

FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANIELLE MACIEL DE OLIVEIRA  
DIEGO FERREIRA LOPES

**ALVENARIA CONVENCIONAL X *LIGHT STEEL FRAMING***

DOCTUM – CARATINGA

2014

FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANIELLE MACIEL DE OLIVEIRA  
DIEGO FERREIRA LOPES

## **ALVENARIA CONVENCIONAL X *LIGHT STEEL FRAMING***

Monografia apresentada à banca examinadora do Curso de Engenharia Civil, do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como requisito parcial de obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do(a) Professor(a) Camila Alves da Silva.

DOCTUM – CARATINGA

2014

DANIELLE MACIEL DE OLIVEIRA  
DIEGO FERREIRA LOPES

## **ALVENARIA CONVENCIONAL X *LIGHT STEEL FRAMING***

Monografia submetida à comissão examinadora designada pelo Curso de graduação em Engenharia Civil como requisito para obtenção de grau de bacharel.

---

Professora Camila Alves da Silva

Orientador (a)

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

---

Professor João Moreira de Oliveira Júnior

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

---

Professor Sérgio Alves dos Reis

Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Caratinga, 27 de Novembro de 2014.

Agradecemos a Deus primeiramente, por ter nos dado força e perseverança. Aos nossos pais pela confiança e incentivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos em primeiro lugar a Deus que iluminou nosso caminho durante esta caminhada.

Aos nossos familiares pelo carinho e apoio, não mediram esforços para que concluíssemos mais esta etapa da vida.

À professora Camila Silva pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia.

Ao professor Doutor Francisco Carlos Rodrigues pela sua atenção e generosidade.

Ao professor e coordenador do curso João Moreira e os demais professores, que foram tão importantes na nossa vida acadêmica.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o enriquecimento deste trabalho, o nosso muito obrigado.

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Alvenaria Convencional.....	16
Figura 2: Vigas baldrame .....	17
Figura 3: Fechamento vertical com bloco cerâmico vazado .....	18
Figura 4: Telhado em telha cerâmica .....	19
Figura 5: instalações elétricas e hidrossanitárias: Alvenaria convencional.....	20
Figura 6: Estrutura de uma Residência em Light Steel Framing.....	24
Figura 7: Desenho esquemático de uma Residência em Light Steel Framing .....	26
Figura 8: Laje radier .....	31
Figura 9: Corte detalhado de fundação sapata corrida. ....	32
Figura 10: Detalhe esquemático de ancoragem de painel estrutural a uma laje radier. ....	33
Figura 11: Transmissão da carga vertical à fundação.....	35
Figura 12: Painel cuja modulação é de 200 mm devido à carga de caixa d'água. ....	36
Figura 13: Estrutura de piso em Light Steel Framing. ....	37
Figura 14: Desenho esquemático de laje úmida. ....	38
Figura 15: Desenho esquemático de laje seca. ....	39
Figura 16: Estrutura do telhado com placas de OSB como substrato de apoio.....	41
Figura 17: Fechamento externo em Placas de OSB. ....	43
Figura 18: Fechamento externo com Placas Cimentícias.....	44
Figura 19: Fechamento externo com Placas de Gesso acartonado.....	45
Figura 20: Instalação de lâ de vidro em painel.....	46
Figura 21: Fixação dos Painéis com parafusos estruturais.....	48
Figura 22: Instalação hidrossanitária.....	50
Figura 23: Instalação elétrica e hidráulica fixada nos painéis de aço galvanizado. ....	51
Figura 24: Projeto – Planta Baixa.....	54

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Revestimento mínimo.....	27
Tabela 2: Perfis especiais e utilização .....	28
Tabela 3: Comparação de custo por m <sup>2</sup> e custo total entre o LSF e Alvenaria Convencional .	55
Tabela 4: CUB/m <sup>2</sup> - NBR 12.721:2006 – Outubro / 2014 – Composição. ....	56

## RESUMO

Atualmente no Brasil, o sistema de construção mais utilizado é a Alvenaria Convencional, um sistema completamente artesanal que usa em sua construção tijolo cerâmico ou concreto, método esse caracterizado pela baixa produtividade, grande desperdício de materiais e maior probabilidade de conter vícios construtivos. Mas com o crescimento da população, surge a necessidade da busca por métodos mais rápidos de construção, que gerem menos desperdício e que ao mesmo tempo sejam ambientalmente sustentáveis.

Nesta perspectiva, um dos métodos de construção que abordar-se é o Sistema *Light Steel Framing (LSF)*, muito utilizado em países desenvolvidos e uma de suas características é a maior rapidez na execução.

Neste trabalho apresenta-se um projeto de uma residência em *Light Steel Framing* e analisa-se a viabilidade sócio/econômica na região de Caratinga – MG, demonstrando através de orçamentos e tabelas a comparação dos seus custos em relação ao Sistema Convencional.

**PALVRAS-CHAVES:** Alvenaria Convencional, *Light Steel Framing*, Sistemas Construtivos.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	8
INTRODUÇÃO.....	11
CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS .....	13
CAPÍTULO I – SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL E <i>LIGHT STEEL FRAMING</i> .....	15
1.1) SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL .....	15
1.1.1) CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA.....	15
1.1.2) PROCESSO CONSTRUTIVO EM ALVENARIA CONVENCIONAL: .....	17
1.1.2.1) FUNDAÇÕES.....	17
1.1.2.2) FECHAMENTO VERTICAL.....	18
1.1.2.3) COBERTURA E TELHADO .....	19
1.1.2.4) INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS .....	20
1.1.2.5) ESQUADRIA E ACABAMENTO .....	20
1.2) SISTEMA CONSTRUTIVO <i>LIGHT STEEL FRAMING</i> .....	22
1.2.1) CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA.....	23
1.2.2) PERFIS DE AÇO FORMADOS A FRIO .....	26
1.2.3) MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO EM <i>LIGHT STEEL FRAMING</i> .....	29
1.2.4) PROCESSO CONSTRUTIVO EM <i>LIGHT STEEL FRAMING</i> .....	30
1.2.4.1) FUNDAÇÃO.....	30
1.2.4.2) PAINÉIS ESTRUTURAIS OU AUTOPORTANTES .....	33
1.2.4.3) LAJES .....	36
1.2.4.4) COBERTURA.....	39
1.2.4.5) FECHAMENTO VERTICAL E ACABAMENTO.....	41
1.2.4.6) LIGAÇÕES E MONTAGEM.....	46
1.2.4.7) INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS .....	49
1.2.5) VANTAGENS E DESVANTAGENS DO <i>LIGHT STEEL FRAMING</i> .....	52

CAPÍTULO II – ESTUDO DE CASO: COMPARATIVO DE CUSTO .....	54
CAPÍTULO III – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	57
CAPÍTULO IV – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS .....	59
ANEXOS .....	62

## INTRODUÇÃO

A fim de buscar métodos inovadores, e alternativas que possam melhorar o desenvolvimento habitacional do país, este trabalho de pesquisa vem apresentar a viabilidade de uma alternativa construtiva eficiente, sustentável e rápida, mas ainda pouco utilizada no Brasil, que é o chamado Sistema *Light Steel Framing*(LSF).

A construção convencional possui uma qualidade final indiscutível, com inúmeras possibilidades plásticas e uma aceitação geral da população devido à cultura tradicional do brasileiro. Mas, é uma forma antiga, um sistema completamente artesanal que tem maiores probabilidades de conter vícios construtivos (fora de nível, fora de esquadro ou fora de prumo), que oferece menor possibilidade de racionalização e possui maior possibilidade de improvisos sendo que todas as partes da construção em si são feitas no local da obra, tornando o processo consideravelmente mais demorado.

Sem contar muitas vezes com mão de obra especializada, o Sistema Convencional fica sujeito à perdas de tempo e material consideráveis, tanto por recortes mal feitos, como também pela necessidade muitas vezes de um retrabalho.

Tendo isso em vista, atualmente na construção civil tem-se a necessidade de se construir de maneira mais rápida e com menos desperdício considerando-se uma crescente conscientização sobre a importância da conservação do meio ambiente. E para que isso aconteça é extremamente importante que se busque alternativas construtivas mais eficazes e sustentáveis.

O *Light Steel Framing* é um sistema alternativo de construção que visa um menor custo, maior rapidez, alternativa mais sustentável, otimização do projeto e uma construção mais limpa, que tem como característica sua estrutura formada por perfis de aço galvanizado, utilizados para a composição de painéis estruturais e não estruturais, sendo assim um sistema construtivo com vários subsistemas como, fundação, isolamentos, fechamentos, instalações hidráulicas e elétricas.

Com base no tema abordado, o problema de pesquisa é apresentar à população a comparação entre dois sistemas construtivos, sendo um deles o *Light Steel Framing* uma alternativa proposta à maneira convencional de construir, com o objetivo de demonstrar através de orçamentos e tabelas a comparação dos seus custos, vantagens e desvantagens em relação à alvenaria convencional.

Sendo assim, a finalidade dessa pesquisa é verificar se é vantajosa a utilização do sistema *Light Steel Framing* como método construtivo na região de Caratinga – MG.

Neste contexto, este trabalho servirá de apoio tanto para profissionais do ramo da Engenharia Civil quanto para acadêmicos e a população, pois apresenta informações e comparações para a execução e utilização do método de construção *Light Steel Framing*.

O atual trabalho será composto por 04 (quatro) capítulos, sendo que, no primeiro capítulo serão apresentadas as características, definições, vantagens e desvantagens dos sistemas de construção convencional e do Sistema *Light Steel Framing*, e sua utilização no Brasil. No segundo capítulo será apresentado o Estudo de Caso referente aos dois métodos construtivos enfocando o custo de cada alternativa. No terceiro capítulo serão discutidos os resultados obtidos na avaliação do estudo de caso. O quarto capítulo dedica-se as conclusões e considerações finais acerca da utilização do sistema *Light Steel Framing* em Caratinga – MG como método de construção.

## CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

A construção convencional possui uma qualidade final indiscutível, com inúmeras possibilidades plásticas e uma aceitação geral da população devido à cultura tradicional do brasileiro.

A principal função de uma alvenaria é de estabelecer a separação entre ambientes, e principalmente à alvenaria externa que tem a responsabilidade de separar o ambiente externo do interno e para cumprir esta função deverá atuar sempre como freio, barreira e filtro seletivo, controlando uma série de ações e movimentos complexos quase sempre muito heterogêneos<sup>1</sup>.

Mas sem contar muitas vezes com mão de obra especializada e treinada, pode-se haver perda de material tanto por recortes mal feitos, como também pela necessidade muitas vezes de um retrabalho. O não planejamento detalhado de onde passarão as instalações hidráulica e elétrica, também contribui, dado que fendas em paredes, pisos ou forros resultam em material desperdiçado.

Mais recentemente, o desperdício na construção foi estudado por uma investigação bastante abrangente em nível nacional, onde foram pesquisados 85 canteiros de obras de 75 empresas construtoras em 12 estados, medindo o consumo e perdas relativos a 18 tipos de materiais e diversos serviços<sup>2</sup>.

Atualmente no ramo da construção civil no Brasil, devido ao déficit habitacional, surge a necessidade de se construir com mais rapidez e menos desperdício, por isso é importante que se busque novas alternativas construtivas mais eficientes, o *Light Steel Framing* é um alternativa que pode atender à essa necessidade.

Segundo Rodrigues (2006):

*Light Steel Framing (LSF)* é um sistema construtivo de concepção racionalizada, que vem passando por processo de aceitação e desenvolvimento no mercado da construção civil nacional. Trata-se de um sistema caracterizado pelo uso de perfis de aço galvanizado formados a frio, bastante esbeltos e que compõem sua estrutura. Esse sistema trabalha em conjunto com subsistemas leves (acabamento, cobertura,

---

<sup>1</sup> NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias** / Otávio Luiz do Nascimento. - Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2002. p 8. 54f.

<sup>2</sup> CILIANA. R.C; BAZZO. **W.A. Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS**. Disponível em: <<http://www.oei.es/salactsi/colombobazzo.htm>>. Acesso em: 08 de novembro de 2014.

etc.), também racionalizados, proporcionando uma construção industrializada, com grande rapidez de execução e a seco<sup>3</sup>.

Tem-se como marco de referência para o devido trabalho Rodrigues, Francisco Carlos (2006), segundo autor:

Um aspecto particular do LSF que o diferencia de outros sistemas construtivos tradicionais é sua composição por elementos ou subsistemas (estruturais, de isolamento, de acabamentos exteriores e interiores, de instalações, etc.) funcionando em conjunto. Seu emprego apresenta uma série de vantagens, tanto em relação à construção com madeira, tais como: redução no prazo de execução da obra; material estrutural mais leve em aço e com maior resistência à corrosão; durabilidade; maior precisão na montagem de paredes e pisos; desperdício e perda de material reduzido; custo reduzido; material 100% reciclável e incombustível; qualidade do aço garantida pelas siderúrgicas nacionais<sup>4</sup>.

Além disso, o Sistema Industrializado *Light Steel Framing* ganha em tempo, dado que módulos chegam semi-prontos, precisando apenas de montagem e acabamento, o que não é possível na alvenaria convencional. Mesmo o Brasil sendo um dos maiores produtores mundiais de aço, a utilização deste material em construções é pequeno se comparado com o potencial industrial brasileiro.

---

<sup>3</sup>RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel Framing: Engenharia. 2006.** IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006. (Série Manual da Construção Civil).

<sup>4</sup>RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia. 2006.** IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006. p10, 127f. (Série Manual da Construção Civil).

## CAPÍTULO I – SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL E *LIGHT STEEL FRAMING*

### 1.1) SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL

#### 1.1.1) CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

Neste trabalho o termo alvenaria convencional destina – se à construção com estrutura em concreto armado e com vedação em blocos cerâmicos vazados.

Estes blocos, cujas especificações estão estabelecidas na NBR-7171, são de emprego comum e técnica executiva de domínio público há muitos anos. Obtido a partir da queima de argilas, são facilmente encontrados em qualquer ponto do país, devido inclusive à facilidade de fabricação. Possuem variação volumétrica de valores considerados baixos ao absorver ou expelir água, além de baixa densidade e facilidade de manuseio, apresentando, ainda, custo competitivo<sup>5</sup>.

O método construtivo mais utilizado em edificações residenciais atualmente é a alvenaria de blocos cerâmicos vazados, considerado como o sistema principal para vedações, tanto interna quanto externa. A alvenaria consiste na utilização de elementos como argila ou concreto, com a finalidade de fechar um ambiente a fim de prover segurança, isolamento térmico e acústico à edificação.

Segundo Nascimento (2004) as propriedades das alvenarias consiste em:

- Resistência à umidade e aos movimentos térmicos;
- Resistência à pressão do vento;
- Isolamento térmico e acústico;
- Resistência à infiltrações de água pluvial;
- Controle da migração de vapor de água e regulação da condensação;
- Base ou substrato para revestimentos em geral;
- Segurança para usuários e ocupantes;
- Adequar e dividir ambientes<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias** / Otávio Luiz do Nascimento. - Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. p 10. 54f

<sup>6</sup> NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias** / Otávio Luiz do Nascimento. - Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. p 8. 54f

Ressalta-se que, o sistema construtivo convencional (figura 01) é constituído pela utilização de elementos como, concreto armado e blocos cerâmicos. O concreto armado é utilizado nas vigas, pilares e fundações, ou seja, elementos estruturais isolados responsáveis por transmitirem as cargas geradas pela estrutura, sendo que a laje transmite para as vigas, as vigas para os pilares, os pilares para a fundação e a fundação para o solo, já os blocos cerâmicos servem como vedação, separando um ambiente do outro, e compõem assim, a alvenaria convencional.

A principal função de uma alvenaria é de estabelecer a separação entre ambientes, e principalmente à alvenaria externa que tem a responsabilidade de separar o ambiente externo do interno e para cumprir esta função deverá atuar sempre como freio, barreira e filtro seletivo, controlando uma série de ações e movimentos complexos quase sempre muito heterogêneos<sup>7</sup>.



**Figura 1: Alvenaria Convencional**

**Fonte:** <http://alfamateriais.com/metodos-construtivo>, acesso em 10/11/2014

Mesmo sendo o método mais utilizado na construção de residências no Brasil até hoje, o sistema convencional apresenta deficiências. Por se tratar de um método artesanal, sua estrutura é totalmente moldada in loco e às vezes por não contar com mão de obra especializada, esse sistema acaba gerando uma perda de material, eficiência e tempo significativas em relação aos novos métodos de construção existentes no mercado atual.

---

<sup>7</sup> NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias** / Otávio Luiz do Nascimento. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2002. p 8. 54f.

Prudêncio (2013) ressalta que:

A preocupação com as questões ambientais e a necessidade de se buscar alternativas sustentáveis para a indústria da construção civil, demonstra que os processos construtivos devem ser racionalizados e mais eficientes. Entretanto, o método construtivo tradicional oferece limitações, pois alguns materiais dificilmente são reaproveitados após sua vida útil, além da produção de blocos cerâmicos e cimento serem extremamente nocivas ao meio ambiente<sup>8</sup>.

## 1.1.2) PROCESSO CONSTRUTIVO EM ALVENARIA CONVENCIONAL:

### 1.1.2.1) FUNDAÇÕES

Fundação tipo rasa, a profundidade não ultrapassa 2,5 m, usa-se vigas baldrame (figura 02) em casos de terrenos firmes, locais onde serão erguidas as paredes e sapatas isoladas onde houver pilares.



Figura 2: Vigas baldrame

Fonte: [www.construfacilrj.com](http://www.construfacilrj.com), acesso em 20/11/2014.

---

<sup>8</sup> PRUDÊNCIO, Marcus Vinícius Martins Vargas. **Projeto e Análise Comparativa de Custo de uma Residência Unifamiliar Utilizando os Sistemas Construtivos Convencional e Steel Framing**. Campo Mourão, 2013. p14, 47f.

Marangon (2009) define a Fundação em Superfície Rasa, Direta ou Superficial como:

Fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominante pelas pressões distribuídas sob a base da fundação e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação; compreende as sapatas, os blocos, as sapatas associadas, os “radiers” e as vigas de fundação<sup>9</sup>.

### 1.1.2.2) FECHAMENTO VERTICAL

Estrutura em concreto armado, colunas e vigas, para fechamento e vedação usam - se as paredes internas e externas de vedação em blocos cerâmicos vazados (figura 03), revestimento externo e interno. Blocos cerâmicos vazados são mais usados atualmente devido à grande facilidade de fabricação e baixo custo. Os rasgos para embutir os encanamentos de água, eletricidade e tacos são grandes devido à fragilidade desse tipo de tijolo. De acordo com Lordsleem Jr. (2000), “a alvenaria com blocos cerâmicos utilizados no sistema convencional é caracterizada por elevados desperdício, deficiente padronização no processo de produção, ausência de fiscalização dos serviços e planejamento da execução”<sup>10</sup>.



**Figura 3: Fechamento vertical com bloco cerâmico vazado**

Fonte: <http://arci53.blogspot.com.br/2009/06/alvenaria-racionalizada.html>, acesso em 20/11/2014.

<sup>9</sup> MARANGON, Marcio. **Geotecnia de Fundações. Vol. 01 – Sub-solo/Fundações rasas**. Juiz de Fora, 2009. p87, 145f.

<sup>10</sup> LORDSLEEM JÚNIOR, Alberto C. **Execução e inspeção de alvenaria racionalizada**. 1nd Ed. São Paulo: O Nome da Rosa editora, 2000. 103p, il. (Primeiros passos da qualidade no canteiro de obras).

### 1.1.2.3) COBERTURA E TELHADO

A principal função dos sistemas de cobertura segundo Silva (2005) é “proteger a edificação contra a ação das intempéries, tais como chuva, vento, raios solares, neve e também impedir a penetração de poeiras e ruídos no seu interior”<sup>11</sup>. Moliterno (2011) ressalta que “a origem do nome telhado provém do uso das telhas, mas nem todo o sistema superior de um edifício, obrigatoriamente, constitui-se num telhado como, por exemplo, lajes com espelho d’água, terraços e jardins suspensos”<sup>12</sup>. A figura 04 mostra a estrutura de um telhado em madeira e telhas cerâmicas.



**Figura 4: Telhado em telha cerâmica**

Fonte: [https://antonioesonia.files.wordpress.com/2010/10/04\\_telhado2.jpg](https://antonioesonia.files.wordpress.com/2010/10/04_telhado2.jpg), acesso em 20/11/2014.

O autor supracitado, destaca ainda que as coberturas compõem-se de duas partes principais:

- Cobertura – podendo ser de diversos materiais, desde que impermeáveis às águas pluviais e resistentes à ação do vento e intempéries. A cobertura pode ser de telhas cerâmicas, telhas de concreto (planas ou capa e canal) ou de chapas onduladas de fibrocimento, aço galvanizado, madeiraaluminizada, PVC e fiberglass. As telhas de ardósia e chapas de cobre foram praticamente banidas da nossa arquitetura.
- Armação – corresponde ao conjunto de elementos estruturais para sustentação da cobertura, tais como: ripas, caibros, terças, tesouras e contraventamentos. As estruturas que compõem a armação dos telhados podem ser totalmente ou parcialmente executadas em madeira, aço, alumínio ou concreto armado<sup>13</sup>.

<sup>11</sup> SILVA, Luciano Segundo da. **EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE COBERTURAS UTILIZADOS NO BRASIL**. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo 2005. p7, 109f.

<sup>12</sup> MOLITERNO, Antônio. **Caderno de Projetos de Telhados em Estrutura de Madeira** – Ed. Blucher, São Paulo, 2011.

<sup>13</sup> MOLITERNO, Antônio. **Caderno de Projetos de Telhados em Estrutura de Madeira** – Ed. Blucher, São Paulo, 2011.

#### 1.1.2.4) INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS

Instalações elétricas e Hidrossanitárias (figura 05) embutidas na alvenaria. O sistema convencional gera bastante entulho devido à quebra de blocos vazados da estrutura, sendo que, as paredes são normalmente erguidas e depois rasgadas para receberem a tubulação. De acordo com Hass e Martins (2011), “o não planejamento detalhado de onde passarão as instalações, hidráulica e elétrica, também contribui, dado que fendas em paredes, pisos ou forros resultam em material desperdiçado”<sup>14</sup>.



**Figura 5: instalações elétricas e hidrossanitárias: Alvenaria convencional**

**Fonte: KLEIN E MARONEZI (2013)**

#### 1.1.2.5) ESQUADRIA E ACABAMENTO

Para que a produção das esquadrias seja mais eficaz, é necessário que a construção da alvenaria seja controlada em relação à qualidade, pois se as medidas dos vãos forem mais precisas, a instalação das esquadrias se torna mais rápida. Figueiró (2009) destaca que “nas portas pode-se optar pela utilização de batentes metálicos que facilitam a elevação da alvenaria, pois servem de gabarito, mas não permite a utilização do “kit” porta pronta”.

<sup>14</sup> HASS, Deleine Christina Gessi. **Viabilidade Econômica do Uso do Sistema Construtivo Steel Frame como Método Construtivo para Habitações Sociais** / Christina GessiDeleineHass, Louise Floriano Martins. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CURITIBA, Curitiba 2011. p14, 42f.

Thomaz, Filho, Cleto e Cardoso (2009) complementam que “as esquadrias de alumínio podem ser fixadas na alvenaria por meio de grapas aparafusadas ou rebitadas nos marcos”<sup>15</sup>.

Para Thomaz, Filho, Cleto e Cardoso (2009):

A fixação de marcos em madeira, de portas ou de janelas, pode ser feita com tacos de madeira tratada ou naturalmente resistente à umidade, previamente embutidos na alvenaria. No caso das portas, os marcos podem ser fornecidos com os tacos de madeira previamente aparafusados nos montantes, devendo-se deixar na alvenaria dentes para que esses tacos sejam posteriormente chumbados com argamassa no traço 1:3 ou 1:4 (cimento e areia, em volume). Os tacos devem ser isentos de defeitos como rachaduras ou nós, apresentando dimensões aproximadas de 5 cm x 9 cm x 9cm, com reentrâncias centrais formando uma espécie de cintura<sup>16</sup>.

Em relação ao acabamento de uma determinada construção, segundo Pinho (2010) “as paredes de alvenaria convencional requerem a aplicação do chapisco e o reboco para depois ser feito o acabamento final”<sup>17</sup>. De acordo com Nascimento (2004) “diversos são os materiais para acabamento final da edificação, sendo que os mais utilizados são: placas cerâmicas, placas de rocha e pintura”<sup>18</sup>. Ressalta-se que o acabamento não tem somente a função estética mas também de proteger a alvenaria.

Entretanto, mesmo apresentando vantagens em sua aplicação, o sistema construtivo convencional no Brasil ainda se encontra num nível inferior em relação ao método *Light Steel Framing*, sendo necessário aumentar o padrão de industrialização e racionalização dos seus processos.

---

<sup>15</sup> THOMAZ, Erico. **Código de práticas nº 01: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos** / Erico Thomaz, Claudio Vicente Mitidieri Filho, Fabiana da Rocha Cleto, Francisco Ferreira Cardoso. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009. p51, 65f.

<sup>16</sup> THOMAZ, Erico. **Código de práticas nº 01: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos** / Erico Thomaz, Claudio Vicente Mitidieri Filho, Fabiana da Rocha Cleto, Francisco Ferreira Cardoso. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009. p51, 65f.

<sup>17</sup> PINHO, Dino de Tarso Pinheiro e. **Sistema Construtivo parede de concreto – um estudo de caso**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza 2010. p08, 43f.

<sup>18</sup> NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias** / Otávio Luiz do Nascimento. - Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2002. p 8. 54f.

## 1.2) SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAMING*

*Light Steel Framing* é um método construtivo que vem da construção em *Wood Framing* que quer dizer Estrutura em Madeira.

De acordo com Rodrigues (2006):

A história do *Framing* inicia-se entre 1810, quando nos Estados Unidos começou a conquista do território, e 1860, quando a migração chegou à costa do Oceano Pacífico. Naqueles anos, a população americana se multiplicou por dez e, para solucionar a demanda por habitações, recorreu-se à utilização dos materiais disponíveis no local (madeira), utilizando os conceitos de praticidade, velocidade e produtividade originados na Revolução Industrial (*Wood Framing*)<sup>19</sup>.

Segundo Hass e Martins (2011):

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, o aço era um material abundante e as empresas metalúrgicas haviam obtido grande experiência na utilização do metal devido ao esforço da guerra. Primeiro o aço foi utilizado em divisórias em edifícios com estruturas de ferro, o aço que é mais leve usado nessas divisórias passou a substituir a estrutura inteira das moradias. Em 1991, a madeira usada na construção subiu 80% em quatro meses o que levou muitos construtores a passar a usar o aço imediatamente<sup>20</sup>.

Os autores supracitados destacam que:

O Japão teve as primeiras construções em *LSF* após a Segunda Guerra Mundial quando foi necessária a reconstrução de 4 milhões de moradias destruídas devido à guerra. Devido a isso o Japão possui um mercado e uma indústria siderúrgica bastante desenvolvida em perfis de aço leve<sup>21</sup>.

*Light Steel Framing* significa em português Estruturas de Aço Leve. De acordo com Rodrigues (2006), “o conceito do sistema é dividir a estrutura em grandes quantidades de elementos estruturais, fazendo com que cada elemento resista a uma pequena parcela de carga

<sup>19</sup> RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia**. 2006. IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006. p10, 127f. (Série Manual da Construção Civil).

<sup>20</sup> HASS, Deleine Christina Gessi. **Viabilidade Econômica do Uso do Sistema Construtivo Steel Frame como Método Construtivo para Habitações Sociais** / Christina GessiDeleine, Louise Floriano Martins. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CURITIBA, Curitiba 2011. p17, 42f.

<sup>21</sup> HASS, Deleine Christina Gessi. **Viabilidade Econômica do Uso do Sistema Construtivo Steel Frame como Método Construtivo para Habitações Sociais** / Christina GessiDeleine, Louise Floriano Martins UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CURITIBA, Curitiba 2011. p17, 42f.

total aplicada”<sup>22</sup>. Pode-se definir então este sistema como um método de construção que é composto por um esqueleto estrutural de aço constituído por vários elementos ligados entre si, fazendo com que suportem as cargas geradas pela estrutura em conjunto.

De acordo com Rodrigues (2006):

Existem dois conceitos básicos relativos ao *LSF*: *FRAME* é o esqueleto estrutural projetado para dar forma e suportar a edificação, sendo composto por elementos leves – os perfis formados a frio (PFF) e *Framing* é o processo pelo qual se unem e vinculam esses elementos. Assim, podemos encontrar na bibliografia internacional as expressões *Light Steel Frame Housing* na Europa e *Residential Cold-Formed Steel Framing* nos Estados Unidos, referindo-se às residências construídas com painéis estruturados com perfis de aço com revestimento metálico, formado a frio<sup>23</sup>.

### 1.2.1) CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA

O *Light Steel Framing* é um sistema constituído principalmente por perfis de aço galvanizado formados a frio, segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012):

O *Light Steel Framing* (LSF), assim conhecido mundialmente, é um sistema construtivo de concepção racional, que tem como principal característica uma estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado que são utilizados para a composição de painéis estruturais e não estruturais, vigas secundárias, vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes. Por ser um sistema industrializado, possibilita uma construção a seco com grande rapidez de execução. Assim, devido a essas características, o sistema *Light Steel Framing* também é conhecido por Sistema Autoportante de Construção a Seco<sup>24</sup>.

Assim, o LSF não se constitui apenas pela sua estrutura, ele abrange outros subsistemas de acordo com o manual de Procedimento da CONSULSTEEL (2002):

Como um sistema destinado a construção de edificações, ele é um composto por vários componentes e subsistemas. Esses subsistemas são, além de estrutural, de fundação, de isolamento termo acústico, de fechamento interno e externo, de instalações elétricas e hidráulicas<sup>25</sup>.

<sup>22</sup> RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia. 2006.** IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006. 127f. (Série Manual da Construção Civil)

<sup>23</sup> RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia. 2006.** IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006. p10, 127f. (Série Manual da Construção Civil)

<sup>24</sup> SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012. p12, 151f.

<sup>25</sup> CONSULSTEEL. **Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento.** Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM.

A figura 06 mostra a estrutura de uma residência em *Light Steel Framing*.



**Figura 6: Estrutura de uma Residência em Light Steel Framing**

**Fonte: LML Estruturas Metálicas**

Mas para que o sistema atenda todas as funções para o qual foi projetado é preciso que os projetos sejam feitos por profissionais especializados da área, que estejam de alguma forma interligados uns com os outros e haja um planejamento geral da obra utilizando materiais corretos e mão de obra adequada, influenciando assim na redução do tempo de construção e na qualidade final da obra.

De acordo com Hass e Martins (2011) o sistema de construção em aço apresenta algumas características significativas em relação ao método convencional:

- Maior área útil: as seções dos pilares e vigas de aço são substancialmente mais esbeltas do que as equivalentes em concreto, resultando em melhor aproveitamento do espaço interno e aumento da área útil;
- Flexibilidade: a estrutura em aço mostra-se especialmente indicada nos casos onde há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de água, ar-condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia, informática, etc.;
- Menor prazo de execução: a fabricação da estrutura em paralelo com a execução das fundações, a possibilidade de se trabalhar em diversas frentes de serviços simultaneamente, a diminuição de formas e escoramentos e o fato da montagem da estrutura não ser afetada pela ocorrência de chuvas, pode levar a uma redução de até 40% no tempo de execução quando comparado com os processos convencionais<sup>26</sup>;

---

<sup>26</sup> HASS, Deleine Christina Gessi. **Viabilidade Econômica do Uso do Sistema Construtivo Steel Frame como Método Construtivo para Habitações Sociais** / Christina GessiDeleine, Louise Floriano

Hass e Martins (2011) destacam também características como “a racionalização de materiais e mão de obra favorecida pela industrialização do sistema de estruturas em aço”<sup>27</sup>.

Os autores mencionados ainda ressaltam:

- Alívio de carga nas fundações: por serem mais leves, as estruturas em aço podem reduzir em até 30% o custo das fundações;
- Garantia de qualidade: a fabricação de uma estrutura em aço ocorre dentro de uma indústria e conta com mão de obra altamente qualificada;
- Organização do canteiro de obras: como a estrutura em aço é totalmente pré-fabricada, há uma melhor organização do canteiro devido à ausência de grandes depósitos de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens, reduzindo também o inevitável desperdício desses materiais;
- Reciclabilidade: o aço é 100% reciclável e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas com menor geração de rejeitos;
- Preservação do meio ambiente: a estrutura em aço é menos agressiva ao meio ambiente, pois além de reduzir o consumo de madeira na obra, diminui a emissão de material particulado e poluição sonora geradas pelas serras e outros equipamentos destinados a trabalhar a madeira<sup>28</sup>;

Sendo assim, essas características facilitam no controle de qualidade da produção em toda sua estrutura, devido ao uso de mão de obra qualificada, a utilização de materiais industrializados respeitando as normas de qualidade pertinentes, facilitando também o processo e o gerenciamento da obra à ser executada.

Rodrigues (2006) ressalta que:

Um aspecto particular do LSF que o diferencia de outros sistemas construtivos tradicionais é sua composição por elementos ou subsistemas (estruturais, de isolamento, de acabamentos exteriores e interiores, de instalações, etc.) funcionando em conjunto. Seu emprego apresenta uma série de vantagens, tanto em relação à construção convencional quanto em relação à construção com madeira, tais como: redução do prazo de execução da obra; material estrutural mais leve em aço e com maior resistência à corrosão; durabilidade; maior precisão na montagem de paredes e pisos; desperdício e perda de material reduzidos; custo reduzido; material 100% reciclável e incombustível; qualidade do aço garantida pelas siderúrgicas nacionais<sup>29</sup>.

---

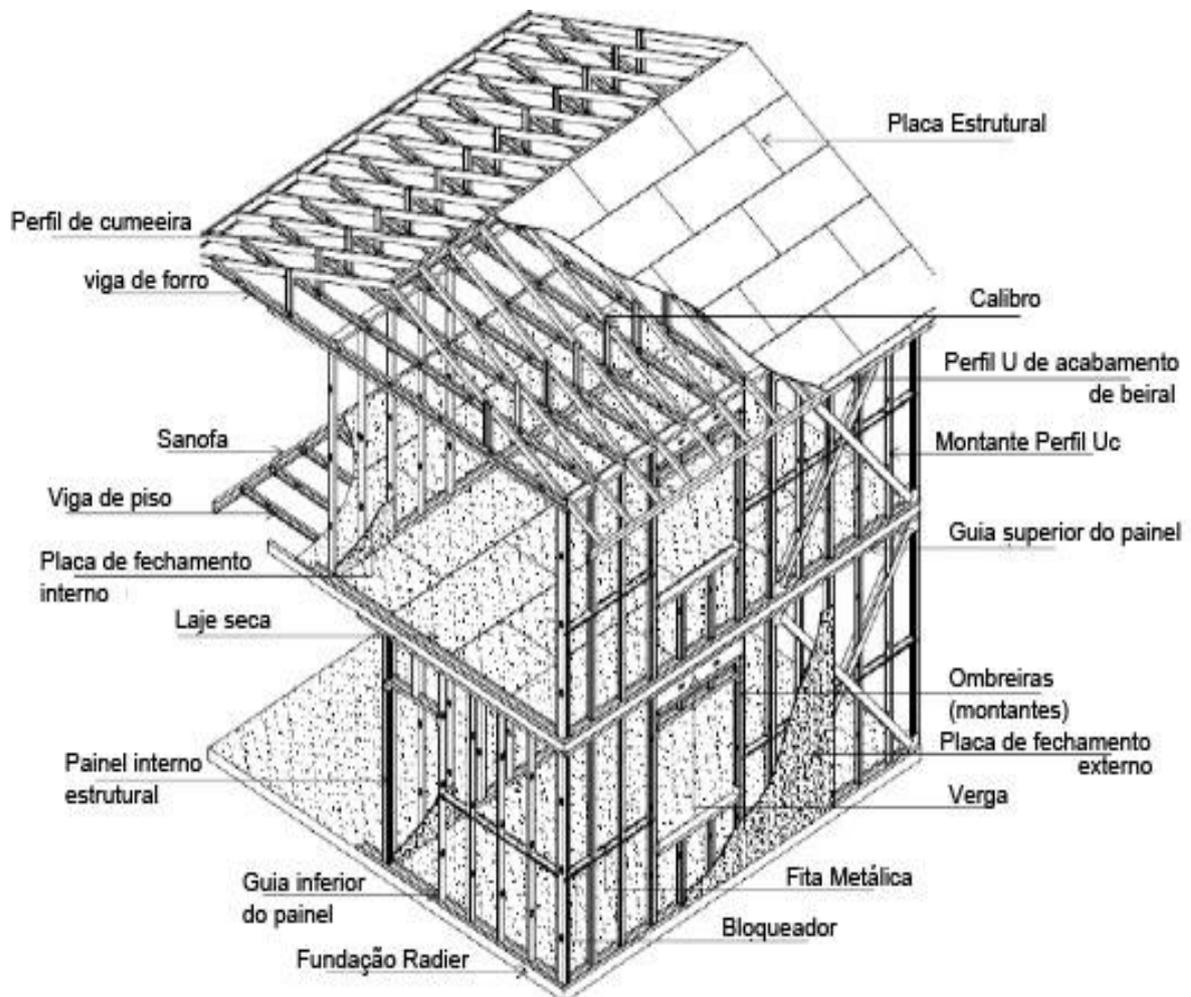
Martins. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CURITIBA, Curitiba 2011. p19, 42f.

<sup>27</sup> HASS, Deleine Christina Gessi. **Viabilidade Econômica do Uso do Sistema Construtivo Steel Frame como Método Construtivo para Habitações Sociais** / Christina Gessi Deleine, Louise Floriano Martins. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CURITIBA, Curitiba 2011. p20, 42f.

<sup>28</sup> HASS, Deleine Christina Gessi. **Viabilidade Econômica do Uso do Sistema Construtivo Steel Frame como Método Construtivo para Habitações Sociais** / Christina Gessi Deleine, Louise Floriano Martins. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CURITIBA, Curitiba 2011. p20, 42f.

<sup>29</sup> RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia. 2006**. IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006. p10, 127f. (Série Manual da Construção Civil)

A Figura 07 mostra o esquema de uma Construção em *Light Steel Framing*, detalhando o sistema e os subsistemas desse método, para um entendimento mais fácil de sua estrutura.



**Figura 7: Desenho esquemático de uma Residência em Light Steel Framing**

Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012), p. 14.

No próximo subitem se apresenta os tipos de perfis de aço galvanizado formados a frio que são utilizados no sistema *Light Steel Framing* e como eles são obtidos.

### 1.2.2) PERFIS DE AÇO FORMADOS A FRIO

Os perfis de aço formado à frio ou galvanizado, são os que se utilizam na formação da estrutura desse sistema e são os principais responsáveis pela concepção do esqueleto das paredes autoportantes, sendo assim, esse esqueleto responsável por transmitir as cargas geradas pela estrutura para a fundação, pois, esse método não utiliza o conceito viga-pilar.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012):

Os perfis típicos para o uso em *Light Steel Framing* são obtidos por perfilagem a partir de bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio – zinco pelo processo contínuo de imersão a quente ou por eletrodeposição, conhecido como aço galvanizado<sup>30</sup>.

Os autores supracitados acrescentam que, “as seções mais comuns nas edificações em *Light Steel Framing* são as com formato em “C” ou “U” enrijecido (Ue) para montantes e vigas e o “U” que é usado como guia na base e no topo dos painéis”<sup>31</sup>.

De acordo com o PROJETO ABNT NBR 15253: 06/2014, “para a fabricação dos perfis estruturais formados a frio, devem ser empregadas bobinas de aço revestidas com zinco ou liga alumínio-zinco pelo processo contínuo de imersão a quente, conforme ABNT NBR 7008-1, ABNT NBR 7008-3 e ABNT NBR 15578”<sup>32</sup>.

A Tabela 1 apresenta as massas mínimas de revestimento para os perfis de acordo com o PROJETO ABNT NBR 15253: 06/2014

**Tabela 1: Revestimento mínimo**

**Fonte: PROJETO ABNT NBR 15253: 06/2014**

Tipo de revestimento	Perfis estruturais	
	Massa mínima do revestimento <sup>a</sup> g/m <sup>2</sup>	Designação do revestimento conforme as seguintes normas
Zincado por imersão a quente	275 (ABNT NBR 7008-1)	Z275 (ABNT NBR 7008-1)
Alumínio-zinco por imersão a quente	150 (ABNT NBR 15578)	AZ150 (ABNT NBR 15578)

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

<sup>30</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012. p22, 151f.

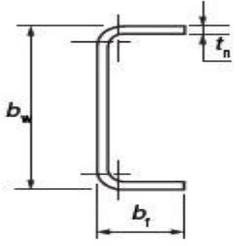
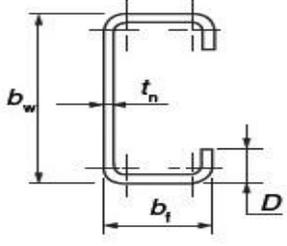
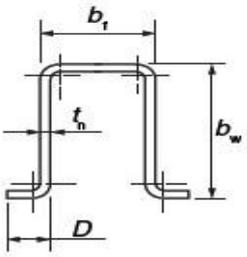
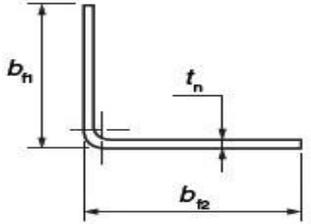
<sup>31</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012. p22, 151f.

<sup>32</sup>PROJETO ABNT NBR 15253: 06/2014. Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — Requisitos gerais.

Na tabela 02 mostra-se as designações e aplicações dos principais perfis formados a frio, que são adotados para o método em *Light Steel Framing*.

**Tabela 2: Perfis especiais e utilização**

**Fonte: PROJETO ABNT NBR 15253: 06/2014**

Seção transversal	Designação ABNT NBR 6355	Utilização
	<p>U simples <math>U\ b_w \times b_f \times t_n</math></p>	<p>Guia Ripa Bloqueador Sanefa Terça</p>
	<p>U enrijecido <math>Ue\ b_w \times b_f \times D \times t_n</math></p>	<p>Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga Terça Guia enrijecida (sistema com encaixes estampados)</p>
	<p>Cartola <math>Cr\ b_w \times b_f \times D \times t_n</math></p>	<p>Ripa</p>
	<p>Cantoneira de abas desiguais <math>L\ b_{f1} \times b_{f2} \times t_n</math></p>	<p>Cantoneira</p>

Conforme visto nas tabelas 01 e 02, os perfis apresentam características de resistência estrutural, proteção contra corrosão e outras que favorecem sua utilização no sistema construtivo *Light Steel Framing*.

### 1.2.3) MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO EM *LIGHT STEEL FRAMING*

Não há apenas uma forma de se construir com o LSF, segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), “há essencialmente três métodos de construção utilizando o *Light Steel Framing*: o Método “*Stick*”, Método por Painéis e Construção Modular”<sup>33</sup>.

a) Método “*Stick*”: Neste método de construção os perfis são cortados no canteiro da obra, e painéis, lajes, colunas, contraventamentos e tesouras de telhados são montados no local. Os perfis podem vir perfurados para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas e os demais subsistemas são instalados posteriormente à montagem da estrutura. Essa técnica pode ser usada em locais onde a pré-fabricação não é viável. As vantagens desse método construtivo são: não há necessidade do construtor possuir um local para a pré-fabricação do sistema; facilidade de transporte das peças até o canteiro; e as ligações dos elementos são de fácil execução, apesar do aumento de atividades na obra<sup>34</sup>.

Santiago, Freitas e Crasto (2012) acrescentam ainda, que o Método “*Stick*” pode ser montado na forma “*Balloon*” e “*Platform*”.

Na construção *Balloon* a estrutura do piso e é fixada nas laterais dos montantes e os painéis são geralmente muito grandes e vão além de um pavimento. Na construção “*Platform*”, pisos e paredes são construídos sequencialmente um pavimento a cada vez, e os painéis não são estruturalmente contínuos<sup>35</sup>.

b) Método por Painéis: Painéis estruturais ou não estruturais, contraventamentos, lajes, e tesouras de telhado podem ser pré-fabricados fora do canteiro e montados no local. Alguns materiais de fechamento podem também ser aplicados na fábrica para diminuir o tempo da construção. Os painéis e subsistemas são conectados no local usando as técnicas convencionais (parafusos auto-brocantes e auto-atarrachantes). As principais vantagens são:

- Velocidade de montagem;
- Alto controle de qualidade na produção dos sistemas;
- Minimização do trabalho na obra;
- Aumento da precisão dimensional devido às condições mais propícias de montagem dos sistemas na fábrica<sup>36</sup>.

<sup>33</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p24,25 151f.

<sup>34</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p24, 151f.

<sup>35</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p25,26, 151f.

<sup>36</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p25, 151f.

c) Construção Modular: são unidades completamente pré-fabricas 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, etc<sup>37</sup>.

#### 1.2.4) PROCESSO CONSTRUTIVO EM *LIGHT STEEL FRAMING*

Neste subitem apresentá-se as etapas do processo construtivo em *Light Steel Framing*, detalhando cada um sucintamente com textos e imagens para melhor entendimento de como funciona esse sistema, visto que o LSF não se resume apenas em sua estrutura e sim em um sistema construtivo dividido em vários subsistemas como: fundação, painéis estruturais ou autoportantes, lajes, coberturas, fechamento vertical e acabamento, ligações e montagem, instalações elétricas e instalações hidráulicas

##### 1.2.4.1) FUNDAÇÃO

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012):

Por ser muito leve a estrutura de LSF e os componentes de fechamento exigem bem menos da fundação do que outras construções. No entanto, como a estrutura distribui a carga uniformemente ao longo dos painéis estruturais, a fundação deverá ser contínua suportando os painéis em toda sua extensão<sup>38</sup>.

Entretanto, já que a estrutura distribui as cargas linearmente ao longo dos painéis autoportantes, a Laje Radier e a Sapata Corrida seriam os tipos de fundações recomendadas para a construção em *Light Steel Framing*, lembrando que a escolha pelo tipo de fundação deve-se levar em conta o perfil de solo que vai receber a construção.

Crasto (2005) complementa que, “as fundações são efetuadas segundo processo da construção convencional e como em qualquer outra construção deve se observar o isolamento contra umidade”<sup>39</sup>.

<sup>37</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p25, 151f.

<sup>38</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p26, 151f.

<sup>39</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p31. 231f.

Assim, segundo o manual da CONSULSTEEL (2002) “a qualidade final da fundação está intimamente ligada ao correto funcionamento dos subsistemas que formam o edifício”<sup>40</sup>.

Crasto (2005) define Laje radier como:

O radier é um tipo de fundação rasa que funciona como uma laje e transmite as cargas da estrutura para o terreno. Os componentes estruturais fundamentais do radier são a laje contínua de concreto e as vigas no perímetro da laje e sob as paredes estruturais ou colunas e onde mais for necessário para fornecer rigidez no plano da fundação<sup>41</sup>.

A figura nº 08 ilustra uma fundação do tipo radier.



**Figura 8: Laje radier**

**Fonte: Saint – Gobain (2008)**

---

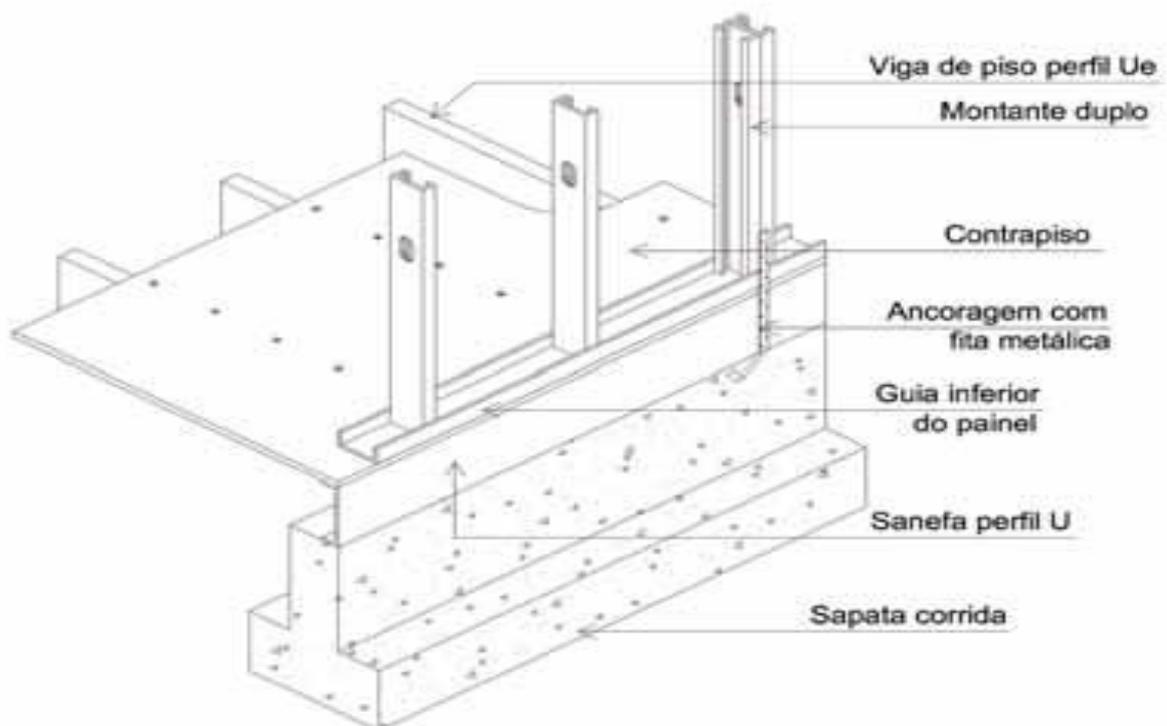
<sup>40</sup>CONSULSTEEL. **Construccion con acero liviano – Manual de Procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM.

<sup>41</sup> CRASTO, R. C. M. *Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing*. Dissertacao (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p31. 231f.

Segundo Crasto (2005):

A sapata corrida é um tipo de fundação indicada para construções com paredes portantes, onde a distribuição da carga é contínua ao longo das paredes. Constitui-se de vigas que podem ser de concreto armado, de blocos de concreto ou alvenaria que são locados sob os painéis estruturais. O contrapiso desse tipo de fundação é obtido por meio de perfis galvanizados que apoiados sobre a fundação constituem uma estrutura de suporte aos materiais que formam a superfície do contrapiso<sup>42</sup>.

A figura 09 demonstra um corte detalhado de uma fundação em sapata corrida.



**Figura 9: Corte detalhado de fundação sapata corrida.**

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

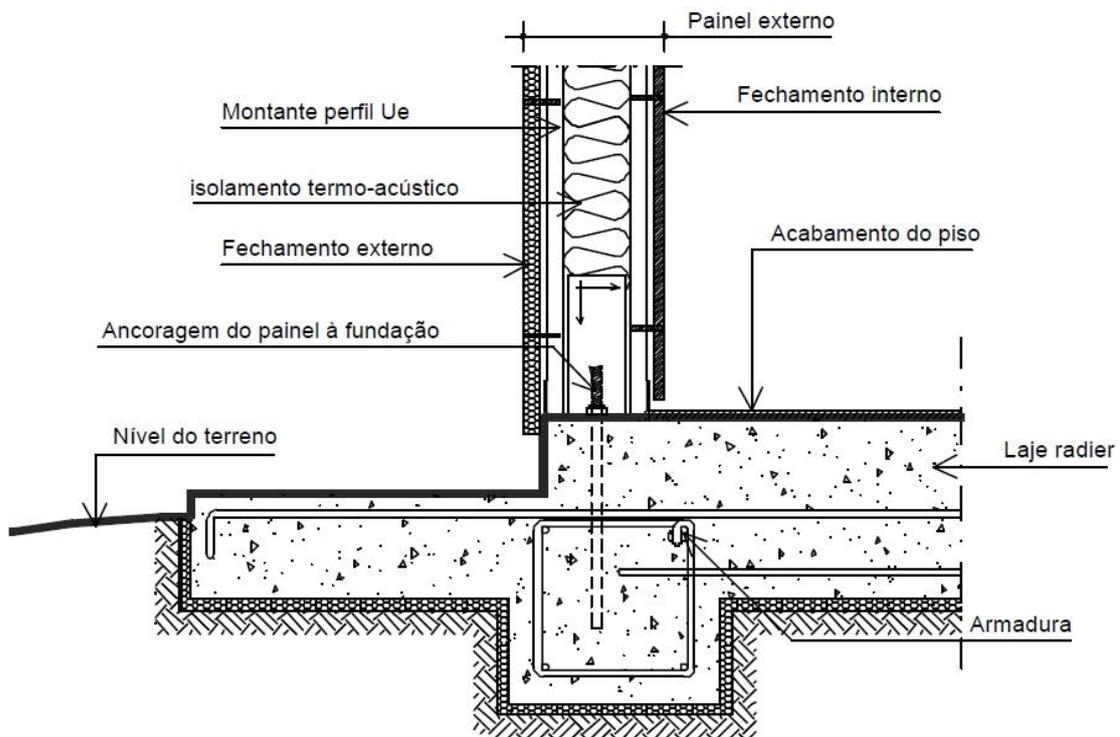
Santiago, Freitas e Crasto (2012) acrescentam que, “para evitar o movimento da edificação devido à pressão do vento, a superestrutura deve ser firmemente ancorada na fundação. Esses movimentos podem ser de translação ou tombamento com rotação do edifício”<sup>43</sup>.

<sup>42</sup> CRASTO, R. C. M. Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p33. 231f.

<sup>43</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p27, 151f.

Existem vários tipos de ancoragem dos painéis na fundação, sendo eles, ancoragem química com barra roscada, ancoragem expansível com parabolts, ancoragem provisória, ancoragem com fita metálica e ancoragem com barra roscada em J, mas a mais utilizada para este sistema é a ancoragem química com barra roscada.

A figura 10 mostra o detalhe de ancoragem de painel estrutural a uma fundação em radier.



**Figura 10:** Detalhe esquemático de ancoragem de painel estrutural a uma laje radier.

Fonte: Adaptado de Consul Steel, 2002.

#### 1.2.4.2) PAINÉIS ESTRUTURAIS OU AUTOPORTANTES

Segundo Crasto (2005), “os painéis no sistema LSF exercem basicamente a finalidade de componentes do sistema estrutural da edificação, e associados a elementos de fechamento, desempenham a função de vedação vertical da mesma”<sup>44</sup>.

<sup>44</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p40. 231f.

Sendo assim, Santiago, Freitas e Crasto (2012), definem os painéis da seguinte forma:

Os painéis são estruturais ou auto-portantes quando compõem a estrutura, suportando as cargas da edificação, e podem ser tanto internos quanto externo. E são não-estruturais quando funcionam apenas como fechamento externo ou divisória interna, ou seja, sem ter função estrutural<sup>45</sup>.

Ainda segundo os autores supracitados:

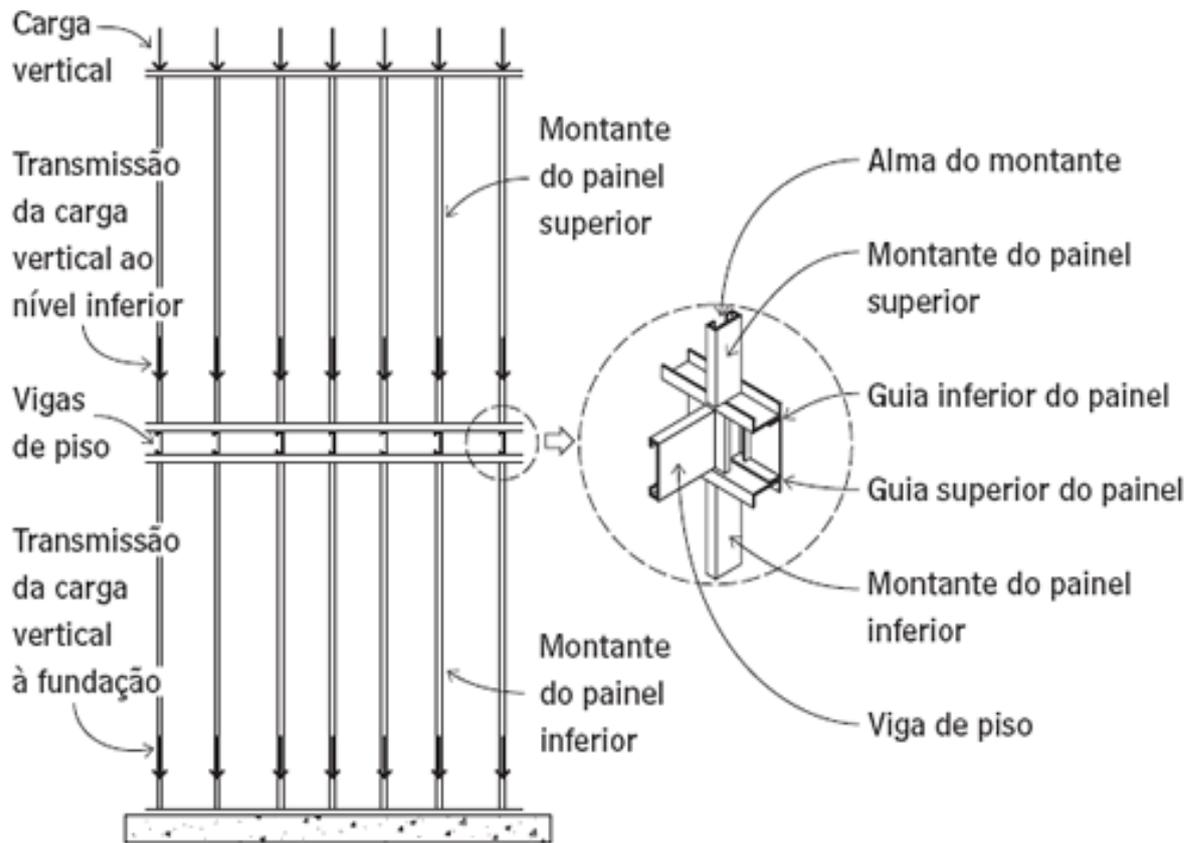
Os painéis estruturais estão sujeitos a cargas horizontais de vento ou de abalos sísmicos, assim como as cargas verticais praticadas por pisos, telhados e outros painéis. Essas cargas verticais são originadas do peso próprio da estrutura e de componentes construtivos e da sobrecarga devido a utilização (pessoas, móveis, máquinas, águas pluviais, etc). Portanto, a função dos painéis é absorver esses esforços e transmiti-los à fundação. Os painéis são compostos por determinada quantidade de elementos verticais de seção transversal tipo Ue que são denominados montantes, e elementos horizontais de seção transversal tipo U denominados guias. De uma maneira geral, os montantes que compõem os painéis, transferem as cargas verticais por contato direto através de suas almas, estando suas seções em coincidência de um nível a outro, dando origem ao conceito de estrutura alinhada<sup>46</sup>.

---

<sup>45</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p32, 151f.

<sup>46</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p32, 151f.

A figura 11 ilustra a distribuição do carregamento e o detalhe do alinhamento entre os elementos que constituem o painel.



**Figura 11: Transmissão da carga vertical à fundação.**

Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012).

Outro fator que tem-se que analisar é o espaçamento entre os perfis na hora da montagem dos painéis, esses espaçamentos são definidos pelo calculista de acordo com a carga que a estrutura será submetida. Crasto (2005) afirma, que “a distância entre os montantes ou modulação, geralmente de 400 ou 600 mm, é determinada pelas solicitações que cada perfil será submetido”<sup>47</sup>. Santiago, Freitas e Crasto (2012) afirmam que “há casos em que essa modulação pode chegar a 200 mm quando ocorre dos painéis suportarem grandes cargas como as de caixas d’água”<sup>48</sup>.

<sup>47</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p41. 231f.

<sup>48</sup> SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p32,33, 151f.

A figura 12 mostra um painel com os espaçamentos de 200 mm devido à carga da caixa d'água.



**Figura 12:** Painel cuja modulação é de 200 mm devido à carga de caixa d'água.

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

E os painéis não-estruturais, segundo Crasto (2005), “são aqueles que não suportam o carregamento da estrutura, mas apenas o peso próprio dos componentes que os constituem. Têm a função de fechamento externo e divisória interna nas edificações”<sup>49</sup>.

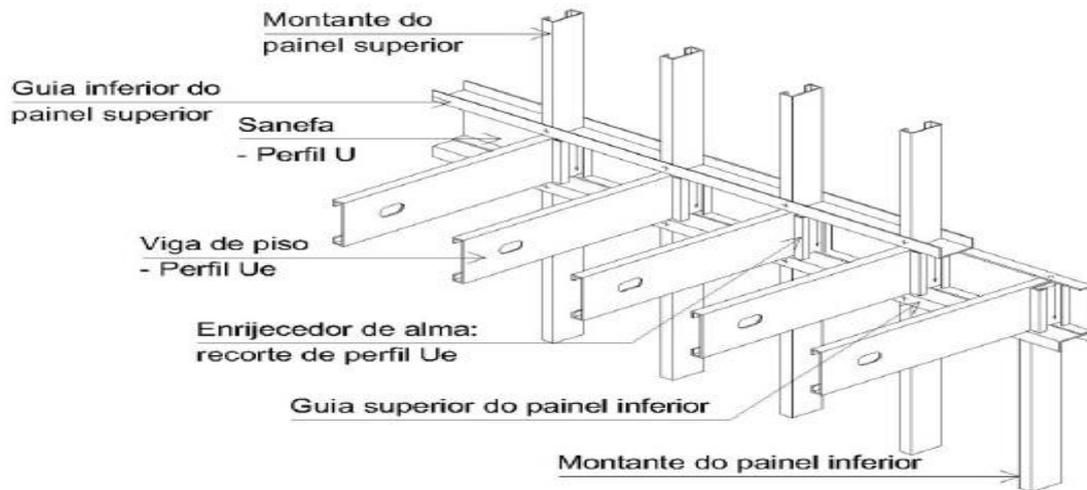
#### 1.2.4.3) LAJES

Para Santiago, Freitas e Crasto, (2012) “a estrutura de piso em *Light Steel Framing* emprega o mesmo princípio dos painéis, ou seja, perfis galvanizados cuja separação equidistante dos elementos estruturais ou modulação é determinada pelas cargas a que cada perfil está submetido”<sup>50</sup>.

<sup>49</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p66. 231f.

<sup>50</sup> SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p52, 151f.

A figura 13 mostra como é formada a estrutura de piso em *Light Steel Framing*.



**Figura 13: Estrutura de piso em Light Steel Framing.**

Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012).

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012):

Esses perfis denominados vigas de piso utilizam perfis de seção Ue, dispostos na horizontal, cujas mesas, normalmente, têm as mesmas dimensões das mesas dos montantes, porém a altura da alma é determinada por vários fatores, entre eles, a modulação da estrutura e o vão entre os apoios<sup>51</sup>.

Crasto (2005), destaca que “de acordo com a natureza do contra piso, a laje pode ser do tipo úmida ou do tipo seca”<sup>52</sup>.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), “a laje úmida é composta basicamente por uma chapa ondulada de aço que serve de fôrma para o concreto e é aparafusada às vigas de piso, e uma camada de 4 a 6 cm de concreto simples que formará a superfície do contra piso”<sup>53</sup>.

<sup>51</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p52, 151f.

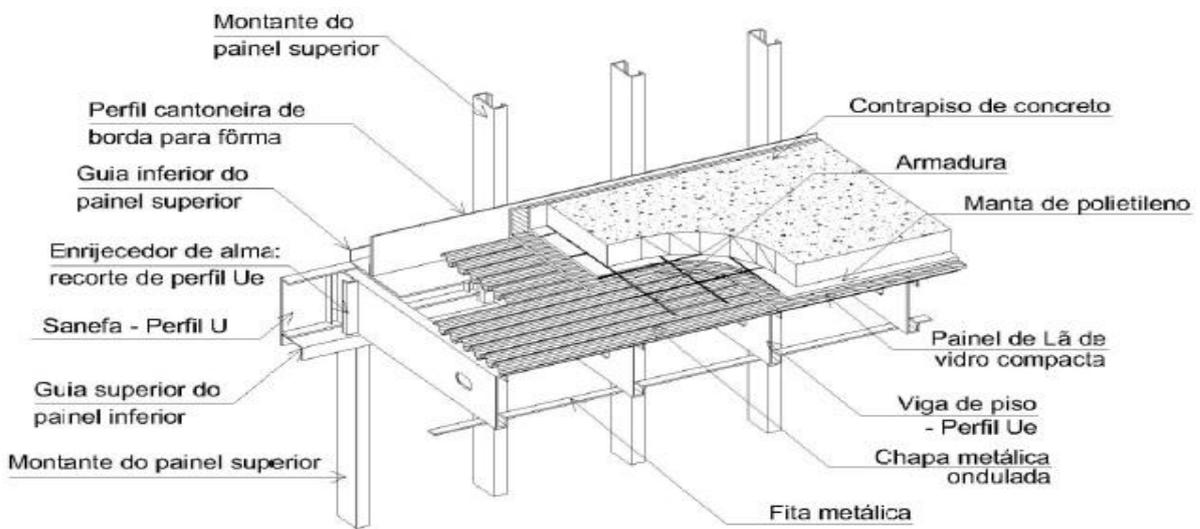
<sup>52</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p74. 231f.

<sup>53</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p54, 151f.

Para evitar o barulho ou ruídos que possam ser ocasionados pela estrutura entre um piso e outro, é recomendável usar um isolamento acústico como painéis de lã de vidro compacta protegida por um filme de polietileno evitando assim umidade da lã de vidro durante a concretagem.

Crasto (2005) ressalta que, “a laje úmida não deve ser confundida como o *Steel Deck*, já que este funciona como uma estrutura mista e necessita de menor quantidade de apoios”<sup>54</sup>.

A figura 14 detalha o esquema de uma laje úmida.



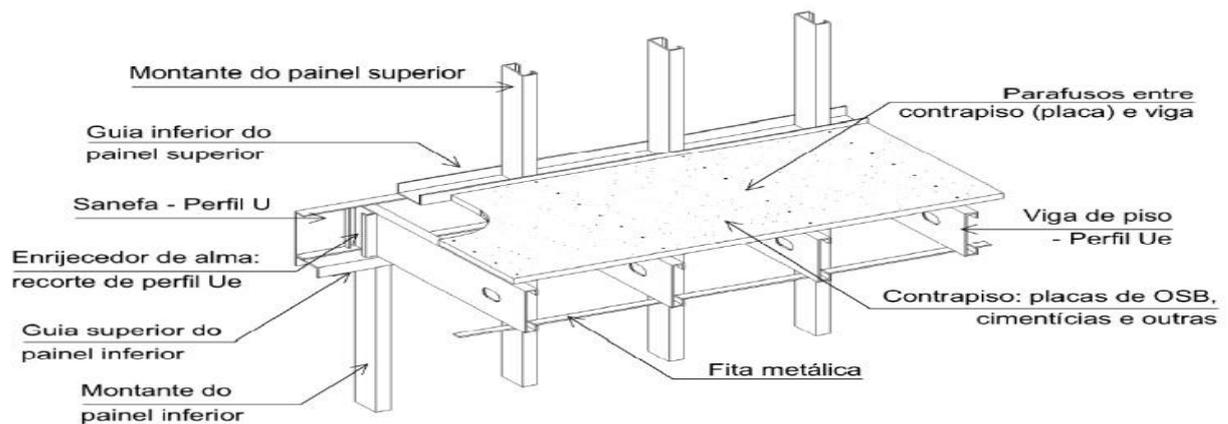
**Figura 14: Desenho esquemático de laje úmida.**

Fonte: Crasto (2005).

A laje do tipo seca (figura 15) de acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), “consiste no uso de placas rígidas aparafusadas às vigas de piso, e servem como contra piso, podendo desempenhar a função de diafragma horizontal, desde que as placas sejam estruturais”<sup>55</sup>.

<sup>54</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p76. 231f.

<sup>55</sup> SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p55, 151f.



**Figura 15: Desenho esquemático de laje seca.**

Fonte: Crasto (2005).

Segundo Crasto (2005), “a placa mais utilizada é o OSB com 18 mm de espessura, que além de apresentar propriedades estruturais favorecendo o uso como diafragma horizontal, é leve e de fácil instalação”<sup>56</sup>.

#### 1.2.4.4) COBERTURA

Crasto (2005) define cobertura ou telhado como:

[...] a parte da construção destinada a proteger o edifício da ação das intempéries, podendo também desempenhar uma função estética. Telhados podem variar desde simples cobertas planas até projetos mais complexos com grande intersecção de águas ou planos inclinados<sup>57</sup>.

Rodrigues (2006) destaca no Manual *Steel Framing* Engenharia “[...] os tipos de sistemas mais utilizados (coberturas planas e inclinadas), coberturas estruturadas com caibros e vigas e coberturas estruturadas com tesouras e treliças”<sup>58</sup>.

Existem vários tipos de coberturas para as construções em *Light Steel Framing*, neste trabalho iremos citar dois métodos para esse tipo de construção, as coberturas planas e as coberturas inclinadas por caibros e tesouras.

<sup>56</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p78. 231f.

<sup>57</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p94. 231f.

<sup>58</sup> RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia**. 2006. IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006. p24, 127f. (Série Manual da Construção Civil)

As coberturas planas não são muito utilizadas nas construções, pois segundo a ConsulSteel (2002) “apesar de serem menos comuns, as coberturas planas em *Light Steel Framing* são, na maioria dos casos, resolvidas como uma laje úmida onde a inclinação para o caimento da água e obtida variando a espessura do contra piso de concreto”<sup>59</sup>.

Já as coberturas inclinadas são mais comuns nas construções residenciais, pois no Brasil por o clima ser tropical, esse tipo de cobertura com telhas cerâmicas ajuda no conforto térmico da residência.

ParaCrasto (2005):

Os telhados inclinados em Steel Framing admitem diversos tipos de coberturas ou telhas. Para alguns tipos de telhas como cerâmicas ou “shingles” é necessário o uso de um substrato de apoio, geralmente OSB protegido com uma manta de impermeabilização. No caso de telhas cerâmicas é necessária a colocação de perfis tipo cartola paralelos aos caibros sobre o OSB a fim de possibilitar o escoamento da água, e só então, sobre estes são fixadas as ripas que permitirão o encaixe das telhas<sup>60</sup>.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012):

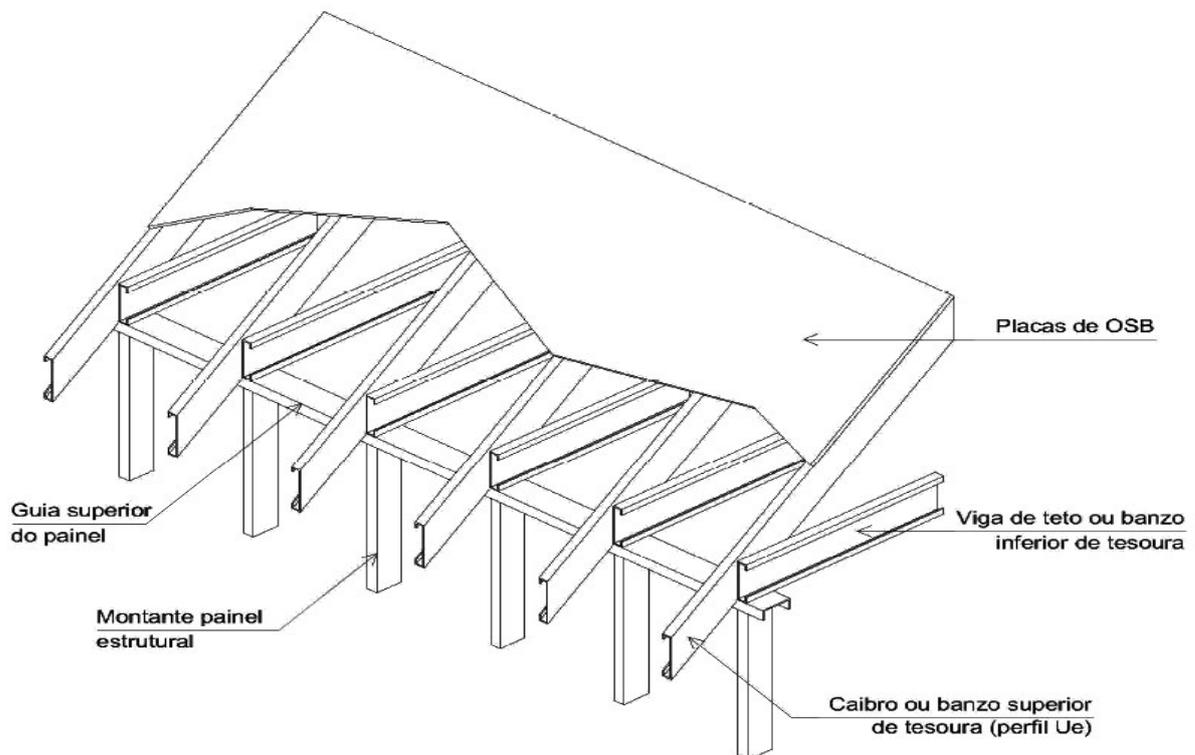
A estrutura de um telhado inclinado em Light Steel Framing é semelhante à de um telhado convencional, porém a armação de madeira é substituída por perfis galvanizados, e para possibilitar o princípio da estrutura alinhada, a alma dos perfis que compõem tesouras ou caibros deve estar alinhada a alma dos montantes dos painéis de apoio e suas seções em coincidência de modo que a transmissão das cargas seja axial<sup>61</sup>.

<sup>59</sup> CONSULSTEEL. **Construccion con acero liviano – Manual de Procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM.

<sup>60</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p103. 231f.

<sup>61</sup> SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p65, 151f.

A figura 16 ilustra uma estrutura de telhado com placas OSB.



**Figura 16: Estrutura do telhado com placas de OSB como substrato de apoio.**

Fonte: Crasto (2005).

#### 1.2.4.5) FECHAMENTO VERTICAL E ACABAMENTO

De acordo com Crasto (2005) “o sistema de fechamento vertical é composto pelas paredes externas e internas de uma edificação”<sup>62</sup>. Gomes (2007) complementa que “os componentes de fechamento devem ser constituídos por elementos leves a fim de constituir um sistema de fechamento de baixo peso próprio, compatível com o conceito da estrutura”<sup>63</sup>.

<sup>62</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p122. 231f.

<sup>63</sup> GOMES, Adriano Pinto. **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em lightsteelframing**. Dissertação (Mestrado) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. – 2007. p56. 172f.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012):

Outro conceito fundamental nos fechamentos para o sistema LSF é possibilitar o emprego de vedações racionalizadas a fim de promover maior grau de industrialização da construção. Nesse aspecto, o sistema LSF apresenta grande potencial de industrialização, já que a própria modulação estrutural e dimensionada para uma melhor otimização da utilização de chapas ou placas. Por isso na maioria dos casos, as placas são dimensionadas com largura de 1,20 m, múltiplo da modulação de 400mm ou 600 mm, como ocorre com as placas de gesso acartonado e placas cimentícias<sup>64</sup>.

No Brasil há vários produtos disponíveis para o fechamento vertical de residências em *Light Steel Framing*, de acordo com Crasto (2005) “no mercado nacional os produtos disponíveis para o fechamento de construções em LSF são fornecidos em placas ou chapas, com várias espessuras e os mais utilizados são o OSB (*orientedstrandboard*), a placa cimentícia e o gesso acartonado”<sup>65</sup>.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012) “as placas de OSB (*orientedstrandboard*), podem ser utilizadas como fechamento da face interna e externa dos painéis, para forros, pisos e como substrato para cobertura do telhado”<sup>66</sup>. Mas por conta de sua composição, para o uso externo é necessário que se faça um acabamento impermeável para que não haja danos nas placas de OSB.

Essa placa de OSB é um painel estrutural de tiras de madeira 100% proveniente de reflorestamento, orientadas em três camadas perpendiculares, unidas com resina resistentes à intempéries e prensadas sob alta temperatura, o que aumenta sua resistência mecânica, rigidez e estabilidade<sup>67</sup>.

---

<sup>64</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p78, 151f.

<sup>65</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p124. 231f.

<sup>66</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p79, 151f.

<sup>67</sup> HASS, Deleine Christina Gessi. **Viabilidade Econômica do Uso do Sistema Construtivo Steel Frame como Método Construtivo para Habitações Sociais** / Christina Gessi Deleine, Louise Floriano Martins. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CURITIBA, Curitiba 2011. p25, 42f.

A figura 17 mostra o fechamento externo de uma residência com placas de OSB.



**Figura 17: Fechamento externo em Placas de OSB.**

**Fonte: Crasto (2005).**

As placas cimentícias também podem ser usadas como fechamento vertical externo, interno e também para pisos, mas são mais recomendáveis em áreas molháveis, pois tem uma grande resistência à umidade. Para Santiago, Freitas e Crasto (2012) essas placas “são compostas por uma mistura de cimento *Portland*, fibras de celulose ou sintéticas e agregados”<sup>68</sup>.

Gomes (2007) destaca algumas características e as dimensões das placas cimentícias que são comercializadas para o LSF:

Dentre as características da placa cimentícia, destaca-se a grande resistência à umidade, o baixo peso próprio e a rapidez de execução. Os acabamentos como pintura ou revestimentos podem ser aplicados diretamente sobre as placas. No LSF, as chapas utilizadas são comercializadas nas dimensões que possuem largura fixa de 1,20 m e comprimentos que variam de 2,00 m, 2,40 m e 3,00 m; com espessuras de 6, 8 e 10 mm<sup>69</sup>.

<sup>68</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p85, 151f.

<sup>69</sup> GOMES, Adriano Pinto. **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em light steel framing**. Dissertação (Mestrado) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. – 2007. p61. 172f

A figura 18 mostra o fechamento externo de uma residência com placas cimentícias.



**Figura 18: Fechamento externo com Placas Cimentícias.**

Fonte: [www.riberto.com.br](http://www.riberto.com.br), acessado em 12/11/2014

Já as placas de gesso acartonado devem ser utilizadas para fechamento interno dos painéis estruturais, tanto não estruturais e na separação de ambientes internos. De acordo com Crasto (2005) “as placas de gesso acartonado são fabricadas industrialmente e compostas de uma mistura de gesso, água e aditivos, revestidas em ambos os lados com lâminas de cartão, que confere ao gesso resistência à tração e flexão”<sup>70</sup>.

Atualmente no Brasil são comercializadas três tipos de placas de gesso acartonado: a placa Standard que é recomendada para paredes onde não haverá contato com a água; a placa resistente à umidade que é indicada para paredes onde haverá contato com a água; e a placa resistente ao fogo que também é indicada para área secas e onde há necessidade de fechamento vertical especial que tenha resistência ao fogo. Essas placas apresentam largura padrão de 1,20m e espessuras de 9,5 mm, 12,5 mm e 15 mm.

---

<sup>70</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p145. 231f.

A figura 19 demonstra o fechamento interno de uma residência em gesso acartonado.



**Figura 19: Fechamento externo com Placas de Gesso acartonado.**

**Fonte: [www.clasf.com.br](http://www.clasf.com.br), acessado em 12/11/2014.**

As placas de OSB, placas cimentícia e gesso acartonado, aceitam qualquer tipo de revestimentos utilizados nas construções convencionais como, pintura, textura, pastilhas, pedras, cerâmica e qualquer outro tipo de revestimento utilizados usualmente na construção.

A respeito do isolamento termo – acústico, Santiago, Freitas e Crasto (2012) afirmam que “o desempenho termo – acústico de uma edificação é determinado pela sua capacidade de proporcionar condições de qualidade ambiental adequadas ao desenvolvimento das atividades para o qual foi projetada”<sup>71</sup>.

Os autores mencionados ressaltam ainda que “Os princípios de isolamento termo – acústico em LSF baseiam-se em conceitos mais atuais de isolamento multicamada, que consiste em combinar placas leves de fechamento afastadas, formando um espaço entre os mesmos, preenchido por material isolante (lã mineral)”<sup>72</sup>.

<sup>71</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p89, 151f.

<sup>72</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p89, 151f.

A lã de vidro ou lã de rocha também são materiais que podem ser utilizados entre as paredes para manter o isolamento termo – acústico, evitando assim a passagem de sons e perdas ou ganhos de calor, funcionando assim como uma barreira.

A figura 20 mostra a aplicação de lã de vidro em painéis de *Light Steel Framing*.



**Figura 20: Instalação de lã de vidro em painel**

Fonte: [www.conseco.com.br](http://www.conseco.com.br), acessado em 12/11/2014

#### 1.2.4.6) LIGAÇÕES E MONTAGEM

Esses perfis que mencionamos anteriormente precisam ser montados e ligados uma ao outro, ou seja, precisam ser fixados. De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) “Existe uma ampla variedade de conexões e ligações para estruturas de aço e seus componentes, embora nem todas sejam tão utilizadas”<sup>73</sup>. Crasto (2005) destaca que “entre os métodos utilizados nas construções em LSF, as ligações por parafusos são mais eficientes por serem executados tanto no canteiro como em fábricas, e por permitirem a ligação entre vários tipos de componentes da edificação”<sup>74</sup>.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), “os parafusos auto-atarraxantes e auto perfurantes são os tipos de conexão mais utilizados em construções com *Light Steel Framing* no Brasil”<sup>75</sup>.

<sup>73</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p96, 151f.

<sup>74</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p172. 231f.

<sup>75</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p96, 151f.

Ainda segundo os autores supracitados:

Existe no mercado uma série de tipos de parafusos para cada ligação específica (metal/metal, chapa/metal), possibilitando uma fixação de fácil execução tanto no canteiro como na pré-fabricação de componentes. Outro aspecto importante é que a indústria vem sempre desenvolvendo processos para aumentar a durabilidade e o desempenho dos parafusos, portanto eles são elementos extremamente confiáveis do sistema. Os parafusos utilizados em LSF são em aço carbono com tratamento cimentado e temperado, e recobertos com uma proteção zinco-eletrolítica para evitar a corrosão e manter características similares a estrutura galvanizada<sup>76</sup>.

De acordo com Crasto (2005):

Os parafusos estão disponíveis em uma série de tamanhos que vão do nº 6 ao nº 14, onde os mais usados são os que vão do nº 6 ao nº 10. Os comprimentos variam de 1/2 pol. a 3 pol. dependendo da aplicação, de forma que o parafuso ao fixar os componentes de aço entre si deva ultrapassar o último elemento no mínimo em três passos de rosca<sup>77</sup>.

O autor mencionado ainda ressalta que “apesar da importância das ligações, em muitos casos não se dá a necessária atenção ao assunto, o que pode comprometer o desempenho da estrutura e encarecer os custos da obra”<sup>78</sup>.

Santiago, Freitas e Crasto (2012) complementam que:

Os métodos de construção e montagem de edificações em LSF variam em função do projetista e da empresa construtora. Quanto maior o nível de industrialização proposto pelo projeto, maior é a racionalização empregada no processo de construção, podendo atingir um patamar de alto grau de industrialização da construção civil, onde as atividades no canteiro se resumem a montagem da edificação através do posicionamento das unidades e sua interligação<sup>79</sup>.

---

<sup>76</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p96, 151f.

<sup>77</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p173. 231f.

<sup>78</sup> CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005. p172. 231f.

<sup>79</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p98, 151f.

Mas os autores supracitados afirmam que “no Brasil, o método de construção por painéis é o mais amplamente utilizado, pois melhor se adaptou à cultura das empresas construtoras e à mão-de-obra disponível”<sup>80</sup>.

A figura 21 ilustra a montagem dos painéis com parafusos estruturais.



**Figura 21: Fixação dos Painéis com parafusos estruturais.**

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

---

<sup>80</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p99, 151f.

#### 1.2.4.7) INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS

As instalações utilizadas no Sistema *Light Steel Framing*, segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012) são “semelhantes àquelas empregadas em edificações convencionais de alvenaria, sejam elas elétricas, hidráulicas, sanitárias, telefônicas, internet, gás, TV ou de aquecimento solar”<sup>81</sup>. Sendo que todos os parâmetros utilizados no dimensionamento dessas instalações para a alvenaria convencional, poderão ser mantidos para o *Light Steel Framing*.

Santiago, Freitas e Crasto (2012) ressaltam que:

Para a passagem das instalações pelos perfis de *Light Steel Framing*, tanto nos montantes das paredes quanto nas vigas das lajes secas, devem existir furos nas almas dos perfis Ue. Esses furos são executados conforme os parâmetros da NBR 15253, que estabelece que os furos podem existir nos perfis, desde que devidamente considerados no dimensionamento estrutural. Os furos podem ser redondos ou oblongos, sempre com seu maior eixo coincidindo com o eixo longitudinal do perfil, de diâmetro máximo 38 mm, e, no caso de furos oblongos, comprimento máximo de 115 mm<sup>82</sup>.

Os autores mencionados ainda ressaltam que na “execução da passagem das tubulações, diminui-se o volume de resíduo gerado a quase zero e aumenta-se a rapidez da instalação, já na construção convencional há grande acúmulo de entulho, em função da necessidade de quebrar a parede para a passagem de tubos e dutos”<sup>83</sup>.

Mas, a instalação hidráulica em *Light Steel Framing* tem algumas deficiências, as existe uma que é fundamental ressaltar de acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012):

“[...] uma limitação importante no projeto de instalações hidráulicas em *Light Steel Framing* é a não indicação do emprego de vasos sanitários com válvula de descarga convencional, que pode causar significativa vibração e não dispõe de peças adaptadas para fixação nas placas de revestimento. É recomendado, então, que se utilizem bacias sanitárias com caixa acoplada, que são alimentadas por pontos comuns de água fria, montados usando luvas com flange”<sup>84</sup>.

<sup>81</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p108, 151f.

<sup>82</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p108, 151f.

<sup>83</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p108 e 109, 151f.

<sup>84</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p112, 151f.

A figura 22 mostra a instalação hidrossanitária de uma residência em Light Steel Framing.



**Figura 22: Instalação hidrossanitária**

**Fonte: Klei e Maronezi (2013)**

As instalações elétricas seguem praticamente a mesma facilidade e rapidez na instalação se comparado às instalações na construção convencional. De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012) “as instalações elétricas, assim como de TV, telefonia e lógica, utilizam conduítes ou eletrodutos para o caminhamento da sua rede de cabos e fios até locais pré-estabelecidos onde se criam os pontos de utilização e consumo”<sup>85</sup>.

De acordo com os autores supracitados, “as caixas plásticas e de distribuição para pontos de eletricidade existentes no mercado para construção convencional podem ser utilizadas no sistema LSF, mas par evitar pré-fixação das caixas plásticas aos montantes, existem caixas de eletricidade específicas para o LSF”<sup>86</sup>.

<sup>85</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p114, 151f.

<sup>86</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p115, 151f.

A figura 23 mostra a instalação elétrica e hidráulica de uma residência em *Light Steel Framing*.



**Figura 23: Instalação elétrica e hidráulica fixada nos painéis de aço galvanizado.**

**Fonte: Revista Técnica. Ed.141 (2008, p.64).**

Neste sentido, para que o sistema industrializado de construção em *Light Steel Framing* corresponda às expectativas, é necessário que todos os processos detalhados anteriormente sejam executados de forma correta, respeitando as normas e as diretrizes do projeto, pois o LSF é um sistema que não aceita improvisos.

### 1.2.5) VANTAGENS E DESVANTAGENS DO *LIGHT STEEL FRAMING*

Nesse contexto, este subitem apresenta vantagens e desvantagens no uso do Sistema *Light Steel Framing*. De acordo com Rodrigues (2006) “por tratar-se de um processo com nível de industrialização muito superior comparado à construção em alvenaria, o LSF é o sistema construtivo que naturalmente é escolhido em vários países do mundo por apresentar inúmeras vantagens”<sup>87</sup>.

Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012) as principais vantagens no uso do LSF são:

- Os produtos que constituem o sistema são padronizados de tecnologia avançada, em que os elementos construtivos são produzidos industrialmente, onde a matéria prima utilizada, os processos de fabricação, suas características técnicas e acabamento passam por rigorosos controles de qualidade.
- O aço é um material de comprovada resistência e o alto controle de qualidade tanto na produção da matéria prima quanto de seus produtos, permite maior precisão dimensional e melhor desempenho da estrutura.
- Facilidade de obtenção dos perfis formados a frio já que são largamente utilizados pela indústria.
- Durabilidade e longevidade da estrutura, proporcionada pelo processo de galvanização das chapas de fabricação dos perfis.
- Facilidade de montagem, manuseio e transporte devido a leveza dos elementos;
- Construção a seco, o que minimiza o uso de recursos naturais e o desperdício;
- Os perfis perfurados previamente e a utilização dos painéis em gesso acartonado facilitam as instalações elétricas e hidráulicas<sup>88</sup>.

E ainda segundo o autor supracitado, destaca-se mais algumas vantagens do sistema como:

- Melhores níveis de desempenho termo acústico que podem ser alcançados através da combinação de materiais de fechamento e isolamento.
- Facilidade na execução das ligações.
- Rapidez de construção, uma vez que o canteiro se transforma em local de montagem.
- O aço é um material incombustível.
- O aço é reciclável, podendo ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades.
- Grande flexibilidade no projeto arquitetônico, não limitando a criatividade do arquiteto<sup>89</sup>.

<sup>87</sup> RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel framing: engenharia**. 2006. IBS - Instituto Brasileiro de Siderurgia. CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro. 2006. (Série Manual da Construção Civil)

<sup>88</sup> SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p16 e 17, 151f.

<sup>89</sup> SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p17, 151f.

Santiago, Freitas e Crasto (2012) destacam ainda que:

O déficit de mão de obra especializada, além de falhas na elaboração do projeto e decorrentes à sua execução são as principais desvantagens do sistema, podendo tornar o processo construtivo menos vantajoso e mais oneroso, sendo ideal prever todas as etapas da construção e o treinamento da equipe de trabalho<sup>90</sup>.

Neste sentido a construção convencional é um método construtivo lento, de baixa produtividade e responsável por um desperdício imenso de material em canteiros de obras, tornando-se assim um sistema incapaz de suprir a demanda habitacional crescente do país, sendo um método que causa uma poluição ao meio ambiente considerável. Com isso, o *Light Steel Framing*, de acordo com as vantagens mencionadas é um sistema que pode suprir essa necessidade, pois apresenta ser um método de construção mais rápido, prático e mais sustentável.

---

<sup>90</sup>SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura** / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012, p16, 151f.

## CAPÍTULO II – ESTUDO DE CASO: COMPARATIVO DE CUSTO

Para o estudo de caso, o objetivo é demonstrar o custo e a viabilidade econômica do sistema *Light Steel Framing* na região de Caratinga – MG, realizando assim uma análise comparativa dos valores de uma residência, levando em conta o método de construção em *Light Steel Framing* e a Alvenaria Convencional.

Nesta perspectiva, apresenta-se neste trabalho um projeto de uma residência PIS (Padrão Interesse Social) localizada em Caratinga – MG, com área a ser construída igual à 66,45 m<sup>2</sup>, contendo 01 sala, 02 quartos, 01 cozinha, 01 banheiro, área de serviço e circulação, cuja planta baixa está ilustrada na figura 24.

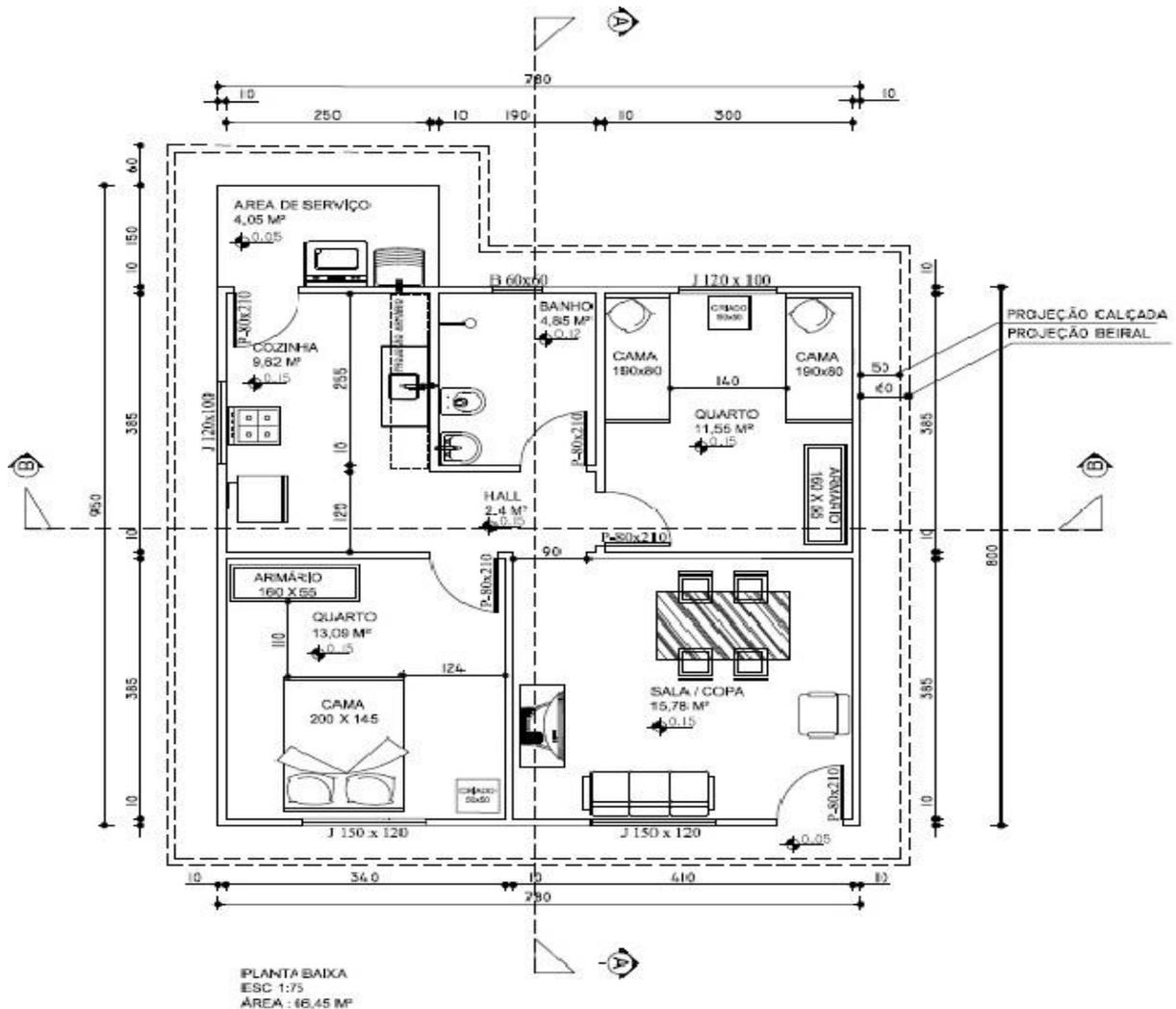


Figura 24: Projeto – Planta Baixa

Fonte: Cortesia de Thales Soares

A partir disso, foi realizado contato via telefone e e-mail com algumas empresas, solicitando orçamentos relativos ao método em *Light Steel Framing* para a construção desta residência.

Neste sentido, a empresa HOUSENGCONSTRUÇÃO SECA LTDA de Santa Luzia – MG nos forneceu um orçamento para a construção em LSF, já para a Construção Convencional adota-se o valor do CUB publicado pelo SINDUSCON / MG em outubro/2014 para a faixa PIS (Padrão Interesse Social).

A seguir (tabela 03), apresenta-se a comparação de custo por m<sup>2</sup> e de custo final para a construção dessa residência utilizando o método em *Light Steel Framing* e o método em Alvenaria Convencional.

**Tabela 3: Comparação de custo por m<sup>2</sup> e custo total entre o LSF e a Alvenaria Convencional**

**Fonte: Autores do estudo.**

Método:	<i>Light Steel Framing</i>	Alvenaria Convencional
Custo p/ m <sup>2</sup> :	R\$ 980,00	R\$ 748,63
Custo Total:	R\$ 65.121,00	R\$ 49.746,46

Nesse sentido, o resultado da comparação entre o valor fornecido pela empresa e o valor do CUB publicado pelo SINDUSCON / MG de outubro/2014, mostra que o custo da construção dessa residência em *Light Steel Framing* é aproximadamente 31% superior ao custo do método convencional.

Ressalta-se que tanto o orçamento fornecido pela empresa HOUSENGCONSTRUÇÃO SECA LTDA de Santa Luzia– MG para a construção desta residência em LSF, assim como o orçamento baseado no CUB para a construção convencional (estruturas em concreto armado e alvenaria cerâmica de vedação) desconsideram o tempo de execução da obra.

O CUB/m<sup>2</sup> é o Custo Unitário Básico de Construção, “calculado de acordo com a Lei Fed. nº 4.591, de 16/12/64 e com a Norma Técnica NBR 12.721:2006 da Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT)”<sup>91</sup>.

A tabela 04 demonstra como é feita a composição dos custos, referente à mão de obra, material, despesas administrativas e equipamentos, esses custos são calculados todos os meses para serem atualizados frequentemente e servirem como um parâmetro na determinação dos custos do setor da construção civil, entretanto o CUB na composição desses custos não leva em consideração as fundações.

**Tabela 4: CUB/m<sup>2</sup> - NBR 12.721:2006 – Outubro / 2014 – Composição.**

**Fonte: <http://www.sinduscon-mg.org.br/>, acesso dia 20/11/2014.**

Valores em R\$/m<sup>2</sup>

Item	Projetos-Padrão Residenciais - Baixo			
	R-1	PP-4	R-8	PIS
Material	526,66	578,3	554,63	367,88
Mão-de-obra	528,49	443,6	417,14	360,11
Desp. Administ.	79,93	21,25	19,12	19,82
Equipamento	1,61	1,56	1,63	0,81
<b>TOTAL</b>	<b>1136,69</b>	<b>1044,71</b>	<b>992,53</b>	<b>748,63</b>

O valor do orçamento do LSF, leva em consideração toda a sua estrutura em aço galvanizado, incluindo também todo o seu acabamento, ou seja, as placas de fechamento vertical externas e internas, pintura, piso, instalações elétricas e hidráulicas, cobertura, esquadrias, ligações e montagem.

<sup>91</sup>[http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/cub/tabelas/tabela\\_cub\\_outubro\\_2014.pdf](http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/cub/tabelas/tabela_cub_outubro_2014.pdf), acesso em 20/11/2014.

### **CAPÍTULO III – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Os orçamentos apresentados apontam para um maior custo da construção em LSF sobre a alvenaria tradicional. Com base apenas nesses valores, a priori pode-se dizer que economicamente seria inviável a adoção deste método construtivo na região de Caratinga – MG.

A grande difusão dos processos construtivos, facilidade de mão-de-obra, e, como apresentado no capítulo 02 do presente trabalho, o reduzido custo, mostram que a alvenaria convencional, sobretudo para obras únicas e de caráter residencial, leva vantagem econômica sobre o LSF.

Contudo, levando em consideração o tempo de execução, pensando-se em produção em série, como por exemplo, a construção de moradias populares onde tem-se repetição e padronização, o LSF torna-se uma alternativa capaz de competir a altura com a alvenaria convencional, tendo por base as vantagens e desvantagens dos sistemas construtivos abordados no capítulo I.

Pela execução rápida, limpa e seca, o LSF, mesmo sendo necessário um investimento de capital inicial maior que o da alvenaria convencional, pode ser opção viável quando se tratar de edificações comerciais que demandam justamente um menor tempo de execução possível para que o valor investido retorne com o funcionamento do estabelecimento.

## CAPÍTULO IV – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou analisar a grande vantagem técnica do Sistema *Light Steel Framing* como seu nível de industrialização na obra, rapidez na construção e facilidade na manutenção.

Observando os resultados de custos, o método *Light Steel Framing* mostrou-se mais oneroso 31% em relação ao Sistema Convencional em nossa região, mas considerando a produção em maior escala é possível diminuir o custo final.

Sendo assim, os aspectos positivos desse método é a sustentabilidade, pois os materiais usados são renováveis gerando pouco lixo e perdas, a manutenção e versatilidade da casa, essas manutenções são muito mais simples, rápidas e menos desgastantes.

Entretanto, mesmo o LSF apresentando várias vantagens em relação aos métodos convencionais de construção, o sistema não é bem difundido em nossa região, pois, é necessária a busca dos materiais e mão-de-obra especializada em outras cidades, tornando o método inviável para a construção de uma única obra residencial em nossa região de Caratinga – MG, mas se pensarmos em construções com mais unidades, como por exemplo, moradias populares, o *Light Steel Framing* pode ser uma alternativa, mais rápida e eficaz.

## REFERÊNCIAS

CBCA – CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Site institucional.** Disponível em: <<http://www.cbca-ibs.org>>. Acesso em: 30 de outubro de 2014.

CILIANA, R.C; BAZZO, W.A. **Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS.** Disponível em: <<http://www.oei.es/salactsi/colombobazzo.htm>>. Acesso em: 10 de novembro de 2014.

CONSULSTEEL. **Construcción con acero liviano – Manual de Procedimiento.** Buenos Aires: Consul Steel, 2002. 1 CD-ROM.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados - Light Steel Framing.** Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

GOMES, Adriano Pinto. **Avaliação do desempenho térmico de edificações unifamiliares em *light steel framing*.** Dissertação (Mestrado) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. – 2007.

HASS, Deleine Christina Gessi. **Viabilidade Econômica do Uso do Sistema Construtivo Steel Frame como Método Construtivo para Habitações Sociais / Christina Gessi Deleine, Louise Floriano Martins.** UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – CAMPUS CURITIBA, Curitiba 2011.

LORDSLEEM JÚNIOR, Alberto C. **Execução e inspeção de alvenaria racionalizada.** 1<sup>nd</sup> Ed. São Paulo: O Nome da Rosa editora, 2000. 103p, il. (Primeiros passos da qualidade no canteiro de obras).

PRUDÊNCIO, Marcus Vinícius Martins Vargas. **Projeto e Análise Comparativa de Custo de uma Residência Unifamiliar Utilizando os Sistemas Construtivos Convencional e Steel Framing.** Campo Mourão, 2013.

MARANGON, Marcio. **Geotecnia de Fundações. Vol. 01 – Sub-solo/Fundações rasas.** Juiz de Fora, 2009.

MOLITERNO, Antônio. **Caderno de Projetos de Telhados em Estrutura de Madeira –** Ed. Blucher, São Paulo, 2011.

NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias / Otávio luiz do nascimento.** - Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004.

PINHO, Dino de Tarso Pinheiro e. **Sistema Construtivo parede de concreto – um estudo de caso.** Universidade Federal do Ceará. Fortaleza 2010.

PROJETO ABNT NBR 15253: 06/2014. Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — Requisitos gerais.

RODRIGUES, Francisco Carlos. **Steel Framing: Engenharia.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006. (Série Manual da Construção em Aço).

SANTIAGO, A. K.; ARAÚJO, E. C. de. **Sistema LSF como fechamento externo vertical industrializado.** 2008. Brasil – São Paulo. Congresso latino-americano da construção metálica. 2008.

SANTIAGO, Alexandre Kokke. **Steel framing: arquitetura / Alexandre Kokke Santiago, Arlene Maria Sarmanho Freitas, Renata Cristina Moraes de Crasto.** Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012.

SILVA, Jackson Jader da. **Análise comparativa entre os sistemas construtivos Light Steel Framing e sistema Convencional para construção de moradias populares.** Blumenau, 2011.

SILVA, Luciano Segundo da. **EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE COBERTURAS UTILIZADOS NO BRASIL.** Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo 2005.

THOMAZ, Erico. **Código de práticas nº 01: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos** / Erico Thomaz, Claudio Vicente Mitidieri Filho, Fabiana da Rocha Cleto, Francisco Ferreira Cardoso. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.

**Normas:**

**NBR 6355:** Perfis Estruturais de aço formado a frio - Padronização. 2012.

**NBR 15253:** Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2005

**Sites:**

[http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/cub/tabelas/tabela\\_cub\\_outubro\\_2014.pdf](http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/cub/tabelas/tabela_cub_outubro_2014.pdf),  
acesso em 20/11/2014.

**ANEXOS****HOUSENG****ORÇAMENTO**

Ao Sr.

**DIEGO FERREIRA LOPES**

Aos cuidados de Diego.

A HOUSENG CONSTRUÇÃO SECA LTDA, inscrita no CNPJ sob o nº 13.867.589/0001-71, situada à Rua Sebastião Fernandes, 184 - L 01, Bairro Monte Carlo, Santa Luzia – MG, vem por meio deste apresentar orçamento para CONSTRUÇÃO DE UMA RESIDÊNCIA EM LIGHT STEEL FRAMING DE 66,45 m<sup>2</sup> em Caratinga - MG, conforme projeto enviado anteriormente para análise.

**VALOR DA PROPOSTA: R\$ 65.121,00 (sessenta e cinco mil cento e vinte e um reais)**

**Validade da proposta: 30 dias.**

**Obs.: Lembrando que o valor da proposta inclui os seguintes serviços: fornecimento e montagem da estrutura em Light Steel Framing, fundação tipo radier, fechamento vertical externo e interno, instalação elétrica e hidráulica, isolamento acústico e térmico onde será usada lã de pet, piso, cobertura em telhado (forros e calhas), esquadrias e acabamento.**

Santa Luzia - MG, 25 de novembro de 2014

HOUSENG CONSTRUÇÃO SECA LTDA

CNPJ: 13.867.589/0001-71

Fones: (31) 8447 8331/96760080