

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

MATHEUS HENRIQUE LUCAS

LIGHT STEEL FRAMING: uma alternativa de execução para
construção civil

Paracatu

2019

MATHEUS HENRIQUE LUCAS

LIGHT STEEL FRAMING: uma alternativa de execução para construção civil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Marcos Henrique Rosa dos Santos.

Paracatu

2019

MATHEUS HENRIQUE LUCAS

LIGHT STEEL FRAMING: uma alternativa de execução para construção civil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Marcos Henrique Rosa dos Santos.

Banca Examinadora:

Paracatu – MG, 23 de maio de 2019.

Prof. Marcos Henrique Rosa dos Santos
Centro Universitário Atenas

Prof. Carlos Eduardo Ribeiro Chula
Centro Universitário Atenas

Prof. Matheus Dias Ruas
Centro Universitário Atenas

Dedico ao meu pai e a minha mãe por terem me ajudado a escolher este curso maravilhoso e cheio de oportunidades pelo qual me apaixonei com o tempo, por terem sempre compreendido meus momentos de raiva e angústia por ter que continuar morando em minha cidade natal, e por sempre me apoiarem a nunca desistir, com isso eu só tenho a agradecer por tudo que sempre fizeram e continuam fazendo por mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais por terem me ajudado a escolher e por sempre me acolherem e me ajudarem nos momentos difíceis

A Deus por sempre ter me ouvido e me ajudado e me dado paz em momentos difíceis.

A minha namorada Julia por sempre ter me suportado e me acalmado em momentos de aflição e difíceis.

Aos meus amigos da DW5 por sempre estarem presente no meu dia a dia.

Aos meus orientadores por terem me ajudado e tido paciência comigo, para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradecer a todos os professores que puderam me acolher durante o curso tirando dúvidas e me respondendo em horários fora de aula.

Resumo

Neste trabalho é apresentada uma alternativa técnica construtiva para suprir os efeitos da crise econômica do país, ao qual afeta principalmente a construção civil. Dessa forma, é apontado o sistema construtivo *Light Steel Framing* (LSF) em um método de pesquisa descritiva explicativa, buscando entender e conhecer mais sobre o tema abordado. Diante disso, é apresentado o contexto histórico diante da crise que a nação está vivendo e o surgimento do LSF no país, buscando verificar aspectos em que este método pode ser útil. Com isso, foi realizada a verificação de aspectos importantes para analisar a viabilidade de sua utilização. Sendo assim, são verificadas as etapas construtivas, para atentar sobre todos os passos a serem realizados na obra, verificar as vantagens e desvantagens para saber os benefícios e problemas sobre sua utilização, e as possíveis patologias que podem ser encontradas, para considerar e evitar os erros que possam vir a acontecer, e poderem ser previamente evitados. A partir disso, foi realizada a análise sobre os resultados obtidos através desses pontos essenciais, no qual, foi julgada viável a utilização do LSF, desde que, seja mais bem estudado, obtendo assim, alterações e melhores condições de uso.

Palavras-chave: *Light Steel Framing*; Construção civil; Alternativa técnica construtiva.

ABSTRACT

This paper presents an alternative constructive technique to overcome the effects of the country's economic crisis, which mainly affects civil construction. In this way, the Light Steel Framing constructive system is pointed in an explanatory descriptive research method, seeking to understand and to know more about the subject. From this, the historical context is presented in front of the crisis that the nation is experiencing and the emergence of the LSF in the country, seeking to verify aspects in which this method can be useful. With this, it was carried out the verification of important aspects to analyze the viability of its use. Therefore, the construction steps are checked, to look at all the steps to be performed in the construction, to check the advantages and disadvantages to know the benefits and problems about their use, and the possible pathologies that can be found, to consider and avoid the errors that may occur, and may be avoided previously. From this, the analysis of the results obtained through these essential points was performed, in which it was considered feasible to use LSF, if is better studied, thus obtaining changes and better conditions of use.

Keywords: *Light Steel Framing, Civil Construction, Alternative construction technique.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - O benefício da casa de aço em <i>housekeeping</i> | 11 |
| Figura 2 - PIB da construção civil entre os anos de 2010 e 2017. | 13 |
| Figura 3 - Perfil montante e guia. | 18 |
| Figura 4 - Perfil Verga | 18 |
| Figura 5 - Sistema contraventamento em X. | 19 |
| Figura 6 - Sistema contraventamento em K. | 19 |
| Figura 7 - Execução da laje em <i>steeldeck</i> | 20 |
| Figura 8 - Execução da laje em OSB. | 21 |
| Figura 9 - Possibilidades de emprego dos revestimentos. | 22 |
| Figura 10 - Instalações elétricas e hidro sanitárias. | 23 |
| Figura 11 - Ocorrência empenamento por torção uniforme. | 30 |
| Figura 12 - Ocorrência empenamento por torção não uniforme. | 30 |
| Figura 13 - Flambagem por distorção transversal. | 31 |
| Figura 14 - Flambagem local. | 31 |
| Figura 15 - Corrosão galvânica em parafuso. | 33 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---|
| CFTV | CIRCUITO FECHADO DE TELEVISÃO |
| ABNT | ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS |
| LSF | LIGHT STEEL FRAMING |
| PIB | PRODUTO INTERNO BRUTO |
| PFF | PERFIS FORMADOS A FRIO |
| OSB | ORIENTED STREND BOARD |
| UE | U ENRIJECIDO |
| SPDA | SERVIÇO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 PROBLEMA | 12 |
| 1.2 HIPÓTESE | 12 |
| 1.3 OBJETIVOS | 12 |
| 1.3.1 OBJETIVO GERAL | 12 |
| 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| 1.4 JUSTIFICATIVA | 13 |
| 1.5 METODOLOGIA | 14 |
| 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO | 15 |
| 2 ETAPAS CONSTRUTIVAS | 16 |
| 2.1 MÉTODOS DE EXECUÇÃO | 16 |
| 2.2 FIXAÇÃO DA FUNDAÇÃO | 16 |
| 2.3 PAINÉIS ESTRUTURAIS OU AUTOPORTANTES | 17 |
| 2.4 LAJE | 19 |
| 2.5 TELHADO | 21 |
| 2.6 REVESTIMENTO | 21 |
| 2.7 INSTALAÇÕES E ACABAMENTO | 22 |
| 3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA LSF | 24 |
| 3.1 VANTAGENS | 24 |
| 3.1.1 ECONOMIA | 24 |
| 3.1.2 TEMPO | 24 |
| 3.1.3 DESEMPENHO E DURABILIDADE DA ESTRUTURA | 25 |
| 3.1.4 OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS | 25 |
| 3.1.5 DESEMPENHO ACÚSTICO E TÉRMICO | 25 |
| 3.1.6 INSTALAÇÕES, MANUTENÇÕES E SEGURANÇA | 26 |
| 3.2 DESVANTAGENS | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.1 FALTA DE RECONHECIMENTO COMO SISTEMA CONSTRUTIVO E MUITA ATRIBUIÇÃO AO PAÍS DE ORIGEM..... | 26 |
| 3.2.2 AUSÊNCIA DE ORGANIZAÇÃO SETORIAL E DIVULGAÇÃO NO PAÍS..... | 26 |
| 3.2.3 MÃO DE OBRA QUALIFICADA E PROJETO | 27 |
| 3.2.4 CUSTO SUPERIOR AO DE UMA EDIFICAÇÃO CONVENCIONAL..... | 27 |
| 4 PATOLOGIAS ENCONTRADAS EM ESTRUTURAS EM LSF | 29 |
| 4.1 ANÁLISE DE ESFORÇOS, REAÇÕES E DETALHES ESTRUTURAIS | 29 |
| 4.1.1 EMPENAMENTO E FLAMBAGEM POR DISTORÇÃO DA SEÇÃO TRANSVERSAL E LOCAL..... | 29 |
| 4.2 CORROSÃO ELETROLÍTICA DE PERFIS COM PROTEÇÃO GALVÂNICA.... | 32 |
| 4.3 FISSURAS NAS JUNTAS ENTRE AS PLACAS CIMENTÍCIAS DE FECHAMENTO | 33 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 35 |
| REFERÊNCIAS..... | 36 |

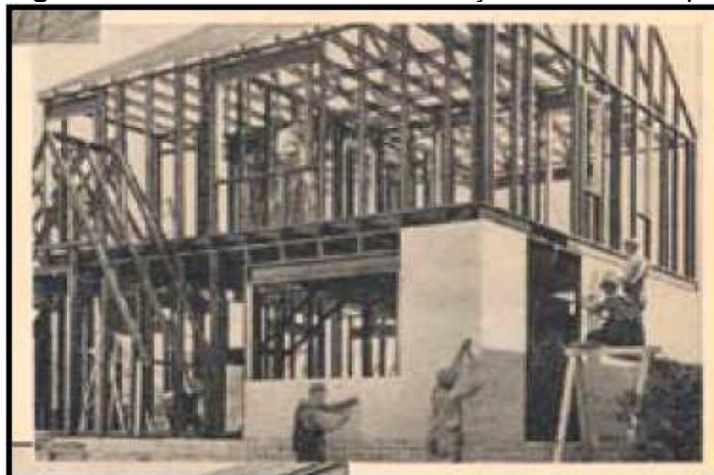
1 INTRODUÇÃO

Desde o primórdio da humanidade, o ser humano necessitou construir seus abrigos para se proteger utilizando dos recursos presentes. A partir dos anos esses recursos foram sendo refinados e estudados fazendo com que suas estruturas se tornassem cada vez mais complexas e bem desenvolvidas, porém, chegou um momento que o homem passou a enfrentar problemas econômicos, operacionais e ambientais, tendo assim, que voltar suas pesquisas para solucioná-los, com isso uma das alternativas desenvolvidas foi *Light Steel Framing* (LSF).

O método construtivo *Light Steel Framing* (LSF) segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), é uma técnica de construção a frio, sendo um processo constituído por um esqueleto estrutural em aço formado por vários elementos individuais unidos entre si, trabalhando em grupo para resistir às cargas solicitantes pela edificação e dando forma a mesma.

As primeiras construções formadas a frio de acordo com o engenheiro Allen (2006), ocorreram nos Estados Unidos da América no início de 1850, porém, eram obras de caráter experimental e limitado, contudo, até 1930 com seus 80 anos não era tão aceito e utilizado, por não ser um sistema construtivo regulamentado. Já a partir dessa data foram elaborados catálogos de casas que, apesar de não explicar exatamente como era o sistema, apresentou relativa aceitação, como apresentado na Figura 1. A partir de então, houve um aumento na busca do LSF e surgimento de empresas especializadas no seu desenvolvimento e aplicação.

Figura 1 - O benefício da casa de aço em *housekeeping*.



Fonte: Structure Magazine (2006).

Entre os anos de 1940 e 1950, diversos fatores colaboraram para o crescimento do LSF, entre eles, o desenvolvimento de fixadores de prego e parafusos, arrebiteiros adequados para o sistema, podendo destacar também o surgimento de placas de gesso com tecnologia que evitava combustão.

Mesmo o Brasil sendo considerado um dos especialistas na tecnologia do concreto armado, já na década de 1990, as construtoras brasileiras passaram a dar mais atenção à qualidade final da obra, aspectos ambientais e qualificação profissional dos funcionários. Essa preocupação refletiu diretamente na melhoria das edificações e na procura por novas técnicas construtivas a exemplo o LSF (SOUZA, 2014).

1.1 PROBLEMA

A aplicação do processo construtivo *Light Steel Framing* (LSF) é uma alternativa construtiva para o atual cenário da construção civil?

1.2 HIPÓTESE

Acredita-se que a aplicação do sistema construtivo *Light Steel Framing* (LSF) seja sim uma saída para os problemas atuais e para o futuro, já que o mundo vem enfrentando cada vez mais problemas como: a limitação de recursos naturais em determinadas regiões, geração descontrolada de resíduos, deficiência e ausência de mão de obra, alta nos valores dos materiais e falta de capital de investimento, fazendo com que essa e outras técnicas sejam necessárias para preencher as necessidades dessa nova realidade que a construção civil está inserida.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar e analisar os aspectos relacionados à projetos de edificações em *Light Steel Framing* (LSF).

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

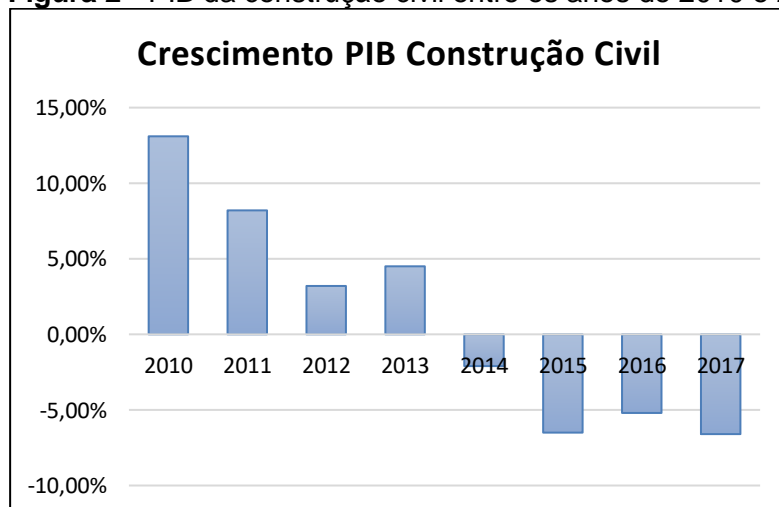
- Descrever as etapas construtivas do método *Light Steel Framing* (LSF).
- Identificar vantagens e desvantagens desse método.
- Identificar as patologias encontradas desse método.

1.4 JUSTIFICATIVA

A construção civil vem ao longo do século XXI sendo um tópico bastante estudado por diversos setores, sejam eles econômico, político ou social, pois, querendo ou não, essa área garante uma grande geração de emprego e renda. Porém, nos últimos anos diante de crises econômicas e de recursos, o setor vem apresentando constante queda que pode ser percebido por meio do PIB (Produto Interno Bruto). O PIB da construção civil apresentou uma diminuição de crescimento entre os anos de 2010 e 2017, sendo que neste último uma redução de 6,6%, como apresentado na Figura 2.

Por meio da Figura 2 é possível notar que o setor necessita buscar novas alternativas e tecnologias para poder resolver o problema do cenário atual, possibilitando assim uma melhora através de métodos que tragam vantagens e que possam suprir as dificuldades enfrentadas atualmente, como é o caso da utilização do processo construtivo *Light Steel Framing* (LSF).

Figura 2 - PIB da construção civil entre os anos de 2010 e 2017.



Fonte: Alvarenga (2017).

O LSF é um sistema construtivo a frio autoportantes, formado por vários elementos industrializados que promovem uma construção com grande precisão e

rapidez de execução. Particularizado por um esqueleto estrutural composto por leves Perfis de Aço Galvanizado Formado a Frio (PFF), sendo estabelecidos de acordo com a ABNT (2001), com função de suportar as solicitações da edificação em conjunto com os demais elementos estruturais distribuindo uniformemente as cargas para a fundação (RODRIGUES, 2006). Os perfis devem ser utilizados na formação de painéis estruturais de vigas, vigas de piso, paredes, vigas secundárias, tesouras de telhado, treliças dentre outros componentes.

Os painéis estruturais são produzidos em fábrica com grande padrão de qualidade e precisão evitando desperdício de material e otimizando a montagem, podendo chegar à obra só para serem montados. Já os outros componentes, não estruturais, como os fechamentos horizontais e verticais, são elementos leves e segue com a ideia do sistema, trazendo um conjunto de peso próprio baixo, reduzindo o custo na fundação, construção a seco e rápida. No entanto, a parte de acabamento normalmente utiliza: placas de OSB (*Oriented Strand Board*), placa cimentícia e gesso acartonado, que são materiais leves, possibilitando diversas arquiteturas na associação com o aço (FREITAS E CRASTO, 2006).

Dessa forma, observando os problemas enfrentados na construção civil, como elucidado pelo crescimento do PIB do setor, e também pelas diversas vantagens oferecidas pelo LSF, principalmente em relação à otimização do processo construtivo, economia, tempo, flexibilidade construtiva, além de ser uma obra seca ajudando bastante o meio ambiente, entre outros. É possível dizer que o LSF pode ser sim uma alternativa viável, quando acompanhada por preparo da mão de obra, compatibilidade adequada de projeto e disponibilidade de recursos na região.

1.5 METODOLOGIA

Este trabalho foi elaborado através de pesquisas bibliográficas utilizando da metodologia descritiva e explicativa, consultando para entender e conhecer mais sobre o tema abordado, realizando a problematização, objetivo e justificativa. Foram estudadas e consultadas fontes documentais como manual de execução, trabalhos de conclusão de curso e artigos de diversas universidades.

O método de pesquisa descritiva segundo Triviños (1987), exige uma série de informações do investigador sobre o que deseja pesquisar. Esse método de estudo almeja descrever os fenômenos e fatos de determinada realidade.

Já o método de pesquisa explicativo segundo Gil (1999), tem como finalidade identificar os fatores que contribuem ou são determinantes para ocorrência de um fenômeno. É o método de pesquisa que aprimora o conhecimento da realidade, pois, procura explicar a razão dos fenômenos.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo é apresentado a introdução com a contextualização do estudo; formulação do problema de pesquisa; as proposições do estudo; os objetivos geral e específico; as justificativas, relevância e contribuições da proposta de estudo; a metodologia do estudo, bem como definição estrutural da monografia.

O segundo capítulo é mencionado as etapas construtivas contidas no sistema LSF abordando tanto os métodos de execução, quanto cada etapa para realização de uma obra, sendo elas: fixação da fundação; painéis estruturais ou autoportantes; laje; telhado; revestimento; instalações e acabamento, já o terceiro capítulo, é tratado das vantagens e desvantagens encontradas no sistema construtivo, no quarto capítulo é falado as possíveis patologias que podem estar presentes quando se utilizado esse tipo de construção, e por fim no quinto capítulo é apresentada as considerações finais do trabalho.

2 ETAPAS CONSTRUTIVAS

O sistema construtivo LSF segundo Santiago Freitas e Crasto (2012) é composto por diversas etapas que precisam estar inter-relacionadas entre si para que trabalhem em conjunto, adquirindo assim, um desempenho adequado, seguido a partir do método escolhido para que sejam executadas.

2.1 MÉTODOS DE EXECUÇÃO

Segundo Santiago Freitas e Crasto (2012), as edificações em LSF podem ser executadas de três métodos, sendo eles o método de Painéis, Stick e Construção Modular. O método de Painéis, ao qual engloba os painéis estruturais ou não estruturais, as lajes e tesouras de telhado e contraventamentos, que são geralmente elaborados fora do canteiro de obras e montados no local, havendo a possibilidade de instalar alguns materiais de fechamento na fábrica. Com isso, tendo como objetivo diminuir as atividades e tempo da construção no canteiro. Os subsistemas e painéis são conectados no local utilizando técnicas convencionais (parafusos autoatarrachantes e autobrocantes).

No método Stick os Painéis Formados a Frio são cortados in loco, sendo as lajes, painéis, contraventamentos e estrutura da cobertura (tesouras de telhado) montada no local. Dessa forma as atividades no canteiro de obras ocorrem em maior número, causando uma diminuição no controle de qualidade e uma menor precisão da estrutura.

Por sua vez, no método construção modular, as construções das unidades modulares são totalmente pré-fabricadas, isto é, ambientes como cozinhas e banheiros podem ser entregues no canteiro com os acabamentos (revestimento, louças, metais, bancadas, instalações hidráulicas e elétricas, e etc) instalados. Dessa forma garantindo alto controle de qualidade e precisão na construção.

2.2 FIXAÇÃO DA FUNDAÇÃO

De acordo com Santiago Freitas e Crasto (2012), a ancoragem da estrutura deve ser realizada de modo a garantir a transferência de todos os esforços da estrutura para a fundação, além de evitar o tombamento e os movimentos de

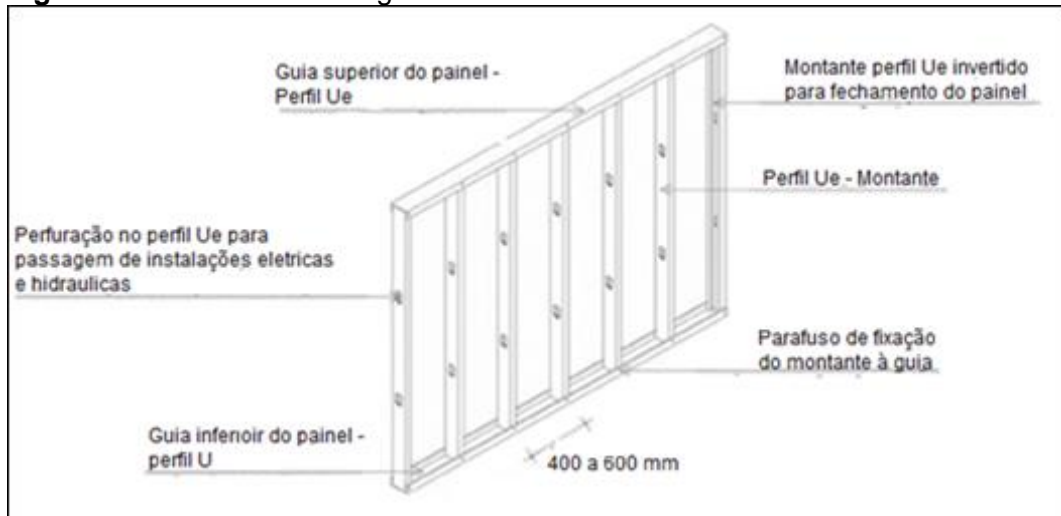
translação devido a pressão do vento. Sendo possível utilizar os métodos com barra roscada e a ancoragem expansível por *parábolts*, uma vez que são utilizadas fundações em Radier ou Laje Corrida devido à baixa solicitação de cargas e pela utilização do conceito alinhado, que baseia na distribuição uniforme das cargas através dos painéis estruturais.

O método barra roscada é um processo químico no qual é executado após a concretagem da fundação e compreende em uma barra roscada com porca e arruela, fixada no concreto através da perfuração e preenchida com composto químico que cria aderência com o concreto. Já a ancoragem expansível por *parábolts* é um método de ancoragem mecânica que é realizado a expansão dos chumbadores, que pode ser provocado por percussão ou torque.

2.3 PAINÉIS ESTRUTURAIS OU AUTOPORTANTES

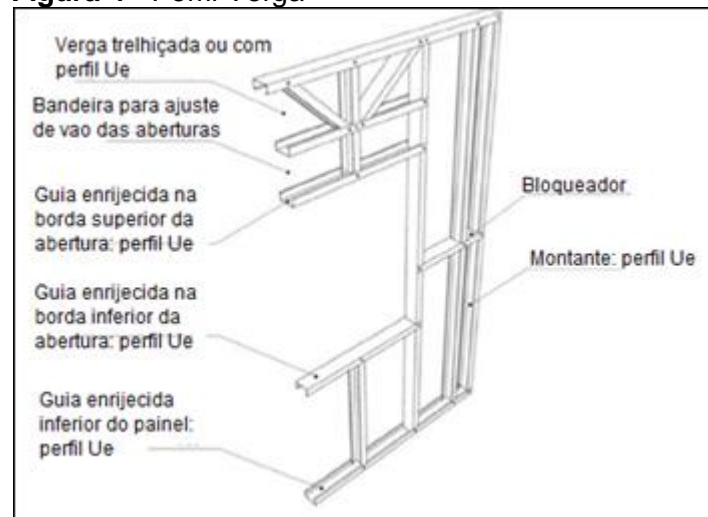
Segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), os painéis não cumprem apenas o papel de paredes da edificação, eles também fazem parte do sistema estrutural responsável por resistir às cargas atuantes e transmiti-los à fundação. Os esforços das cargas horizontais que os painéis estão submetidos são de fatores ambientais (abalos sísmicos ou ventos), de telhados e outros painéis, e as cargas verticais são do peso próprio da estrutura e de componentes construtivos, assim como a sobrecarga resultado da utilização (mobiliária, pessoa, máquina e etc).

De acordo com Caldas e Rodrigues (2016), os painéis autoportantes são formados por elementos verticais de seção transversal tipo Ue (perfil tipo “U” enrijecido) chamada de montantes, que são encarregados por transferir as cargas verticais a fundação e distribuídos a cada 40 ou 60cm, podendo variar conforme solicitação de projeto, sendo que, quanto maior o espaçamento, maior a carga que cada um será exercida. Já os elementos horizontais tipo U (perfil tipo “U” simples) denominados guias, têm a função de conectar os montantes em seus extremos superiores e inferiores, como apresentados na Figura 3. Sendo que, os montantes devem manter em coincidências suas sessões de um nível para o outro, de acordo com o conceito do LSF de estrutura alinhada, garantindo a distribuição uniforme das cargas.

Figura 3 - Perfil montante e guia.

Fonte: Steel Framing: Engenharia (2006).

Segundo Santiago Freitas e Crasto (2012), em regiões onde ocorrem aberturas de portas e janelas, é utilizado um elemento estrutural de distribuição chamado vergas, no qual sua função é redistribuir o carregamento interrompido, como apresentado na Figura 4. Uma vez que, é necessário que, toda a estrutura seja interligada e tenha o desempenho adequado, sendo necessário que na ligação entre os perfis seja realizada de maneira correta, através da utilização de parafusos auto-atarraxantes e auto-perfurantes.

Figura 4 - Perfil Verga

Fonte: Steel Framing: Engenharia (2006).

No entanto os perfis são submetidos a cargas de vento que precisam ser controladas, que de acordo com Brasilit (2011), para estruturas de ligação rígidas, é necessário adotar sistemas de contraventamentos, sendo esses sistemas responsáveis por suportar as cargas horizontais. Sendo eles os modelos em "X",

como apresentado na Figura 5, é o mais comum para estabilizar a estrutura, que consiste na utilização de fitas de aço galvanizado fixadas na face do painel, porém segundo Santiago, Freitas e Crasto (2012), a utilização em forma de X não é mais adequada quando há grandes quantidades de aberturas, sendo assim necessária a utilização do perfil K, que é um sistema que utiliza perfis Ue onde são presos entre os montantes, como apresentado na Figura 6.

Figura 5 - Sistema contraventamento em X.



Fonte: Souza (2014).

Figura 6 - Sistema contraventamento em K.



Fonte: Souza (2014).

2.4 LAJE

A estrutura da laje em LSF se baseia no mesmo princípio dos painéis, que é o uso de perfis galvanizados espaçados equidistantemente, no qual os elementos estruturais são determinados pelas cargas no qual cada perfil é solicitado. Segundo Santiago Freitas e Crasto (2012), esse tipo de perfil é chamado de viga de piso e são utilizados perfis de seção U_e , locados na horizontal, na qual suas mesas tem a mesma altura dos montantes, porém sua alma varia de acordo com carregamento e vão entre apoios.

A laje pode ser úmida ou seca, que segundo Santiago Freitas e Crasto (2012), é definido por Laje úmida, a que utiliza o método de *steel deck* no qual é composta por uma chapa ondulada de aço onde serve como forma de concreto e é aparafusada nas vigas de piso, logo após toda a instalação das chapas é aplicada uma camada de 40 mm a 60 mm de concreto simples que originara a superfície de contrapiso, estratégia normalmente mais utilizada, como apresentada na Figura 7, ou pode ser utilizado à laje seca, a qual é utilizada placas rígidas que são aparafusadas às vigas de piso onde servem de contrapiso, normalmente utilizadas placas de (*Oriented Strand Board*) OSB de 18 mm por ser leve e de fácil instalação, como apresentada na Figura 8.

Figura 7 - Execução da laje em *steeldeck*.



Fonte: Zarya Arquitetura e Engenharia (2014).

Figura 8 - Execução da laje em OSB.



Fonte: Zarya Arquitetura e Engenharia (2014).

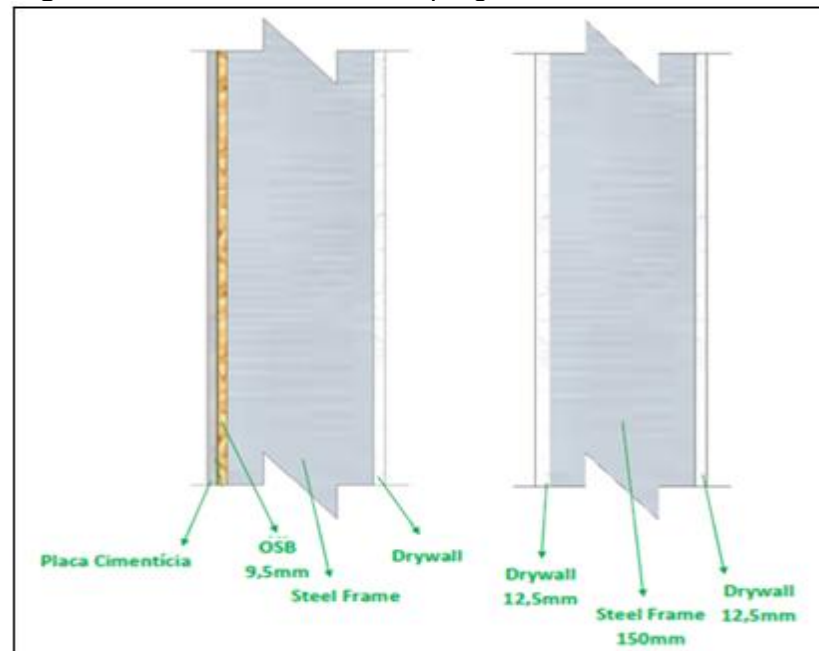
2.5 TELHADO

Para elaboração do telhado, em uma edificação em LSF, as tesouras e treliças são construídas de forma similar à de um telhado convencional, se diferenciando apenas pelo uso de PFF. Já as terças e os caibros são substituídos por painéis. No entanto para as telhas, é mais utilizado o modelo *shingle*, este que veio dos EUA com aspecto de placas encaixadas, e trazendo diversas vantagens como beleza, manutenção, versatilidade e durabilidade.

2.6 REVESTIMENTO

Para Santiago, Freitas e Castro (2012), o LSF permite a utilização de vedações racionalizadas. Os componentes de fechamentos são empregados externamente e, em conjunto com o aço galvanizado, irão criar o externo e interno da estrutura, podendo ser utilizadas placas de OSB, Placa cimentícia e gesso acartonado (*Drywall*), como apresentado na Figura 9. No interior do revestimento pode-se utilizar lã mineral como isolante térmico. A utilização do material varia de acordo com o ambiente, sendo as placas cimentícias como aplicadas revestimento externo, e podendo ser empregadas internamente em situação de área molhada, como cozinha e área de serviço. O painel OSB é instalado com função de isolamento acústico e térmico, já os painéis em *Drywall* são utilizados em áreas internas por apresentar um melhor acabamento e servir como isolamento.

Figura 9 - Possibilidades de emprego dos revestimentos.

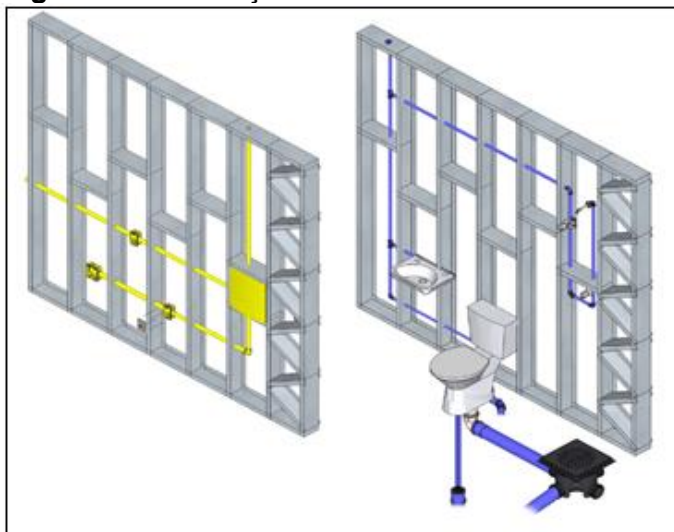


Fonte: ConstruÁgil (2017).

2.7 INSTALAÇÕES E ACABAMENTO

De acordo com Souza (2014), as instalações elétricas e hidro sanitárias devem possuir uma atenção especial, pois devem ser previstas em projeto, uma vez que não poderá existir demolição na estrutura construída. Com isso sendo necessária a locação de fixadores plásticos para eletrodutos para passagem de condutores elétricos, voz, dados, CFTV, SPDA e preparar o local para tubos, colunas e conexões, como apresentado na Figura 10, o restante do processo é realizado igual ao do sistema convencional. Já o acabamento da edificação poderá ser executado de maneira convencional.

Figura 10 - Instalações elétricas e hidro sanitárias.



Fonte: ConstruÁgil (2017).

3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA LSF

As estruturas em LSF indiscutivelmente apresentam grandes vantagens, principalmente sobre a técnica construtiva tradicional quanto a de madeira, segundo Rodrigues (2006). Graças às vantagens do sistema, GORGOLEWSKI (2006), acredita que o uso do sistema vem atraindo o interesse em muitos países nos últimos anos especialmente para habitações residenciais unifamiliares e até edificações de 4 pavimentos, porém, não são apenas vantagens que esse tipo de obra apresenta e, segundo Rodrigues (2006), podem possuir diversas desvantagens.

3.1 VANTAGENS

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012), a utilização do sistema construtivo LSF trará os seguintes benefícios:

3.1.1 ECONOMIA

Graças ao peso dos materiais, e pela distribuição dos esforços por meio de paredes leves e autoportantes, é obtido uma redução considerável no dimensionamento, e conseqüentemente no custo da estrutura e na fundação, visto que utilizará menos material. Outro ponto que reduz economicamente é no custo com o planejamento, pois o custo relacionado a todas as fases e etapas da construção da obra realizados no planejamento não haverá tantas modificações, uma vez que, a precisão e erros não acontecem comumente neste método construtivo.

De acordo com Kostela (1992), outro fator que reduz consideravelmente no custo é a redução no número de operários, uma vez que só são necessários aqueles responsáveis pela montagem dos perfis, diferente dos métodos convencionais, onde gastam pedreiros, armadores, carpinteiros e etc. No entanto, outro fator que reduz o custo é a não utilização de formas, uma vez que a estrutura é metálica.

3.1.2 TEMPO

O tempo é reduzido consideravelmente uma vez que, ocorre a facilidade no transporte e rapidez no manuseio graças à leveza dos materiais, como também pelo fato dos PFFs serem industrializados, podendo assim serem obtidos em grande escala em um curto período, além do, aumento na velocidade construtiva, já que o material chegará ao local da obra apenas para serem montados. Outros fatores que auxiliam é, a repetição e padronização dos serviços, aumentando assim o rendimento dos funcionários. Além disso, não são utilizadas formas, por ser formado por perfis, há um grande ganho de tempo por não precisar esperar a cura do concreto.

3.1.3 DESEMPENHO E DURABILIDADE DA ESTRUTURA

Pelo fato do aço ser um material de alta resistência e de elevado controle de qualidade tanto na produção de seus produtos e de matéria prima, permite-se maior desempenho e precisão na dimensão estrutural, além de ser associado ao processo de galvanização, as chapas dos perfis ganham longevidade e durabilidade, uma vez que os materiais são industrializados e submetidos a um rígido controle de qualidade. Além de que esses materiais conseguem adquirir grande flexibilidade construtiva, possibilitando a obra ou edificação adquirir diversas formas arquitetônicas.

3.1.4 OTIMIZAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS

De acordo com Burstrand (1998), as construções em LSF são descritas por serem a seco, apesar de utilizarem material em aço, também é empregado peças em *Drywall* para vedação e lã mineral para impedimento térmico, fazendo assim que ocorra redução na utilização de recursos naturais e o desperdício, além de que o aço é um material reciclável que não perde suas características estruturais após o processo.

3.1.5 DESEMPENHO ACÚSTICO E TÉRMICO

Graças à utilização de materiais como o *Drywall* e lã mineral para os painéis de fechamento e isolamento, a estrutura adquire altos níveis de desempenho termo

acústico. De acordo com Piovesan (2017), as estruturas em LSF conseguem obter um desempenho superior ao de sistemas convencionais, com uma diferença de até 20dB, ressaltando que as paredes em LSF são de menor espessura, possibilitando, assim, maior área útil para espaços internos.

3.1.6 INSTALAÇÕES, MANUTENÇÕES E SEGURANÇA

A execução da instalação hidráulica, elétrica, rede, de dados e de telefonia são simplificados graças aos espaços internos da estrutura, sequência construtiva e por causa dos perfis serem furados previamente, facilitando a passagem de todas as instalações e futuras manutenções. Já em relação a segurança com a utilização do LSF é possível atingir altos índices de desempenho em relação à resistência ao fogo, se relacionado à materiais que não propagam chamas e que tenham proteção anti-fogo.

3.2 DESVANTAGENS

Apesar das grandes quantidades de vantagens o sistema LSF também possui algumas desvantagens segundo Rodrigues (2006), as quais serão apresentadas nos próximos itens:

3.2.1 FALTA DE RECONHECIMENTO COMO SISTEMA CONSTRUTIVO E MUITA ATRIBUIÇÃO AO PAÍS DE ORIGEM

O sistema construtivo LSF chegou ao Brasil por volta de 1990, e além de ser considerado novo, e pelo país ser reconhecido na construção civil pelas suas técnicas em concreto armado, o novo método não foi explorado e utilizado da maneira devida. Uma vez que o LSF ainda está bastante ligado aos princípios construtivos dos Estados Unidos da América, local onde foi criado, utilizando suas características construtivas e de edificação deste país, sendo assim, necessário adaptar e tornar um método mais acessível.

3.2.2 AUSÊNCIA DE ORGANIZAÇÃO SETORIAL E DIVULGAÇÃO NO PAÍS

As empresas e profissionais da área, não executam, não trocam experiências e não divulgam corretamente o LSF no país. Dessa forma não surge oportunidade para mais obras e mais pessoas interessadas nesse tipo de projeto, com isso não ocorre o aumento do estudo, melhorias e aperfeiçoamentos nas técnicas construtivas já existentes.

3.2.3 MÃO DE OBRA QUALIFICADA E PROJETO

Apesar de que diminua bastante a quantidade de operários, é necessária mão de obra especializada na área, uma vez que é necessário que os profissionais disponham de um conhecimento aplicado por ser um tipo de obra complexa. Já em relação ao projeto, uma vez que concebido de forma errada ou ocorrendo erros de execução, sua solução é demandada uma grande quantia financeira, inviabilizando o sistema. O certo é antecipar prever todas as etapas e treinar os funcionários. Outro fator que é bastante relevante é que o LSF não consegue vencer grandes vãos com facilidade, tornando-o uma boa alternativa para até 4 pavimentos.

3.2.4 CUSTO SUPERIOR AO DE UMA EDIFICAÇÃO CONVENCIONAL

Um dos aspectos que mais demanda a atenção em uma obra de construção civil é o custo total, isso segundo Rodrigues (2006). O custo em uma edificação em LSF, segundo Freitas e Crasto (2006), chega a ser em média de 20 a 30 % mais cara. De acordo com Prudêncio (2013) em seu estudo comparativo realizado na região de Campo Mourão, o custo total representou ser 16,40% mais caro na utilização do LSF do que no sistema convencional em alvenaria, como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Custo comparativo edificação em alvenaria convencional e em LSF.

| Etapa | Serviço | Residência | Residência |
|-------|------------------------------|--------------|------------------------|
| | | em Alvenaria | em Light Steel Framing |
| | | Custo(R\$) | Custo(R\$) |
| 1 | Serviços Preliminares | 3.849,81 | 3.909,00 |
| 2 | Infraestrutura | 15.081,14 | 13.806,72 |
| 3 | Superestrutura e Fechamento | 25.941,02 | 43.612,28 |
| 4 | Esquadrias | 9.185,35 | 9.044,88 |
| 5 | Cobertura | 13.243,27 | 21.321,29 |
| 6 | Instalações Hidrossanitarias | 9.003,94 | 8.821,55 |
| 7 | Instalações Eletricas | 6.029,76 | 5.805,06 |
| 8 | Impermeabilização | 2.583,87 | 11.815,29 |
| 9 | Revestimento | 13.988,04 | 4.310,80 |
| 10 | Pisos | 13.042,78 | 14.602,14 |
| 11 | Pintura | 10.488,83 | 10.082,78 |
| 12 | Serviços Complementares | 3.421,75 | 3.421,75 |
| | Total | 125.859,11 | 150.553,57 |

Fonte: Prudêncio (2013).

4 PATOLOGIAS ENCONTRADAS EM ESTRUTURAS EM LSF

Segundo Houaiss (2001), patologias construtivas afetam de forma direta na performance de uma edificação, podendo se definir patologia como “desvio de acordo ao que é próprio ou relacionado ou adequado ao que se considera como estado pleno de algo imaterial ou inanimado”.

De acordo com estudo elaborado por Fiess (2004), foi confirmado que 35% das manifestações de patologias nos conjuntos habitacionais avaliados, elaborados com sistema construtivo tradicional, estavam relacionadas a falhas de projeto e 50% das ocorrências são graças a falhas durante a execução. Esses dados demonstram a desunião entre os processos executivos e de projeto. Em virtude disso, é importante, empregar sistemas construtivos industrializados que oferecem grande controle de qualidade como o LSF, garantindo assim maior eficácia e precisão no planejamento e na execução das atividades.

4.1 ANÁLISE DE ESFORÇOS, REAÇÕES E DETALHES ESTRUTURAIS

Segundo Santiago Freitas e Crasto (2012), na verificação de esforços sobre uma estrutura, diversos fatores devem ser analisados, por exemplo: as cargas de todos os elementos e materiais estruturais; cargas de vento, que são dimensionadas de acordo com as características da edificação e com a região; carregamentos de ocupação, de acordo com o tipo de utilização que a edificação será destinada.

Dessa forma, uma vez que, estruturas de LSF utiliza do método autoportante, é necessário distribuir suas cargas ao longo de vários elementos da estrutura, permitindo que cada elemento agüente a uma pequena parcela da carga, e a partir do mau dimensionamento dessas cargas atuantes podem acontecer patologias como:

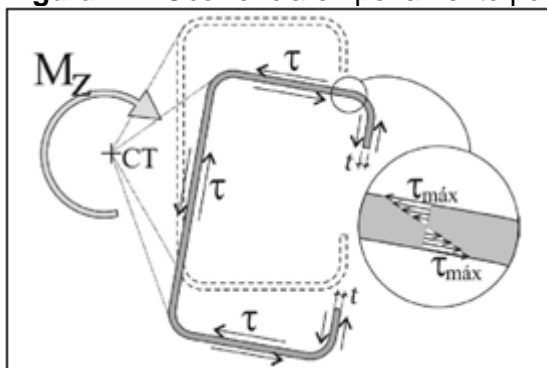
4.1.1 EMPENAMENTO E FLAMBAGEM POR DISTORÇÃO DA SEÇÃO TRANSVERSAL E LOCAL

De acordo com Silva e Silva (2008), o pensamento de esforços internos clássicos, momentos atuantes em torno dos eixos x e y, aprendidos em cursos de resistência dos materiais, não é o bastante para compreender a conduta das

estruturas de seção aberta constituídas por chapas finas. É preciso entender também outro tipo de fenômeno que ocorre: o empenamento. Eles acrescentam que o empenamento de uma seção se relaciona com o deslocamento ocorrido fora do seu plano ao ser submetido a esforço de torção, sendo divididos em uniforme e não uniforme.

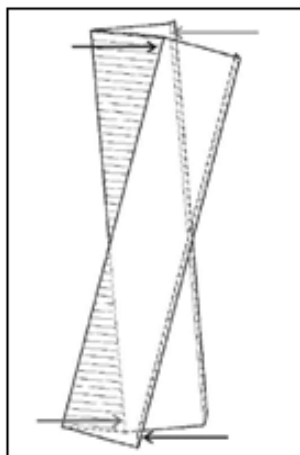
A torção uniforme é definida por distribuir linearmente ao longo da espessura do perfil as tensões de cisalhamento puro, como apresentada na Figura 11, além disso, ela ocorre apenas quando não há nenhuma restrição ao livre empenamento na direção longitudinal. Já a torção não uniforme acontece quando há restrição ao livre empenamento, no qual, ocasiona na seção transversal tensões normais de tração e compressão (que podem ser observadas como momentos fletores aplicados em algumas regiões da seção) e tensões de cisalhamento, como apresentado na Figura 12.

Figura 11 - Ocorrência empenamento por torção uniforme.



Fonte: Silva e Silva (2008).

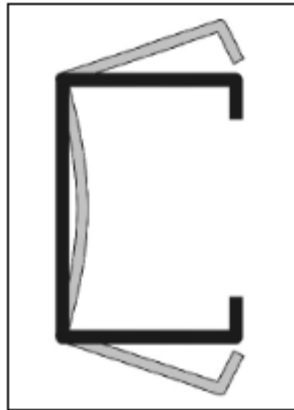
Figura 12 - Ocorrência empenamento por torção não uniforme.



Fonte: Silva e Silva (2008).

No que se refere à flambagem por distorção da seção transversal, Silva e Silva (2006) dizem que a flambagem por distorção é determinada pela alteração da forma original da seção transversal acontecendo uma rotação dos elementos, como apresentado na Figura 13, submetidos a esforço de compressão com isso perdendo sua função. Os autores complementam que a flambagem por distorção da seção transversal ocorre com mais frequência em perfis de resistência elevada, perfis com índice de esbeltez menor, reforço de borda mais estreito e perfis onde é maior a relação entre a largura da alma e a largura da mesa.

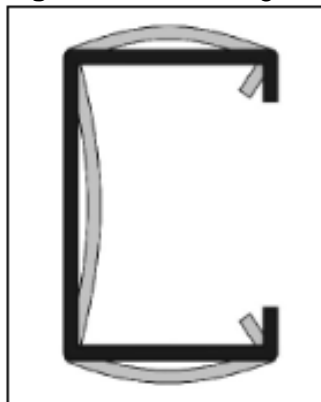
Figura 13 - Flambagem por distorção da seção transversal.



Fonte: Silva e Silva (2008).

Já no que se refere à flambagem local, Silva e Silva (2006), apresentam que os elementos planos que formam a seção do perfil na estrutura de chapa dobrada flambam localmente quando sujeitos à compressão axial, ao cisalhamento, e à compressão por flexão, como apresenta a Figura 14, contudo diferente da flambagem por distorção, não resulta no fim da capacidade portante no perfil.

Figura 14 - Flambagem local.



Fonte: Silva e Silva (2008).

4.2 CORROSÃO ELETROLÍTICA DE PERFIS COM PROTEÇÃO GALVÂNICA

As estruturas em LSF têm imensos problemas quando chega a ser necessário a utilização de diferentes tipos de aço na estrutura, uma vez que na interface de encontro dessas ações tende a acontecer à corrosão eletrolítica/ou corrosão galvânica.

De acordo com Zinc Association (2013), para que haja corrosão eletrolítica são exigidos quatro componentes: um cátodo, um ânodo, um eletrólito e um circuito elétrico. A corrosão eletrolítica é a corrosão que ocorre quando dois metais diferentes com potenciais diferentes são dispostos em contato elétrico em um eletrólito. A diferença de potencial entre os metais serve como energia propulsora para que a corrente elétrica movimente pelo eletrólito. Essa corrente irá causar a corrosão em um dos metais. Então, quanto maior a diferença de potencial, maior a chance de ocorrer corrosão galvânica. Este tipo de corrosão causará somente a decomposição de um dos metais, sendo que o metal de menor resistência vai apresentar corrosão, e o metal mais forte irá ficar protegido.

De acordo com Zinc Association (2013), os perfis estruturais são galvanizados, ou seja, são revestidos com zinco por imersão feita a quente. Esse revestimento impede que os perfis do LSF liguem através do oxigênio e ocorra corrosão. Porém, esta camada criada altera o potencial elétrico do aço, fazendo que, ao entrar em contato com outro tipo de aço que não esteja com proteção ou algum outro tipo de proteção, resultará em corrosão, quando houver alguma forma de transferência de elétrons, assim como a umidade.

São três as situações mais comuns de contato entre tipos diferentes de aço em estruturas em LSF, sendo eles tubulação de ferro galvanizado contra incêndio, perfis metálicos convencionais, ligação parafusada sem proteção de zinco. Sendo assim, para solucionar os dois primeiros casos, é necessário que seja realizada a proteção da interface, para não haver contato, já no terceiro, é recomendado que não utilize esse tipo de parafuso, para não ocorrer fenômeno da corrosão galvânica como apresentada na Figura 15.

Figura 15 - Corrosão galvânica em parafuso.



Fonte: Rijeza Metalurgia (2005).

4.3 FISSURAS NAS JUNTAS ENTRE AS PLACAS CIMENTÍCIAS DE FECHAMENTO

No meio de todas as patologias que existem no sistema LSF, várias delas se encontram envolvendo placa cimentícia, que podem ser causadas pela má qualidade no acabamento das placas da fachada, diferença de prumo da estrutura, problemas para fixação dos elementos graças ao emprego incorreto de proteção e a fissuração na junta entre as placas (JUNIOR, NETO E TESTOLINNO, [201-]).

A fissuração entre as placas cimentícias é dentre todos os problemas encontrados o que mais acontece em estruturas em LSF (FREITAS E CRASTO, 2006). As fissuras decorrem da movimentação que existe entre as placas, originadas pela oscilação de temperatura que causará a contração e dilatação destas.

Portanto, para prevenir o aparecimento dessas fissuras, precisam ser tomados alguns cuidados na hora de realização do processo chamado “tratamento de junta”, que realiza a união entre as placas. Porque, uma vez que, executados de forma incorreta podem ser responsáveis pela aparição da patologia em questão, como apresentado na Figura 16.

A junta pode ser apresentada de duas maneiras: junta invisível e junta aparente, que, de acordo com Freitas e Crasto (2006), as juntas invisíveis precisam ser tratadas de acordo com a indicação do fabricante, já na situação de juntas aparentes, é realizada a aplicação de selantes elastoméricos, que também pode ser a melhor alternativa para a ocorrência de placa com coeficiente de variação dimensional muito elevado.

Figura 16 – Realização do tratamento de junta cimentícia com aparecimento de fissuras.



Fonte: Sauro (2009).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da pesquisa, foi apresentado o sistema LSF a partir de quatro fatores de extrema importância para se verificar a possível viabilidade de utilização, sendo eles a apresentação das etapas construtivas no qual, foi levantado todos os métodos que podem ser executados nesse tipo de estrutura, demonstrando ser um método bem mais eficiente e preciso que o método em concreto armado. Também foram apresentadas as vantagens e desvantagens, no qual, foi verificado todos os benefícios, em que, vários deles torna sua utilização viável, porém tem as desvantagens, que, no caso entra a pior dentre todas, que é o custo final da obra superior ao convencional, e a verificação das possíveis patologias, de maneira que, foi observado um baixo número de patologias, e que não são patologias difíceis de se resolver.

Contudo, a partir das análises realizadas através dos fatores apresentados, o LSF tem bastante potencial, e pode sim ser uma alternativa viável, desde que seja mais bem estudado no país, de forma a realizar algumas melhorias e aperfeiçoamentos como: especialização de mais operários para execução, procurar maneiras de redução no custo do aço, uma vez que assim, poderia diminuir consideravelmente o custo da superestrutura e da cobertura, além de, procurar estudos de outros materiais para utilização nos revestimentos externos e internos consequentemente reduzindo a grande quantidade de impermeabilizantes. Tudo isso para que resultem em um menor custo total final de obra, dessa forma podendo ser mais utilizado e explorado, uma vez que esse método busca ser uma alternativa sustentável para os problemas ambientais que o homem vem enfrentando. E, portanto, a partir desse estudo, deixo aberto para futuras novas pesquisas sobre o tema:

Maneiras de diminuir o custo em estruturas de aço.

Alternativas executivas em construção em aço.

Alternativas construtivas para engenharia civil.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Don. History of Cold Formed Steel. **Structure Magazine**, Pensilvânia. EUA, p.28-32, nov. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.122** Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.762** Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2001.

BRASILIT. Guia de Sistemas para Produtos Planos. **BRASILIT/SAINT-GOBAIN**, São Paulo, 166 p, nov. 2011

BURSTRAND, H. Light gauge steel framing leads the way to an increased productivity for residential housing. **Swedish Institute Of Steel Construction**, Stockholm. Suecia, p.12-12, abr. 1998.

FISS, J. R. F.; OLIVEIRA, L. A.; BIANCHI, A. C.; THOMAZ, E. **Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo**. 6 p. São Paulo: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Sao Paulo, 2004.

FREITAS, Arlene M. Sarmanho; CRASTO, Renata C. Morais de. **Steel Framing: Arquitetura**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GORGOLEWSKI, Mark. Developing a Simplified Method of Calculating U-Values in Light Steel Framing. **Building and Environment**, Toronto. Canadá, v. 42, p. 230-236, set. 2006.

HOUAISS, Antônio. **Grande Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

JUNIOR, Armando Lopes Moreno; NETO, Jose Sauro; TESTOLINO, Pedro Langella. **Sistema Construtivo em Steel Framing: O problema da fissura nas placas cimentícias de fechamento**, 201-. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Unicamp, Campinas, 201-.

KOSTELA, L. **Application of the New production Philosophy to Construction**. 72. ed. Stanford: CIFE, 1992.

PIOVESAN, Tenile Rieger. Analise do sistema Light Steel Frame como alternativa para construções com melhor desempenho acústico. **Cricte**, Ujuí, v. 1, p.2-2, nov. 2017.

PRUDÊNCIO, Marcus Vinícius Martins Vargas. **PROJETO E ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR UTILIZANDO OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS CONVENCIONAL E LIGHT STEEL FRAMING**. 2013. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

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

RODRIGUES, Francisco Carlos; CALDAS, Rodrigo Barreto. **Steel Framing: Engenharia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2016. (Série Manual de Construção em Aço).

SANTIAGO, Alexandre Kokke; FREITAS, Arlene Maria Sarmanho; CRASTO, Renata Cristina Moraes de. **Steel Framing: Arquitetura**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil / CBCA, 2012. (Série Manual de Construção em Aço).

SILVA, Edson Lubas; SILVA, Valdir Pignata e. **Dimensionamento de Perfis formados a frio conforme NBR 14762 e NBR 6355**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2008. (Série Manual da Construção em Aço).

SOUZA, Eduardo Luciano de. **Construção civil e tecnologia: Estudo do sistema construtivo Light Steel Framing**. 2014. 121 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

ZINC ASSOCIATION. **Corrosão Eletrolítica/Galvânica em Chapas Galvanizadas (incluindo aresta de corte)**. Rio de Janeiro, 2013.