

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

**COMPARAÇÃO ENTRE OS ORÇAMENTOS DE UMA EDIFICAÇÃO
TÉRREA DE ALTO PADRÃO EM LIGHT STEEL FRAME E EM
CONCRETO ARMADO COM ALVENARIA DE VEDAÇÃO**

Lucas Henrique Souza Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Engenharia Civil da
Universidade Federal de São Carlos como
parte dos requisitos para a conclusão da
graduação em Engenharia Civil.

Prof. Renato Silva Nicoletti

São Carlos
2023

RESUMO

A construção brasileira de casas e edifícios é composta majoritariamente de concreto armado e alvenaria, que possuem um baixíssimo grau de industrialização, gerando, assim, desperdício e retrabalho. Os sistemas construtivos light steel frame (LSF) e wood frame (WF) alteram esta realidade, devido ao alto nível de industrialização, por este e outros motivos estes sistemas são empregados em larga escala em diversos países. Como estes sistemas construtivos estão pouco difundidos no Brasil, existe falta de conhecimento e desinformação, sendo assim, o trabalho realizado busca elucidar as características dos sistemas construtivos, através de um levantamento bibliográfico, traçando um comparativo entre o LSF e WF desde a fase do projeto e pós ocupação, mostrando as semelhanças e diferenças entre os sistemas. Além disso, busca-se comprovar a viabilidade econômica de tais empreendimentos, portanto, será elaborado um estudo de caso adotando como parâmetro uma residência unifamiliar de alto padrão construída em concreto e alvenaria, este projeto será adaptado para os sistemas LSF e WF, para assim, fazer o levantamento de materiais e orçamento. Para o estudo de caso realizado, o custo total dos serviços (considerando materiais e a mão de obra) foi cerca de 14% superior para o sistema em LSF em relação à solução convencional, porém isto não inviabiliza o sistema para aqueles que procuram uma construção rápida, eficiente e com desperdício zero. Especificamente, nas etapas de fundação e superestrutura, a solução convencional apresentou custo 80% e 11% superior em relação à solução em LSF. Todavia, na etapa de fechamento (para a metodologia adotada) o custo da solução em LSF foi 71% superior ao da solução convencional, isto ocorre principalmente por se tratar de materiais de alta performance e industrializados .

Palavras-chave: construção industrializada, light steel frame, wood frame.

ABSTRACT

The Brazilian construction of houses and buildings is mainly composed of reinforced concrete and masonry, which have a low degree of industrialization, thus generating waste and rework. The light steel frame (LSF) and wood frame (WF) construction systems change this reality, due to the high level of industrialization, for this and other reasons these systems are used on a large scale in several countries. As these construction systems are not widespread in Brazil, there is a lack of knowledge and misinformation, so the work carried out seeks to elucidate the characteristics of construction systems, through a bibliographic survey, drawing a comparison between the LSF and WF from the project phase and post-occupancy, showing the similarities and differences between the systems. In addition, it aims to prove the economic viability of such projects, therefore, a case study will be prepared, adopting as a parameter a high-end single-family residence built in concrete and masonry, this project will be adapted to the LSF and WF systems, to do the precise material listing and budget. For the case study carried out, the total cost of services (considering materials and labor) was about 14% higher for the LSF system compared to the conventional solution, but this does not make the system unfeasible for those who seek a quick, efficient construction with zero waste. Specifically, in the foundation and superstructure stages, the conventional solution cost 80% and 11% higher than the LSF solution. However, in the closing stage (for the adopted methodology) the cost of the LSF solution was 71% higher than the conventional solution, mainly due to the use of high-performance and industrialized materials.

Keywords: industrialized construction, light steel frame, wood frame.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
1.1	JUSTIFICATIVA	6
1.2	OBJETIVOS	7
1.3	RESUMO DA METODOLOGIA	8
1.4	DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS.....	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	Aspectos gerais do sistema construtivo light steel frame	13
2.2	Aspectos gerais do sistema construtivo wood frame	13
2.3	Métodos e componentes da construção.....	14
2.3.1	Métodos construtivos	15
2.3.2	Fundações.....	16
2.3.3	Painéis	18
2.3.3.1	Painel LSF	19
2.3.3.2	Painel WF	20
2.3.4	Lajes	21
2.3.5	Coberturas	22
2.3.6	Estabilização da estrutura.....	23
2.3.6.1	Estabilização da estrutura LSF	24
2.3.6.2	Estabilização da estrutura wood frame.....	25
2.3.7	Fechamento e Revestimento.....	26
2.3.8	Instalações elétricas e hidrossanitários.....	27
2.4	Comparativo quanto aos custos dos sistemas construtivos.....	28
3	METODOLOGIA.....	34
4	RESULTADOS	46
5	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE A – Orçamento da solução convencional.....	62
	APÊNDICE B – Orçamento da solução em LSF	67

1 INTRODUÇÃO

O sistema estrutural e construtivo denominado “framing” já era utilizado nos Estados Unidos desde 1830, predominantemente com construções em madeiras conhecidas como wood frame (WF - Figura 1b). Com o desenvolvimento tecnológico e a necessidade de industrialização passou-se a utilizar também o aço, dando origem ao sistema denominado “light steel framing” (LSF - Figura 1a).

Nas construções para fins residências em países da Europa, Japão, EUA e Canadá a utilização dos sistemas industrializados LSF e WF é predominante. No Brasil a Construção Civil utiliza predominantemente o sistema construtivo tradicional, com materiais rústicos e uma grande variabilidade de matéria-prima. Esses sistemas são suscetíveis ao surgimento de diversas manifestações patológicas, improdutividade e desperdícios, o que não pode ser admitido para bens produzidos em larga escala (VIVAN e PALIARI, 2010). A adoção de sistemas construtivos industrializados como o light steel frame (LSF) e wood frame pode contribuir para a melhoria dos processos e favorecer a industrialização da construção civil no segmento de habitações residenciais, contribuindo para a redução do déficit habitacional.

Para mudar essa situação é necessário aprimorar os conhecimentos sobre processos construtivos industrializados de modo geral, se especializar em determinados sistemas construtivos, inclusive com formação de mão de obra, políticas de financiamento e certificação para sistemas construtivos inovadores.

O light steel frame é um sistema construtivo baseado na pré-montagem de segmentos de painéis constituídos por grades metálicas (frames) que compõem a estrutura portante principal da edificação e serve de base e apoio para painéis de fechamento não estruturais. O sistema construtivo em wood frame tem definição semelhante, no entanto o frame é constituído de madeira.

São sistemas de construção seca, pois não há necessidade de utilização de água para preparação de componentes como concreto, argamassa etc. Sua utilização agrega diversas vantagens como maior qualidade final, facilidade para execução e manutenção das instalações e redução de prazos. Na Figura 1 apresenta-se os sistemas construtivos LSF e WF em uma fase intermediária da obra em comparação com o sistema convencional em concreto

Figura 1 – Sistemas construtivos industrializados e convencional



a) Steel Frame



b) wood frame



c) Concreto armado/alvenaria de vedação

Fonte: Portal Virtuhab – UFSC; Portal Virtuhab- UFSC; Teplan- Técnicos de construção e planejamento

No Brasil, a pouco mais de 10 anos, arquitetos, empreendedores e construtores passaram a se interessar por esses sistemas construtivos, mas a utilização efetiva é recente e restrita a poucas construtoras que dominam adequadamente as técnicas de projeto e construção.

Muito tem sido feito para divulgar e introduzir esse sistema no Brasil e torná-lo competitivo com os sistemas construtivos convencionais atualmente em uso. Institutos e associações de classe ligadas a produção e construções metálicas e em madeira têm financiado pesquisas e o desenvolvimento de manuais e bibliografia sobre o tema. Além disso, está em fase de elaboração normas específicas para construções em WF, em 2022 foi elaborada a norma NBR 16970 (ABNT, 2022) para construção em LSF. Esse cenário tem contribuído para preencher a lacuna existente com relação à bibliografia em português e adequar procedimentos de projeto e construtivos a realidade brasileira.

Por tratar-se de um sistema construtivo não muito difundido e conhecido pela população a comparação de orçamentos, estudo de viabilidade e concepção estrutural, entre os sistemas industrializados e convencional, pode-se apresentar inicialmente de maneira complexa, haja vista que cada sistema utiliza materiais diferentes e seus métodos construtivos também diferem. Essa questão, por ser bastante relevante será o foco deste projeto na comparação entre os dois sistemas construtivos, com maior enfoque para o light steel frame.

1.1 JUSTIFICATIVA

Verifica-se uma grande tendência em aumento no nível de industrialização da construção civil na busca por racionalização dos processos construtivos, redução dos prazos

e custos. A construção metálica e em madeira no sistema frame são, sem dúvida, caminhos adequados para esse processo de industrialização da construção civil. Mais especificamente, as construções nos sistemas light steel frame e wood frame reúnem todas as características e vantagens da industrialização, podendo ser aplicadas em construções comerciais, residenciais de alto padrão e construções residenciais de interesse social. A tecnologia construtiva é recente e ainda pouco utilizada no Brasil, um dos motivos para isso ocorrer é a falta de conhecimento destes sistemas por parte da população, o que gera certa insegurança. Outro ponto é a respeito da viabilidade econômica das obras, por se tratar de tecnologias novas seu custo pode ser mais elevado, porém, conforme se dissemina este sistema e aumentam as fábricas seus custos reduzem. Tem-se pouca bibliografia nacional referente a estes sistemas construtivos industrializados, e pouca ou até mesmo nenhuma carga horária dedicada para estudar estes tópicos, sendo assim, busca-se contribuir com o acervo bibliográfico referente a sistemas construtivos industrializados, na esperança de ampliar o leque de possibilidades de construção no setor da construção civil brasileira, sobretudo para edificações de uso residencial.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é realizar uma comparação entre o orçamento de uma edificação alto-padrão em LSF e em concreto armado com alvenaria de vedação para as etapas de fundação, estrutura e fechamento, além de descrever e caracterizar os processos construtivos industrializados light steel frame e wood frame, comparando-os entre si e diferenciando da alvenaria convencional.

Como objetivos específicos podem ser delineados:

- Analisar e caracterizar a industrialização na construção civil aplicado a construções habitacionais;
- Descrever e comparar os sistemas light steel frame (LSF), wood frame (WF) e alvenaria convencional envolvendo desde a fase de projeto até o pós- ocupação;
- Apresentar uma síntese de recomendações para o pré-dimensionamento de painéis e estruturas em light steel frame;
- Conceber e realizar o cálculo estrutural do sistema Light Steel Frame, a partir do Estado Limite de Serviço (ELS);

- Realizar o levantamento de quantitativos e orçamento do LSF e comparar com o concreto armado com fechamento em alvenaria de vedação, especificamente quanto a viabilidade econômica das etapas de fundação, estrutura e fechamento.

Desta forma espera-se contribuir para ampliação do conhecimento sobre construção industrializada de modo geral e mostrar a viabilidade econômica destes sistemas ainda marginalizados.

1.3 RESUMO DA METODOLOGIA

A metodologia necessária para o desenvolvimento deste projeto compreende as etapas: revisão bibliográfica, modelagem de estudo de caso e comparação orçamentária.

A revisão bibliográfica abrange as características gerais e o desenvolvimento tecnológico dos sistemas construtivos em LSF, WF e alvenaria convencional desde a concepção arquitetônica, o projeto estrutural e o planejamento da construção. Desenvolveu-se um paralelo entre os sistemas, apontando de forma contextualizada as diferenças e semelhanças.

Para avaliar as diretrizes de projeto foi realizado um estudo de caso, no qual uma edificação unifamiliar, já executada e com os quantitativos levantados, disponibilizada por uma empresa de gestão de obras, foi adaptada para as necessidades do modelo construtivo em LSF, respeitando normas e manuais técnicos. Neste modelo adaptado para a construção industrializada será desenvolvida sua concepção estrutural e seus cálculos de dimensionamento.

Após a análise estrutural, foi possível levantar os quantitativos de materiais, iniciando assim a última etapa, que consiste na análise comparativa orçamentária dos dois sistemas construtivos. Busca-se chegar a conclusões palpáveis no quesito de viabilidade de empreendimento e comparação real e assertiva entre os diferentes sistemas.

1.4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos.

No capítulo 1, é introduzido o tema do trabalho a fim de contextualizar os sistemas construtivos industrializados. Ademais, detalhou-se as justificativas do trabalho, o objetivo geral e específico, bem como o resumo da metodologia.

No capítulo 2, apresenta-se os sistemas construtivos industrializados em LSF e em WF, descrevendo e caracterizando seus componentes, apontado semelhanças e diferenças.

No capítulo 3, descreve-se a metodologia aplicada neste trabalho, explanando sobre o estudo de caso realizado que adapta uma edificação em alvenaria para o sistema do LSF, os softwares que foram utilizados na modelagem 2D/3D e análise estrutural.

No capítulo 4, discorre-se sobre os resultados obtidos por meio da análise bibliográfica, estudo de caso e comparação orçamentária.

No capítulo 5, comenta-se sobre as conclusões do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

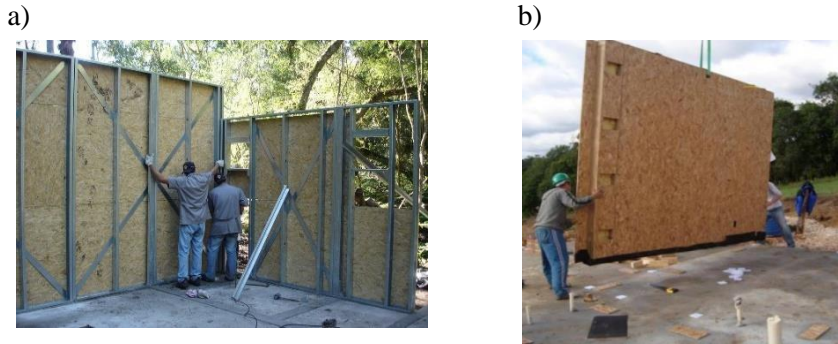
A origem dos sistemas de construção LSF e WF remonta a década de 1800 e desde então vem passando por uma série de desenvolvimentos tecnológicos sendo atualmente sistemas com alto nível de industrialização. Podendo ser, em ambos os casos, totalmente pré-fabricados ficando para o canteiro somente a montagem da estrutura.

No Brasil a utilização do sistema construtivo LSF é bastante recente e ainda se utiliza com frequência tecnologia construtiva importada, sobre tudo dos Estados Unidos. Embora seja possível construções com até 7 pavimentos, no Brasil é mais comum construções térreas ou sobrados. Rodrigues e Bevilaqua (2006) apresentaram exemplos de edifícios em light steel frame com até 7 pavimentos. No entanto, conforme destacado por Takata (2007), no Brasil não é possível contar com financiamento público para construções em light steel frame com mais de 6 pavimentos.

Além disso, embora já se tenha disponível na literatura trabalhos que demonstram a viabilidade técnica, ambiental e comercial do sistema construtivo em wood frame (ARAÚJO *et al*, 2016; MOLINA & CALIL Jr., 2010) somente a partir da década de 2010, tm-se registros de construções deste tipo no Brasil, sobretudo por empresas sediadas na região sul do país.

Existem basicamente dois processos de montagem: montagem em obra e montagem em fábrica. A montagem em obra consiste na montagem de painéis paredes no solo e posterior colocação em seu local definitivo. Este sistema é mais indicado, especialmente em lugares de difícil acesso onde os custos de transporte de grandes painéis seriam muito altos. A montagem em fábrica, embora incremente os custos referentes ao transporte, imprime um maior nível de industrialização ao processo, que varia com os sistemas adotados de cada empresa. A Figura 2 apresenta, respectivamente, a montagem de painéis do sistema light steel frame e wood frame.

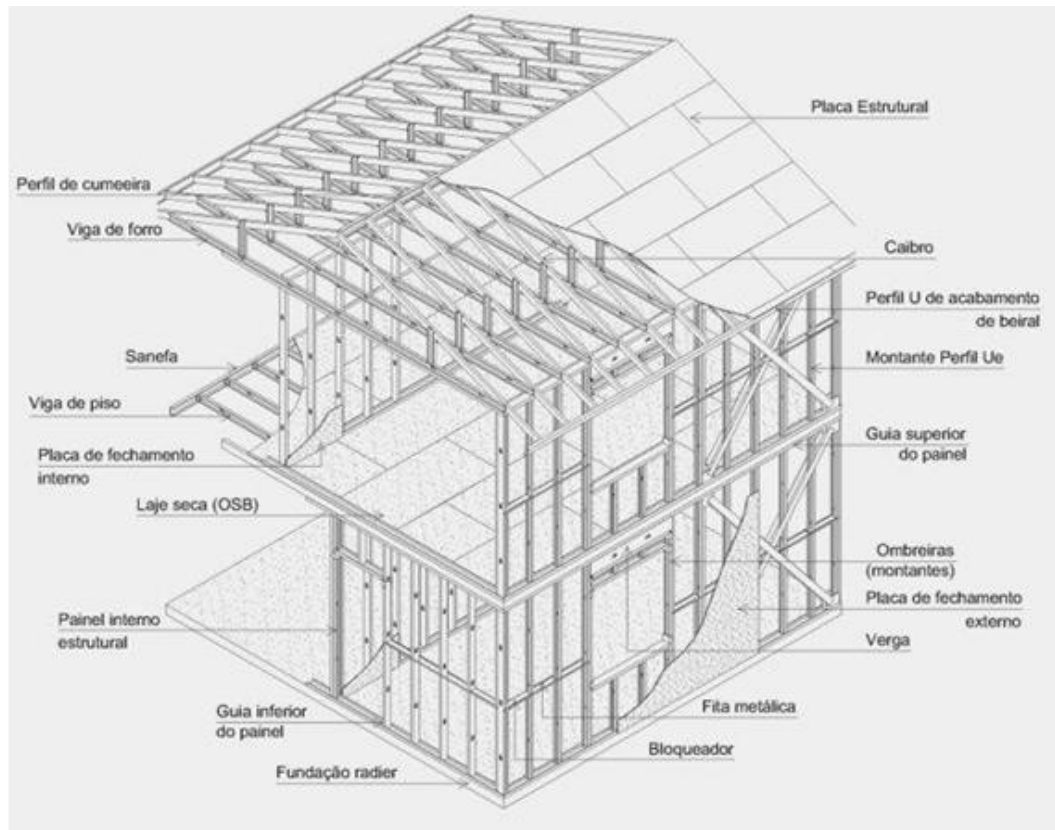
Figura 2 – Sistemas construtivos a) LSF e b) WF em fase de montagem de painéis



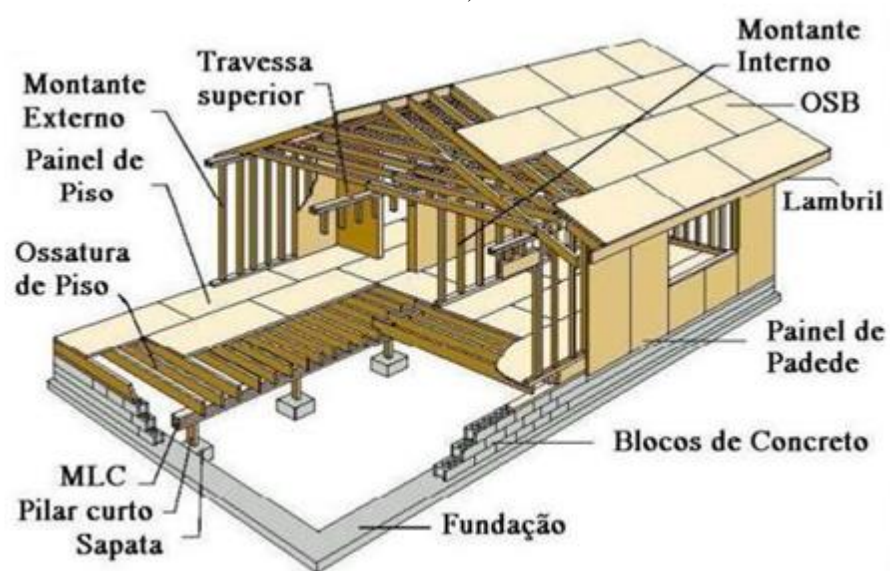
Fonte: Luciana Jobim, 2011; Portal Virtuhab – UFSC

Para os dois sistemas a estrutura é composta por montantes de aço ou de madeira que resistem a cargas no seu próprio plano e perpendiculares a esse plano, formando paredes e pisos. Os fechamentos dos painéis das paredes e de piso podem ser empregados placas de OSB. Em geral a solução mais adequada para fundações é radier ou sapata corrida. (Freitas e Castro, 2006; Molina & Calil Jr. 2010). Na Figura 3 apresenta-se de forma esquemática os principais componentes dos sistemas LSF e wood frame.

Figura 3 – Componentes dos sistemas construtivos a) LSF e b) WF



a)



b)

Fonte: CBCA manual de construção em aço (2006, pág. 14), Altevir Castro Dos Santos (2015, p. 6)

2.1 Aspectos gerais do sistema construtivo light steel frame

Suas principais vantagens são destacadas por Davies (1996):

- Os elementos constituintes são industrializados com rigoroso controle de qualidade;
- O uso do aço permite maior qualidade e precisão dimensional propiciando melhor desempenho estrutural da edificação;
- Durabilidade da construção pela utilização de perfis de aço galvanizado;
- Facilidade de transporte e montagem da estrutura devido ao baixo peso dos elementos;
- Redução drástica do uso de água (construção seca) diminuindo o uso de recursos naturais;
- Facilidades para execução e manutenção das instalações diversas;
- Redução de tempo de construção.

Todas essas vantagens se convertem em reduções de custos. Além disso, há de se ter em conta que o aço é um material com geração mínima de resíduos e ainda pode ser reciclado.

A partir do trabalho de Freitas e Castro (2006), Manual de Construção em Aço, as principais características dos sistemas construtivos LSF passaram a ser melhor conhecidas entre projetistas e construtores no Brasil. Sendo assim, contribuiu com a difusão de conhecimento relacionado a utilização do aço na construção civil, este manual será utilizado como base para a explanação dos próximos tópicos relacionados ao LSF.

Relativo as aplicações do LSF, pode-se listar as seguintes utilizações:

- Residências unifamiliares;
- Edifícios comerciais e residenciais;
- Hospitais, clínicas, estabelecimentos de ensino, galpões;
- Unidade modulares (módulos individuais prontos de cozinhas, banheiros e outros cômodos para construção de edifícios);
- Revestimento de fachadas de diversos edifícios.

2.2 Aspectos gerais do sistema construtivo wood frame

Anderson (1975) destaca algumas vantagens da utilização do sistema construtivo wood frame que praticamente são as mesmas apontadas para o sistema LSF, sendo assim:

- Facilidade de transporte e montagem da estrutura devido ao baixo peso dos elementos;
- Redução drástica do uso de água (construção seca) diminuindo o uso de recursos;
- Facilidades para execução e manutenção das instalações diversas;
- Redução de tempo de construção.

Além disso, há outras características relevantes, já que é uma construção em madeira, possuindo boas propriedades como isolante térmico e sonoro. Vale destacar que a madeira pode ter um manejo adequado que não constitui problemas ambientais e deve ser tratada para garantir sua durabilidade. A madeira é um recurso natural, renovável e com custo ambiental de produção menor que os materiais convencionais e os perfis em LSF, pois contribui com um saldo positivo de CO² na atmosfera, ou seja, retira o gás carbônico desta.

Já na comparação de custo entre o sistema construtivo convencional e em wood frame Souza (2013) constatou redução de até 12% no custo total para o sistema WF utilizado em habitações de interesse social. No entanto, pesquisa com usuários e profissionais do setor da construção civil, no estado do Paraná, realizada por Oliveira (2014) demonstrou que a aceitação do sistema é baixa devido ao desconhecimento.

No caso do sistema WF os componentes do sistema, bem como o comportamento estrutural e aspectos construtivos estão descritos de forma resumida em Molina & Calil Jr. (2010) e de forma mais detalhada em Anderson (1975).

Relativo as aplicações do WF, assim como no LSF é diverso, podendo ser utilizado em:

- Residências unifamiliares;
- Edifícios comerciais e residenciais de até cinco pavimentos;
- Hospitais, clínicas, estabelecimentos de ensino, galpões.

2.3 Métodos e componentes da construção

Devido à grande semelhança construtiva entre o WF e LSF, haja vista que um é a derivação do outro, suas etapas serão descritas em conjunto, todavia suas peculiaridades serão destacadas.

A primeira e mais significativa diferença está no material e seção dos perfis. No wood frame o perfil é usualmente constituído de Pinus tratado, tratamento por autoclave, com seção

retangular, sendo que as dimensões mais utilizadas são 38x90mm (2"x4") e 38x140mm (2"x6").

Já no LSF o perfil trata-se de um perfil U ou U enrijecido, constituído de aço galvanizado, as dimensões mais utilizadas são 90x40mm e 140x40mm, reiterando que cada projeto requer dimensões específicas estabelecidas pelo projeto estrutural, que devem ser seguidas. Os perfis destas construções podem ser divididos entre Guias e Montantes. As guias são os perfis horizontais e os montantes os verticais.

Outra diferença entre os dois tipos construtivos está no fato que, as guias e os montantes no WF possuem as mesmas dimensões. Já no LSF os perfis de aço possuem diferenças de 2mm por exemplo, a fim de que ocorra um melhor encaixe entre as seções, montante 90x40mm e guia 92x38. Além disso, os montantes possuem enrijecedores de borda. Segue a Figura 4 para exemplificar as diferenças.

Figura 4 - Perfil U e Ue, montante de wood frame



Fonte: Blog do light steel frame (2017); Eleanor Cummins (2018)

2.3.1 Métodos construtivos

A execução destas obras pode ser realizada por diferentes métodos, entre elas estão:

- Método Stick;
- Método por painéis;
- Método de construção modular.

No primeiro, os perfis metálicos e de madeira são cortados no próprio canteiro de obras, sendo a montagem dos painéis, lajes, colunas, tesouras e contraventamentos in loco. Sua vantagem construtiva se dá no fato de não necessitar de um local para a pré-fabricação do sistema, ademais o transporte é facilitado, pois transporta-se somente os perfis. Todavia, a obra prolonga-se, perdendo uma das principais características destes sistemas construtivos: rapidez.

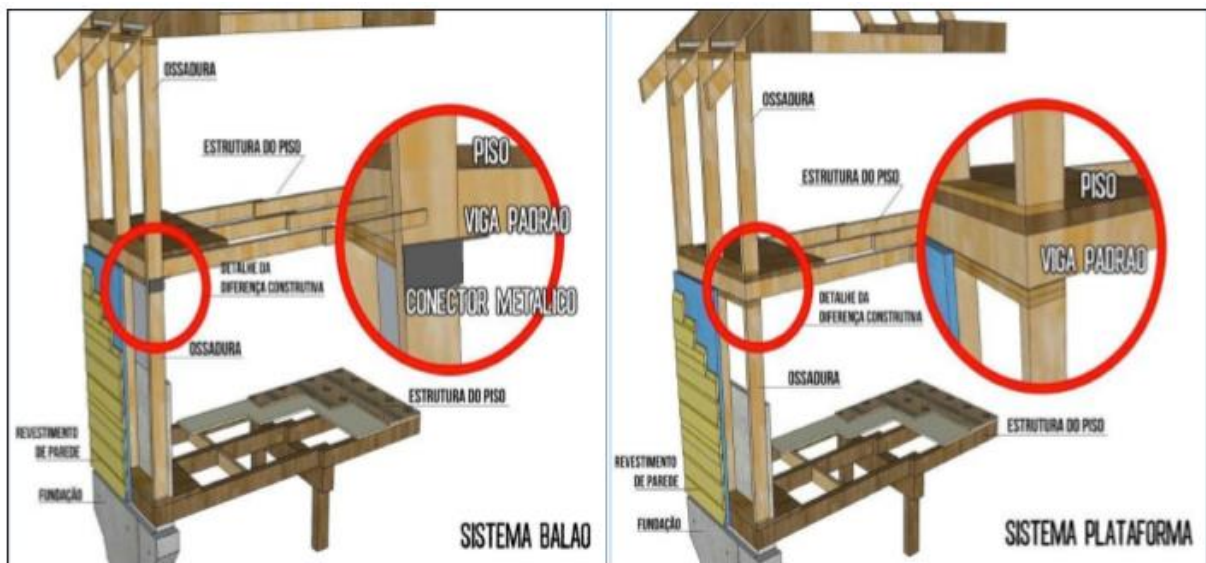
Já no método por painéis, os painéis estruturais e não estruturais, tesouras, lajes e contraventamento, são montados nas fábricas, ou seja, é um método mais industrializado,

havendo uma maior qualidade dimensional das peças, minimizando o trabalho no canteiro de obras e consequentemente aumentando a rapidez da execução.

No último, as unidades modulares são totalmente fabricadas na indústria, dessa forma, o nível de industrialização é elevado. As unidades são entregues com os acabamentos internos, revestimentos, louças, bancadas, instalações elétricas e hidráulicas, restando praticamente apenas a montagem com os guindastes dos módulos. Como os módulos são recebidos na obra totalmente montados o transporte é dificultado, pois deve ser feito com cautela. Este tipo de construção é adequado para complexos residenciais, devido à grande repetição.

Ademais, as construções do método Stick e por painéis, podem ser montadas na forma “Balloon” ou “Platform”. No Método “Balloon” a estrutura do piso é fixada na lateral dos montantes dos painéis, estes painéis vão além de um pavimento. No tipo “Platform” não há os painéis contínuos, um pavimento é montado por vez, os painéis e pisos são montados sequencialmente, dessa forma as cargas dos pisos são descarregadas axialmente aos montantes. A Figura 5 representa, respectivamente, a construção tipo Balloon e Platform Framing.

Figura 5 - Métodos construtivos Balloon e Platform



Fonte: Paese, M (2012, p. 63) apud LEITE e LAHR (2015, pág. 7)

2.3.2 Fundações

A estrutura do light steel frame, como o próprio nome revela, é leve, além disso seus componentes de fechamento também o são, principalmente quando comparada com a construção convencional de alvenaria. Sendo assim, gera-se menores solicitações na fundação, consequentemente, esta etapa se torna mais econômica quando comparado com obras da mesma

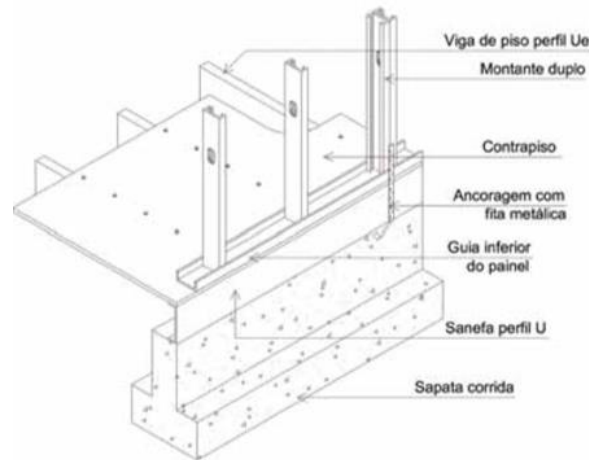
dimensão em outros materiais. Algumas típicas fundações para LSF são a laje radier e soluções com sapata corrida e/ou vigas baldrame.

O radier (Figura 6b) é uma fundação rasa que transmite as cargas homoganeamente para o solo, seus componentes estruturais são a laje contínua de concreto com vigas em seu perímetro, sob paredes estruturais e onde mais for necessário segundo o cálculo do projeto estrutural. Como complemento, a fim de evitar umidade do solo ou infiltração de água, o contrapiso recomendado é de 15cm

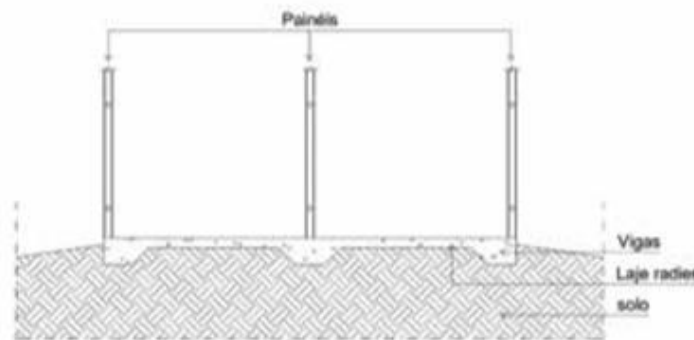
A sapata corrida (Figura 6^a) é uma fundação que também é rasa, entretanto diferente da modelo laje, é uma fundação contínua que recebe as cargas das paredes portantes dos sistemas construtivos. Pode ser constituída por vigas de concreto armado locados sob os painéis estruturais, transmitindo as cargas diretamente ao solo. Já o contrapiso pode ser em concreto ou de perfis apoiados sobre a fundação.

Independentemente da fundação escolhida, é necessária uma eficiente fixação dos painéis na fundação, a fim de evitar deslocamentos da edificação promovidos pela força do vento, podendo gerar translação ou tombamento da construção. Sendo assim, a superestrutura deve ser ancorada corretamente na fundação. A Figura 6 apresenta esquematicamente os dois tipos de fundações mais utilizados, sapata corrida e radier, respectivamente.

Figura 6 – a) Sapata corrida e b) Laje radier



a)



b)

Fonte: CBCA manual de construção em aço (2006, pág. 27)

2.3.3 Painéis

Estes sistemas construtivos são constituídos por painéis, sendo que estes podem ser estruturais ou não estruturais.

Os painéis estruturais estão sujeitos à cargas verticais provenientes do próprio peso da superestrutura, pisos, telhados, revestimentos, móveis e pessoas. Ademais, estão submetidos a cargas horizontais advindas do vento e abalos sísmicos. Já os painéis não estruturais possuem como finalidade principal o fechamento e divisória dos ambientes, além disso, não suportam os carregamentos advindos da estrutura, suportam somente seu peso próprio. Algo presente em ambos os painéis deve ser a modulação, ou seja, espaçamento entre os perfis, uma modulação usual é a de 1200x1200mm que comporta tanto o espaçamento de 400mm quanto 600mm. Apesar dos painéis serem semelhantes em ambos os sistemas, possuem suas peculiaridades, sendo necessário o detalhamento.

2.3.3.1 Painel LSF

Os painéis do LSF são formados por perfis de aço galvanizado, são constituídos por elementos verticais com seção transversal Ue, estes são os montantes, e há os elementos horizontais com seção U designado como guia.

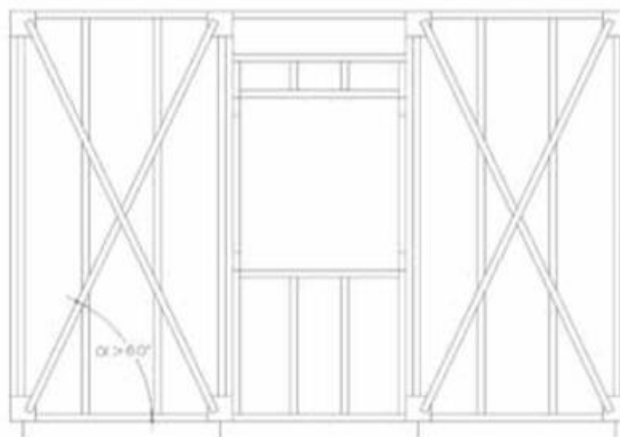
Os montantes são os responsáveis por transmitirem as cargas verticais até a fundação, isto ocorre devido a estrutura alinhada dos montantes, que transferem as cargas por meio de suas almas por contato direto, estando em coincidência suas seções de um nível a outro. Quando não é possível o alinhamento, faz-se necessário a colocação de uma viga, a fim de distribuir uniformemente as cargas excêntricas.

Na conformação dos painéis, os montantes são geralmente espaçados de 40 a 60 cm, este espaçamento pode ser menor dependendo da carga a ser suportada. Quanto maior o esforço a ser recebido, maior a densidade de montantes por painéis. A fim de constituir o quadro estrutural do painel as guias são alocadas nas extremidades superiores e inferiores dos montantes, a guia que define o comprimento dos painéis.

Para abrir um vão em um painel estrutural, é necessário introduzir elementos estruturais como as vergas que redistribuem o carregamento dos montantes interrompidos, introduzir ombreiras e montantes auxiliares nas proximidades dos vãos.

A fim de garantir a estabilização da estrutura devido a esforços horizontais, é necessário a utilização de fitas de contraventamento, ou placas rígidas (placas de OSB) que funcionem com diafragma rígido. Estas fitas de contraventamento geralmente são posicionadas em alguns painéis fazendo um “X”. E recomendado que o ângulo esteja entre 30 e 60 graus.

Nos painéis não estruturais é mais simples para abrir um vão, já que estes servem somente para fechamento e devem sustentar apenas seu o peso próprio, sendo assim, a solução é simplificada, não é necessário a introdução de vergas e ombreiras. A Figura 7 representa um painel em LSF com seus componentes, guia, montante e contravento.

Figura 7 - Painel LSF

Fonte: CBCA manual de construção em aço (2006, pág. 39)

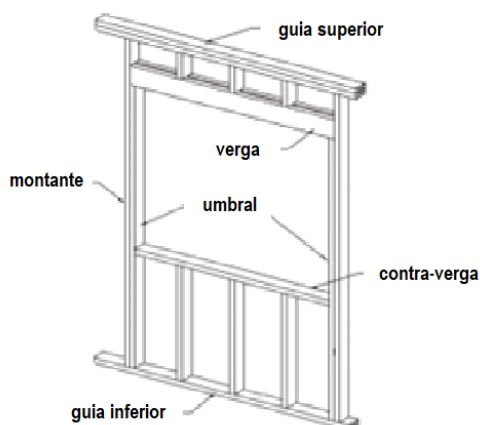
2.3.3.2 Painel WF

Já os painéis de WF são formados pelos perfis de madeira pinus, compostos em guias e montantes, assim como no LSF, os montantes transmitem as cargas verticais até a fundação, por meio da estrutura alinhada, quando não é possível o alinhamento coloca-se de uma viga, a fim de distribuir uniformemente as cargas excêntricas.

A conformação dos painéis se faz semelhante ao outro sistema, a diferença está no fato de haver uma dupla camada de guias na parte superior do painel.

No intuito de colocar-se uma abertura no painel, deve-se colocar alguns elementos estruturais, entre eles está a verga, o umbral (seção composta de montantes que recebe as solicitações da verga) e quando necessário (janelas) a contraverga. O umbral realiza o mesmo papel que a ombreira no LSF.

A fim de garantir a estabilização da estrutura devido a esforços horizontais, utiliza-se perfis de madeira 2x10cm como contraventamento, ou placas rígidas (placas de OSB) que funcionem com diafragma rígido. A Figura 8 mostra um típico painel de wood frame.

Figura 8 - Painel WF

Fonte: WFCM (2018, pág. 140)¹

2.3.4 Lajes

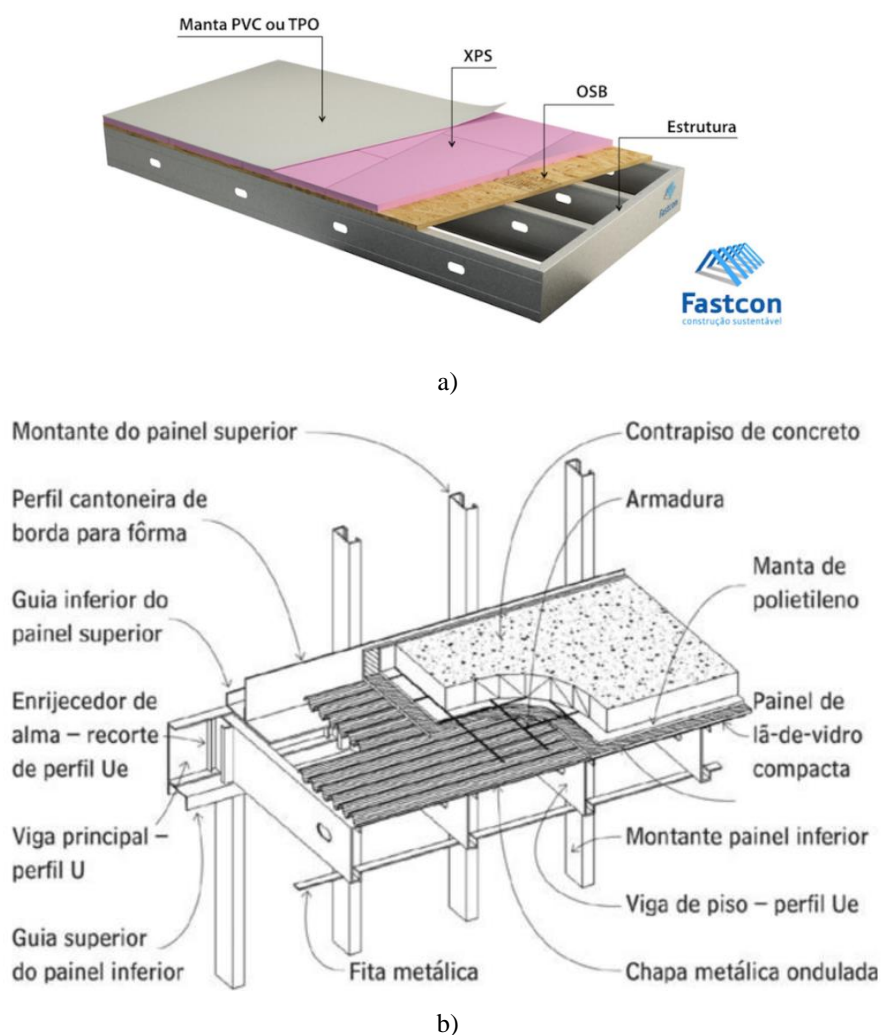
Da mesma forma que os painéis são estruturados com perfis equidistantes, as lajes também são, o espaçamento é dado em função da carga que cada perfil está submetido. Estes perfis quando utilizados na laje são chamados de vigas de piso. Faz-se o uso de perfis Ue na horizontal, sendo que suas propriedades geométricas dependem do carregamento e do vão a ser superado (os perfis Ue podem ser combinados).

As lajes são divididas em duas categorias: úmidas e secas. A primeira é constituída por uma chapa ondulada de aço que é utilizada como forma para o concreto e está aparafusada nas vigas de piso, o concreto possui em média de 4 a 6cm que formam o contrapiso.

A segunda é constituída por placas rígidas aparafusadas as vigas de piso que podem atuar como diafragma rígido, caso as placas sejam estruturais. As placas normalmente utilizadas são as de OSB, com 18mm de espessura, sobre o OSB pode utilizar uma camada de XPS (polímero bem resistente com um alto índice de isolamento térmico) e como impermeabilizante uma manta PVC ou TPO. Em áreas úmidas como é o caso do banheiro recomenda-se o uso de placas cimentícias. Na Figura 9 é possível compreender melhor sobre as lajes secas e úmidas.

¹ Imagem traduzida pelo próprio autor

Figura 9 – a) Laje seca e b) Desenho esquemático de laje úmida



Fonte: Galveia, Lucas. Fastcon (2015); Kaminski, João Junior. Técnica (2006)

2.3.5 Coberturas

A cobertura da edificação tem como principal função a proteção da construção contra as intempéries, além disso pode exercer função estética e reguladora térmica. Sendo assim, dentre as soluções existentes, as 2 mais comuns serão explicitadas, são elas: cobertura plana e cobertura inclinada.

A cobertura plana é realizada, geralmente, por uma laje úmida que possui inclinação suficiente para o escoamento da água. Esta cobertura pode ser sustentada pela estrutura de viga de piso ou também pelas treliças planas.

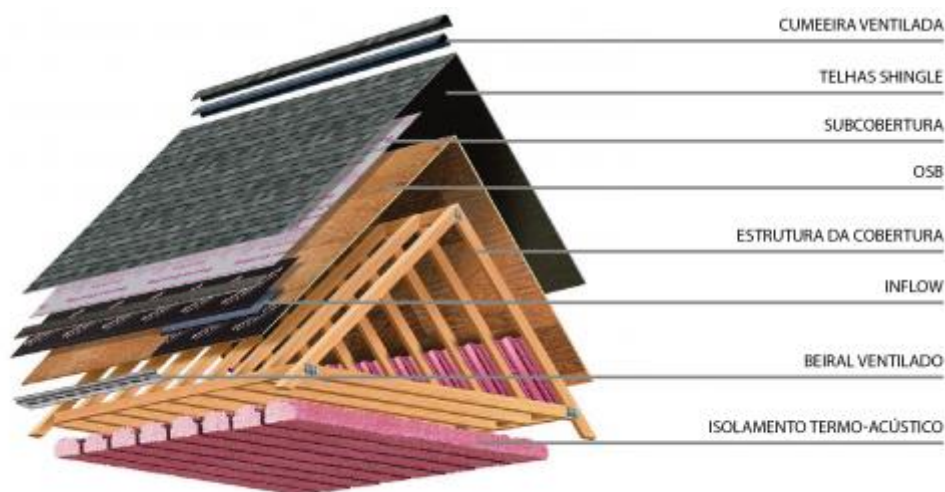
A cobertura inclinada do LSF e do WF é bem similar a estrutura da construção convencional, entretanto as armações de madeira são substituídas pelos perfis de aço, no caso do LSF. Deve-se tentar manter o princípio da estrutura alinhada, a fim de que a transmissão das cargas se de axialmente. Este tipo de cobertura pode ser sustentado tanto por tesouras quanto

por caibros e vigas. Sobre as tesouras, na estrutura formada por caibros e vigas usualmente aplica-se placas de OSB que contribuem para a estabilização da estrutura. Sobre a placa aplica-se a telha *shingle*, muito utilizada neste tipo de construção. É possível observar estas características na Figura 10.

Figura 10 – a) Cobertura plana, b) Cobertura inclinada



a)



b)

Fonte: CBCA manual de construção em aço (2006, pág. 65) e Eng. Fabio Ghessi apud Owens Corning.

2.3.6 Estabilização da estrutura

Como já foi exposto, estes sistemas construtivos são constituídos por perfis de aço galvanizado ou de madeira com pequena seção transversal e longos comprimentos, portanto, elementos esbeltos e delgados, dessa forma, isolados não são capazes de resistir as forças

horizontais, que podem ser ocasionados pelos ventos. Sendo assim, elementos auxiliares são necessários para a estabilização da estrutura.

2.3.6.1 Estabilização da estrutura LSF

Os travamentos mais usuais são:

- Contraventamento com fita metálica;
- Placa rígidas (diafragma);
- Travamento horizontal.

O contraventamento em painéis é realizado por fitas de aço galvanizado fixadas em sua face, sendo que a espessura largura e o local de aplicação é dado pelo projeto estrutural. O contraventamento pode ser concebido tanto na forma “X” quanto na forma “K”. A fim da fita ser efetiva, o ângulo formado com a base deve estar entre 30 e 60 graus.

Já o contraventamento em tesouras (cobertura) é composto por perfis U e Ue fixadas perpendicularmente as tesouras, reduzindo o comprimento de flambagem e transferindo a ação do vento para os contraventamentos verticais.

O travamento por diafragma rígido pode estar presente nos painéis, lajes e coberturas. Nos painéis, as placas rígidas de OSB realizam a função de diafragma, aumentando assim a resistência do painel, uma vez que absorvem as cargas laterais, dispensando assim o contraventamento. O diafragma rígido também ocorre nas lajes, travando horizontalmente a estrutura. Já na cobertura, as placas de OSB são de suma importância, uma vez que dispensam os contraventamentos para a estabilização das treliças além disso as placas podem ser utilizadas como suporte para a instalação de telhas.

O travamento horizontal também está presente em diferentes locais. Na laje, nos caibros, vigas e painéis a estabilidade horizontal pode ocorrer por meio dos bloqueadores que são perfis Ue conectados através de cantoneiras, outro travamento é a fita de aço galvanizado que pode ser utilizada em conjunto com os bloqueadores. A Figura 11 revela alguns dos métodos utilizados para a estabilização

Figura 11 - Contraventamento X, bloqueador



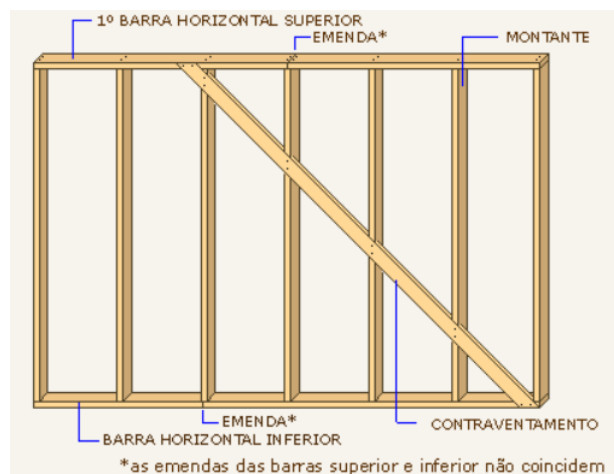
Fonte: CBCA manual de construção em aço (2006, pág. 38,43)

2.3.6.2 Estabilização da estrutura wood frame

A estabilização da estrutura ocorre de maneira semelhante, entretanto não se utiliza de fitas metálicas para o contraventamento dos painéis, utiliza-se perfis de madeira de dimensão 2x10cm, este perfil deve ser encaixado na superfície externa dos montantes, unindo diagonalmente a guia superior a guia inferior em um ângulo mais próximo a 45°.

Outro elemento que contribui para a estabilização da estrutura, assim como no LSF, é a placa OSB. Ela funciona como diafragma rígido nos painéis, laje e cobertura, contribuindo para resistir aos esforços laterais. A Figura 12 apresenta o contraventamento em wood frame.

Figura 12 - Contraventamento



Fonte: Manual de construção de madeira da USP

2.3.7 Fechamento e Revestimento

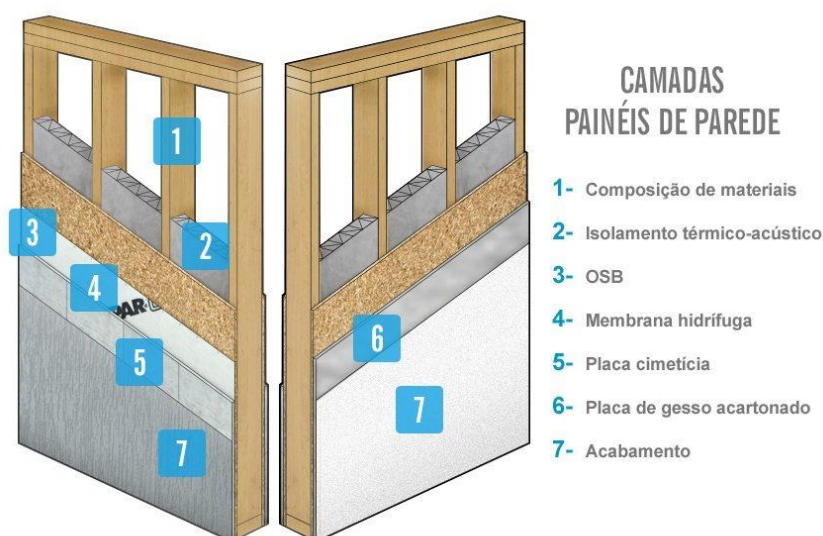
Este subsistema é composto pelas paredes internas e externas da construção, sendo que os elementos devem estar em sintonia com o modelo construtivo, isso significa que o peso próprio da vedação não deve ser muito elevado.

O fechamento vertical comumente utilizado nesses sistemas construtivos é mais complexo que o da alvenaria de vedação, que possui apenas o chapisco, emboço e reboco. A vedação do light steel frame é composta por diversas camadas diferentes, possuindo cada qual uma finalidade, no intuito de atender os requisitos propostos pelas normas, que são:

- Segurança estrutural;
- Segurança ao fogo;
- Estanqueidade;
- Conforto termoacústico;
- Adaptabilidade ao uso;
- Higiene;
- Durabilidade;
- Economia.

O revestimento do painel pode ocorrer de diversas formas, uma delas é bem representada na Figura 13.

Figura 13 – Esquema das camadas do painel com revestimento.



Pode-se utilizar diferentes tipos de materiais, entretanto independente dos materiais do painel deve-se preencher o interior com um material isolante termo acústico, entre os montantes. Após isto fixar o painel de OSB pelo menos do lado exterior e sempre aplicar uma membrana hidrófuga no lado exterior. Feito estas etapas primordiais há diferentes combinações de acabamentos possíveis.

2.3.8 Instalações elétricas e hidrossanitários

As instalações destas edificações são semelhantes às instalações na alvenaria convencional, os materiais utilizados em sua maioria são aplicáveis no LSF e WF. Uma das diferenças com o sistema convencional são alguns cuidados específicos na sua execução, haja vista que, nestes sistemas as paredes são compostas por painéis e seu interior não possui massa, logo é necessário elementos de suporte para a fixação dos diferentes tipos de instalações.

Outra divergência está no fato que se deve fazer aberturas nos perfis de aço ou madeira para a passagem das tubulações, sendo que é necessário respeitar as dimensões máximas dos furos e seus espaçamentos para não causar nenhum dano estrutural. Caso os furos tenham dimensões maiores que as máximas e formatos diferentes aos padrões podem ser necessários reforços.

Devido à ausência de massa no interior das paredes a passagem das tubulações e instalações pelos vazios da edificação permite-se a leitura da obra como um shaft visível, isto faz com que não haja a sobreposição e interferência dos sistemas e, além disso, a execução e manutenção do sistema é facilitada, reduzindo assim a o volume de resíduos, que já era diminuto. Este fato é uma grande vantagem em detrimento da construção com a alvenaria convencional, uma vez que não é necessário, cortar, quebrar e gerar resíduos para a instalação e futura manutenção do sistema, ademais não é raro a interferência de sistemas, gerando mais gastos.

O início da execução das instalações deve ocorrer somente quando finalizado a completa montagem da estrutura das paredes, lajes e cobertura. Alguns cuidados devem ser tomados, como o caminhamento dos dutos, que deve ser igual ao estabelecido pelo projeto, evitando a aleatoriedade dos caminhos. Sempre que possível evitar passar os dutos pelos montantes também. A Figura 14 exhibe as instalações e o shaft visível.

Figura 14: Shaft e instalações

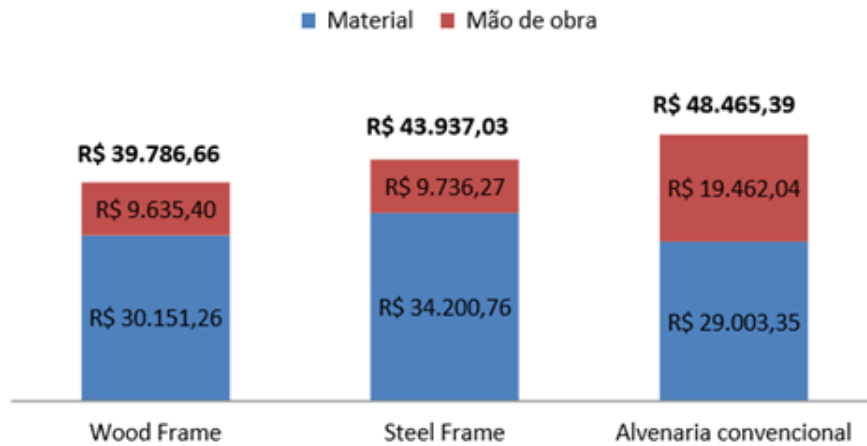
Fonte: Galveia, Lucas. Fastcom (2015).

2.4 Comparativo quanto aos custos dos sistemas construtivos

Bateman (1997) desenvolveu um estudo comparativo entre os dois sistemas construtivos, WF e LSF, do ponto de vista qualitativo e conclui que o comportamento é semelhante, no entanto do ponto de vista construtivo há diferenças importantes com destaque para a especialização e treinamento da mão de obra. O autor levanta a dúvida sobre se há diferença de custo efetivo por metro quadrado entre os dois sistemas, mas afirma não ter encontrado dado para responder essa questão.

Através do levantamento bibliográfico foi possível notar que o material construtivo do light steel frame e wood frame é mais oneroso em relação a alvenaria comum, entretanto o custo da mão de obra para a execução da alvenaria é mais elevado. Como mostra a Figura 15 de Ecker e Martins (2014), que analisa a construção de 100 habitações no Paraná.

Figura 15 – Despesas diretas para a construção de uma residência

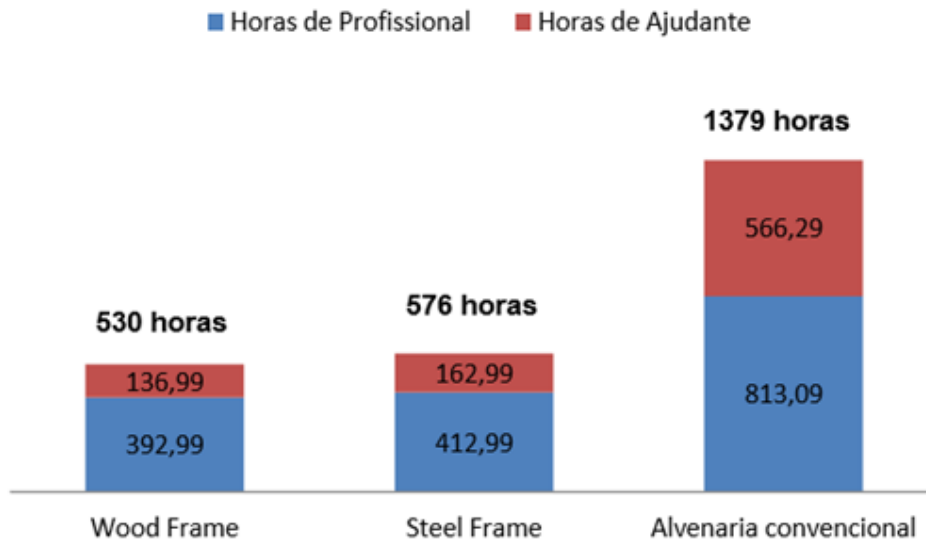


Fonte: Ecker e Martins (2014)

Ainda segundo Ecker e Martins (2014) o material dos sistemas industrializados tem custo elevado devido a utilização de produtos recentes no mercado da construção os quais possuem, ainda, baixa comercialização, aumentando, assim, seu custo. Neste estudo percebeu-se que o sistema mais acessível é o wood frame, seguido do steel e o mais dispendioso é a alvenaria.

Apesar da construção convencional não exigir uma mão de obra especializada, como aponta Alves (2015) : “Pesquisa realizada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE/RAIS, 2008) aponta que 70,8% do total de empregados da construção civil podiam ser classificados como não qualificados”, seu preço é superior a mão de obra das construções industrializadas que necessitam de trabalhadores especializados. Este fato é devido ao extenso tempo que leva para a obra do sistema de alvenaria ser concluída. O Figura 16 demonstra tais informações.

Figura 16 – Horas trabalhadas para a produção de uma residência

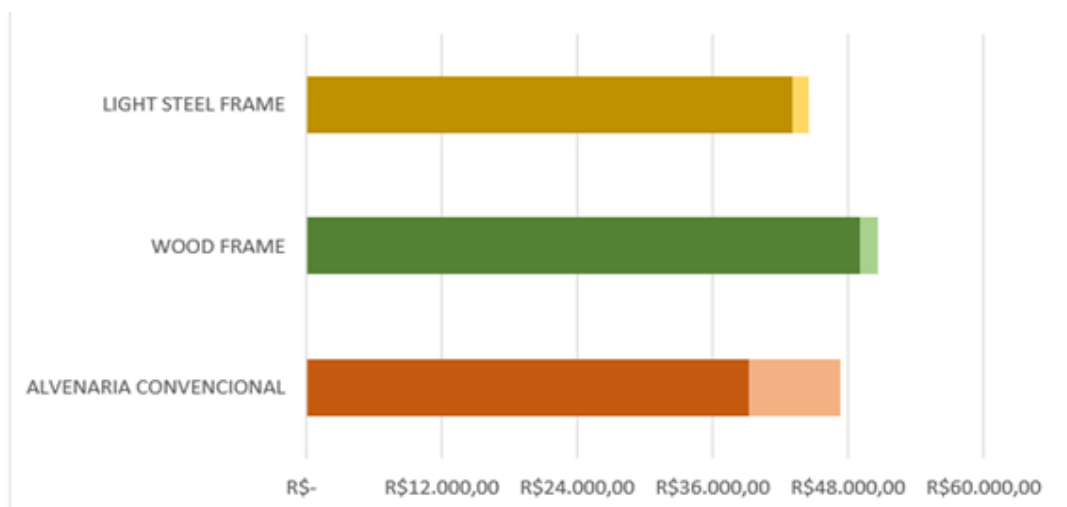


Fonte: Ecker e Martins (2014)

Como é possível observar a construção em alvenaria é 139% mais extensa que construção em light steel frame e 160% mais que em wood frame. Isto faz com que os custos da mão de obra se elevem.

Além de elevar o custo da mão de obra, a longa duração de uma obra construída em alvenaria acresce as despesas indiretas da obra, este fato é amenizado nas construções industrializadas pois sua duração e relativamente baixa. Este acréscimo significativo é possível visualizar no gráfico, Figura 17, comparativo de Molin e Malandrin (2017):

Figura 17 – Custos diretos + indiretos



Fonte: Molin e Malandrin (2017)

Neste estudo de caso orçou a construção de 200 unidades habitacionais no Paraná com 40,79m² no ano de 2017. Observando a pesquisa nota-se que o light steel Frame é 11,9% mais econômico que a alvenaria e esta é 5,8% mais acessível que o wood frame. Este fato ocorreu devido a cotação de um produto oneroso da fábrica Tecverde, correspondendo a 58,9% do custo do wood frame, logo, reduzindo o preço deste produto, a construção ficará mais acessível.

Por outro lado, em Uberlândia, foi possível obter dados que contradizem o estudo de Molin e Malandrin (2017), uma vez que o sistema construtivo wood frame apresentou-se mais acessível. Segundo a revista Alves (2015) que realizou um estudo de caso com 86 residências de 79,88m², os custos do sistema em alvenaria são os mais elevados, enquanto o light steel frame apresenta uma economia de 1,8%, e o sistema em wood frame é 7,44% mais barato em comparação com a alvenaria. Também se afirma que, em uma situação real, a diferença de custos seria ainda maior, isto porque os gastos indiretos não foram computados.

A partir do estudo de caso de Klein e Maronezi (2013), no Paraná, conclui-se que a construção em light steel frame é mais econômico que a alvenaria comum. Para efeito de pesquisa foi considerado no estudo 100 residências familiares de 40,8m².

Os custos diretos em alvenaria convencional foram de R\$ 32.783,92. Já os custos diretos em light steel frame foram de R\$ 30.761,67. A princípio a diferença não é alarmante, porém ao considerar 100 edificações e incrementar as despesas indiretas percebe-se grande discrepância, é possível observa isto na Tabela 1.

Haja vista que, segundo Kleim e Marozeni (2013), os custos indiretos foram um fator decisivo que impactou significativamente no custo final. Relata-se que esses custos foram cerca de 215% maiores para o sistema convencional em comparação com o light steel frame.

Tabela 1- Comparação de despesas indiretas

	Alvenaria Convencional	Alvenaria Estrutural	Light Steel Frame
Orçamento	R\$ 3.278.398,00	R\$ 3.267.877,00	R\$ 3.075.793,00
Tempo	13 meses	7 meses	6 meses
Despesas Indiretas	R\$ 382.298,44	R\$ 206.341,16	R\$ 176.564,98

Fonte: Kleim e Maronezi (2013)

Em Santa Catarina, mostra Souza (2012) que a construção em wood frame é 12,5% mais acessível que a construção em alvenaria convencional. Sabe-se que esta diferença seria ainda maior caso os custos indiretos fossem implementados no orçamento.

Em uma análise entre wood frame e light steel frame realizada em Santa Catarina por Corrêa e Zehnder (2017) foi possível notar que o método construtivo de aço é mais dispendioso em 17,6% quando comparado com de madeira. Esse fato é devido principalmente pela diferença

substancial no preço do Aço galvanizado quando comparado com pinus, como é possível perceber na Tabela 2.

Tabela 2 Orçamento de materiais

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Total
Ancoragem	pç	10,00	49,75	497,53
Fita para Contraventamento 40 mm X #0,95	m	6,00	4,72	28,30
Fita para Contraventamento 50 mm X #0,95	m	81,00	3,59	290,99
Fita para Isolamento 48 mm - Rolo C/10m	pç	14,00	13,68	191,56
Guia 140 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	12,00	44,46	533,56
Guia 200 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	5,00	55,90	279,48
Guia 90 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	79,00	34,05	2689,99
Montante 140 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	26,00	47,77	1242,15
Montante 200 mm Estrutural #0,95 C/ 3,00m	pç	24,00	60,00	1439,99
Montante 90 mm Estrutural #0,95 PTH C/ 3,00m	Pç	36,00	37,37	1345,40
Montante 90mm Estrutural 0,95 C/ 3,00m	Pç	38,00	37,37	1420,15
Perfil 90 X 0,95mm PTH C/ 3,00m	Pç	339,00	45,47	15415,54
Perfil Cartola Ripa 0,80mm - c/ 3,00m	Pç	75,00	9,57	717,72
Total Estrutura				RS 26.092,36

Descrição	Dimensões (mm) Esp x Larg x Comp	Quantidade	Valor unitário	Total RS
Montante 90	45 x 90 x 3000	492,00	20,01	9844,92
Montante 140	45 x 140 x 3000	38,00	31,18	1184,84
Montante 190	45 x 190 x 3000	29,00	42,31	1226,99
Montante 100	100 x 100 x 3000	6,00	49,50	297,00
Caibro	50 x 100 x 3000	76,00	24,75	1881,00
Terça	50 x 150 x 3000	22,00	37,12	816,64
Ripa	25 x 50 x 3000	112,00	6,18	692,16
Total Estrutura				RS 15.943,55

Fonte: Corrêa e Zehnder (2017)

Ao longo da pesquisa foi possível notar que os orçamentos entre os sistemas construtivos variam, devido a região de estudo e o ano analisado, sendo assim, seria incorreto afirmar categoricamente qual é o método construtivo é o mais acessível. Entretanto, é cabível algumas observações gerais que se repetiram durante a análise bibliográfica:

- Em geral o material construtivo dos sistemas industrializados é mais oneroso;
- O custo da mão de obra da alvenaria convencional é superior aos outros sistemas;
- Os custos indiretos das obras em alvenaria são significativamente superiores quando comparado aos sistemas industrializados.

Além disso, os estudos comparados mostraram que a alvenaria possui custos totais mais elevados, quando se trata de construções de conjuntos habitacionais grandes, todavia isto não deve ser tomado como regra, existem exceções.

Ademais, os materiais estruturais em light steel frame apresentaram-se mais dispendiosos devido ao preço mais elevado do aço galvanizado, por este motivo em geral o preço das construções é mais elevado do que a de wood frame.

De modo geral, relativo à revisão bibliográfica percebe-se que há bibliografia abundante com manuais técnicos sobre os materiais e as técnicas construtivas empregadas, além das diretrizes de projetos arquitetônicos para os dois sistemas. No entanto, na perspectiva do projeto

estrutural a bibliografia ainda é escassa, apenas em 2022 foi desenvolvida a primeira norma de LSF do Brasil, sendo assim, neste aspecto ainda há muito conhecimento que deve ser consolidado e publicado.

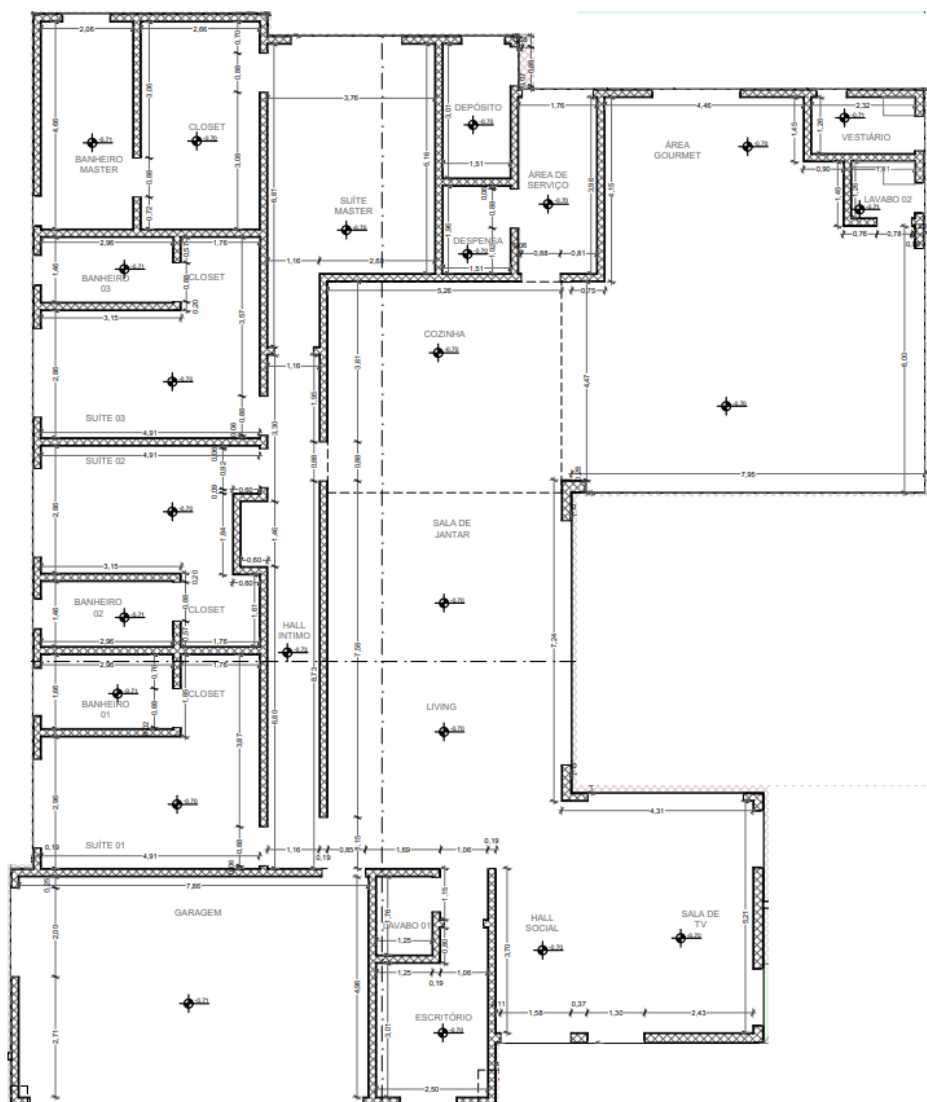
Ademais, pode se perceber pela revisão da literatura que os sistemas construtivos em light steel Frame e wood frame apresentam diversas vantagens estruturais e construtivas que os colocam em condições de competir com os sistemas construtivos convencionais. Além disso, pode-se compreender as diversas similaridades, o que era de se esperar, haja vista que o LSF se derivou do WF, e as sutis diferenças entres estes sistemas construtivos.

Entre as vantagens desses sistemas em comparação com as edificações de concreto armado e alvenaria, podemos listar a diminuição do consumo de água e desperdício de materiais, a maior precisão orçamentária, a facilidade na execução das etapas elétricas e hidráulicas, além do menor peso da edificação sobrecarregando menos as fundações.

3 METODOLOGIA

Com o intuito de descrever e caracterizar os processos construtivos em LSF e comparar com os de uma construção em alvenaria convencional, tomou-se uma edificação unifamiliar de 427 m² com alto padrão, a qual originalmente era de concreto armado e alvenaria. Esta edificação com plantas arquitetônicas, estruturais e orçamento foram disponibilizadas por uma empresa de Ribeirão Preto/SP. Para realizar a comparação, adaptou-se a edificação no modelo do LSF, a Figura 18 mostra a planta de alvenaria de vedação.

Figura 18 – Planta baixa da residência unifamiliar estudada



Fonte: Acervo pessoal

A adaptação e concepção da estrutura foi realizada no AutoCAD, compondo plantas e elevações esquemáticas, ainda no AutoCAD a estrutura foi levantada linearmente no 3D, afim

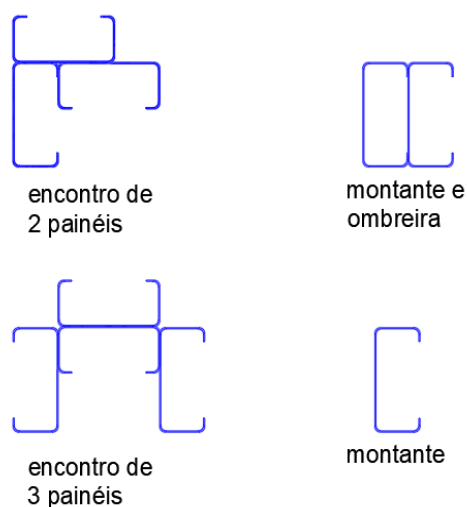
de proporcionar uma melhor visualização da edificação e preparar para a futura exportação, lançamento e modelagem no SAP2000 um software de análise estrutural.

A primeira dificuldade com a adequação dos sistemas se trata das disposições e dimensões das paredes que não eram modulares, o que é comum em residências com alvenaria de vedação, haja vista que não existe nenhum impedimento para este sistema. Sendo assim, foi necessário levar em consideração alguns aspectos, entre os quais está o espaçamento entre montantes que se procurou manter em 600mm, porém houve casos em que o espaçamento foi encurtado, a fim de manter a estrutura alinhada com as guias da cobertura. Para o pré-dimensionamento da estrutura, escolha de perfis, espaçamento entre estes e a alocação dos bloqueadores seguiu-se as recomendações proposta pelo Manual de Construção em Aço da CBCA – Steel Framing: Arquitetura. Sendo assim, os perfis de aço adotados inicialmente para composição estrutural dos painéis possuem as seguintes dimensões:

- Ue - 40x90x0,9 mm;
- U - 92x38x0,95mm;
- Bloqueador Ue – 40x90x0,9mm.

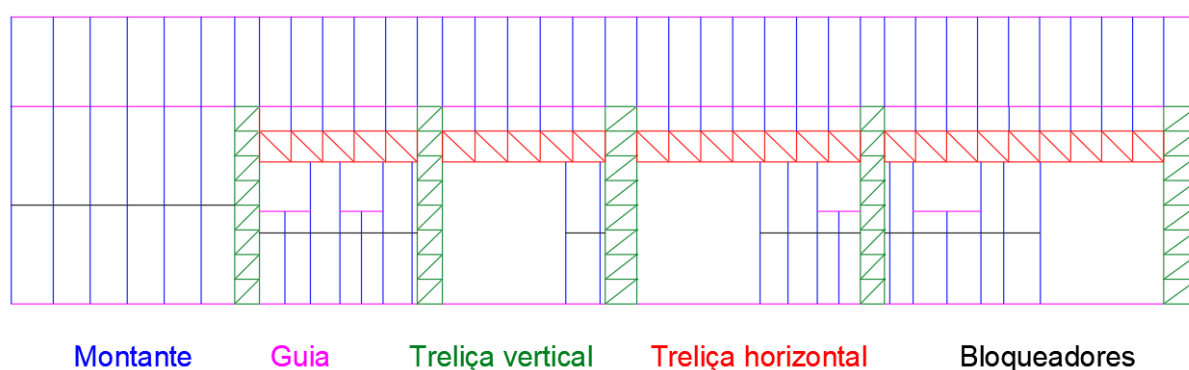
Com o intuito de solidarizar e encaminhar corretamente os esforços entre painéis, foi necessário compor diferentes combinações de seções transversais nas junções de painéis. Na Figura 19 é possível visualizar algumas destas combinações.

Figura 19 – Combinação de seções



Dentre os diferentes tipos existentes de travamento horizontal da estrutura foi escolhido o travamento por meio de treliças verticais. Estes elementos estão posicionados em todos os painéis, os perfis utilizados para este fim foram os mesmos dos montantes, Ue - 40x90x0,9 mm. Além disso, treliças horizontais foram utilizadas em algumas composições devido ao grande número de aberturas nos painéis, nestes casos algumas medidas foram adaptadas da arquitetura original, assim, medidas de topos de janelas e portas se coincidiram para facilitar a modulação, a Figura 20 apresenta as treliças mencionadas.

Figura 20 – Painel composto por treliças verticais e horizontais



Fonte: Acervo pessoal

A respeito dos bloqueadores, estes elementos de seção U que reduzem o comprimento destravado dos montantes, haja vista que estes são elementos com elevada esbelteza, por este motivo cada montante foi travado na metade de sua altura, não ultrapassando 1,6m sem travamento horizontal.

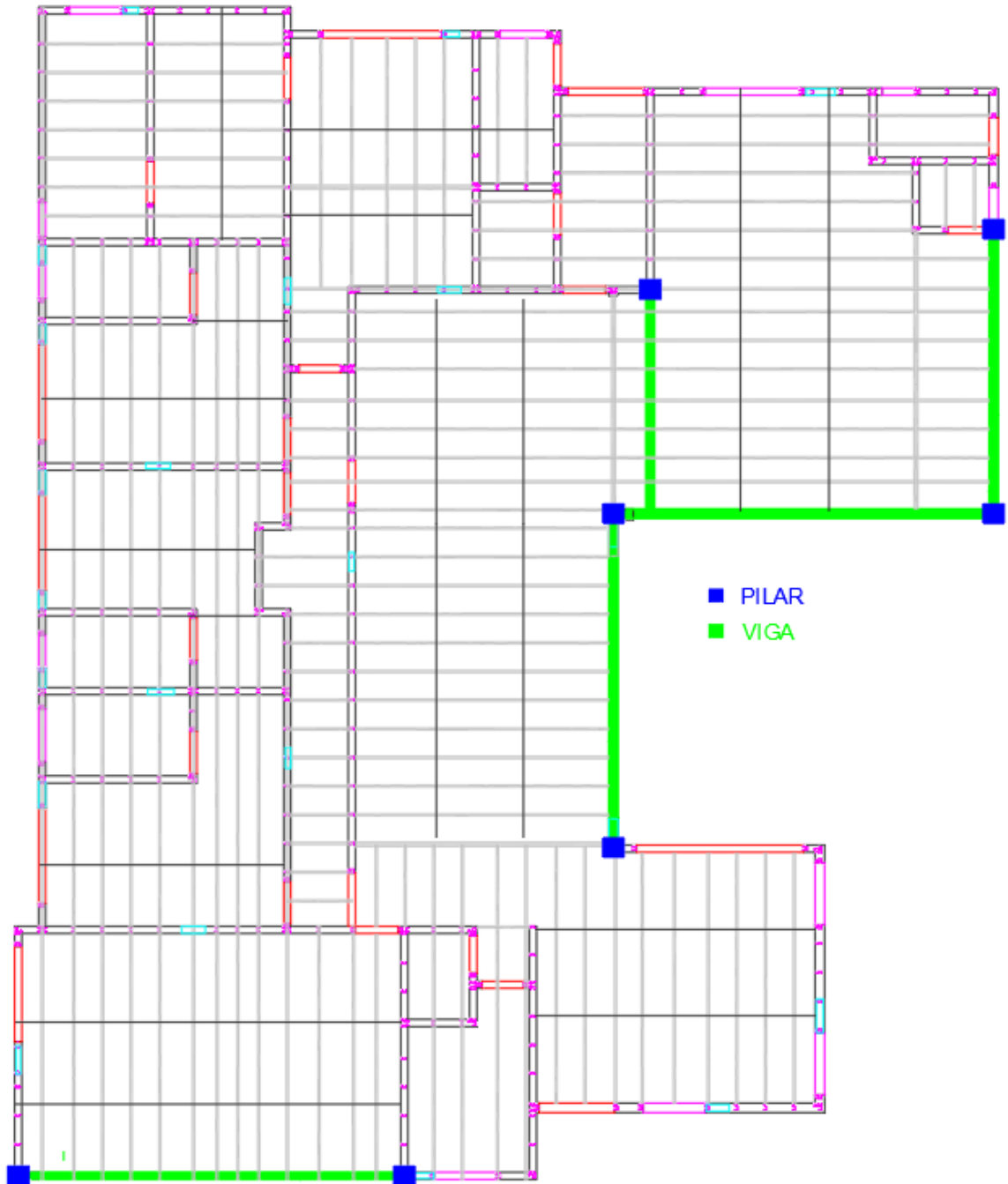
Outro ponto importante, trata-se a respeito dos grandes vãos que esta obra de alto padrão possui, o sistema construtivo em LSF não é o mais recomendado para vãos elevados, sendo assim, foi necessário utilizar em algumas regiões uma composição de perfis do LSF. Houve casos em que houve a necessidade de mesclar a utilização de aço com seções cheias em pontos estratégicos para vigas e pilares, conforme Figura 21. Desta forma, mesclou-se a utilização do LSF com a estrutura convencional metálica de pilares e vigas.

Na imagem a baixo apresenta as seções do tipo I com seção cheia, tanto para pilares quanto para vigas. No primeiro momento adotou-se o seguinte pré-dimensionamento:

- Pilares: $A > N/0,5f_y$. Sendo que A é a área da seção transversal e N a carga axial máxima do pilar;
- Vigas: $d = L/20$. Sendo que d é a altura da viga e L o vão submetido.

Em um segundo momento, realizou-se o dimensionamento de cada elemento para o ELU, haja vista que os elementos estariam superdimensionados para uma estrutura tão leve.

Figura 21 – Utilização de vigas e pilares devido a vãos elevados – dimensão em m



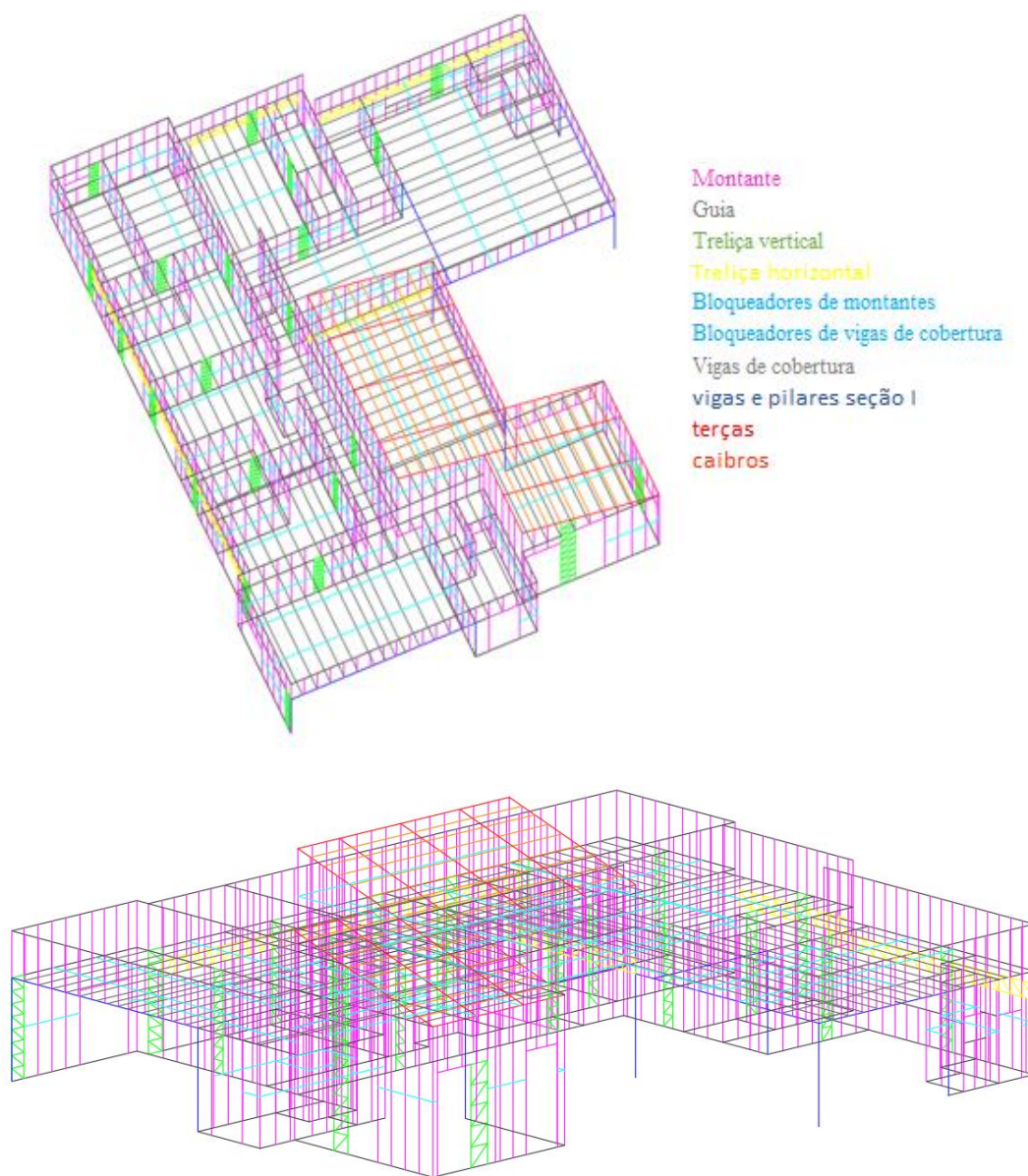
Fonte: Acervo pessoal

Na Figura 21 também é possível visualizar na cor cinza claro os perfis que compõem as vigas da cobertura, o posicionamento destes elementos também foi dificultado, pois tentou-se sempre manter a estrutura alinhada, a fim de gerar uma melhor distribuição de esforços. Como já citado anteriormente, as paredes não são modulares, cada painel possui pequenas alterações

em relação ao espaçamento, respeitando sempre o máximo de 600mm, como consequência as vigas de cobertura têm espaçamentos diferentes. Ademais é possível observar em cinza escuro os bloqueadores de vigas, diminuindo seu comprimento destravado em X.

No intuito de facilitar a modelagem no software de análise estrutural e adiantar possíveis dificuldades, foi desenvolvido o esquema linear da estrutura em 3D, facilitando assim a visualização dos elementos, conforme a Figura 22. Com esta etapa pronta realizou-se o lançamento da estrutura no software SAP2000 para futura análise estrutural.

Figura 22 – Modelo 3D AutoCAD



Fonte: Acervo pessoal

O lançamento da estrutura compreende a definição do arranjo dos elementos individuais, espaçamento entre montantes, guias, contraventamentos e a utilização de painéis de fechamento como diafragmas rígidos. Já a análise estrutural compreende a determinação dos esforços, deslocamentos e verificação da estabilidade global sendo para isso necessária a definição dos carregamentos bem como sua forma de atuação na estrutura e a definição da modelagem por painéis isolados ou por modelos tridimensionais.

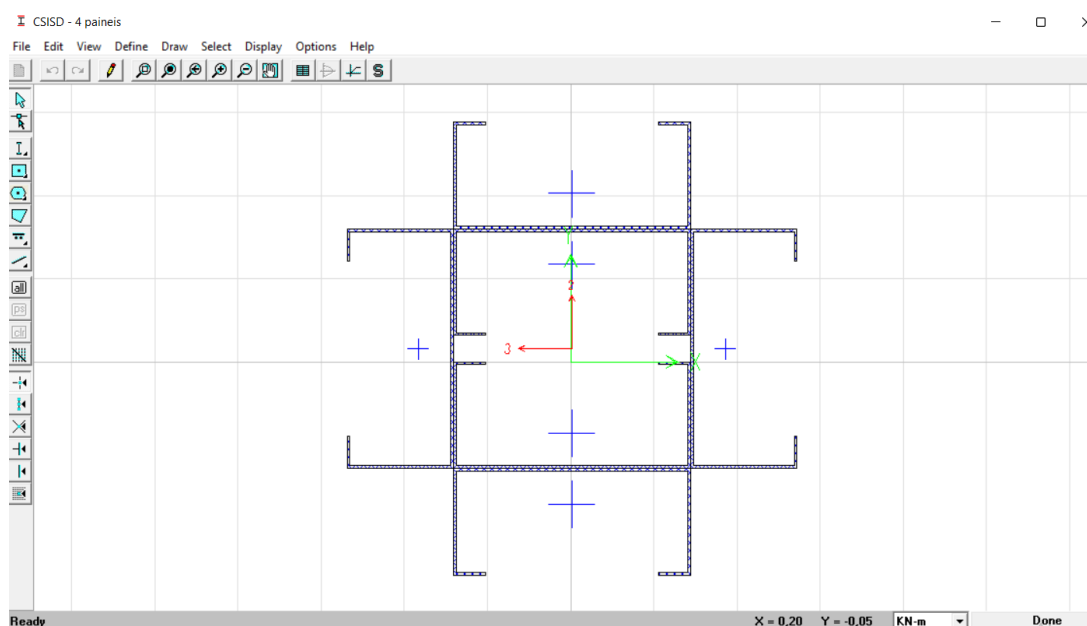
Para as análises estruturais foi utilizado o Método dos Elementos Finitos por meio do programa SAP2000. Na modelagem numérica foi utilizado modelo de pórtico espacial com elementos de barras para simular pilares, vigas e contraventamentos, para os painéis de fechamento utilizou-se elementos de casca.

O primeiro passo realizado no programa foi importar o modelo 3D do AutoCAD, e conferir possíveis erros, além disso foi preciso modelar as placas da estrutura. Em seguida, definiu-se os materiais e seções no SAP2000, para o aço adotou-se:

- Perfis metálicos Seção I - ASTM A 572 – $f_y = 345$ MPa e $f_u = 450$ MPa;
- Perfis do LSF - ZAR 230 - $f_y = 230$ MPa e $f_u = 310$ MPa.

Quanto as seções combinadas do LSF, foi necessário desenvolver cada uma, dificultando esta etapa, elas foram produzidas no “*Section Designer*” como é possível visualizar na Figura 23.

Figura 23 – Modelo 3D AutoCAD

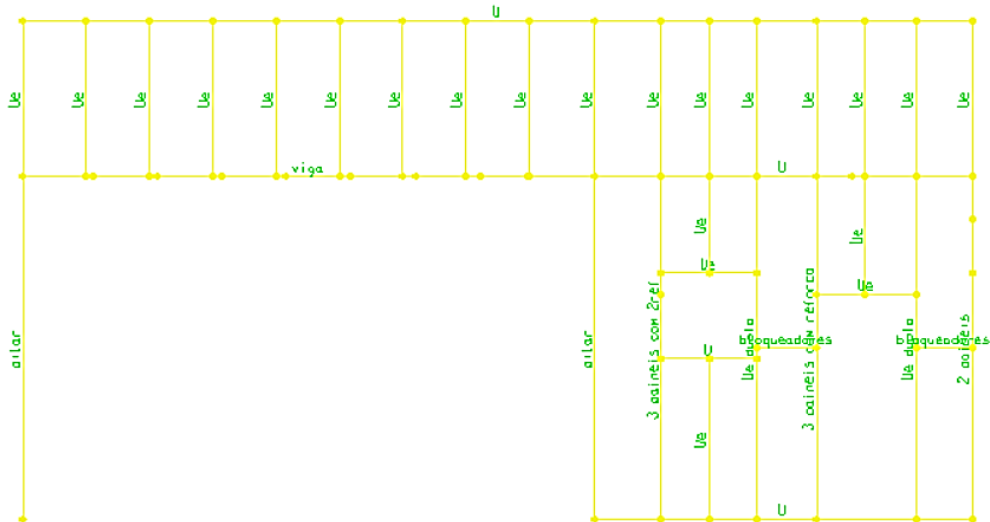


Fonte: Acervo pessoal

Já para as seções de vigas e pilares da estrutura metálica tradicional foi possível definir cada parâmetro no programa sem dificuldades adicionais, como seção inicial para ambos os elementos foi definido a seguinte W250x25,3.

Com os materiais e seções definidas basta associa-las a cada elemento, representado na Figura 24

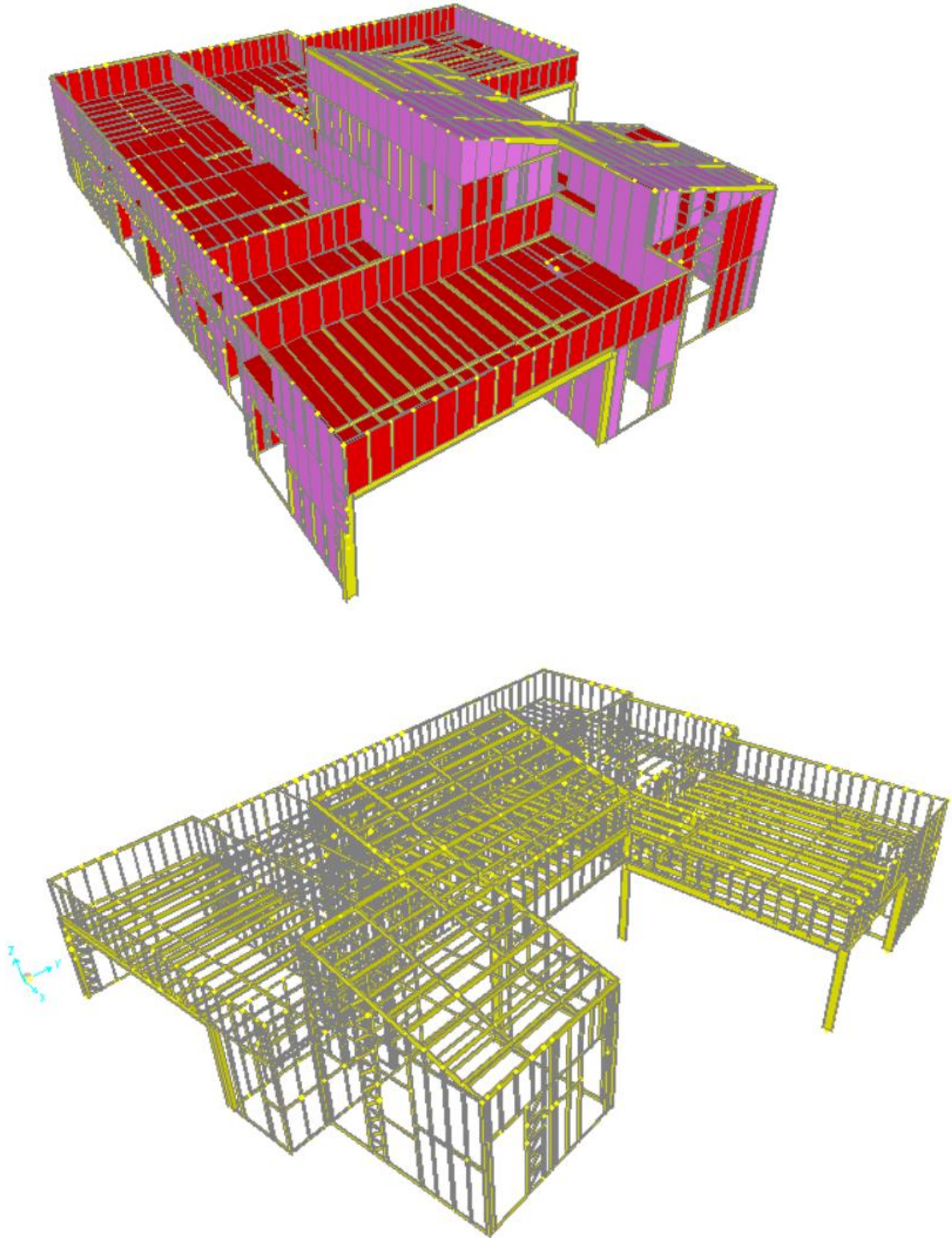
Figura 24 – Modelo 3D AutoCAD



Fonte: Acervo pessoal

Com as seções atribuídas a cada elemento é possível obter uma boa visualização da estrutura 3D conforme Figura 25.

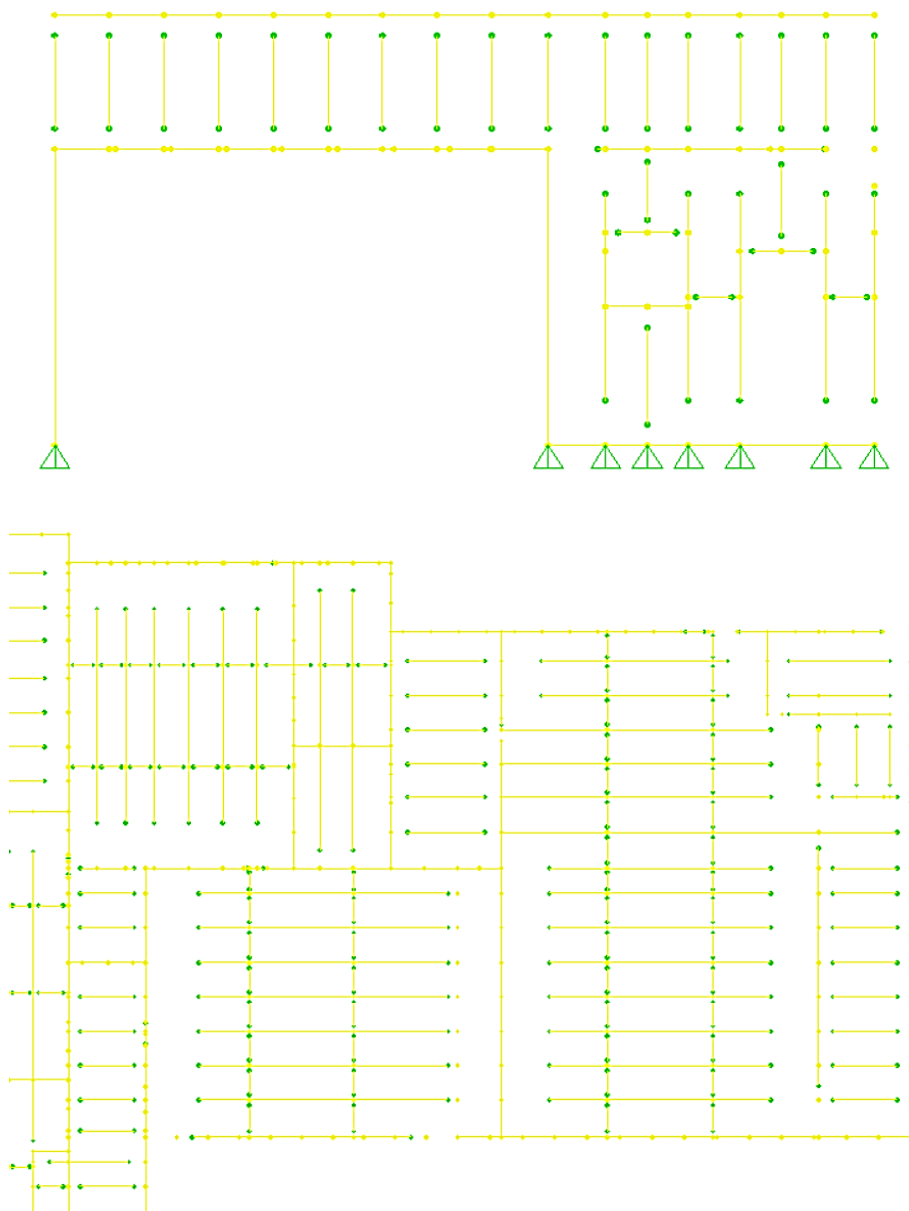
Figura 25 – Modelo 3D SAP2000



Fonte: Acervo pessoal

O esquema estático do light steel frame ocorre de maneira diferente do sistema em concreto armado, no qual os pilares estão engastados em suas fundações, e as vigas engastadas nos pilares. No LSF as ligações são parafusadas, de forma que se trave os deslocamentos em X, Y e Z, mas não se impeça a rotação, sendo assim cada encontro funciona como rótula. Portanto as bases dos montantes foram restritas por apoios do 2º gênero (X, Y e Z) e vinculados nas guias sem transmissão de momento (permitindo de certa forma o giro, transmitem apenas esforços axiais), o mesmo ocorre nos bloqueadores e vigas de cobertura, conforme Figura 26. A ligação entre pilares e vigas da estrutura metálica tradicional são engastes, ou seja, transmitem momento fletor, força cortante e força normal.

Figura 26 – Vinculações



A respeito dos carregamentos, as cargas foram aplicadas em placas de espessura infinitesimal, afim de não contribuírem em nada na estrutura, haja vista que não foi normatizado esta relação placa estrutura nas normas, apesar de contribuírem sim pelo efeito de diafragma rígido. As cargas adotadas foram as seguintes:

- Peso próprio da estrutura (PP), gerado pelo programa;
- Peso portão da garagem ($P_{\text{portão}}$): - 0,5kN/m;
- Carga acidental de manutenção em telhado: - 0,5kN/m²;
- Peso da caixa d'água (1500L): - 9,0 kN/m²;
- Ventos:
 - V1: 0,40 kN/m²;
 - V2: - 0,40kN/m²;
 - V3: - 0,44 kN/m²;
 - V4: 0,44 kN/m².

A ação de ventos foi calculada com base na NBR 6123 (ABNT, 1988), considerando os parâmetros de entrada expostos na Tabela 3, foi considerado uma edificação na cidade de Ribeirão Preto/SP, em uma zona densamente habitada.

Tabela 3 – Carga de Vento

Dados de entrada		V1 e V2						
S1	1,00	V_0 [m/s]	z [m]	S_2	V_k [m/s]	q [kN/m ²]	Ca	q_a [kN/m ²]
S3	1,00	40	5,00	0,64	25,61	0,40	1	0,40
b	0,73	V3 e V4						
p	0,16	V_0 [m/s]	z [m]	S_2	V_k [m/s]	q [kN/m ²]	Ca	q_a [kN/m ²]
Fr	0,98	40	5,00	0,64	25,61	0,40	1,1	0,44

Fonte: Acervo pessoal

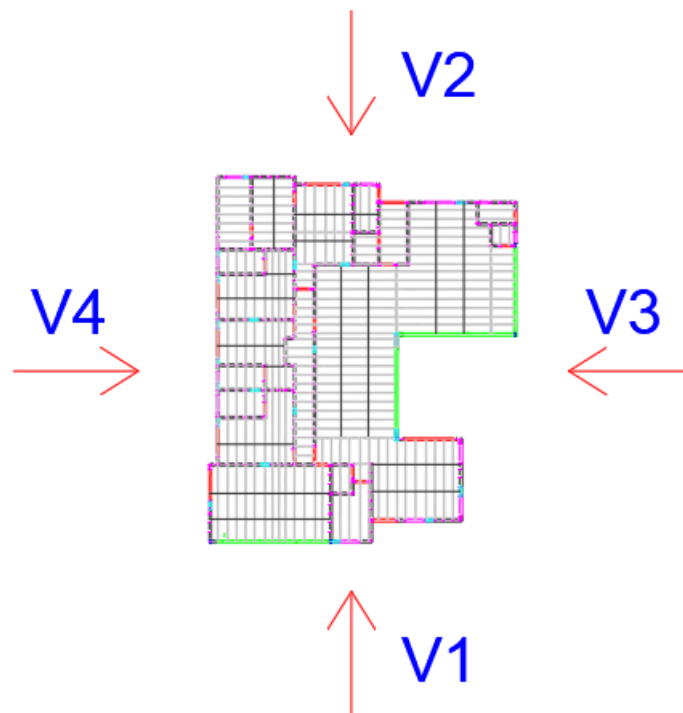
Parâmetros adotados:

- b - Lado menor da edificação;
- Ca - Coeficiente de arrasto;
- Fr - Fator de rajada;
- p - Expoente da lei potencial de variação de S2;
- q - Pressão dinâmica do vento;

- S_1 - Fator topográfico;
- S_2 - Fator que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação ou parte da edificação em estudo, e de sua altura sobre o terreno;
- S_3 - Fator baseado em conceitos probabilísticos;
- V_0 - Velocidade básica do vento;
- V_k - Velocidade característica do vento;
- Z - Altura média da edificação.

O coeficiente de arrasto (C_a) foi retirado da figura 4 da NBR 6123 (ABNT, 1988) para cada situação. Ademais as cargas foram aplicadas segundo o esquema exposto na Figura 27:

Figura 27 – Direção do vento



Fonte: Acervo pessoal

Finalizado a etapa de aplicação de cargas definiu-se as combinações cabíveis que estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Combinações geradas

COMB1	COMB2	COMB3	COMB4	COMB5	COMB6
1,25PP	1,25PP	1,25PP	1,25PP	1,25PP	PP
1,25Pportão	1,25Pportão	1,25Pportão	1,25Pportão	1,25Pportão	Pportão
1,3PcaixaD'água	1,3PcaixaD'água	1,3PcaixaD'água	1,3PcaixaD'água	1,3PcaixaD'água	1,4V1
1,4V1	1,4V2	1,4V3	1,4V4	1,5Acidental telhado	-
COMB7	COMB8	COMB9	COMB10	COMB11	COMB12
PP	PP	PP	1,25PP	1,25PP	1,25PP
Pportão	Pportão	Pportão	1,25Pportão	1,25Pportão	1,25Pportão
1,4V2	1,4V3	1,4V4	0,65PcaixaD'água	0,65PcaixaD'água	0,65PcaixaD'água
-	-	-	0,75Acidental telhado	0,75Acidental telhado	0,75Acidental telhado
-	-	-	1,4V1	1,4V2	1,4V3
COMB13	COMB14	COMB15	COMB16	COMB17	ENVOLTÓRIA
1,25PP	1,25PP	1,25PP	1,25PP	1,25PP	COMB1-COMB17
1,25Pportão	1,25Pportão	1,25Pportão	1,25Pportão	1,25Pportão	
0,65PcaixaD'água	1,3PcaixaD'água	1,3PcaixaD'água	1,3PcaixaD'água	1,3PcaixaD'água	
0,75Acidental telhado	1,5Acidental telhado	1,5Acidental telhado	1,5Acidental telhado	1,5Acidental telhado	
1,4V4	0,84V1	0,84V2	0,84V3	0,84V4	

Fonte: Acervo pessoal

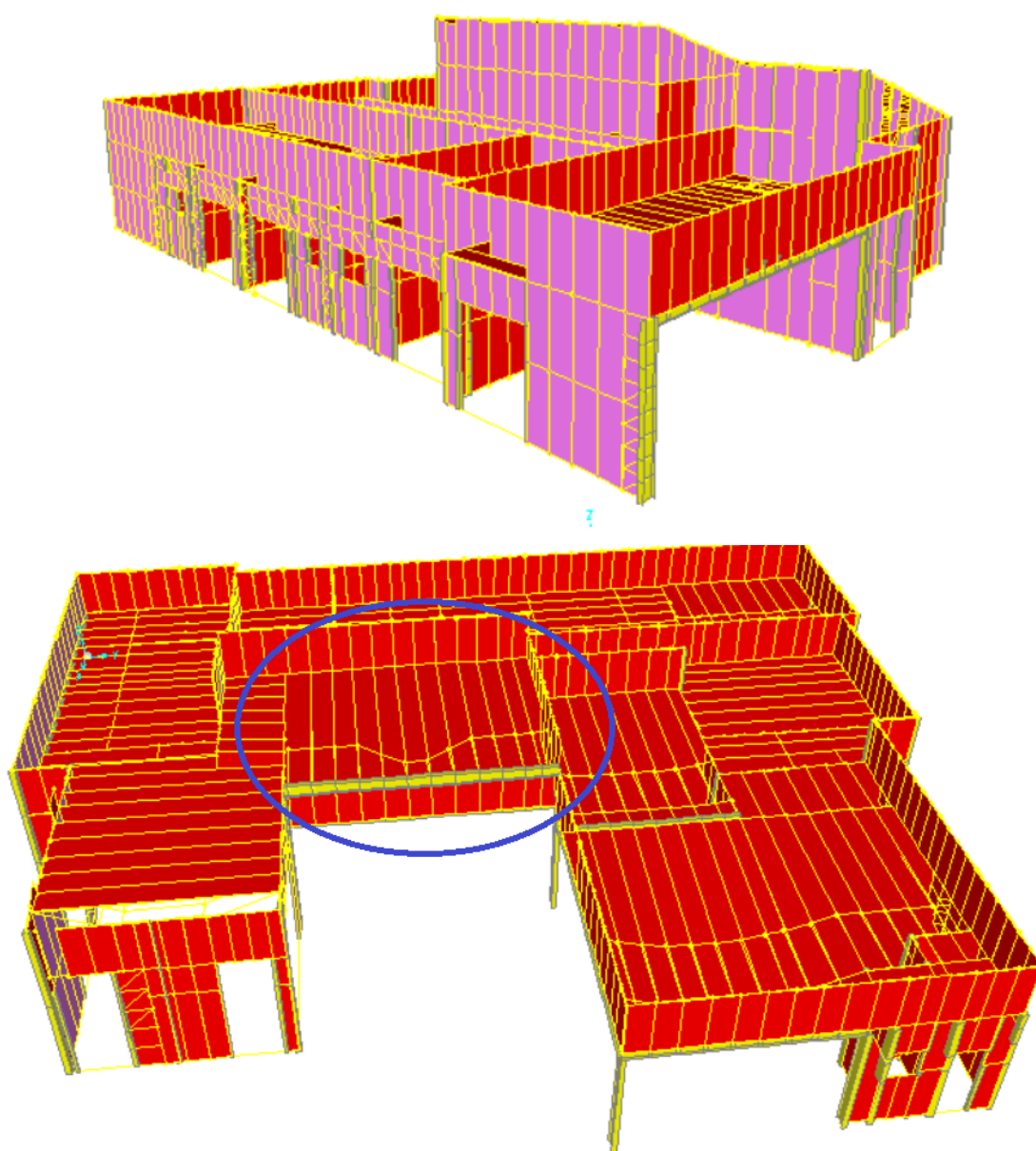
Realizados todos estes procedimentos foi possível executar o programa e aferir deslocamentos, deflexões e esforços solicitantes, dessa forma, foi possível dimensionar a estrutura e levantar os quantitativos do projeto para futura comparação orçamentária no capítulo de Resultados.

4 RESULTADOS

Os resultados da presente seção estão divididos em duas partes: os decorrentes do estudo de caso e a comparação orçamentária.

Quanto ao estudo de caso foi possível extrair diferentes informações a respeito do comportamento da estrutura, na Figura 28 é possível observar a configuração deformada da edificação para a envoltória de esforços.

Figura 28 – Configuração deformada da estrutura



Fonte: Acervo pessoal

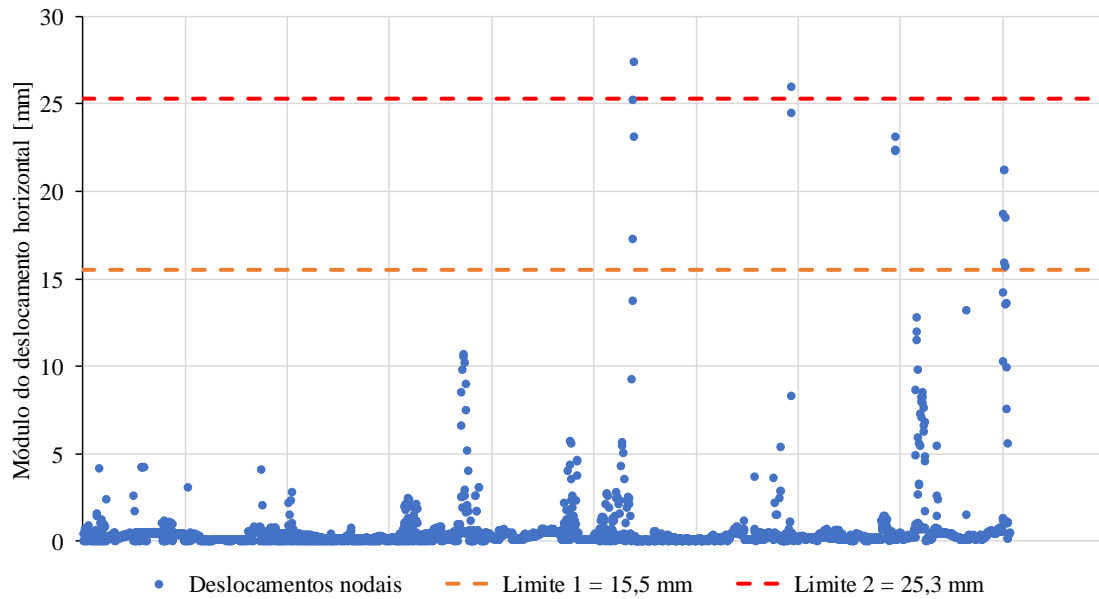
Por meio da configuração deformada da estrutura foi possível notar algumas situações, entre estas percebe-se que os painéis compostos com treliças verticais e horizontas estão menos susceptíveis a deformações devido ao carregamento do vento, se comportando de uma maneira mais rígida que painéis sem a ação conjunta destes elementos. Outrossim, são notáveis as deformações verticais nas regiões da cobertura com maiores vãos, neste caso é recomendado reduzir os espaçamentos entre elementos a fim de obter uma estrutura mais rígida e econômica.

Em geral, a região mais solicitada da estrutura se encontra destacada na Figura 28, lá se encontra a caixa d'água, na qual é de fácil percepção a flecha formada. Sendo assim, o pórtico que sustenta esta laje é o elemento mais solicitado em toda a estrutura, o pilar recebe uma solicitação axial de 5 kN de compressão, já a viga apresenta um pico de momento fletor de 10 kN·m.

A respeito do dimensionamento estrutural, foi considerado como aspecto principal o estado limite de serviço (ELS), haja vista que se trata de uma estrutura esbelta e deslocável. Sendo assim, não será tratado neste trabalho sobre o estado limite último (ELU) da estrutura em LSF. As verificações realizadas se tratam do deslocamento horizontal máximo, causado principalmente pelos ventos e as flexas máximas permitidas.

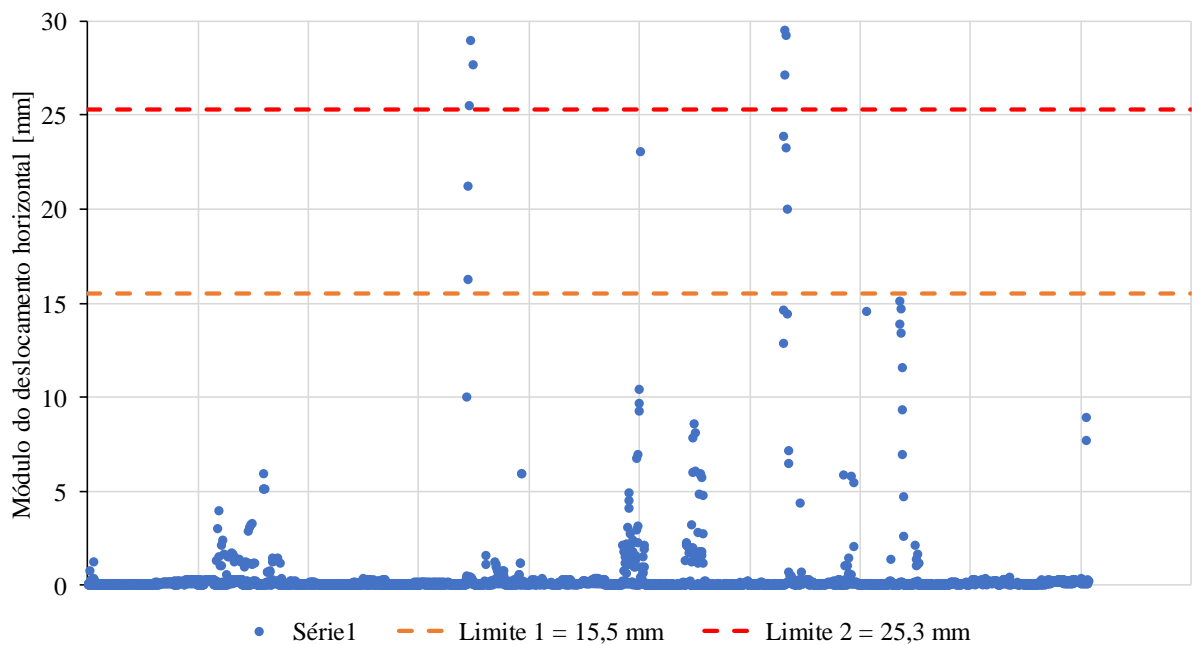
Primeiramente, sobre os deslocamentos horizontais, o software de análise estrutural gerou 4537 pontos na edificação, estes pontos englobam o início, pontos de encontros de perfis e o final do elemento. Todos estes dados foram tratados e apresentados nas Figuras 29 e 30.

Figura 29 – Deslocamentos horizontais na direção X



Fonte: Acervo pessoal

Figura 30 – Deslocamentos horizontais na direção Y



Fonte: Acervo pessoal

Os limites 1 e 2, apresentados nas Figuras 29 e 30, representam o deslocamento máximo permitido nas alturas de 4,65 m e 7,60 m que correspondem a altura do topo da platibanda e ao ponto mais alto do telhado. De acordo com a NBR 8800 (ABNT, 2008) o deslocamento horizontal em edificações de um pavimento deve respeitar a relação de $H/300$, nesta situação

então 15,5mm e 25,3mm. Desta forma, podemos inferir que o pré-dimensionamento da estrutura atende as condições de serviço para deslocamentos horizontais, uma vez que na direção X apenas 2 pontos passam do limite por 3mm, desta forma, 99,95% da estrutura contempla a norma, o mesmo é válido para direção Y com 99,85% abaixo do limite.

No tocante as flechas, foram analisadas as regiões críticas manualmente, pois o software não exporta as flechas de cada elemento de forma tabelada, segundo a norma NBR 8800 (ABNT, 2008) o deslocamento máximo permitido para a flecha é $L/250$ para vigas e $L/180$ para terças, lembrando que a equação para cálculo da flecha para elementos bi apoiados com carregamento uniforme é dada pela Equação (1).

$$f = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \quad (1)$$

Os dados considerados para cada situação estão explícitos na Tabela 5.

Tabela 5 – Cálculo da flecha em pontos críticos da estrutura

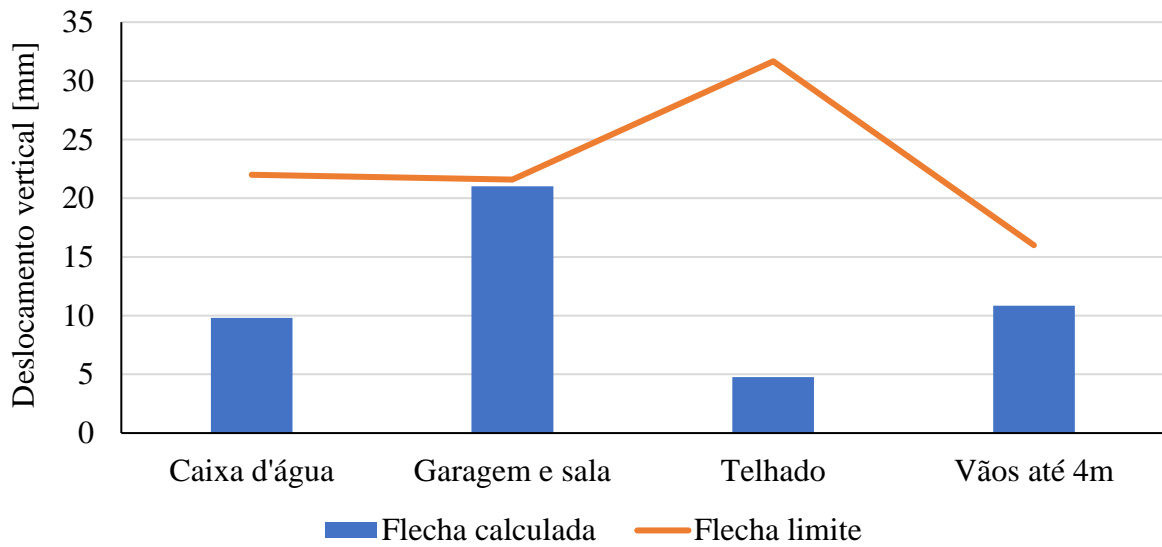
VERIFICAÇÃO DE FLECHAS				
Local/Espaçamento	Caixa d'água	Garagem e sala	Telhado	Vãos até 4m
Seção	Caixa Ue 140x40x12x0,95	Ue 200x40x12x0,95	Caixa Ue 140x40x12x0,95	Ue 140x40x12x0,95
Carregamento (KN/mm)	0,00581	0,00056	0,00244	0,00056
Vão livre (mm)	5500	5400	5700	4000
Modulo de Elasticidade (KN/mm)	200	200	200	200
Inercia (mm ⁴)	3,53E+07	1,48E+06	3,53E+07	8,60E+05
Flecha calculada (mm)	10	21	5	11
Flecha permitida (mm)	22	22	32	16

VERIFICAÇÃO DE FLECHAS - ESCOLHA DE VIGAS					
Local/Espaçamento	viga 3 - garagem	viga 5 - Sala	viga 7 - Sala	viga 1811 - sala	viga 1887 - Caixa D'água
Seção	W-200x15	W-200x15	W-200x15	W-200x15	W-310x21
Carregamento (KN/mm)	0,003	0,003	0,003	0,003	0,006
Vão livre (mm)	8000	7800	5400	4700	7000
Modulo de Elasticidade (KN/mm ²)	200	200	200	200	200
Inercia (mm ⁴)	3,78E+07	3,78E+07	1,31E+07	1,31E+07	3,78E+07
Flecha calculada (mm)	21	19	13	7	25
Flecha permitida (mm)	32	31	30	19	28

Fonte: Acervo pessoal

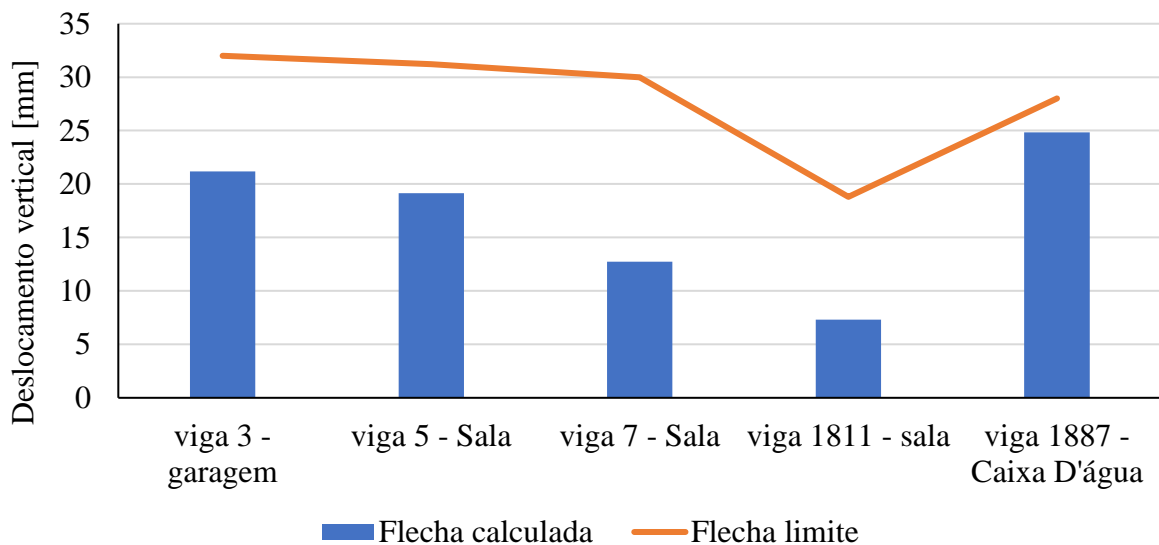
A fim promover uma melhor visualização das flechas gerou-se as Figuras 31 e 32 que apresentam o limite e o calculado no tocante as flechas, nota-se que os deslocamentos horizontais reais são inferiores aos limites estabelecidos.

Figura 31 – Cálculo da flecha perfis LSF



Fonte: Acervo pessoal

Figura 32 – Cálculo da flecha perfis de aço com seção “I”



Fonte: Acervo pessoal

Por meio do apresentado fica evidente que as imposições do ELS foram respeitadas, tanto nos deslocamentos horizontais como nos verticais. Deste modo foi possível avançar mais uma etapa e gerar um levantamento quantitativo de materiais da estrutura, a fim de posteriormente comparar com a obra de concreto armado.

Com os perfis definidos e quantidades levantadas foi preciso elaborar as composições de painéis da edificação, a princípio foi pensado em 3 composições, painéis da fachada,

platibanda e internos. Deve-se atentar principalmente na construção dos painéis externos a fim de obter melhor durabilidade da estrutura e evitar manifestações patológicas construtivas.

O primeiro painel é composto na face externa pela placa OSB e cimentícia, além dos componentes indispensáveis como a membrana hidrófuga, tela para tratamento de juntas, tela em fibra de vidro e basecoat®, garantindo assim uma estrutura impermeável que permite a saída de vapor e umidade de dentro para fora e não permite este fluxo inverso, além das telas que auxiliam na dilatação e retração das placas evitando as trincas. Já na interna, ambiente que não está susceptível a intempéries, apenas a aplicação da placa de gesso e o tratamento de suas juntas. A fim de promover uma melhor eficiência térmica e isolamento acústico será aplicado no interior uma camada de fibra de vidro.

O segundo modelo de painel está exposto em ambos os lados aos efeitos climáticos, sendo assim em ambas as faces e topo, será aplicado as placas de OSB e cimentícia, além dos componentes citados anteriormente.

Já o último painel é o mais simples, haja vista que ele está situado no interior da edificação, com somente placas de gesso em ambas as faces e fibra de vidro no interior. Uma observação importante é que a estrutura de aço leve não deve estar nunca em contato direto com o concreto, pois com o tempo estes elementos reagirão e começarão a deteriorar a estrutura, sendo assim, é necessário instalar as guias do LSF sobre uma manta asfáltica de 3mm de espessura, preservando assim a estrutura e prolongando seu tempo de vida útil.

Ainda a respeito das configurações dos painéis, após pesquisas em campo com montadores de LSF e lojas especializadas na construção a seco, notou-se uma solução diferente e mais usual nos dias atuais, que se trata da utilização da placa glasroc® para exteriores, dispensando o uso conjunto do OSB e placa cimentícia. Após cotação de materiais concluiu-se que esta opção oferece uma tecnologia mais nova e traria uma economia de 15 mil nos fechamentos.

Quanto as considerações da fundação, devido as baixas cargas presentes na edificação é presente nos canteiros de obra a execução de fundação rasa tipo Radier com baixas espessuras e telas de aço. Na edificação proposta, foi considerado um Radier com espessura de 12 cm, como usualmente empregados neste tipo de empreendimento, devido as baixas solicitações e capiteis invertidos nas regiões de maiores esforços cortantes para evitar o fenômeno da punção. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), lajes submetidas a punção devem ter espessura mínima de 16 cm, porém por se tratar de uma edificação com baixos carregamentos não será seguido esta prescrição. O capitel considerado tem dimensão de 50x50cm e espessura de 16cm, este valor foi adotado afim de que nas verificações de punção, região compreendida entre 2d e 4d,

sendo que “d” representa a espessura da laje, este efeito não ocorra. Ademais, será aplicada uma tela Q138 na região inferior, Q92 na região superior e Q196 em ambas as regiões nos locais com carga linear.

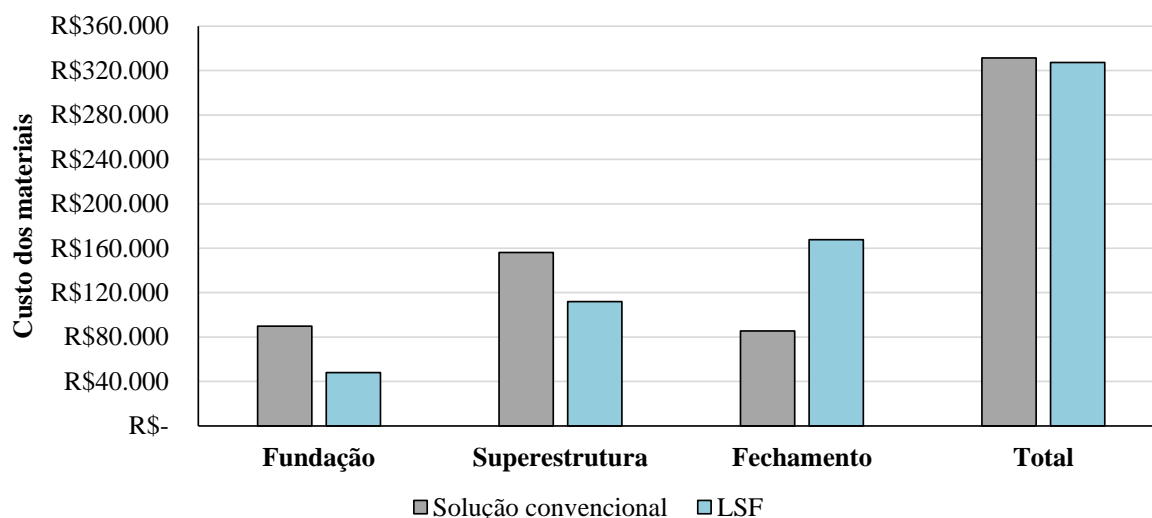
Por se tratar de uma obra localizada em Ribeirão Preto/SP, chegou-se a conclusão de que seria mais real a comparação, caso os preços representassem tal região, por este motivo os materiais e mão de obra foram cotados em empresas deste arredor. além disso materiais de construções industrializadas não constam em sua totalidade na SINAP.

A fim de facilitar a pesquisa e comparar dados que impactam consideravelmente na edificação, uma vez que algumas etapas são bem semelhantes em ambos os sistemas, somente os custos referentes a fundação, superestrutura e fechamento foram avaliados, como já mencionado anteriormente. Na fase de fundação foram utilizados os mesmos valores de concreto e mão de obra da edificação em concreto armado. Além disso o orçamento gerado pela empresa de Ribeirão/SP se trata de julho de 2021, portanto transformou-se os valores para o valor presente (julho/21 para fevereiro/23) considerando o indicativo do INCC - DI, com a calculadora gratuita da FGV. O índice de reajuste no período foi de 12,99%. O orçamento e estas considerações podem ser visualizados nos Apêndices 1 e 2, a partir destes apontamentos e dados foi possível desenvolver as Tabelas 6 ,7 e 8, além das Figuras 33, 34 e 35.

Tabela 6 – Custo dos materiais

ETAPA	MATERIAL	
	Convencional	LSF
Fundação	R\$ 89.785,68	R\$ 47.932,99
Superestrutura	R\$ 156.079,26	R\$ 111.886,20
Fechamento	R\$ 85.412,40	R\$ 167.588,17
Total	R\$ 331.277,34	R\$ 327.407,36

Fonte: Acervo pessoal

Figura 33 – Custo dos materiais

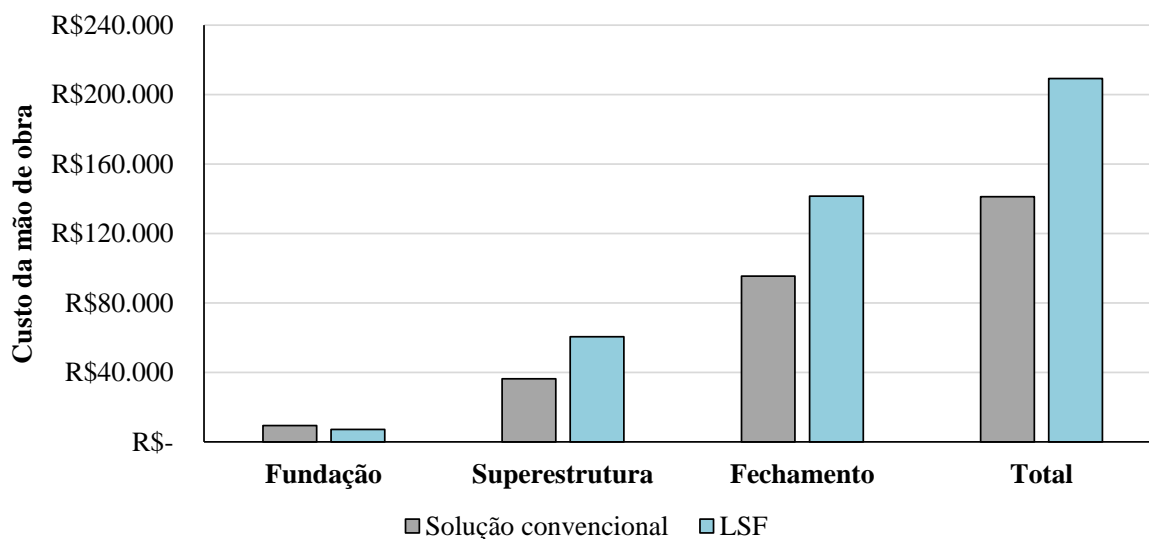
Fonte: Acervo pessoal

Iniciando a análise pelos materiais, é notável que houve uma redução expressiva nos gastos com fundação, o que já era esperado, uma vez que as cargas são mais leves, economizando desta forma no volume de concreto e principalmente no kg do aço. Desta forma, houve uma economia de 46,61%. No tocante a superestrutura também é possível notar uma redução de 28,31%. Percebe-se que o ponto crítico do LSF no quesito de materiais se encontra nos materiais de fechamentos, haja vista que houve um incremento no preço de 96,21%, uma vez que todos os produtos utilizados no LSF são elementos de excelência com garantias de fabricantes, com performance e durabilidade superiores ao fechamento de alvenaria convencional. Outrossim, a configuração de painéis pode variar, escolhendo elementos mais caros ou não, por exemplo, a fim de manter a residência com um ótimo controle térmico e acústico aplicou-se a fibra de vidro em todos os painéis o que corresponde a aproximadamente 13% do valor do fechamento. Na totalidade dos materiais notamos que o valor é próximo para os dois sistemas construtivos.

Tabela 7 – Custo da mão de obra

ETAPA	M.D.O.	
	Convencional	LSF
Fundação	R\$ 9.434,39	R\$ 7.182,46
Superestrutura	R\$ 36.263,53	R\$ 60.627,00
Fechamento	R\$ 95.449,33	R\$ 141.463,00
Total	R\$ 141.147,25	R\$ 209.272,46

Fonte: Acervo pessoal

Figura 34 – Custo da mão de obra

Fonte: Acervo pessoal

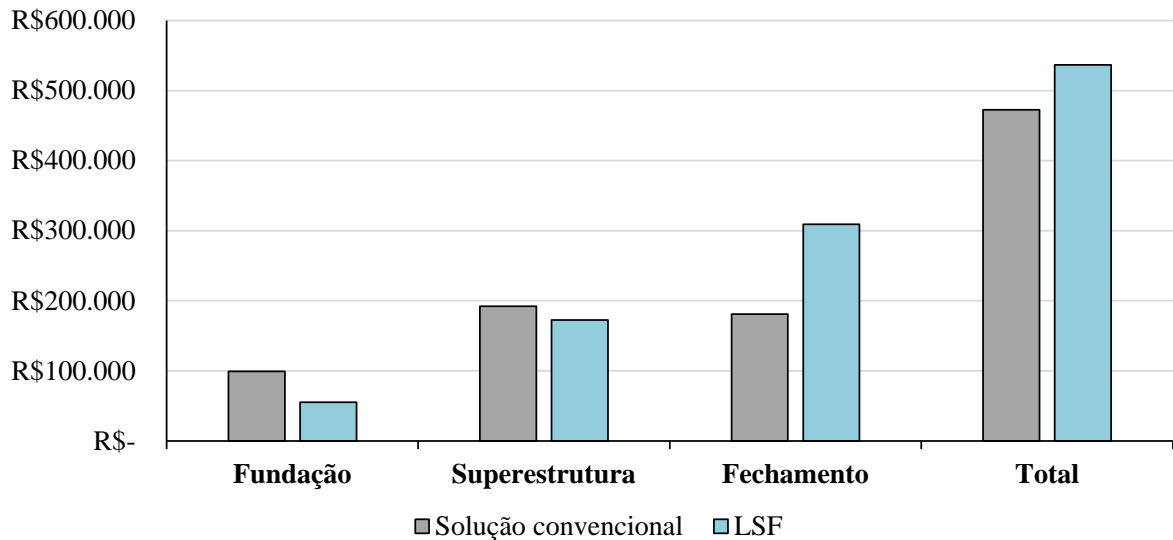
Quanto a mão de obra, percebemos que na etapa da fundação houve uma redução de 23,87%, entretanto em comparação com o preço de outras etapas, a fundação se apresenta como a menos impactante. Já para a execução da estrutura ou verticalização dos painéis, o custo do LSF aumenta em 67,18%. Novamente, o ponto de maior significância se encontra na etapa de fechamento por se tratar de diversas atividades com técnicas mais especializadas, haja vista que é necessário aplicar as placas com correto intertravamento, aplicar membrana hidrófuga, tratar juntas, aplicar telas e basecoat®. De forma geral aumentou-se o custo da mão de obra em 48,27%, isso ocorre principalmente pelo fato de o LSF empregar uma mão de obra mais qualificada com técnicas mais novas.

Tabela 8 – Custo total (material mais mão de obra)

ETAPA	MATERIAL + M.D.O	
	Convencional	LSF
Fundação	R\$ 99.220,07	R\$ 55.115,45
Superestrutura	R\$ 192.342,79	R\$ 172.513,20
Fechamento	R\$ 180.861,73	R\$ 309.051,17
Total	R\$ 472.424,59	R\$ 536.679,82

Fonte: Acervo pessoal

Figura 35 – Custo total (material mais mão de obra)



Fonte: Acervo pessoal

Por fim, o custo total dos serviços (considerando materiais e a mão de obra) foi 13,60% superior para o sistema em LSF em relação à solução convencional. Especificamente, nas etapas de fundação e superestrutura, a solução convencional apresentou custo 80,02% e 11,49% superior em relação à solução em LSF. Porém, na etapa de fechamento (para a metodologia adotada) o custo da solução em LSF foi 70,88% superior ao da solução convencional.

Vale ressaltar que a maior variação no sistema LSF foi encontrada no âmbito da mão de obra, foi possível obter orçamentos de 3 montadores da região com os respectivos preços por metro quadrado:

- Montador 1 – R\$ 550,00/m²;
- Montador 2 – R\$ 490,00/m²;
- Montador 3 – R\$ 380,00/m².

No intuito da pesquisa ser justa e imparcial, foi considerado como preço final a média dos 3 orçamentos, ou seja R\$ 473,33/m².

5 CONCLUSÃO

A partir do levantado, pode-se perceber que há bibliografia abundante como manuais técnicos sobre os materiais e as técnicas construtivas empregadas, além das diretrizes de projetos arquitetônicos para os dois sistemas, no entanto, na perspectiva do projeto estrutural a bibliografia ainda é carente, o Brasil está iniciando sua caminhada nesta perspectiva. Ademais, pode se perceber pela revisão da literatura que os sistemas construtivos em light steel Frame e wood frame apresentam diversas vantagens estruturais e construtivas que os colocam em condições de competir com os sistemas construtivos convencionais. Além disso, pode-se compreender as diversas similaridades e suas sutis diferenças entre estes sistemas industrializados, o que era de se esperar, haja vista que o LSF se derivou do WF, e suas sutis diferenças.

Pensando-se na modelagem do sistema percebe-se que o software SAP2000 utilizado não é o mais adequado para o lançamento estrutural e análise do light steel frame, haja vista que se encontrou grande dificuldade para o desenvolvimento das seções e suas composições. Atualmente existem softwares mais preparados para realizar este tipo de projeto como o mCalcLSF e algumas extensões do Revit®.

A respeito dos quantitativos acredita-se ter atingido bons resultados com o pré-dimensionamento e verificações da estrutura ao estado limite de serviço. Por meio dos dados apresentados, foi possível confirmar que a fundação do LSF é menos onerosa, o levantamento da superestrutura teve valores similares, e o ponto crítico do LSF ocorre no fechamento que é consideravelmente mais custoso, uma vez que seus materiais são industrializados e mais eficientes.

Ao finalizar o levantamento orçamentário foi possível elucidar alguns aspectos, sendo eles:

- A construção convencional se apresentou menos onerosa;
- O investimento para construção industrializada é maior, porém isto não inviabiliza o sistema;
- O ponto mais crítico no sistema é o fechamento, a fim de adequar as preferências e custo do cliente final é possível elaborar diferentes combinações de painéis, podendo reduzir ou aumentar o orçamento da obra;
- A precisão orçamentária dos materiais é altíssima, em contrapartida existe uma variedade no preço da mão de obra.

Vale ressaltar que, no presente trabalho, não foi considerado o tempo de execução dos empreendimentos e os custos indiretos da obra, o que pode alterar o resultado encontrado, favorecendo o orçamento da obra em LSF.

Ademais, no intuito de aprimorar os conhecimentos das construções industrializadas, sugere-se a realizações de mais pesquisas no tema, de modo geral. Especificamente, o presente estudo poderia ser replicado para o sistema wood frame.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. O. **WOOD-FRAME HOUSE CONSTRUCTION**. Washington, v.73, p. 1-223, 1975. Disponível em: <<https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT87209853/PDF>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- ARCHITECTURAL Lightweight Steel Framing DESIGN GUIDE**. . [s.l: s.n.].Disponível em: <http://www.bmp-group.com/docs/default-source/Design/lightweight-steel-framing-architectural-design-guide.pdf?sfvrsn=5e7a27e2_0>. Acesso em: 10 abr.2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 8800: Projeto e execução de estruturas de aço em edifícios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 6355: Perfis estruturais de aço formados a frio — Padronização**. Rio de Janeiro, 2012
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- BATEMAN, B. W. Light-Gauge Steel Verses Conventional Wood Framing In Residential Construction. **Journal of Construction Education Copyright 1997 by the Associated Schools of Construction Summer**, v. 2, n. 2, p. 99–108, 1997.
- BRANSTON, A. E. et al. Testing of light-gauge steel-frame - wood structural panel shear walls. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 33, n. 5, p. 561– 572, maio2006.
- CHAPA DE DRYWALL STANDARD 1,80X1,20M BRANCA, Placo. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/chapa-de-drywall-standard-1,80x1,20m-branca-placo-89750724?region=grande_sao_paulo&gclid=CjwKCAiA3pugBhAwEiwAWFzwdVHgAt_jwGtsbCedOCKvoHe6oK0-PgyF_c_rDzkLJQtHY5u7xceVqRoCsUgQAvD_BwE>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- DOMARASCKI, C. S.; FAGIANI, L. S. **Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional**, 2009, 73p.Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. Barretos, 2009
- ECKER, T.W.P; MARTINS, V. **Comparativos dos sistemas construtivos Steel Frame e Wood frame para a habitações de interesse social**. Pato Branco, p. 23-72,2014.
- ESPAÇO SMART. Guia Light Steel Frame 90 x 0.95 x 6000mm LE 230MPa - Z275g/m². Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/guia-light-steel-frame-90-x-0-95-x-6000mm-le-230mpa---z275g-m%C2%B2/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- ESPAÇO SMART. Massa Basecoat Lanko 118 - 20 kg. Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/massa-base-coat-lanko-118--20-kg/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.
- ESPAÇO SMART. Massa Basecoat Placoplast GRX 20 kg. Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/massa-basecoat-placoplast-grx-20-kg/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Montante Light Steel Frame com Furo 90 x 0.95 x 6000mm LE 230MPa - Z275g/m². Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/montante-light-steel-frame-com-furo-90-x-0-95-x-6000mm-le-230mpa---z275g-m%C2%B2/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Montante Light Steel Frame com Furo 140 x 0.95 x 6000mm LE 230MPa - Z275g/m². Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/montante-light-steel-frame-com-furo-140-x-0-95-x-6000mm-le-230mpa---z275g-m%C2%B2/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Montante Light Steel Frame com Furo 200 x 0.95 x 6000mm LE 230MPa - Z275g/m². Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/montante-light-steel-frame-com-furo-200-x-0-95-x-6000mm-le-230mpa---z275g-m%C2%B2-p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Parafuso para Placa Cimentícia / OSB / Perfil Drywall 4.2 x 32mm PA Rusper Pacote com 100 Unidades. Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/parafuso-para-placa-cimenticia---osb---perfil-drywall-4-2-x-32mm-pa-rusper-pacote-com-100-unidades/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Parabolt 5/16" x 4 1/4" (pacote com 10 unidades). Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/parabolt--5-16-x-4-1-4-pacote-com-10-unidades-p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Placa Cimentícia 6 x 1200 x 2400mm. Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/placa-cimenticia-6-x-1200-x-2400mm/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Placa de Gesso Glasroc X 12.5 x 1200 x 2400mm. Disponível em: <https://www.espacosmart.com.br/placa-de-gesso-glasroc-x--12-5-x-1200-x-2400mm/p?idsku=291&utm_source=&utm_medium=&utm_campaign=&utm_content=&utm_term=&gclid=CjwKCAiA3pugBhAwEiwAWFzwdWdypDytmpL_noqIyXAUH4o7dAOVZQO3y7HhOfy4Vvbw7izjFF3iBoCKP8QAvD_BwE>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Smart Fita Flashing Typar 150 x 22860mm. Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/smart-fita-flashing-typar-150-x-22860mm/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Smart Membrana Typar 910 x 30480mm 27,74m². Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/smart-membrana-typar-910-x-30480mm-27-74m%C2%B2/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

ESPAÇO SMART. Tela em Fibra de Vidro Vertex R131 A101 50m² Adfors. Disponível em: <<https://www.espacosmart.com.br/tela-em-fibra-de-vidro-vertex-r131-a101-50m%C2%B2-adfors/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. Extra-IBRE: Banco de Dados. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://extra-ibre.fgv.br/IBRE/sitefgvdados/default.aspx>>. Acesso em: 09 mar. 2023.

FREITAS, A. M. S.; CASTRO, R. C. M. - **Manual de Construção em Aço –Steel Framing:** Arquitetura, Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

GRAVIA. Viga I laminada ASTM A572 W 200 x 15,0. Disponível em: <<https://www.gravia.com/viga-i-laminada-astm-a572-w-200-x-15-0/p?idsku=3306>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

GRAVIA. Viga I laminada ASTM A572 W 250 x 17,9. Disponível em: <<https://www.gravia.com/viga-i-laminada-astm-a572-w-250-x-17-9/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

GRAVIA. Viga I laminada ASTM A572 W 250 x 28,4. Disponível em: <<https://www.gravia.com/viga-i-laminada-astm-a572-w-250-x-28-4/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

GRAVIA. Viga I laminada ASTM A572 W 310 x 28,3. Disponível em: <<https://www.gravia.com/viga-i-laminada-astm-a572-w-310-x-28-3/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

LEITE, J.C.P.S; LAHR, F.A.R. Diretrizes básicas para projetos em Wood frame. *Fumec-Revista Construindo* v.7, n. 2, 2015.

LEROY MERLIN. Chapa de madeira OSB amarelo 1200x2400x9,5mm APA plus. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/chapa-de-madeira-osb-amarelo-1200x2400x9,5mm-apa-plus_89138280?>. Acesso em: 08 mar. 2023.

LEROY MERLIN. Chapa de Madeira OSB Amarelo 1200x2400x18,3mm APA Plus. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/chapa-de-madeira-osb-amarelo-1200x2400x18,3mm-apa-plus_89158811?region=grande_sao_paulo>. Acesso em: 08 mar. 2023.

LEROY MERLIN. Fita de Papel para Juntas. Disponível em: <<https://lista.leroymerlin.com.br/search?term=fita%20de%20papel%20%20para%20juntas&searchTerm=fita%20de%20papel%20%20para%20juntas&searchType=default>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

LEROY MERLIN. Manta asfáltica multiuso viamanta 3mm rolo de 10m viapol. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/manta-asfaltica-multiuso-viamanta-3mm-rolo-de-10m-viapol_90957951?region=grande_sao_paulo&gclid=CjwKCAiAu5agBhBzEiwAdiR5tEMN-4QBzyfflb2bwEPt9w3qBO-xhBRDQ0czREYgWkeCTPvPAAtBjhoCwFgQAvD_BwE#caracteristicas-tecnicas>. Acesso em: 08 mar. 2023.

LEROY MERLIN. Massa Junta Rápida Drywall Placo 25kg. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/massa-junta-rapida-drywall-placo-25kg_91829654>. Acesso em: 08 mar. 2023.

LEROY MERLIN. Rolo Lã de Vidro WF-4, 1,20x7,50mx100mm Isover. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/rolo-la-de-vidro-wf-4--1,20x7,50mx100mm-isover_89334945?region=grande_sao_paulo&gclid=Cj0KCQiA9YugBhCZARIsAACXxeIyelO-vfuil0ex2bRDb-2td4Xh-prkR-ya5Su633X17M3Vie7riUMaAijbEALw_wcB>. Acesso em: 08 mar. 2023.

OLIVEIRA, L. A. DE. **AVALIAÇÃO DA ACEITABILIDADE DO SISTEMA CONSTRUTIVO WOOD FRAME**. [s.l.] Universidade tecnológica Federal doParaná,2014

PIZZINI, P.R. **Determinação experimental das constantes elásticas da madeira de Eucalyptus e Chapas de OSB**. Universidade Tecnológica do Paraná, p. 14-92, 2017.

ROLO LA DE VIDRO WF-4, Isover. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/rolo-la-de-vidro-wf-4--1,20x7,50mx100mm-isover_89334945?region=grande_sao_paulo&gclid=Cj0KCQiA9YugBhCZARIsAACXxeIyelO-vfuil0ex2bRDb-2td4Xh-prkR-ya5Su633X17M3Vie7riUMaAijbEALw_wcB>

[O-vfui0ex2bRDb-2td4Xh-prkR-ya5Su633X17M3Vle7riUMaAijbEALw_wcB](#)>. Acesso em: 08 mar. 2023.

SOUZA, L. G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood frame**. Especialize, p.10, 2013.

TIAN, Y. S.; WANG, J.; LU, T.J. Racking strength and stiffness of cold formed steelwall frames. **Journal of Constructional Steel Research**, v. 60, p. 1069-1096.2004.

TELA SOLDADA NERVURADA TOP Q092 2.45x6m. Disponível em: <<https://loja.arcelormittal.com.br/tela-soldada-nergurada-top-q092-2-45x6m/p>>. Acesso em: 08 mar. 2023.

TELA SOLDADA NERVURADA TOP Q138 2.45x6m. Disponível em: <https://loja.arcelormittal.com.br/tela-soldada-nergurada-top-q138-2-45x6m/p?idsku=103&gclid=CjwKCAiAu5agBhBzEiwAdiR5tJvdDfIdOds9EMBG4uiX4w47biltBh8QuWMNH8qVWBA1E6BPwnGpchoC7bsQAvD_BwE>. Acesso em: 08 mar. 2023.

TELA SOLDADA NERVURADA TOP Q196 2.45x6m. Disponível em: <https://loja.arcelormittal.com.br/tela-soldada-nergurada-top-q196-2-45x6m/p?idsku=105&srsltid=Ad5pg_HLMu76eQOBy27o_4PgOF5kF583iiG1slcOgYccXHC FZQVBkJPFGZI>. Acesso em: 08 mar. 2023.

APÊNDICE A – Orçamento da solução convencional

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	UNID.	VALOR MAT. (UNIT) (R\$)	VALOR MAT. (TOTAL) (R\$)	VALOR M.O. (UNIT) (R\$)	VALOR M.O. (TOTAL) (R\$)	PREÇO FINAL (TOTAL) (R\$)
01	FUNDAÇÃO							
01,01	Elementos De Fundação Profunda - Brocas/ Estacas Escavadas							
01.01.01	Perfuração Mecanizada De Brocas/ Estacas Até Ø25Cm - Serviço Especializado	984,00	M	11,30	11.118,22			9.840,00
01.01.02	Aço - Ca-50/60 - Média - Cortado, Dobrado E Montado	572,00	KG	15,82	9.048,24			8.008,00
01.01.03	Concreto Usinado Fck=20Mpa Para Elemento Estrutural - Fornecimento E Lançamento - Fundação	61,21	M3	522,01	31.952,46	45,20	2.766,45	30.727,42
01.01.04	Taxa De Bombeamento - Bomba Lança - Taxa Mínima 20M³	1,00	VB	1.242,89	1.242,89			1.100,00
01.01.05	Taxa De Bombeamento - Bomba Lança - Volume Excedente	41,21	M3	68,36	2.817,07			2.493,20
01,02	Blocos De Fundação							
01.02.01	Escavação Manual De Vala Em Solo De 1ª Categoria Profundidade até 1,0M	15,29	M3			153,67	2.349,56	2.079,44
01.02.02	Apiloamento De Vala Com Maço De 30Kg	24,27	M2			11,30	274,23	242,70
01.02.03	Lastro De Brita - E=3Cm - Fundação	24,27	M2	3,05	74,04	11,30	274,23	308,23
01.02.04	Aço - Ca-50/60 - Média - Cortado, Dobrado E Montado	462,00	KG	15,82	7.308,19			6.468,00
01.02.05	Concreto Usinado Fck=25Mpa Para Elemento Estrutural - Fornecimento E Lançamento - Fundação	14,56	M3	546,87	7.962,45	45,20	658,05	7.629,44
01,03	Viga Baldrame/ Sapata Corrida							
01.03.01	Escavação Manual De Vala Em Solo De 1ª Categoria Profundidade Até 1,0M	11,82	M3			153,67	1.816,34	1.607,52
01.03.02	Apiloamento De Vala Com Maço De 30Kg	35,83	M2			11,30	404,84	358,30
01.03.03	Lastro De Brita - E=3Cm - Fundação	35,83	M2	3,05	109,31	11,30	404,84	455,04
01.03.04	Aço - Ca-50/60 - Média - Cortado, Dobrado E Montado	664,40	KG	15,82	10.509,88			9.301,60

01.03.05	Concreto Usinado Fck=25Mpa Para Elemento Estrutural - Fornecimento E Lançamento - Fundação	10,75	M3	546,87	5.878,87	45,20	485,86	5.633,00
01.03.06	Taxa De Bombeamento - Bomba Lança - Taxa Mínima 20M³	1,00	VB	1.242,89	1.242,89			1.100,00
01.03.07	Taxa De Bombeamento - Bomba Lança - Volume Excedente	5,31	M3	68,36	362,99			321,26
01.03.08	Locação De Vibrador Elétrico Com Mangote Para Concreto	1,00	DIA	158,19	158,19			140,00
	Subtotal 05 - Fundação				89.785,68		9.434,39	99.220,08
02	SUPERESTRUTURA							
02,01	Pilares De Concreto Armado - Nivel Subsolo/ Térreo							
02.01.01	Fôrma De Madeira Com Tabuas E Sarrafos - 03 Reaproveitamentos - Pilares	113,01	M2	26,72	3.019,87	42,00	4.746,24	6.873,27
02.01.02	Aço - Ca-50/60 - Média - Cortado, Dobrado E Montado	1.030,71	KG	15,82	16.304,39			14.429,94
02.01.03	Concreto Usinado Fck=25Mpa Para Elemento Estrutural - Fornecimento E Lançamento - Estrutura	6,79	M3	546,87	3.713,26	30,00	203,69	3.466,63
02.01.04	Locação De Vibrador Elétrico Com Mangote Para Concreto	2,00	DIA	158,19	316,37			280,00
02,02	Vigas De Concreto Armado - Nivel Subsolo/ Térreo							
02.02.01	Fôrma De Madeira Com Tabuas E Sarrafos - 03 Reaproveitamentos - Vigas	294,25	M2	26,72	7.862,99	47,61	14.010,42	19.358,70
02.02.02	Aço - Ca-50/60 - Média - Cortado, Dobrado E Montado	1.340,90	KG	15,82	21.211,16			18.772,60
02.02.03	Concreto Usinado Fck=25Mpa Para Elemento Estrutural - Fornecimento E Lançamento - Estrutura	19,14	M3	546,87	10.467,12	30,00	574,18	9.771,92
02.02.04	Locação De Vibrador Elétrico Com Mangote Para Concreto	2,00	DIA	158,19	316,37			280,00
02,03	Laje De Cobertura							
02.03.01	Laje De Cobertura Treliçada Pré-Moldada H=12Cm, Sobrecarga 300Kg/M², Vão Até 4M, Nlcuso Vigotas E Lajotas - Nivel 3,76M	60,38	M2	65,53	3.956,95	25,00	1.509,78	4.838,24
02.03.02	Laje De Cobertura Treliçada Pré-Moldada H=16Cm, Sobrecarga 300Kg/M², Vão Até 4M, Nlcuso Vigotas E Lajotas - Nivel 3,76M	310,49	M2	77,96	24.206,76	25,00	7.763,71	28.294,95

02.03.03	Laje De Cobertura Treliçada Pré-Moldada H=12Cm, Sobrecarga 300Kg/M², Vão Até 4M, Nlcuso Vigotas E Lajotas - Nivel 5,06M	12,75	M2	65,53	835,56	25,00	318,81	1.021,65
02.03.04	Laje De Cobertura Treliçada Pré-Moldada H=16Cm, Sobrecarga 300Kg/M², Vão Até 4M, Nlcuso Vigotas E Lajotas	80,87	M2	77,96	6.304,88	25,00	2.022,13	7.369,68
02.03.05	Escoramento Metálico Para Laje Pré-Fabricada Com Altura Até 3,50M - - Serviço Especializado	370,87	M2	16,95	6.285,69			5.563,05
02.03.06	Escoramento Metálico Para Laje Pré-Fabricada Com Altura Entre 3,50M E 5,00M - - Serviço Especializado	93,62	M2	28,25	2.644,53			2.340,50
02.03.07	Forma Metálica Para Fechamento De Beirais - Serviço Especializado	12,75	M	33,90	432,19			382,50
02.03.08	Aço - Ca-50/60 - Média - Cortado, Dobrado E Montado	377,30	KG	15,82	5.968,36			5.282,20
02.03.09	Tela De Aço Q61 - Ø3,4Mm - Malha 15 X 15 Cm (2,00M X 3,00M)	500,86	KG	6,43	3.220,09			2.849,89
02.03.10	Concreto Usinado Fck=25Mpa Para Elemento Estrutural - Fornecimento E Lançamento - Lajes	32,51	M3	546,87	17.778,80	24,00	780,21	16.425,35
02.03.11	Taxa De Bombeamento - Bomba Lança - Taxa Mínima 20M³	1,00	VB	1.242,89	1.242,89			1.100,00
02.03.12	Taxa De Bombeamento - Bomba Lança - Volume Excedente	20,15	M3	68,36	1.377,43			1.219,08
02,04	Estrutura De Concreto Armado - Torre Hidráulica E Platibandas							
02.04.01	Fôrma De Madeira Com Tabuas E Sarrafos - 03 Reaproveitamentos - Estrutura	61,62	M2	26,72	1.646,62	47,61	2.933,97	4.053,97
02.04.02	Aço - Ca-50/60 - Média - Cortado, Dobrado E Montado	347,60	KG	15,82	5.498,55			4.866,40
02.04.03	Laje De Cobertura Treliçada Pré-Moldada H=12Cm, Sobrecarga 300Kg/M², Vão Até 4M, Nlcuso Vigotas E Lajotas	47,67	M2	65,53	3.124,02	25,00	1.191,97	3.819,79
02.04.04	Escoramento Metálico Para Laje Pré-Fabricada Com Altura Até 3,50M - - Serviço Especializado	47,67	M2	16,95	807,93			715,05
02.04.05	Tela De Aço Q61 - Ø3,4Mm - Malha 15 X 15 Cm (2,00M X 3,00M)	50,20	KG	6,43	322,74			285,64

02.04.06	Forma Metálica Para Fechamento De Beirais - Serviço Especializado	50,02	M	33,90	1.695,53			1.500,60
02.04.07	Concreto Usinado Fck=25Mpa Para Elemento Estrutural - Fornecimento E Lançamento - Estrutura	6,95	M3	546,87	3.800,76	30,00	208,49	3.548,32
02.04.08	Taxa De Bombeamento - Bomba Lança - Taxa Mínima 20M³	1,00	VB	1.242,89	1.242,89			1.100,00
02.04.09	Locação De Vibrador Elétrico Com Mangote Para Concreto	3,00	DIA	158,19	474,56			420,00
	Subtotal 06 - Superestrutura				156.079,25		36.263,60	192.342,85
03	FECHAMENTO							
03,01	Alvenaria De Embasamento							
03.01.01	Alvenaria De Embasamento Com Bloco De Concreto 19X19X39Cm - Assentado Com Argamassa De Cimento E Areia Com Aditivo Impermeabilizante - E=0,20M E H=0,20M	215,10	M	15,31	3.293,21	10,56	2.272,44	4.925,78
03.01.02	Regularização De Superfície Para Aplicação De Impermeabilização, Utilizando Argamassa De Cimento E Areia - Traço 1:3 - E=2Cm	129,06	M2	6,11	788,91	15,84	2.044,47	2.507,63
03.01.03	Aplicação De Impermeabilizante Bi-Componente Flexível (Viaplus 7000) - 03 Demãos - Alvenaria	129,06	M2	39,41	5.086,37	5,28	681,00	5.104,32
03,02	Alvenaria De Fechamento - Nível Térreo							
03.02.01	Alvenaria De Vedação Em Tijolo Cerâmico Furado 11,5X14X24Cm, Juntas 20Mm - Assentado Com Argamassa Mista Com Aditivo Impermeabilizante -Traço 1:2:8 - E=14Cm	687,49	M2	46,48	31.957,34	24,44	16.802,07	43.153,74
03.02.02	Verga E/Ou Contraverga De Canaleta Cerâmica 14X14X24Cm Para Amarração Da Alvenaria De Vedação, Preenchida Com Concreto Virado Na Obra Fck=20Mpa E Aço Ca-50 - Ø10,0Mm - E=14Cm	106,15	M	37,51	3.981,97	19,72	2.092,93	5.376,49
03,03	Alvenaria - Torre Hidráulica E Platibandas							

03.03.01	Alvenaria De Vedação Em Tijolo Cerâmico Furado 11,5X14X24Cm, Juntas 20Mm - Assentado Com Argamassa Mista Com Aditivo Impermeabilizante -Traço 1:2:8 - E=14Cm	238,93	M2	46,48	11.106,44	24,44	5.839,39	14.997,63
03.03.02	Canaleta Cerâmica 14X14X24Cm Para Amarração Da Alvenaria De Vedação, Preenchida Com Concreto Virado Na Obra Fck=20Mpa E Aço Ca-50 - Ø10,0Mm - E=14Cm	160,00	M	37,51	6.002,03	19,72	3.154,68	8.104,00
03,04	Chapisco, emboço e reboco							
03.04.01	Chapisco Em Parede, Utilizando Argamassa De Cimento E Areia - Traço 1:3	1.213,22	M2	2,35	2.851,30	2,82	3.427,04	5.556,55
03.04.02	Emboço/ Reboco Em Parede, Utilizando Argamassa Mista Com Aditivo Plastificante - Traço 1:2:8 - E=2,5Cm	1.213,22	M2	9,38	11.377,78	25,42	30.843,39	37.367,18
03.04.03	Chapisco Em Parede, Utilizando Argamassa De Cimento E Areia - Traço 1:3	764,56	M2	2,35	1.796,86	2,82	2.159,69	3.501,68
03.04.04	Emboço/ Reboco Em Parede, Utilizando Argamassa Mista Com Aditivo Plastificante - Traço 1:2:8 - E=2,5Cm	764,56	M2	9,38	7.170,17	34,18	26.132,26	29.473,79
	Subtotal 3 - Fechamento				85.412,40		95.449,36	180.861,77

APÊNCIDE B – Orçamento da solução em LSF

ITEM	DESCRIÇÃO	QUANT.	UNID.	VALOR MAT. (UNIT) (R\$)	VALOR MAT. (TOTAL) (R\$)	VALOR M.O. (UNIT) (R\$)	VALOR M.O. (TOTAL) (R\$)	PREÇO FINAL (TOTAL) (R\$)
01	FUNDAÇÃO							
01,01	Elementos De Fundação Rasa - Radier							
01.01.01	Lastro De Brita - E=3Cm - Fundação	389	M2	3,05	1.186,73	11,30	4.395,31	5.582,04
01.01.02	Tela Soldada Nervurada - Q092 - 2,45 X 6,00 M	30	un.	213,96	6.418,74			6.418,74
01.01.03	Tela Soldada Nervurada - Q138 - 2,45 X 6,00 M	30	un.	312,68	9.380,32			9.380,32
01.01.04	Tela Soldada Nervurada - Q196 - 2,45 X 6,00 M	7	un.	442,01	3.094,04			3.094,04
01.01.05	Taxa De Bombeamento - Bomba Lança - Taxa Mínima 20M ³	1,00	VB	1.242,89	1.100,00			1.100,00
01.01.06	Taxa De Bombeamento - Bomba Lança - Volume Excedente	26,8	M3	68,36	1.832,02			1.832,02
01.01.07	Concreto Usinado Fck=25Mpa Para Elemento Estrutural - Fornecimento E Lançamento - Fundação	46,8	M3	546,87	25.593,59	45,20	2.115,17	27.708,76
01.01.08	Fôrma De Madeira Com Tabuas E Sarrafos	16	M2	26,72	427,55	42,00	671,97	1.099,53
	Subtotal 01 - Fundação				47.932,99		7.182,46	55.115,45
02	SUPERESTRUTURA							
02,01	Painéis - aço leve							
02.01.01	Perfil de aço - Ue 90x40x12x0,95	2681	M	18,50	49.598,50			
02.01.02	Perfil de aço - Ue 140x40x12x0,95	671	M	25,58	17.164,18			
02.01.03	Perfil de aço - Ue 200x40x12x0,95	224	M	32,38	7.253,12			
02.01.04	Perfil de aço - U 90x40x0,95	756	M	16,33	12.345,48			
02.01.05	Parafuso para Placa Cimentícia / OSB / Perfil Drywall 4,2 X 32mm PA RUSPER Pacote com 100 Unidades	318	Cento	22,66	7.205,88			
02.01.06	Parabolt 5/16 x 4.1/4	152	un.	2,53	384,56			
02.01.07	Manta Asfáltica Multiuso Preto 3mm	34	m2	32,50	1.105,00			
02,02	Pilares e vigas - aço pesado							
02.02.01	Perfil de aço - W 200x15	395,2	KG	14,10	5.572,32			
02.02.02	Perfil de aço - W 250x17,9	289,6	KG	14,10	4.083,36			

02.02.03	Perfil de aço - W 250x28,4	344,4	KG	13,74	4.732,06			
02.02.04	Perfil de aço - W 310x28,3	149,8	KG	16,30	2.441,74			
	Subtotal 02 - Superestrutura				111.886,20		60.627,00	172.513,20
03	Fechamento							
03,01	fechamento externo							
03.01.01	GLASROC_02 Placa de Gesso Glasroc X 12,5 X 1200 X 2400mm	192	un.	199,99	38.398,08			
03.01.02	Smart Fita Flashing Typar 150 X 22860mm	11	rolo	301,53	3.316,83			
03.01.03	MALHA GRX PARA JUNTAS 10 CM X 50M	6	rolo	77,63	465,78			
03.01.04	Tela em Fibra De Vidro Vertex R131 A101 50m² Adfors	13	rolo	558,74	7.263,62			
03.01.05	Parafuso para Placa Cimentícia / OSB / Perfil Drywall 4,2 X 32mm PA RUSPER Pacote com 100 Unidades	121,5	Cento	22,66	2.753,19			
03.01.06	Membrana hidrófuga Typar	608	M2	17,17	10.439,36			
03.01.07	Base coat	152	kg	4,26	647,52			
03.01.08	Lã de Vidro Wallfelt 4+ -100 mm- 9m²	32	rolo	184,90	5.916,80			
03,02	fechamento interno							
03.02.01	Placa de gesso acartonado 1,2x2,4 ST	428	un.	34,90	14.937,20			
03.02.02	Parafuso para Placa Cimentícia / OSB / Perfil Drywall 4,2 X 32mm PA RUSPER Pacote com 100 Unidades	203	Cento	22,66	4.599,98			
03.02.03	FITA DE PAPEL MICROPERFURADO, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE GESSO PARA DRYWALL	20	rolo	53,90	1.078,00			
03.02.04	MASSA DE REJUNTE PRONTA PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO SEM ADICAO DE AGUA	855	KG	3,00	2.565,00			
03.02.05	Lã de Vidro Wallfelt 4+ -100 mm- 9m²	41	rolo	184,90	7.580,90			
03,03	Cobertura							
03.03.01	Placa de OSB - 18mm 1,2x2,4	160	un.	309,90	49.584,00			
03.03.02	Parafuso para Placa Cimentícia / OSB / Perfil Drywall 4,2 X 32mm PA RUSPER Pacote com 100 Unidades	93	Cento	22,66	2.107,38			

03.03.03	Membrana hidrófuga Typar	462	M2	17,17	7.932,54			
03.03.04	Base coat	8,75	kg	5,86	51,29			
03.03.05	Lã de Vidro Wallfelt 4+ -100 mm- 9m²	43	rolo	184,90	7.950,70			
03,04	Mão de obra							
03.03.05	Mão de obra (verba)	-	VB	-			141.463,00	
	Subtotal 03 - Fechamento				167.588,17		141.463,00	309.051,17