricação garante que a placa OSB tenha excelente resistência mecânica e melhor estabilidade dimensional.

**Figura 11: Tiras de madeira antes de serem prensadas**



**Fonte: Hometeka (Ano Desconhecido, P. 1)**

Devido a suas boas propriedades mecânicas, as placas de OSB podem ser empregadas para composição do fechamento vertical de painéis, para forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado, permitindo seu uso como diafragma rígido.

O OSB, em território nacional, tem quatro espessuras comerciais: 9,5mm, 11,1mm, 15,1mm e 18,3mm, sendo os 3 primeiros aplicados em fechamento de paredes e telhados e o último, o mais espesso, utilizado para confecção de lajes e pisos. No quadro 3 são apresentadas as características dos painéis de OSB e os seus principais usos.

**Quadro 4: Dimensões, espessura, densidade e aplicação das placas de OSB comercialmente vendidas**

ESPESSURA (MM)	DIMENSÃO (M)	PESO POR PAINEL (KG)	APLICAÇÃO
9,5	1,2 x 2,4 1,2 x 3	17,5 21,9	Paredes e telhados com perfis espaçados a, no máximo, 40 cm
11,1	1,2 x 2,4 1,2 x 3	20,4 25,6	Paredes e telhados com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm
15,1	1,2 x 2,4	27,8	Paredes com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm. Telhados a, no máximo, 80 cm. Pisos e lajes secas a, no máximo, 40 cm
18,3	1,2 x 2,4	33,7	Pisos e lajes com perfis espaçados a, no máximo, 60 cm

**Fonte: LP Brasil (2019, P. 1).**

#### 4.3.2 Placa Cimentícia

Por definição, toda chapa delgada que contém em sua composição cimento, é chamada de cimentícia. Segundo Crasto (2005), placas cimentícias (Figura 12) são compostas por uma mistura de cimento Portland, fibras de celulose ou sintéticas e agregados. Os componentes cimentícios na placa apresentam comportamento frágil e baixa capacidade de suporte as tensões aplicadas de tração. Segundo Coutts (2005), é por isso que se faz necessário a adição de fibras, que tem o intuito de melhorar as propriedades de resistência à tração do conjunto.

**Figura 12: Placa cimentícia**



**Fonte: Loja do Gesso (2018, P. 1).**

Os painéis são utilizados como revestimento interno e externo da estrutura em wood framing, O uso desse tipo de material para fechamento da estrutura se dá pela alta resistência a impactos, baixo preço próprio e grande resistência à umidade.

As placas cimentícias fornecidas pela indústria são, em geral, comercializados em uma largura de 1,2m e comprimento de 2,4m, podendo ser produzidas com, no máximo, 3,0m. Estas chapas são apresentadas ao mercado com 3 tipos diferentes de espessuras: 6mm, 8mm e 10mm. Os dois primeiros são utilizados em divisórias leves internas ou externas enquanto que o restante é utilizado para a confecção de paredes estruturais, garantindo melhor resistência contra impacto e isolamento termo acústico.

As vedações constituídas por placas cimentícias apresentam propriedades mecânicas de acordo com os critérios de desempenho apresentados pela norma NBR 15575-2013, sobre sua resistência funcional em vedações externas. É necessário ressaltar que a placa cimentícia, em sua instalação, deverá estar orientada de modo que suas fibras estejam predominantemente perpendiculares aos montantes de apoio.

#### 4.3.3 Placa de Gesso Acartonado

O gesso acartonado (Figura 13) é constituído por uma placa de gesso, formada a partir da gipsita, e papel cartão em ambas as faces. De acordo com Crasto (2005), no LSF, é utilizado para fechamento vertical e separação de espaços internos, sendo leve, estruturado, fixo e geralmente monolítico, além de ser suportado por perfis metálicos fixados por parafusos. Segundo Rego (2012), a utilização das placas

de gesso acartonado varia conforme os aditivos incorporados, para que o produto possa ser instalado em ambientes internos, úmidos ou em locais com grande necessidade de resistência ao fogo.

**Figura 13: Placas de gesso acartonado**



**Fonte: Equiloc (2018, P. 1).**

As dimensões nominais fabricadas no país são semelhantes às das chapas OSB e placas cimentícias (1,20 m de largura e 2,40 e 3,00 m de comprimento), variando suas espessuras em 12,5 mm, 15,0 mm ou 18,0 mm. Essa correspondência dimensional aos outros materiais facilitam a racionalização da obra e sobreposição dos diferentes tipos de placas.

Para uma habitação, o gesso acartonado é responsável por auxiliar no conforto termo higrométrico, isto é, absorção da umidade em excesso por meio de sua característica higroscópica. Além disso, é um material física e quimicamente estável, o que o torna mais durável, apresenta excelentes propriedades termoacústicas, é inerte e incombustível, contribuindo para a proteção da estrutura e aumento significativo da resistência ao fogo.

#### **4.4 LIGAÇÕES**

Existe uma ampla variedade de ligações e conexões para estruturas de aço e seus componentes. De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), as ligações mais utilizadas no sistema LSF são os parafusos autoatarraxantes e autoperfurantes. Tais elementos são fabricados com uma proteção em zinco com o intuito de evitar a corrosão e manter características similares à estrutura galvanizada.



Os parafusos autoatarraxantes apresentam uma variação de ponta, sendo elas a ponta broca e a ponta agulha (Figura 14). O parafuso ponta broca é recomendado para ligações de perfis estruturais e conexões de várias camadas de material, enquanto o parafuso ponta agulha em geral é utilizado em chapas menos espessas, sendo recomendado para as ligações dos perfis de aço não estruturais empregados no sistema drywall. A razão é que o formato da ponta em broca permite o parafuso fazer o próprio furo em substratos metálicos, formando ou cortando roscas na contra peça.

**Figura 14: tipos de ponta de parafuso**



Fonte: BR Ferro e Aço (2020, P. 1).

Conforme é apresentado na Figura 15, o tipo de material a ser fixado determina ainda o tipo de cabeça do parafuso, que pode ser do tipo lentilha e sextavada para ligações entre perfis de aço e do tipo trombeta para fixação dos materiais de fechamento ao reticulado metálico.

**Figura 15: tipos de cabeça de parafuso**



Fonte: Prudêncio (2019, P. 31).

Quanto ao tipo de material e resistência, os parafusos podem ser divididos em dois grupos; parafusos comuns e os de alta resistência. Segundo o CBCA (Centro Brasileiro de Construção em Aço), parafusos comuns, ou parafusos de baixo carbono



seguem as especificações ASTM A307 ou ISO 898-1 Classe 4.6 e são utilizados para conexões do tipo contato, enquanto que parafusos de alta resistência utilizam aços de alta resistência mecânica na fabricação do parafuso, na especificação ASTM A325 e A490 ou na especificação ISO 4016 Classe 8.8 ou 10.9, todos com rosca UNC parcial.

Sabendo que as conexões do sistema LSF se concentram em conexões parafusadas. Segundo o CBCA, as conexões parafusadas se dividem em dois grupos: ligações do tipo contato (*bearing-type*), ou do tipo atrito (*friction-type*). As conexões do primeiro tipo não possuem aperto controlado (protensão), logo, podem ser utilizados parafusos comuns ou de alta resistência. Quanto ao tipo atrito, apenas parafusos de alta resistência pode ser utilizados, uma vez que a resistência ao deslizamento está diretamente ligada a protensão aplicada aos parafusos. Segundo Rodrigues e Caldas (2016), no sistema *Light Steel Framing*, somente as conexões do tipo contato são utilizadas, já que os parafusos utilizados são de baixo carbono.

#### **4.5 Rigidez das ligações**

Segundo Jodin (1996), as ligações estruturais podem ser classificadas de acordo com os deslocamentos relativos permitidos entre as peças conectadas, sendo chamada de classificação quanto à rigidez da ligação. Segundo este critério, as ligações podem ser classificadas em três categorias:

- Ligações articuladas: A rotação relativa entre as peças conectadas é permitida, portanto não transmitem momentos fletores;
- Ligações rígidas: O deslocamento relativo no plano de estudo é restrito, não sendo transmitido momentos fletores;
- Ligações semi-rígidas: a conexão apresenta resistência ao giro relativo, transmitindo momentos fletores. Porém, não impede totalmente a rotação entre as peças.

Estes comportamentos estão associados aos tipos de esforços que são transmitidos pelas ligações, pois ao impedir um deslocamento a ligação transmite um determinado tipo de esforço de uma peça para outra. Segundo Vieira Jr e Schafer (2012), as ligações parafusadas estruturais do sistema LSF são caracterizadas como ligações semi-rígidas.

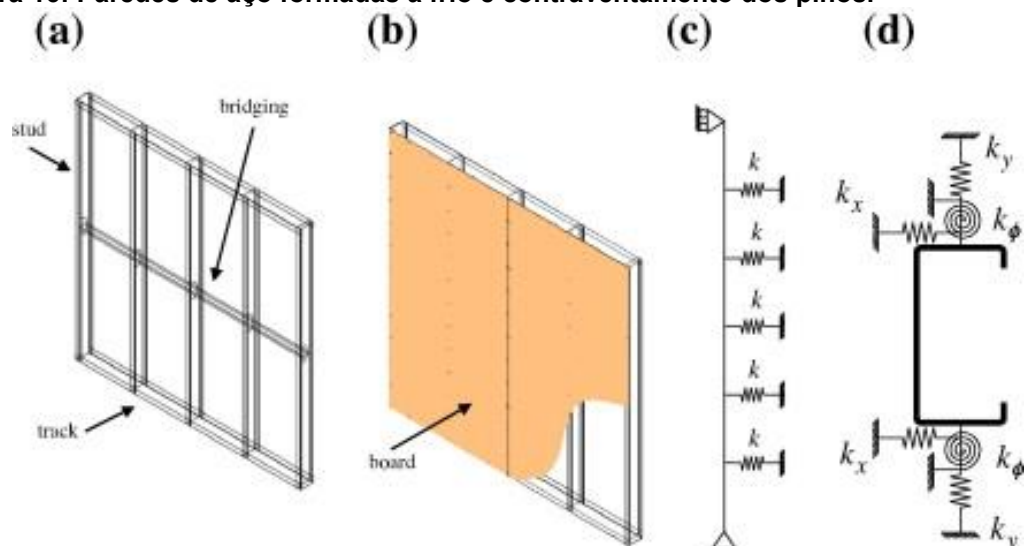
#### 4.6 Comportamento da ligação (fenômeno da rigidez da ligação)

Segundo Vieira Jr e Schafer (2012), o confinamento dos perfis que compõem um painel estrutural, se caracteriza pela sua interação com os materiais de fechamento e as ligações parafusadas. Sendo assim, a rigidez fornecida aos perfis depende principalmente nos pontos de ligação entre os elementos.

Para os autores, a contribuição de rigidez fornecida aos perfis devido a interação com o revestimento poderia ser determinada utilizando-se de coeficientes de mola, que caracterizariam o efeito de confinamento em cada ponto de ligação. As parcelas para cada ponto são divididas em (Figura 16):

- A rigidez rotacional ( $K_\phi$ ) é acionada quanto a mesa do perfil rotaciona contra o revestimento, o que gera esforços axiais no parafuso e na mesa do perfil em contato com a placa de fechamento;
- A rigidez lateral ( $K_y$ ) fora do plano do painel, que oriunda da flexão do revestimento, sendo comumente referida como ação composta;
- A rigidez lateral ( $K_x$ ), acionada à medida que a mesa do perfil se deforma lateralmente em relação ao revestimento, gerando esforços de cisalhamento no plano do painel.
- 

Figura 16: Paredes de aço formadas a frio e contraventamento dos pinos.



(a) Projeto totalmente em aço com pinos travados por ponte, (b) projeto de parede com bainha com pino travado apenas por revestimento, (c) modelo esquemático de travamento de pino por revestimento, (d) modelo detalhado de molas de contraventamento aplicadas a seção transversal.

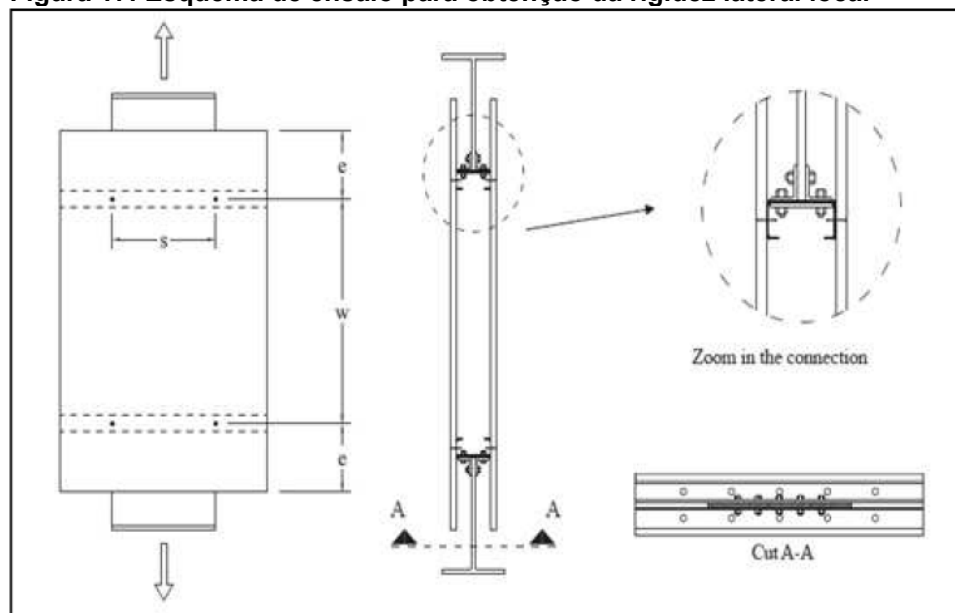
Fonte: Vieira Jr e Schafer (2012, P. 206).

Devido a configuração estrutural do sistema, a rigidez lateral da mesa ( $K_x$ ) se apresenta como a principal fonte de resistência aos modos de flambagem, visto que a deformação da mesa pode ser ocasionada devido à sua flexão em torno do eixo de menor inércia ou devido a ocorrência de flambagem por torção. Logo, os autores concentraram seus esforços no estudo dessa rigidez, a qual foi subdividida em;

- Rigidez lateral local ( $K_{xl}$ ), que advém da resistência à inclinação e à flexão do parafuso nos locais de fixação;
- Rigidez diafragma ( $K_{xd}$ ), que se oriunda da resistência proporcionada pelo próprio revestimento (Placa de fechamento) em conjunto com a configuração de fixação.

Para estimar a rigidez lateral local, Vieira Jr. e Schafer utilizaram dois montantes conectados ao mesmo revestimento em ambos os lados, enquanto a aplicação da carga é realizada lateralmente na direção perpendicular ao eixo longitudinal do perfil (Figura 17), de modo que a tensão de cisalhamento se desenvolva igualmente entre os parafusos.

**Figura 17: Esquema de ensaio para obtenção da rigidez lateral local**



Fonte: Vieira Jr e Schafer (2012, P. 207).

O estudo experimental empregou corpos de prova idênticos, nos quais variou-se apenas os espaçamentos entre os eixos dos perfis, entre fixadores e distância dos fixadores à borda da placa. Como revestimento, foram utilizados o OSB com

espessura de 11,11mm e gesso acartonado com 12,70mm, fixados aos perfis com parafusos de 4,2mm de diâmetro.

A partir dos dados obtidos dos corpos de prova aos ensaios experimentais, foram obtidas curvas de carga versus deslocamento para cada corpo de prova, as quais foram retirados os valores de carga máxima, deslocamento correspondente a carga máxima e da rigidez lateral local. Os autores obtiveram a rigidez lateral local da relação entre carga e o deslocamento na resposta inicial ao ensaio correspondente a 10% da carga máxima.

Ao final dos ensaios e cálculos, os autores ainda propuseram um modelo analítico simplificado para caracterizar a rigidez lateral ( $K_x$ ), no qual a rigidez diafragma e a rigidez lateral local são tratadas como duas molas em série em cada ponto de fixação. Esse modelo de cálculo é utilizado pela AISI e o EUROCODE.

A rigidez lateral segue a seguinte relação:

$$k_x = \frac{1}{\frac{1}{k_{xl}} + \frac{1}{k_{xd}}}$$

Onde:

$k_{xd}$  = Rigidez Diafragma (N/mm)

$k_{xl}$  = Rigidez lateral local (N/mm)

Sendo a Rigidez lateral local entendida como:

$$k_{xl} = \frac{3\pi * E * d^4 * t^3}{4tb^2 * (9\pi * d^4 + 16tb * t^3)}$$

Onde:

$E$  = Módulo de Young (MPa = N/mm<sup>2</sup>);

$t$  = Espessura da mesa(mm);

$d$  = Diâmetro do fixador(mm);

$tb$  = Espessura da placa de revestimento(mm);

E por fim, a rigidez diafragma entendida como:

$$k_{xd} = \frac{\pi * Gb * tb * df * wtf}{L^2}$$

Onde:

$df$  = Distância entre os fixadores (mm).

$Wtf$  = Faixa de influência do conector (mm).

$Gb$  = Modulo de cisalhamento do revestimento, determinado via teste (MPa).

$tb$  = Espessura da placa de revestimento (mm).

$L$  = Altura do revestimento (mm).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho buscou-se apresentar e descrever aspectos de interesses relacionados aos conceitos básicos do sistema *Light steel framing*, tendo em vista proporcionar um melhor entendimento dos diferentes elementos que integram a estrutura do sistema para proporcionar um melhor entendimento sobre a metodologia de cálculo para rigidez lateral.

Dentro deste aspecto, o presente trabalho também visou apresentar o comportamento estrutural das paredes diafragma e esclarecer sua função dentro do sistema LSF, esclarecendo ao leitor os principais pontos e o que diferencia de seu comportamento para uma parede “convencional”.

Por fim, a metodologia apresentada por Vieira e Schafer Jr (sendo a única presente em documentos normativos internacionais) apresenta um método bastante interessante para fins práticos de análise e projeto, fornecendo ao meio técnico uma ferramenta de cálculo alternativa e de comprovada precisão. Entretanto, por se tratar de um modelo de cálculo estrangeiro, carece de pesquisas e resultados de cunho nacional, sendo sugerido pelo autor testes práticos para a efetividade em território nacional.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7008-3**: chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente – Parte 3: aços estruturais. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14762**: dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15253**: perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4**: edificações habitacionais – desempenho – Parte 4: requisitos para os sistemas de vedação verticais internas e externas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15578**: bobinas e chapas de aço revestidas com liga 55 % alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- BATEMAN, B. W. **Light gauge steel verses conventional wood framing in residential construction**. Department of construction science of A&M University, College Station. Texas, 1998.
- CONSUL STEEL. **Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002.
- CLOUTIER, A. **Oriented stranboard (OSB): Raw material, manufacturing process, properties of wood-base fiber and particle materials**. In: 1st International Seminar on Solid Wood Products of High Technology. Belo Horizonte - MG, 1998.
- COUTTS, R. S. P. A review of Australian reserch into natural fibre cement composites. **Cement and Concrete Composites**, 2005. Vol 27, edição 5.
- CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005. Disponível em: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60585991/DISSERTACAO\\_ArquiteturaTecnologiaSistemas20190913-45234-15i2uy9-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666811974&Signature=DMAoxJvg35mouo3w9B7VXQ7-gSgLwbepHbyNtwo0PS1Tb33nqFMysb8CxHT2pTXnoWCqBgU7vCztxoan533vq07JhTApbK9TILGJCr1GpwWSrp7ToPmpFTFd3kncV0FM-ka6LZhi5MjNzhcyFmvFRlcW8AVd8JBbYjqR9vwbyiA7QoEHK2BCzB1mbpEN8TiRPeTWTu4hLyhEkebMiFtx9oJ6gLMcEX0fwkd~SiydqeMP6I4R1VZBR~AQv1E nhg3hMEoMTwem18TvRDENdyKWN9N6B1dGluA-yLiR4HYb~45MjlkBWLCWXKzvUC0Os0ynLIIFtS4CseOSYKIP2I9oaw\\_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGS LRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60585991/DISSERTACAO_ArquiteturaTecnologiaSistemas20190913-45234-15i2uy9-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666811974&Signature=DMAoxJvg35mouo3w9B7VXQ7-gSgLwbepHbyNtwo0PS1Tb33nqFMysb8CxHT2pTXnoWCqBgU7vCztxoan533vq07JhTApbK9TILGJCr1GpwWSrp7ToPmpFTFd3kncV0FM-ka6LZhi5MjNzhcyFmvFRlcW8AVd8JBbYjqR9vwbyiA7QoEHK2BCzB1mbpEN8TiRPeTWTu4hLyhEkebMiFtx9oJ6gLMcEX0fwkd~SiydqeMP6I4R1VZBR~AQv1E nhg3hMEoMTwem18TvRDENdyKWN9N6B1dGluA-yLiR4HYb~45MjlkBWLCWXKzvUC0Os0ynLIIFtS4CseOSYKIP2I9oaw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGS LRBV4ZA). Acesso em: 26 out. 2022.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. **Sistema construtivo utilizando perfis estruturais formados a frio de aços revestidos (Steel framing): Requisitos e condições mínimos para financiamento pela caixa**, 2003. Versão 1 de 01/08/2003.

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Análise do comportamento lateral de painéis de cisalhamento do sistema light steel framing**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.

RODRIGUES, F. C.; CALDAS, R. B. **Steel Framing: Engenharia**, CBCA, Rio de Janeiro, 2016. (série Manual da Construção em Aço).

SALES, U. C. **Mapeamento dos problemas gerados na associação entre sistemas de vedação e estrutura metálica e caracterização acústica e vibratória de painéis de vedação**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2001. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6313>. Acesso em: 26 out. 2022.

SALES, R. L.; BARROS, A. A.; PEREIRA, C. M. M. A. Fatores condicionantes da mortalidade dos pequenos negócios em um típico município interiorano brasileiro. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 5, n. 1, 2011.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel Framing: Arquitetura**, CBCA, Rio de Janeiro, 2012. (série Manual da Construção em Aço).

SCHAFER, B. W. **FINAL REPORT: Sheathing Braced Design of Wall Studs**, 2013. Baltimore, Maryland. Johns Hopkins University.

SCHARFF, R. **Residential steel framing handbook**. New York: McGraw Hill, 1996.

TREBILCOCK, P. J. **Building design using cold formed steel sections: an architect's guide**. Berkshire: Steel Construction Institute (SCI) Publication, 1994.

VIEIRA JR., L. C. M.; SCHAFER, B. W. Lateral stiffness and strength of sheathingbraced cold-formed steel stud walls. **Engineering Structures**, v. 37, n. 1, abr. 2012.

WAITE, T. J. **Steel-frame house construction**. California: Craftsman Book Company, 2000.