



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## ANÁLISE NUMÉRICA E EXPERIMENTAL DE TRELIÇAS PARA PISOS EM LIGHT STEEL FRAME

### **Christovam de Moraes Weidlich**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil na Universidade de Passo Fundo  
moraes.weidlich@gmail.com

### **Bibiana Bertolin Rossato**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil na Universidade de Passo Fundo  
rossatobibi@gmail.com

### **Zacarias Martin Chamberlain Pravia**

Professor Doutor na Universidade de Passo Fundo  
zacarias@upf.br

**Resumo.** Diante do crescente uso do sistema de Light Steel Framing (LSF) em edificações no Brasil, assim como, da escassez de estudos referentes ao comportamento de seus elementos quando submetidos às cargas de utilização, este trabalho procurou dar respostas a modelagem de vigas treliçadas usadas em pisos. Dessa forma, foi realizada análise experimental e análise numérica combinando ações permanentes e acidentais para um modelo de piso em LSF, produzido com três vigas treliçadas e placas de OSB. O estudo numérico foi realizado pelo emprego dos modelos de barras e de casca através do Método dos Elementos Finitos (MEF), pelo programa comercial ANSYS Workbench 15.0©. Os modelos considerados foram de geometria tridimensional com cascas e modelos bidimensionais com barras com e sem excentricidade. Após completas as análises descritas, os resultados foram avaliados, fornecendo recomendações para a modelagem de vigas treliçadas de piso no sistema Light Steel Framing.

**Palavras-chave:** Light Steel Framing (LSF).  
Viga treliçada para pisos.

## INTRODUÇÃO

Inovação entre os métodos construtivos brasileiros, o sistema de construção a seco Light Steel Framing (LSF) é apresentado como uma alternativa econômica e sustentável. De acordo com a Diretriz SINAT nº 003 [1], o sistema consiste em perfis de aço zincado conformados a frio estruturados com revestimento metálico e fechamentos em chapas delgadas. O sistema de construção é composto por dois subcomponentes estruturais principais, horizontal e vertical, respectivos às vigas para piso e cobertura e aos painéis estruturais reticulados para paredes.

Dessa forma, é observada a normatização brasileira, NBR 15253 [2], a qual estabelece os requisitos gerais e os métodos de ensaio para os perfis que compõem painéis do LSF. Entretanto, ainda é escasso entre as pesquisas e normas nacionais estudos que realizem avaliações dos subcomponentes estruturais em Light Steel Frame de forma global e não apenas dos perfis metálicos que os compõem.

Diante de tal fato, essa pesquisa visa aprimorar o conhecimento de vigas treliçadas para LSF e fornecer recomendações para sua modelagem.

Através de avaliação numérica e experimental de treliças formadas por perfis leves de aço dobrados a frio foi analisado o comportamento deste componente estrutural quando submetido a carregamentos semelhantes a situações reais de uso.

## **1. DADOS DO PROTÓTIPO PARA AS ANÁLISES**

Os materiais utilizados para compor o conjunto a ser ensaiado na análise experimental e na análise numérica foram os seguintes: Perfil Ue 89x 41,3 x 10 x 0,95 mm de aço ASTM A36 com revestimento Z275; Rebites para ligações entre os perfis; Placas de OSB 18,3 mm de 1,20 x 4,00 m de dimensão cada; Parafusos de cabeça sextavada e ponta broca para a ligação treliças – placas.

O protótipo de análise consiste em três idênticas vigas treliçadas para LSF. Os banzos superior e inferior são unidos por meio de rebites, às diagonais, as quais são do mesmo material e formam 60° com a horizontal. A altura total de cada treliça é 0,40 metros e o comprimento é 4,00 metros. Para formar o conjunto de piso, as três vigas treliçadas são espaçadas a cada 0,60 metros e aparafusadas em suas faces superiores com as placas de OSB.

Para os perfis de aço foram utilizados os valores mínimos de resistência ao escoamento e resistência à ruptura do aço segundo as normas brasileiras referentes a chapas finas para uso estrutural. O carregamento aplicado para as análises trata-se de uma carga estática uniformemente distribuída de 3 kN/m<sup>2</sup> incidindo sobre toda a extensão das placas OSB que compõem o protótipo.

Segundo a norma brasileira NBR 6120 [3], as cargas acidentais mínimas verticais que ocorrerem em pisos durante a utilização de edifícios residenciais e escritórios têm

valor de 2 kN/m<sup>2</sup>. Dessa forma, foi arbitrado um valor de 3kN/m<sup>2</sup> para ser simulado nas análises, correspondente a carga acidental indicada pela norma somada a uma carga permanente de 1 kN/m<sup>2</sup> referente a um possível revestimento de piso.

Os resultados das análises numérica e experimental procuraram avaliar e quantificar os deslocamentos provocados pelo carregamento na viga central do conjunto, possuindo assim, o ponto de medição das deformações totais verticais localizado na metade do vão da treliça central.

## **2. ANÁLISE EXPERIMENTAL**

Os ensaios em laboratório simularam um carregamento estático uniformemente distribuído utilizando um reservatório que ocupasse toda a extensão do protótipo e que também possibilitaria o seu preenchimento com água de maneira uniforme. O emprego da coluna de água como forma de carregamento se relaciona com as propriedades do material, visto que a água em temperatura ambiente possui peso específico de 9.806,65 N/m<sup>3</sup>. Dessa maneira, a cada 1 cm de altura da lâmina d'água preenchido no reservatório, foi produzido um efeito de tensão correspondente a 0,1 kN/m<sup>2</sup>. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Ensaios em Sistemas Estruturais (LESE) da Universidade de Passo Fundo.

Com o auxílio de uma mangueira o reservatório foi sendo aos poucos preenchido com água e o carregamento foi controlado através da altura de lamina d'água e também pela contagem de litros através de um medidor de vazão. Na figura 1 é possível observar o protótipo durante a realização do ensaio.



Figura 1. Realização do ensaio experimental

A medição do deslocamento provocado pelo carregamento na treliça central foi realizada com o uso de um relógio comparador digital. Salienta-se que para o mesmo conjunto de vigas foram realizados três ensaios com as mesmas condições de carregamento. Os resultados de deslocamento foram medidos a cada acréscimo de  $0,5 \text{ kN/m}^2$  e até que o valor da carga uniformemente distribuída fosse correspondente a  $3 \text{ kN/m}^2$ .

### 3. ANÁLISE NUMÉRICA

Paralelamente com os ensaios experimentais, foram realizadas análises numéricas para o protótipo desenvolvido, através da plataforma Design Modeler referente ao software ANSYS Workbench versão 15.0, para análise estática estrutural.

Seguindo todos os padrões geométricos para reprodução, foram criados os seguintes três modelos geométricos: Modelo 1, modelo de casca (shell thin) apresentando excentricidade de diagonais; e Modelo 2 e 3, modelos de barras (beam) respectivamente com e sem excentricidade de diagonais.

Para o modelo 1 a geometria da treliça foi moldada apresentando um plano tridimensional. Os elementos de Light Steel Frame, segundo essa análise, foram de casca fina (shell thin) e foi considerada a

excentricidade existente entre as ligações das diagonais da viga treliçada. O contato dos elementos de aço na treliça é realizado através de rebites, entretanto na modelagem no software foi utilizado um contato linear das respectivas superfícies, devido a fins práticos de análise.

Posteriormente foi gerada a malha de elementos finitos. Da mesma forma, a grade de análise foi criada com um conjunto de elementos os quais apresentam um espaçamento máximo de  $10 \text{ mm}$ . As restrições também foram aplicadas na estrutura, considerando toda a área de apoio, seguindo o procedimento experimental. Em seguida, a carga foi aplicada no topo e ao longo da treliça.

O modelo 2 foi criado por barras (beam) e apresenta excentricidade nas ligações das diagonais. Foi utilizada a ferramenta Cross Section no software para a geração da seção dos perfis LSF. A malha de elementos finitos também foi criada observando um espaçamento máximo dos elementos constituintes da grade de  $10 \text{ mm}$ .

O terceiro modelo de análise foi o modelo bidimensional de barras sem excentricidade, seguindo as mesmas especificações, possuindo uma geometria bidimensional composta por barras (beam) e sem demonstrar excentricidade nas ligações das diagonais com os banzos da viga treliçada.

Todos os modelos de simulação computacional reproduziram as situações nas quais as treliças foram submetidas durante o ensaio experimental.

### 4. RESULTADOS

Os valores de deformação dos ensaios experimentais são exibidos na Tabela 1:

Tabela 1. Resultados da análise experimental

Modelo Experimental	Deformação
Ensaio 1	4,29 mm
Ensaio 2	4,16 mm
Ensaio 3	4,08 mm

Comparando esses resultados, pode ser observado que a partir do primeiro ensaio até o terceiro, ocorreu um decréscimo do deslocamento em aproximadamente 4,90% para o mesmo carregamento. A média aritmética para os três resultados é igual a 4,18mm. Essa diferença constatada se encontra dentro do limite aceitável, justificando dessa forma a realização dos ensaios.

A NBR 14762 [4] estabelece valores de deslocamentos máximos requeridos para situações usuais nas construções com perfis formados a frio. Para vigas de piso simplesmente apoiadas, o valor de flecha máxima deve contemplar a "Eq. (1)".

$$\delta = \frac{L}{350} \quad (1)$$

Em que, “ $\delta$ ” representa o valor máximo de deslocamento vertical e “L” o vão teórico entre os apoios da viga. Assim sendo, para as vigas treliçadas do procedimento (4000mm de comprimento), foi obtido para deslocamento vertical máximo o valor de 11,43 mm. Dessa forma, constata-se que a deformação obtida nos ensaios se apresenta dentro dos limites aceitáveis para o estado-limite de serviço.

No que diz respeito à análise numérica, os resultados de deslocamento são descritos na tabela 2, assim como, a divergência dos valores em relação ao valor real.

Tabela 1. Resultados da análise numérica

Modelo	Deformação	Divergência
1. Casca com excentricidade	3,96 mm	5,19%
2. Barras com excentricidade	4,27 mm	2,23%
3. Barras sem excentricidade	3,92 mm	6,15%

Observa-se que os valores de deformação dos modelos numéricos 1 e 3 são inferiores ao real obtido através dos ensaios experimentais. Entretanto, o

resultado do Modelo 2 é superior e muito próximo do real.

## REFERÊNCIAS

- [1] Ministério das Cidades. Diretriz SINAT n° 003 Revisão 02. Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço zincado conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”). Brasília: 2016.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15253: Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2005;
- [3] \_\_\_\_\_NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980;
- [4] \_\_\_\_\_NBR14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2010;

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos ensaios realizados, é constatado que o sistema de piso para edificações em *Light Steel Framing* analisado suporta as ações previstas de uso e o deslocamento vertical máximo apresenta-se dentro dos limites estipulados pelas normas brasileiras. Apesar do resultado retratar uma situação em favor da segurança, a média dos valores obtidos é aproximadamente três vezes inferior ao limite máximo da normatização existente. Tal fato, demonstra que as vigas treliçadas em LSF suportam cargas maiores do que as estimadas para seu usual emprego em edificações residenciais.

Diante dos resultados da análise numérica, é destacado que os valores encontrados através da modelagem e simulação apresentam uma divergência dos resultados reais inferior a 10%, o que é extremamente satisfatório. Apesar disso, os

modelos “1” (Shell 3D Com Excentricidade) e “3” (Beam 2D) não superam o valor de 4,18mm, referente à deformação real da viga treliçada *Light Steel Frame*. Ou seja, esses modelos se encontram contra a segurança para o serviço das treliças em estudo e, portanto, não são recomendados.

Entretanto, apesar dos modelos de cascas e barras sem excentricidade apresentarem resultados insatisfatórios, o modelo numérico “2” (Beam 2D Com Excentricidade) atingiu um valor de deslocamento superior ao real. Tal modelo se posiciona a favor da segurança e apresenta uma precisão extremamente refinada, divergindo apenas 2,23% do valor real.

Assim, é concluído que o modelo numérico o qual mais se adequa à simulação, e que é recomendado para modelagem e dimensionamento de vigas treliçadas LSF para piso, é o modelo bidimensional de barras exibindo excentricidade nas ligações das diagonais. Sendo esse resultado apuradamente preciso em relação ao comportamento real da treliça quando submetida às condições de serviço previstas em norma para edificações residenciais e de escritórios.