



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

LUDIMILA DOS SANTOS PIRES

LIGHT STEEL FRAMING

UBÁ-MG

2016

LUDIMILA DOS SANTOS PIRES

LIGHT STEEL FRAMING

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Dr. Érika Maria Carvalho Silva Gravina.

**UBÁ-MG
2016**

Resumo

O *Light Steel Framing* (LSF) é um sistema construtivo de concepção racionalizada também conhecido como “Estruturas em Aço Leve”, e passa por um processo de aceitação e desenvolvimento no mercado nacional da construção civil. Diante dos avanços tecnológicos, a indústria da construção civil busca por soluções sustentáveis para combater problemas ambientais e sistemas eficientes de construção que atendam a uma crescente demanda populacional, visando aumentar a produtividade e reduzir o desperdício. É através desta necessidade que o sistema *Light Steel Framing* se apresenta, um método construtivo industrializado caracterizado pelo uso de perfis de aço galvanizado formados a frio, que compõem sua estrutura. O trabalho tem como objetivo demonstrar as etapas de construção do sistema *Light Steel Framing* ressaltando vantagens e desvantagens em comparação às estruturas de alvenaria convencional. O sistema LSF surge como uma importante alternativa para o mercado da construção civil, apresentando como principais características a redução do impacto ambiental através da diminuição de resíduos e a redução significativa do tempo necessário para a execução do projeto tornando-o mais viável economicamente.

Palavras-chave: Sistema Industrializado. Aço Leve. Agilidade. Sustentabilidade. *Light Steel Framing*.

Abstract

The Light Steel Framing (LSF) is a constructive system with a rationalized conception, also known as Light Steel Structures, and it has been accepted and developed in the national building business. Before technical advances, the building industry looks for green solutions to oppose environmental problems and searches effective systems of construction, to attend a growing populational increase, aiming a productivity increase and a cutting waste. It's based in this necessity that LSF shows itself, a constructive industrialized way characterized by use of galvanized steel profiles, cold made, that composes its structure. This work directs to show the steps of construction LSF, highlighting its advantages and disadvantages, comparing with normal brickwork structures. LSF comes up like a importante way to the building business, bringing as main characteristics the reducing of environmental impact by means of decreasing of waste and importante decreasing of required time to greet the project, becomes it economically more practicable.

Keywords: Industrialized system. Light Steel. Agility. Sustainability. *Light Steel Framing*.

1 INTRODUÇÃO

Diante dos avanços tecnológicos e a necessidade de alternativas sustentáveis, o setor da construção civil tem buscado sistemas construtivos que apresentem maior eficiência, visando produtividade com qualidade, sem desperdícios e redução dos impactos no meio ambiente.

No Brasil, a construção civil é caracterizada pela utilização de sistemas construtivos predominantemente artesanais, tendo como característica a baixa produtividade e principalmente o grande desperdício de materiais. Porém, o mercado tem sinalizado que esta situação deve ser alterada e o uso de novas tecnologias é a melhor forma de permitir a industrialização e a racionalização dos processos (CRASTO, 2005).

Dentro desta realidade, o mercado tenta buscar métodos construtivos eficazes, que acelerem esse processo sem aumentar os custos e que mantenham a qualidade que os sistemas convencionais oferecem. Nesse contexto, surgem alternativas como o sistema construtivo *Light Steel Framing*¹ (LSF), que significa Estrutura de Aço Leve, caracterizado por usar produtos padronizados de tecnologia avançada e pelo alto índice de industrialização.

O *Light Steel Framing* é um sistema construtivo de concepção racionalizada altamente industrializado, caracterizado pelo uso de perfis de aço galvanizado formados a frio que compõem sua estrutura, proporcionando uma construção de alta eficiência e grande rapidez de execução (PRUDÊNCIO, 2013).

O Brasil é um dos maiores produtores de aço no mundo, dessa forma o sistema LSF é uma alternativa para a indústria da construção civil. O sistema é utilizado em diversos países, como Estados Unidos, Inglaterra, Austrália, Japão e Canadá. No Brasil, ele começou a ser implantado em 1998 e apresenta um crescimento que passa por processo de aceitação e desenvolvimento.

O trabalho tem como objetivo demonstrar as etapas de construção e as características gerais do sistema *Light Steel Framing*, ressaltando vantagens e desvantagens em relação ao sistema construtivo convencional.

A utilização do método LSF na construção Civil se justifica por apresentar inúmeras vantagens, tais como: redução no prazo de execução da obra; minimização do impacto gerado no meio ambiente, desperdício e perda de material reduzido; custos menores em função da rapidez na execução. Diante destas características o sistema de *Light Steel Framing* é uma das alternativas promissoras para o futuro da construção civil brasileira.

¹ *Light Steel Framing*: estrutura de aço leve

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Histórico

Segundo Bevilaqua (2005), para se entender a história do LSF que iniciou entre 1810, é necessário remontar aos Estados Unidos em 1860. Naqueles anos, a população do país multiplicou-se por dez e com a ocupação do leste dos Estados Unidos, tornou-se necessário recorrer aos materiais disponíveis no local e a métodos práticos que permitissem aumentar a produtividade na construção de novas habitações. Com isso, a madeira passou a ser utilizada como principal elemento estrutural dos edifícios habitacionais. Este método consistia na utilização de estrutura constituída por peças de madeira serrada de pequena seção transversal conhecido por *Balloon Framing* ² (FIG. 01) e quando fechados por peças de madeira originavam-se o sistema construtivo *Wood Frame*.

FIGURA 01 – Construção empregando o método *Balloon Framing*.



Fonte: SMITHSONIAN INSTITUTION (2014) *apud* BORTOLOTTI (2015, p. 28).

Neste momento, as construções em madeira, conhecidas como *Wood Frame* ³, tornaram-se a tipologia residencial mais comum nos Estados Unidos. Aproximadamente, um século mais tarde, em 1933, com o desenvolvimento da indústria do aço nos Estados Unidos, foi lançado na Feira Mundial de Chicago, o protótipo de uma residência em *Light Steel Framing* (FIG. 02), utilizando perfis de aço em substituição à estrutura de madeira (FREITAS; CRASTO, 2006).

² *Ballon Framing*: estrutura em balão.

³ *Wood Frame*: estrutura em madeira.

FIGURA 02 – Protótipo de residência em *Light Steel Framing* na Exposição Mundial de Chicago em 1933.



Fonte: CONSTRUTORA SEQUÊNCIA *apud* FREITAS; CRASTO (2006, p. 12).

Com o crescimento da economia e a grande produção de aço após a Segunda Guerra Mundial nos EUA, houve uma significativa evolução nos processos de fabricação dos perfis formados a frio, que gradualmente foram substituindo os de madeira nas construções, que passou a ser vantajoso devido à maior resistência e eficiência estrutural do aço e a capacidade da estrutura de resistir às catástrofes naturais como terremotos e furacões. Desse modo, estima-se que até o final da década de 90, 25% das residências construídas nos Estados Unidos foram em LSF. (BATEMAN, 1998 *apud* FREITAS; CRASTO, 2006).

Este sistema vem sendo utilizado nos EUA, Inglaterra, Austrália, Japão e Canadá desde a Revolução Industrial, há mais de 30 anos. No Brasil, ele surge na década de 90, e ocorreu com o intuito de suprir a necessidade de promover o crescimento da Construção Civil no país, no sentido de tornar suas atividades mais rápidas. Uma vez que o sistema construtivo convencional utilizado até então é lento, ocasionando prejuízos pelo não cumprimento dos prazos de entrega das obras (SANTIAGO; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2010 *apud* BEZERRA, 2013).

2.2 Aplicações

O sistema *Light Steel Framing* apresenta grande flexibilidade no projeto arquitetônico. As aplicações do sistema são variadas, dentre os exemplos podem-se destacar algumas como:

Residências Unifamiliares, FIG. 03; Edifícios residenciais e comerciais, FIG. 04; Hospitais, clínicas, estabelecimentos de ensino, FIG. 05; Hotéis FIG. 06.

FIGURA 03 – Aplicação do LSF em Residências Unifamiliares.



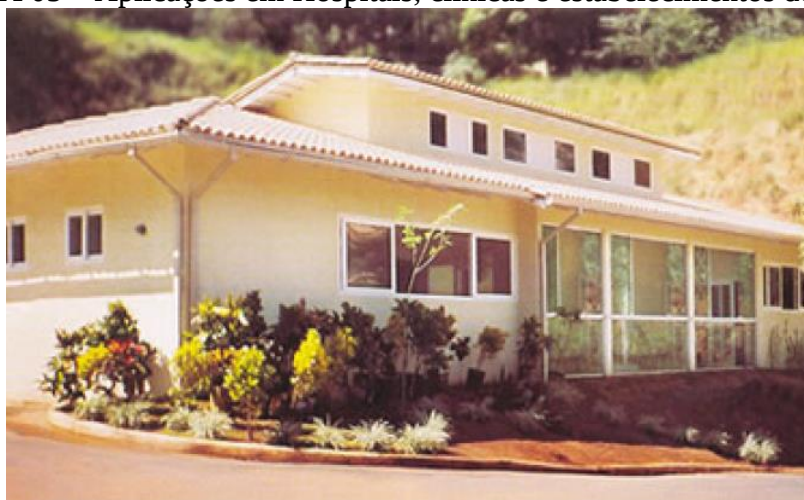
Fonte: CONSTRUTORA SEQUÊNCIA (2014) *apud* JÚNIOR (2014, p. 29)

FIGURA 04 – Aplicações do LSF em Edifícios Residenciais e Comerciais.



Fonte: CONSTRUTORA SEQUÊNCIA (2014) *apud* JÚNIOR (2014, p. 29)

FIGURA 05 – Aplicações em Hospitais, clínicas e estabelecimentos de ensino.



Fonte: CONSTRUTORA SEQUÊNCIA (2014) *apud* JÚNIOR (2014, p. 30)

FIGURA 06 – Aplicações em Hotéis.



Fonte: CONSTRUTORA SEQUÊNCIA (2014) *apud* JÚNIOR (2014, p. 30)

A aplicação desse sistema permite a redução de custo através da otimização do tempo de fabricação e montagem da estrutura, pois permite a execução de diversas etapas ao mesmo tempo, por exemplo, enquanto as fundações são executadas no canteiro de obra, os painéis das paredes são confeccionados em fábrica (GOMES *et al.*, 2013).

“O aço tem sido utilizado em várias aplicações com alto desempenho, sendo adaptáveis às mais severas condições de serviços. Devido às suas características, tem substituído outros materiais em vários setores industriais” (GOMES *et al.*, 2013).

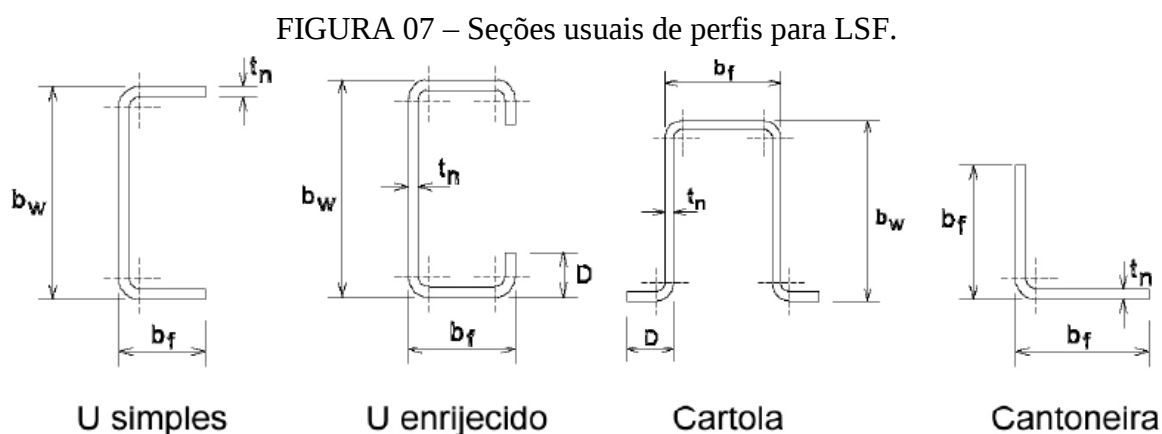
É possível observar que o sistema construtivo nada deixa a desejar na finalização da obra, pois os elementos estruturais que formam as paredes, pisos e tetos estão sempre encobertos pelos materiais de fechamento, assim o resultado final assemelha-se à de uma construção convencional (JÚNIOR, 2014).

2.3 Tipos de perfis utilizados

As estruturas metálicas são compostas por duas “famílias” de elementos estruturais. Uma composta pelos perfis laminados e soldados e a outra composta por perfis formados a frio. O sistema *Light Steel Framing* utiliza em sua estrutura os perfis formados a frio. Este termo “formado a frio” origina-se pelo fato dessas operações ocorrerem com o aço na temperatura ambiente (PRUDÊNCIO, 2013).

Segundo NBR ⁴ 6355 (ABNT ⁵, 11/2012), o perfil estrutural de aço formado a frio é obtido por dobramento, em prensa dobradeira, de tiras de aço cortadas por bobinas laminadas a frio ou a quente, revestidas de zinco ou liga de alumínio-zinco, conhecido como aço galvanizado.

Segundo Freitas e Crasto (2006), os perfis mais utilizados nas edificações em Light Steel Framing são os com formato em “C” ou “U” enrijecido (Ue) para montantes e vigas, o “U” usado como guia na base e no topo dos painéis, o “Cartola” (Cr) empregado em ripas e as cantoneiras, como mostra (FIG. 7).



Fonte: CRASTO (2005, p. 24) apud SANTIAGO (2008, p. 14)

⁴ NBR: Norma Brasileira

⁵ ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

As determinações das seções, espessuras e propriedades geométricas de perfis para *Steel Framing* são definidas pelas normas NBR 15.253 (ABNT, 2014)– Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: requisitos gerais e a NBR 6355 (ABNT, 11/2012) – Perfis estruturais de aço formados a frio: padronização.

A espessura da chapa varia de 0,8 mm até 3,0 mm, sendo a mais utilizada a de espessura de 0,95 mm. A resistência de um perfil de aço depende de sua espessura, dimensão, forma e limite de elasticidade, sendo que o limite de escoamento não deve ser inferior a 230 Mpa (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012 *apud* PRUDÊNCIO, 2013).

“O aço utilizado para a fabricação dos perfis é o A653, ele passa por um tratamento anticorrosivo que garante a durabilidade das peças por anos” (BATTISTELLA, 2011, p. 38).

A galvanização é um dos processos mais efetivos e econômicos empregados para proteger o aço da corrosão atmosférica. O efeito da corrosão ocorre pelo tipo de ambiente a que a estrutura está exposta e pela perda de massa do zinco. Dessa forma, o aço continua protegido, mesmo com o corte das chapas ou pequenos riscos no revestimento de zinco, que são comuns na montagem das estruturas (BEVILAQUA, 2005).

2.4 Métodos de construção

Segundo Freitas e Crasto (2006), há essencialmente cinco métodos de construção utilizando o *Light Steel Framing*.

2.4.1 Método *Stick* ⁶

Neste método, os perfis são cortados no canteiro da obra e os elementos como painéis, lajes, colunas, contraventamentos e tesouras de telhados são montadas no local (FIG. 08). Os perfis podem vir perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas e os demais sub-sistemas são instalados logo após a montagem da estrutura. Essa técnica pode ser utilizada em locais onde a pré-fabricação não é viável (FREITAS; CRASTO, 2006).

⁶ *Stick*: haste.

As vantagens desse método de construção são: não haver necessidade do construtor possuir um local para a pré-fabricação do sistema; a facilidade de transporte das peças até o canteiro; a facilidade das ligações dos elementos serem de fácil execução. Como desvantagens desse método têm-se: a montagem muito mais lenta; a necessidade de mão de obra mais especializada no canteiro de obras, quando comparado ao método por painéis (SANTIAGO, 2008).

FIGURA 08 – Montagem do painel em LSF no canteiro de obras.



Fonte: SANTIAGO (2008, p. 38)

2.4.2 Método por painéis

Nesse sistema, os elementos construtivos, como painéis, contraventamentos, lajes e tesouras de telhado são pré-fabricados fora do canteiro de obra e montados no local (FIG. 09). É necessário ressaltar que os perfis são transportados para a obra e o manuseio varia com a dificuldade de cada obra, podendo gerar gastos com o transporte e o manuseio dos perfis. Os materiais de fechamento podem também ser aplicados na fábrica para diminuir o tempo da construção. Os painéis e subsistemas são conectados na obra usando técnicas tradicionais do LSF (parafusos autobrocantes e autoatarrachantes) (SANTIAGO, 2008).

As principais vantagens desse método são: a velocidade de montagem, o alto controle de qualidade e de custo na produção; a minimização da mão de obra no canteiro. Como desvantagem desse método está a necessidade do construtor de dispor de um grande espaço físico para a montagem e estocagem temporária dos componentes (SANTIAGO, 2008).

FIGURA 09 - Painéis em LSF produzidos em fábricas e transportados para obra.



Fonte: AEGIS METAL FRAMING (2007) *apud* SANTIAGO (2008, p. 24).

2.4.3 Construção modular

Segundo Freitas e Crasto (2006), as construções modulares são unidades totalmente pré-fabricadas na indústria e podem ser entregues no local da obra com todos os acabamentos internos como revestimentos, louças sanitárias, bancadas, mobiliários fixos, metais, instalações elétricas e hidráulicas. As unidades podem ser estocadas lado a lado, ou uma sobre as outras já na forma da construção final (FIG. 10). Exemplo muito comum desse método construtivo são os módulos de banheiros para obras comerciais ou residenciais de grande porte (FIG. 11).

FIGURA 10 – Construção de edifício em módulos.



Fonte: SCI (2007) *apud* SANTIAGO (2008, p. 25).

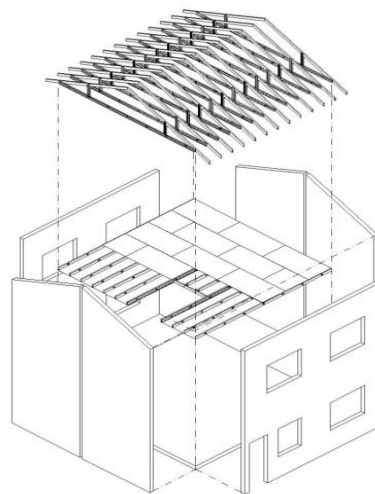
FIGURA 11 – Montagem de módulo de banheiro



Fonte: PAVI (2005) *apud* SANTIAGO (2008, p. 25).

2.4.4 Balloon Framing

O *Balloon Framing*⁷ é uma forma que pode ser construída tanto o método *Stick* como o método por painéis. Neste método, de acordo com Crasto (2005 *apud* JÚNIOR, 2014), a estrutura do piso é fixada nas laterais dos montantes e os painéis são geralmente muito grandes e vão além de um pavimento, conforme mostra a FIG. 12.

FIGURA 12 – *Balloon Framing*.

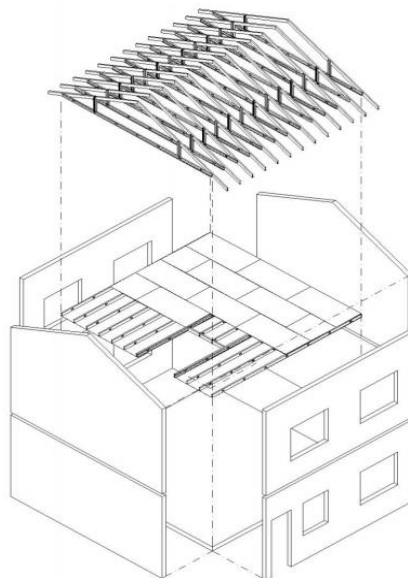
Fonte: CRASTO (2005) *apud* JÚNIOR (2014, p. 42).

⁷ *Ballon Framing*: estrutura em balão.

2.4.5 Platform Framing⁸

Assim como o *Balloon Framing*, este processo pode utilizar tanto o método *Stick* ou o método por painéis. Segundo Crasto (2005 *apud* JÚNIOR, 2014), a diferença é que neste método os painéis não são estruturalmente contínuos, ou seja, os painéis laterais são delimitados pela altura de cada pavimento, onde recebem as cargas de piso axialmente, conforme a FIG. 13. Trebilcock (1994 *apud* CRASTO, 2005) cita que este é um método bastante utilizado nas construções atuais.

FIGURA 13 – *Platform Framing*.



Fonte: CRASTO (2005) *apud* JÚNIOR (2014, p. 43).

2.5 Etapas construtivas

2.5.1 Fundações

A fundação é a primeira etapa a ser executada no sistema LSF, assim como no sistema construtivo convencional. Sua função é sustentar e ancorar a superestrutura acima e transmitir as cargas da edificação de maneira segura à terra (CHING, 2010).

⁸ *Platform Framing*: estrutura em plataforma.

Por ser muito leve, a estrutura de LSF exige bem menos da fundação do que outras construções. Portanto, como a estrutura distribui a carga 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 além da topografia, do tipo de solo, do nível do lençol freático e da profundidade de solo firme. Essas informações são obtidas através da sondagem do terreno (FREITAS; CRASTO, 2006).

“As fundações são efetuadas segundo o processo da construção convencional e como em qualquer outra construção deve-se observar o isolamento contra a umidade” (CRASTO, 2005, p. 31).

É importante destacar que um bom projeto e execução da fundação implicam maior eficiência estrutural. A qualidade final da fundação está intimamente ligada ao correto funcionamento dos subsistemas que formam o edifício. Assim, base corretamente nivelada e em esquadro possibilita maior precisão de montagem da estrutura e demais componentes do sistema (BORTOLOTTI, 2015).

Nesse sistema, podem ser utilizados as fundações tipo laje *radiere* sapata corrida, porém segundo Freitas e Crasto (2006), a fundação tipo *radier* é a mais usual para as construções em LSF.

2.5.1.1 Radier

O sistema de fundação tipo *radier* (FIG. 14) é um tipo de fundação superficial, constituída por uma laje de concreto armado que transmite a carga da estrutura para o terreno (CAPUTO, 2012).

Este elemento de fundação recebe parte ou todos os pilares de uma estrutura. Recebe o nome de *radier* parcial, para o caso de receber parte dos pilares, e *radier* geral, quando recebe todos os pilares da obra (VELLOSO; LOPES, 2010).

Os componentes estruturais fundamentais do *radier* são a laje contínua de concreto e as vigas no perímetro da laje, sob as paredes estruturais ou colunas e onde mais for necessário para fornecer rigidez no plano da fundação. Sempre que o tipo de terreno permitir, a fundação tipo *radier* é a mais comumente utilizada para construções em LSF (CRASTO, 2005).

Segundo Crasto (2005), o dimensionamento do *radier* resultará do cálculo estrutural e o seu procedimento de execução deve observar algumas condições, como por exemplo:

- A fim de evitar à umidade do solo ou infiltração de água na construção, prever o nível do contrapiso a no mínimo 15 cm de altura do solo;

- Nas calçadas ao redor da construção, garagens e terraços, possibilitar o escoamento da água através de uma inclinação de pelo menos 5%.

FIGURA 14 – Fundação em *radier*



Fonte: MAGALHÃES (2013, p. 29).

2.5.1.2 Ancoragem da estrutura na fundação

A ancoragem é o meio construtivo que a estrutura deve se prender à fundação e permitir que a transmissão dos esforços impossibilite qualquer deslocamento indesejável. É feita após a execução da fundação e os perfis devem ser fixados nesta para que resistam à pressão do vento, o que causa efeitos de translação e/ou tombamento com rotação do edifício, fazendo a estrutura se deslocar lateralmente ou girar no eixo de sua base. Portanto, para que o conjunto estrutura-fundação interaja de modo satisfatório e seja evitado o movimento da edificação, devido à pressão do vento, a ancoragem da estrutura deve ser bem dimensionada e executada, evitando esses deslocamentos (BORTOLOTTI, 2015).

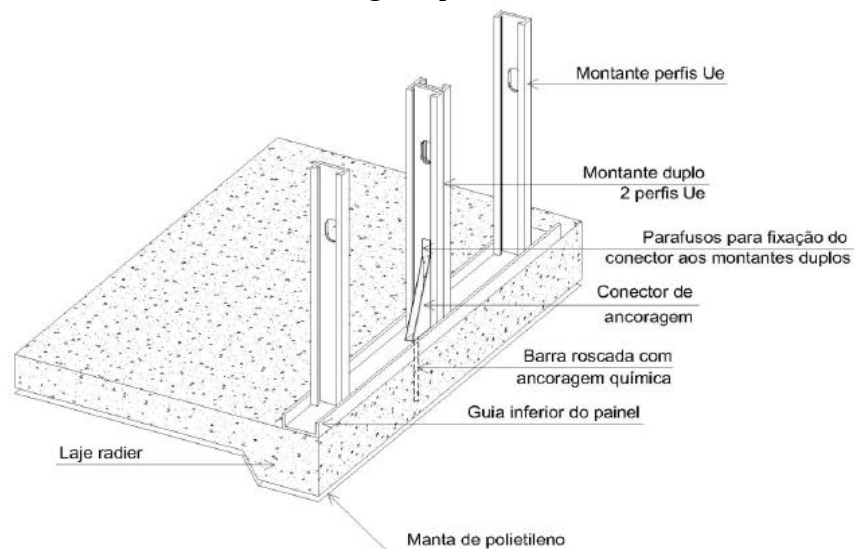
Segundo Crasto (2005), os tipos mais utilizados de ancoragem são: ancoragem química com barra rosca, ancoragem com fita metálica e ancoragem com barra rosca tipo "J".

a) Ancoragem química com barra rosca

A ancoragem química com barra rosca (FIG. 15) é colocada logo após a concretagem da fundação. Consiste em uma barra rosca com arruela e porca, fixada no

concreto por meio de perfuração preenchida com uma resina química à base de epóxi formando uma interface resistente com o concreto. A fixação à estrutura se dá por meio de uma peça em aço que é conectada à barra rosca e à guia e aparafusada ao montante geralmente duplo (CRASTO, 2005).

FIGURA 15 – Ancoragem química com barra rosca.

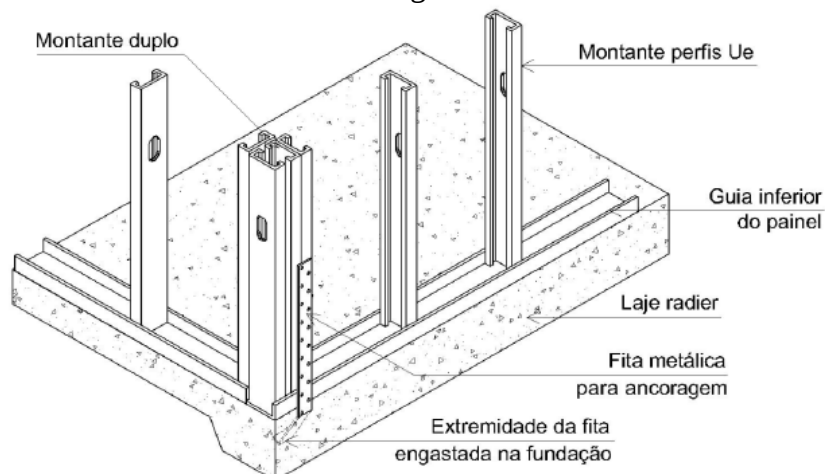


Fonte: CRASTO (2005, p. 35).

b) Ancoragem com fita metálica

A ancoragem com fita metálica (FIG. 16) é colocada antes da concretagem. As fitas metálicas são peças de aço, com uma extremidade engastada na fundação e a outra extremidade é aparafusada nos montantes da estrutura (CRASTO, 2005).

FIGURA 16 – Ancoragem com fita metálica.

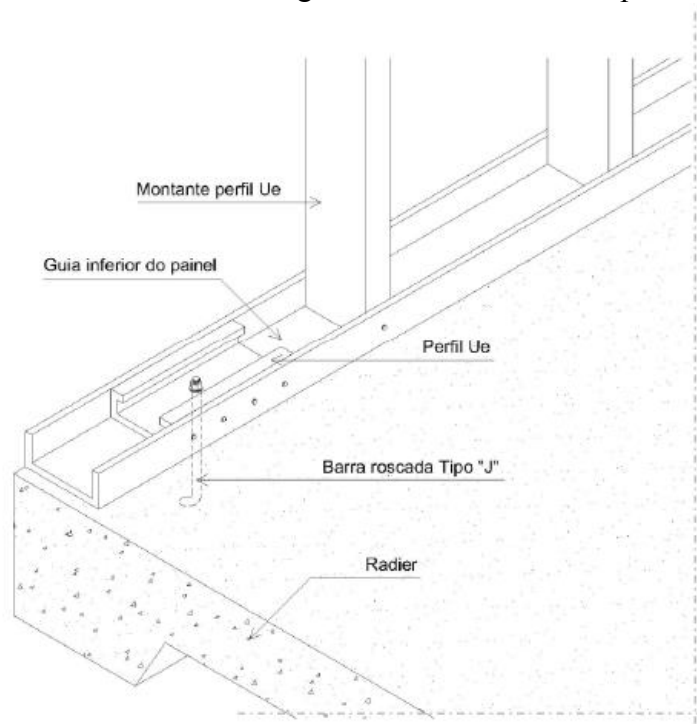


Fonte: CRASTO (2005, p. 37).

c) Ancoragem com barra rosca tipo “J”

A ancoragem com barra rosca tipo “J” (FIG. 17) é posicionada antes da concretagem. Consiste em uma barra rosca e curvada, engastada na fundação. A parte curva é colocada no interior da fundação e a parte reta serve para ser fixada à guia ou o montante. Não é uma ancoragem muito recomendada, devido à dificuldade de locação da barra rosca (CRASTO, 2005).

FIGURA 17 – Ancoragem com barra rosca tipo “J”.



Fonte: CRASTO (2005, p. 38).

Durante o processo de montagem da estrutura, antes de ocorrer a ancoragem definitiva, os painéis são presos à fundação através do sistema finca pinos acionados à pólvora. Este método serve para manter o prumo dos painéis enquanto são montados e conectados a outros painéis do pavimento e até que seja executada a ancoragem definitiva (CRASTO, 2005).

2.5.2 Estrutura do Sistema *Light Steel Framing*

Os painéis no sistema *Light Steel Framing* são estruturais ou autoportantes quando compõem a estrutura, suportando as cargas das edificações, e são não estruturais quando funcionam como divisória sendo responsáveis apenas pelo fechamento e isolamento da mesma, sem ter função estrutural (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012 *apud* PRUDÊNCIO, 2013).

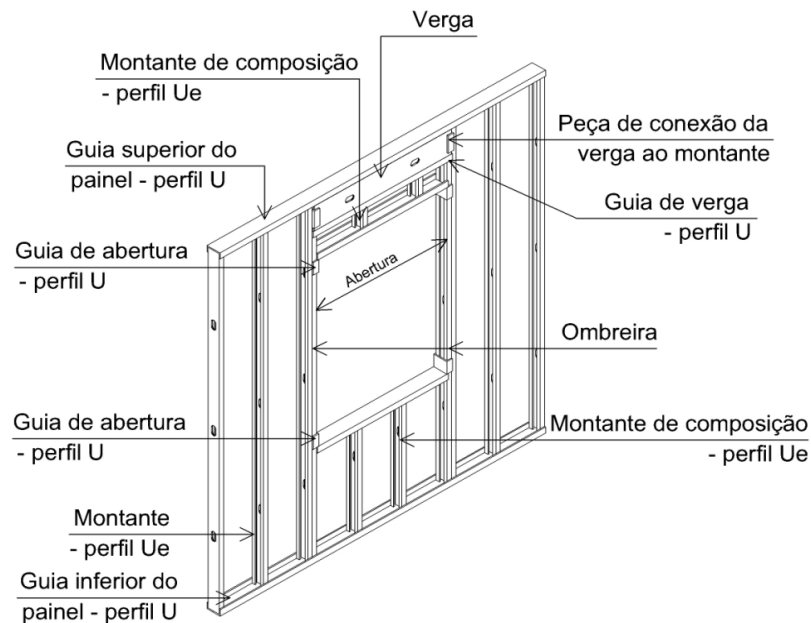
2.5.2.1 Painéis estruturais ou autoportantes

De acordo com os autores Santiago, Freitas e Crasto (2012 *apud* PRUDÊNCIO, 2013), os painéis estruturais estão sujeitos a cargas horizontais de vento e cargas verticais oriundas do peso da estrutura, praticadas por pisos, telhados e outros painéis, sendo responsáveis por absorver esses esforços e transmiti-los à fundação.

Os painéis são compostos por perfis de seção transversal tipo Ue denominados montantes, dispostos na vertical e geralmente espaçados de 400 mm ou 600 mm. Os montantes são unidos em seus extremos inferiores e superiores por perfis de seção transversal tipo U dispostos na horizontal denominados guias, com a função de prender os montantes dando forma a um quadro estrutural. Além das guias e montantes, os painéis podem ainda ser compostos por vergas, fitas de aço galvanizado, bloqueadores e ombreiras (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012 *apud* PRUDÊNCIO, 2013).

As vergas são elementos estruturais utilizados em decorrência da existência de aberturas nos painéis estruturais, sendo responsáveis por redistribuir o carregamento dos montantes interrompidos aos montantes que delimitam os vãos laterais, denominados ombreiras (PRUDÊNCIO, 2013). A FIG. 18 mostra o esquema de um painel estrutural e seus componentes.

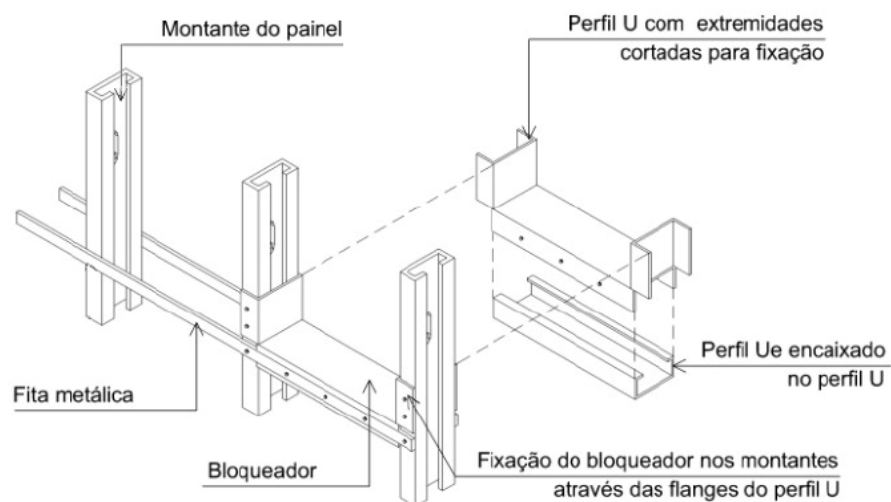
FIGURA 18 – Desenho esquemático de painel estrutural com abertura.



Fonte: FRANZEN (2010) *apud* PRUDÊNCIO (2013, p. 25).

As fitas de aço galvanizado e bloqueadores (FIG. 19), são responsáveis pelo travamento horizontal dos montantes, a fim de aumentar a resistência do painel. Podem também ser utilizados no contraventamento da estrutura, sendo fixadas em “X” na face do painel, proporcionando mais rigidez a estrutura (PRUDÊNCIO, 2013). A FIG. 19 mostra o esquema do painel estrutural e seus componentes.

FIGURA 19 – Desenho esquemático das fitas de aço galvanizado e bloqueadores.



Fonte: CRASTO (2005, p. 60).

2.5.2.2 Painéis não estruturais

“Painéis não estruturais são aqueles que não suportam o carregamento da estrutura, mas apenas o peso próprio dos seus componentes que os constituem. Tem a função de fechamento externo e divisória interna nas edificações” (FREITAS; CRASTO, 2006, p. 47).

“A solução para aberturas de portas e janelas em um painel não estrutural é bem mais simples, pois como não há cargas verticais a suportar, não há necessidade do uso de vergas e consequentemente, de ombreiras” (FREITAS; CASTRO, 2006, p. 47).

2.5.3 Lajes

As lajes do sistema LSF possuem o mesmo princípio estrutural dos seus painéis, ou seja, são constituídas por perfis de aço galvanizado com espaçamento seguindo modulação definida de acordo com as cargas a serem aplicadas. A modulação normalmente é a mesma em toda a estrutura: cobertura, lajes e painéis (SANTIAGO, 2008).

As vigas de piso são responsáveis por transmitir aos painéis estruturais as cargas a que a laje está sujeita, servindo também como apoio para o contrapiso. Estas vigas são perfis de seção Ue, dispostos na horizontal, com dimensões similares àsquelas dos montantes dos painéis e altura determinada em cálculo, de acordo com as cargas e o vão desejado. Os perfis são transportados para a obra e sua montagem ocorre no canteiro de obras em virtude da dimensão da laje dificultar o transporte de todo o painel de piso montado (SANTIAGO, 2008).

É possível verificar dois tipos de lajes para estrutura em LSF, denominadas “úmida” ou “seca”. A laje é denominada seca quando placas rígidas de OSB e cimentícias são parafusadas à estrutura do piso, servindo de contrapiso. Geralmente utilizam-se manta de polietileno expandido e manta de lã de vidro na montagem para melhorar o desempenho acústico do sistema (SANTIAGO, 2008).

A denominada laje úmida é composta por uma chapa ondulada de aço (telha) que é parafusada às vigas da estrutura do piso e preenchida com concreto. Para obter conforto acústico adequado, utiliza-se material isolante (geralmente lã de vidro compactada) entre a fôrma de aço e o concreto (SANTIAGO, 2008). A FIG. 20 mostra os dois tipos de laje.

FIGURA 20 – Laje seca e laje úmida.



Fonte: MAGALHÃES (2013, p. 33).

2.5.4 Tipos de painéis para fechamento vertical

O sistema de fechamento vertical é composto pelas paredes externas, pelos isolantes térmicos e acústicos e pelas paredes internas de uma edificação. 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 os montantes e, por último, os fechamentos internos, instalados nas áreas secas ou úmidas internas, mas não molháveis (BORTOLOTTI, 2015).

Os componentes de fechamento são instalados externamente à estrutura como uma película e juntamente com os perfis galvanizados vão formar as vedações internas e externas da edificação (CRASTO, 2005).

Outro conceito importante nos fechamentos para o sistema LSF é possibilitar o emprego de sistemas racionalizados para que um maior grau de industrialização seja promovido na construção. Nesse aspecto, o sistema apresenta grande potencial de industrialização, já que a própria modulação estrutural é dimensionada para uma melhor otimização da utilização de chapas ou placas (FREITAS; CRASTO, 2006).

Segundo Crasto (2005, p. 122), “Os materiais de fechamento e acabamento mais adequados são aqueles que propiciam uma obra “seca”, com redução ou eliminação das etapas de execução que utilizam argamassa e similares”.

Alguns critérios e requisitos que assegurem satisfação às exigências dos usuários e a habitabilidade da edificação devem ser levados em conta na escolha dos componentes que farão parte do sistema de fechamento. A norma ISSO 6241: (1984) estabelece os requisitos fundamentais para atender a essas necessidades. A segurança estrutural, a segurança ao fogo, a estanqueidade, o conforto termoacústico, também são importantes condições para a aplicação de um sistema de fechamento, além, é claro, da durabilidade e economia (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

2.5.4.1 Fechamento externo

2.5.4.1.1 Placas OSB

O OSB (FIG. 21) é um painel estrutural de tiras de madeira, geralmente reflorestadas, formadas por três a cinco camadas cruzadas perpendicularmente, o que ajuda na resistência mecânica e de rigidez. Essas tiras são unidas com resinas e prensadas sob alta temperatura (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

Estes painéis não devem ser expostos a intempéries, pois devido às substâncias utilizadas em sua confecção apresentam razoável resistência à umidade. São comercializados nas dimensões 1,22 m x 2,44 m e com espessuras de 9, 12, 15 e 18 mm. As juntas devem ser previstas e ter um espaçamento de 3 mm incluindo todo o seu perímetro, as juntas verticais devem estar sempre sobre os montantes e aparafusadas, e quando as paredes tiverem dimensões superiores a 24 m devem ser previstas as juntas de movimentação (CRASTO, 2005).

Como sistema de fechamento vertical, o *oriented strand board*⁹ OSB é mais utilizado para fechamento externo, podendo ser utilizado como fechamento interno, porém o gesso acartonado é mais indicado por ter melhor desempenho estético e funcional (FREITAS; CRASTO, 2006).

Os painéis externos não devem estar em contato direto com a fundação, por isso antes da montagem deve ser fixada uma fita seladora, que além de evitar o contato com a umidade do piso, diminui as pontes térmicas e acústicas. As projeções horizontais externas devem estar sobre uma base mais alta que o nível exterior, para evitar o contato das placas com o solo e a passagem de água por entre o painel e a fundação (BATTISTELLA, 2011).

⁹*Oriented Strand Board*: painéis de partículas orientadas

FIGURA 21 – Instalação da placa OSB.



Fonte: OLIVEIRA (2013, p. 28).

2.5.4.1.2 Membrana hidrófuga

Após o fechamento externo em OSB é necessário proteger as paredes externas e o telhado do sistema *Light Steel Framing* da água, vento, calor, poeira e acúmulo de umidade. Para isso existem produtos disponíveis no mercado conhecidos como barreiras impermeáveis à água e permeável ao vapor, composto de fibra de polipropileno. Essa membrana (FIG. 22) possui microporos que dificultam a passagem de partículas de água entre a estrutura, ela trabalha de forma diferente para dentro e para fora. O vapor de água pode atravessá-la permitindo assim uma ventilação das paredes, ela não deixa a umidade entrar, mas deixa sair, por isso tem o lado certo de aplicação. A membrana é aparafusada entre a chapa de OSB e a placa cimentícia (CAMPOS, 2014).

FIGURA 22 – Instalação da membrana hidrófuga.



Fonte: A AUTORA.

2.5.4.1.3 Placas cimentícias

As placas cimentícias (FIG. 23) são placas delgadas de concreto, fabricadas a partir de argamassas especiais contendo aditivos e uma grande porcentagem de cimento. Geralmente, são confeccionadas a partir de moldes metálicos, utilizando a mesma tecnologia do concreto pré-moldado (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009 *apud* BORTOLOTTI, 2015).

Essas placas são reutilizáveis, possuem alta resistência a impactos, elevada durabilidade, resistem aos ataques de cupins e micro-organismos, além de serem incombustíveis e proporcionarem bom isolamento termoacústico. Elas recebem um tratamento impermeabilizante que lhes confere menos absorção de umidade, dispensando impermeabilização adicional na obra (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

Para a aplicação destas placas, algumas recomendações devem ser seguidas, como o armazenamento em locais secos, evitar que as juntas internas coincidam com as juntas externas, evitar a ocorrência de quatro vértices no mesmo ponto nas juntas verticais das chapas, sendo ideal também que as juntas das placas não coincidam com as juntas dos painéis. A fixação é feita com parafusos pronta broca, cabeça autoescariante, pois evitam que o parafuso faça rosca na placa e facilita a instalação (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

FIGURA 23 – Fechamento externo com placas cimentícias.



Fonte: BORTOLOTTI (2015, p. 64).

O revestimento externo também pode receber a aplicação de materiais de acabamento, como pastilhas, pedras, ou até mesmo reboco e pintura (CAMPOS, 2012 *apud* OLIVEIRA, 2013).

2.5.4.2 Isolantes térmicos e acústicos

As paredes do sistema construtivo *Light Steel Framing* são em sua maioria ocas. O colchão de ar formado entre os perfis de aço galvanizado e as chapas de fechamento garante um melhor desempenho acústico e térmico. Portanto, em muitos ambientes faz-se necessário um tratamento de melhor qualidade (CAMPOS, 2014).

Sendo assim, podem ser instalados três tipos de materiais com características térmicas e acústicas, como a lã de rocha, lã de vidro e lã de pet. A densidade e a espessura do material dependerão do nível de isolamento desejado (CAMPOS, 2014).

A montagem desse isolamento é feita logo depois da execução de uma das faces do fechamento. O isolamento é fornecido em rolos, que são cortados e instalados entre os montantes. Logo após, continua a instalação da segunda face do fechamento, pois esse material possui grande sensibilidade às intempéries e à poeira (SANTIAGO, 2008). A FIG 24 apresenta os exemplos de isolantes termoacústicos.

FIGURA 24 – Isolantes térmicos da esquerda para direita: lã de pet, lã de vidro e lã de rocha.



Fonte: CAMPOS (2014, p. 96)

2.5.4.3 Fechamento interno

Para os fechamentos internos das paredes do sistema em LSF podem-se utilizar as mesmas placas usadas nos fechamentos externos, porém o gesso acartonado é o material mais indicado e utilizado (CAMPOS, 2012 *apud* OLIVEIRA, 2013).

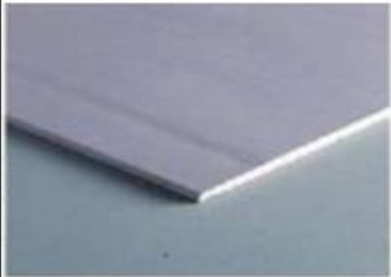
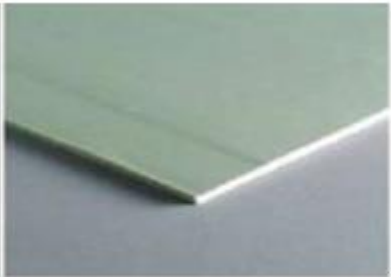
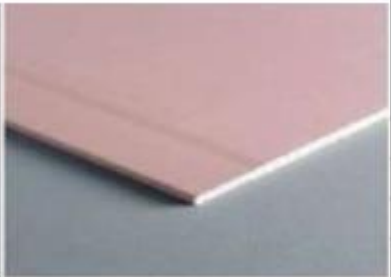
As chapas de gesso acartonado são vedações leves, pois não possuem função estrutural, suportam apenas o peso dos fechamentos, revestimentos e de peças fixadas nas paredes, porém permitem composições de acordo com as necessidades de resistência à umidade, fogo e isolamento acústico (FREITAS; CRASTO, 2006).

De acordo com Campos (2012), podem-se encontrar no mercado brasileiro três tipos diferentes de placa de gesso:

- Placas comuns, utilizadas em ambientes internos sem umidade e presença de água, como quartos e salas. Essas chapas possuem coloração levemente acinzentadas, sendo a cor natural do cartão;
- Placas resistentes à umidade, utilizadas em ambientes úmidos e molháveis, como banheiros e cozinhas. Essas placas possuem coloração esverdeada;
- Placas resistentes ao fogo, utilizadas em ambientes que necessitem um tempo maior para o abandono do edifício no caso de algum incêndio. São identificadas como placa rosa e compostas por um material rígido que resiste ao fogo por até 2 horas.

As placas de gesso acartonado (FIG. 25) são industrializadas e constituídas de uma combinação de gesso, água e aditivos, revestidas em ambos os lados com lâminas de cartão, que proporcionam resistência à tração e flexão ao gesso (FREITAS; CRASTO, 2006).

FIGURA 25 – Tipos de placas de gesso e suas características.

		
CHAPA STANDARD PARA ÁREAS SECAS	CHAPA RESISTENTE À UMIDADE PARA ÁREAS ÚMIDAS	CHAPA RESISTENTE AO FOGO PARA ÁREAS SECAS
ESPESSURA (mm): 6,4 - 9,5 - 12,5	ESPESSURA (mm): 12,5	ESPESSURA (mm): 12,5
LARGURA (m): 0,6 (FGA) - 1,2	LARGURA (m): 1,2	LARGURA (m): 1,2
COMPRIMENTO (m): 1,8 ou 2,4	COMPRIMENTO (m): 1,8 ou 2,4	COMPRIMENTO (m): 2,4

Fonte: DRY MAXX (2014) apud BORTOLOTTI (2015 p. 66).

“Podem ser aplicados sobre as placas gesso revestimentos usuais como cerâmica, pintura e textura entre outros usualmente aplicados na construção civil convencional” (CAMPOS, 2012 apud OLIVEIRA, 2013, p. 31).

2.5.5 Instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias

As instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, para edificações com sistema construtivo *Steel Framing* são as mesmas utilizadas em edificações convencionais e apresentam o mesmo desempenho (CARVALHO JÚNIOR, 2010).

Assim, os materiais empregados e princípios de projeto também são os mesmos aplicados em edificações convencionais e portanto, as considerações para projeto, dimensionamento e uso das propriedades dos materiais não divergem do tratamento tradicional nessas instalações (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

É importante que os locais de passagem das instalações executadas nos *radiers* das fundações sejam bem locados, para não gerar problemas no alinhamento dos painéis e retrabalho para seu ajuste. A execução das instalações da estrutura deve ocorrer após a finalização completa da montagem das estruturas das paredes, lajes e coberturas, uma vantagem do sistema *Steel Framing* em relação às construções convencionais que

normalmente são instaladas antes das vigas e das lajes (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

O sistema oferece fácil manutenção de todas as instalações, ele permite que se instale uma tubulação de um ponto ao outro da parede, sem transtornos, com rapidez e mantendo o local limpo, o que não ocorre no método tradicional, onde gera resíduos dos materiais e é necessário à reconstituição do reboco e do acabamento de parede. A recomposição da parede de *Steel Framing*, cortada para a passagem da tubulação, pode ser feita com a mesma placa de revestimento que foi removida, sem geração de resíduo ou gasto com novo material (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008). A FIG. 26 mostra um exemplo das instalações do sistema.

FIGURA 26 – Instalações hidrossanitária e elétrica sendo executadas.



Fonte: CAMPOS (2014 p. 94).

2.5.6 Tratamento de Juntas e Revestimento

Segundo Júnior (2014), é necessário realizar o tratamento de juntas das placas cimentícias. Esse tratamento é feito com fita de fibra de vidro e com massa pré-fabricada que enrijece e sela a região das juntas. O processo de tratamento é feito com a aplicação de uma camada de massa pré-fabricada, seguida da colocação da fita de vidro e, posteriormente mais uma camada de massa.

Após o tratamento de juntas, realiza-se o mesmo procedimento para o revestimento de toda a superfície da placa cimentícia, aplicando a tela de fibra de vidro, seguida de duas demãos de massa pré-fabricada. O acabamento final se assemelha a um reboco (JÚNIOR, 2014). A FIG. 27 mostra o tratamento de juntas e o revestimento.

FIGURA 27 – Acabamento com fita, tela e massa sobre as placas cimentícias.



Fonte: JÚNIOR (2014 p.105).

2.6 Comparativo ressaltando vantagens e desvantagens da utilização do sistema LSF

O sistema *Light Steel Framing* apresenta vantagens e desvantagens em relação ao método construtivo convencional, que são necessários para conhecimento, aceitação e melhor utilização do sistema. Esse sistema construtivo é eficiente, rápido, leve e sustentável, portanto o LSF torna-se uma boa opção no mercado da construção civil (CRASTO, 2005).

A primeira vantagem é na fundação do sistema em LSF. O sistema convencional representa entre 10% e 15% do custo total da obra, podendo atingir valores maiores dependendo do terreno. Já no sistema LSF, a fundação representa somente entre 5% e 7% do custo total da obra, não encarecendo em terrenos acidentados. Com isso, no sistema LSF a diminuição do carregamento na fundação possibilita um barateamento devido ao baixo peso da estrutura metálica (CBCA, 2016 *apud* PINTO, 2016).

A estrutura do método convencional é em concreto armado e a qualidade é determinada por fatores inconstantes como mão de obra, temperatura, umidade do ar e matéria-prima. No sistema industrializado, a estrutura é de aço galvanizado, produto com certificação internacional e com rigorosos controles de qualidade, garantindo durabilidade para o sistema (BORTOLOTTI, 2015).

“No sistema convencional as paredes, portas e janelas tem precisão em centímetros, e no LSF a precisão é em milímetros” (BORTOLOTTI, 2015, p. 92).

O sistema em estudo permite a execução das instalações com o mínimo de transtorno, pouco desperdício e inspeção dos serviços concluídos. A recomposição da parede em *steel framing* pode ser feita com a mesma parte da placa removida, sem geração de resíduos ou

gasto com novo material. Na alvenaria, as paredes precisam ser quebradas, gerando resíduos, desperdício de material e gasto com novo material, sendo necessária a reconstituição do reboco e do acabamento (TERNI; SANTIAGO; PIANHERI, 2008).

A construção com o método convencional gera um canteiro de obras sujo e com grande manutenção de limpeza, e o LSF possui um canteiro limpo e organizado (BORTOLOTTI, 2015).

O isolamento térmico no sistema de alvenaria é mínimo, pois permite facilmente a passagem de calor pelas paredes, aumentando o custo de manutenção da temperatura. No LSF o isolamento térmico é máximo em virtude da camada isolante aplicada entre as paredes e forro (BORTOLOTTI, 2015).

Outra vantagem que podemos destacar é “o aumento da produtividade, através da rapidez de execução e do menor emprego de mão de obra existente no LSF, representa cerca de 50% de redução de tempo no canteiro de obra” (OLIVEIRA, 2013, p. 39).

Dessa forma, o controle do processo produtivo, a redução nos prazos e o fim do desperdício de material reduzem os custos entre 20% e 30% em relação ao sistema construtivo convencional (BEVILAQUA, 2015).

De acordo com Bezerra (2013), outra vantagem é a promoção da sustentabilidade que vem sendo cobrada da construção civil, pois é o ramo que mais causa impactos ambientais, desde a geração de resíduos sólidos até modificações no comportamento da natureza nas áreas em que as obras são executadas. Dessa forma, o sistema aparece como uma boa alternativa, que permite construir com qualidade, sem desperdício e com preocupação ambiental.

Assim como em todo o sistema construtivo, o *Light Steel Framing* também apresenta desvantagens. A primeira que se pode destacar é a questão cultural, as habitações construídas nos sistemas industrializados não foram muito aceitas pela população por estarem acostumadas com o sistema convencional, e com isso não confiam num sistema que não possua as mesmas características de solidez do sistema convencional, de certa forma o mercado consumidor duvida da resistência da estrutura pelo fato de usar materiais leves (OLIVEIRA, 2013).

Outra desvantagem é a ausência de mão de obra qualificada nas diversas regiões do país, impossibilitando a difusão do sistema em todo o território nacional. Dessa forma, o sistema carece de adequações para melhoria de seu desempenho (CAMPOS, 2014)

3 CONCLUSÃO

O sistema LSF é uma importante alternativa para o setor da construção civil, que vem apresentando um crescimento notável no país em virtude das vantagens que o mesmo apresenta em relação ao sistema construtivo convencional, sendo considerado uma ponte para o desenvolvimento tecnológico.

No Brasil, atualmente, há uma grande preocupação com relação à sustentabilidade nos diversos ramos da sociedade, no sentido de preservação dos recursos naturais existentes, utilizados em grande escala até hoje na construção civil, gerando grande volume de resíduos que são depositados de forma incorreta no meio ambiente, contribuindo para o impacto ambiental.

Neste contexto, o sistema *Light Steel Framing* aparece como solução inovadora, que permite controlar a utilização e minimizar o desperdício dos materiais, gerando ganhos de produtividade pela construção rápida e consequentemente, a redução dos impactos ambientais e dos custos na produção.

A construção em aço e suas diversas aplicações com o uso de sistemas industrializados são alternativas que garantem a evolução do conceito de qualidade, racionalidade e economia no processo da construção civil no Brasil.

Com base nos benefícios que o LSF proporciona, pode-se concluir que o mesmo poderá se tornar uma tendência e um diferencial em edificações e, futuramente, estabelecer-se como sistema construtivo amplamente utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15253**. Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 6355**. Perfis estruturais de aço formados a frio – Padronização. Rio de Janeiro, 11/2012.

BATTISTELLA, F. B. **Light Steel Framing**: uso da estrutura de aço como tecnologia construtiva. 2011. 101 f. Monografia (Departamento de Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2011.

BEVILAQUA, R. **Estudo comparativo do desempenho estrutural de prédios estruturados em perfis formados a frio segundo os sistemas aporticado e Light Steel Framing**. 2005. 225 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

BEZERRA, B. R. **Estudo de caso**: utilização do “*Light Steel Framing*” nas construções Mossoroenses. 2013. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Ciências Exatas, Tecnológica e Humanas) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2013.

BORTOLOTO, A. L. K. **Análise de viabilidade econômica do método Light Steel Framing para construção de habitações no município de Santa Maria-RS**. 2015. 101 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Departamento de Engenharia Civil) – Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

CAMPOS, P. F. **Light Steel Framing**: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. 2014. 198 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6.ed.rev.ampl. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 498 p. v. 2

JUNIOR, Roberto de Carvalho. **Instalações elétricas e o projeto de arquitetura**. 2.ed.rev.atual. São Paulo: Blucher, 2010. 220 p.

CHING, Francis D. K. **Técnicas de construção ilustrada**. 4.ed. Rio Grande do Sul: Bookman, 2010. 100 p.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light steel framing**. 2005. 231 f. Dissertação (Mestrado em Construções Metálicas) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. **Steel framing**: arquitetura. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia / Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2006. 121 p.

GOMES, C. E. M. *et al.* **Light steel frame**: construção industrializada a seco para habitações populares – práticas sustentáveis. Curitiba: Elecs, 2013. 09 p.

JÚNIOR, G. V. B. A. **Sistema construtivo em light steel framing**: acompanhamento de uma obra residencial. 2014. 124 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências sociais Aplicadas, Brasília, 2014.

MAGALHÃES, R. F. **Edificações em light steel frame isoladas externamente com EIFS**: avaliação de desempenho térmico pela NBR 15.575/2013. 2013. 92 f. Trabalho de Diplomação (Departamento de Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

OLIVEIRA, J. P. B. **Otimização de processos construtivos através de inserção de novas tecnologias na indústria da construção civil**: vantagens da aplicação do sistema *Light steel Framing* em residências. 2013. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

PINTO, J. C. C. C. **Análise comparativa da execução de obra de edificação utilizando estrutura de concreto pré-fabricada**. 2016. 119 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e análise comparativa de custos de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e light steel framing**. 2013. 47 f. Trabalho de Diplomação (Departamento de Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SANTIAGO, A. K. **O uso do sistema Light Steel Framing associado a outros sistemas construtivos como fechamento vertical externo não estrutural**. 2008. 168 f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

TERNI, A. W; SANTIAGO, A. K; PIANHERI, J. Casa de *steel frame* – instalações. **PINI - Técnica**, São Paulo, 141, p. 61-64, dez. 2008.

_____. *Steel framing* - fechamento. **PINI - Técnica**, São Paulo, 139, p. 77-80, out. 2008.

VELOSO, D. D. A; LOPES, F. D. R. **Fundações**: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 568 p.