

ESTUDO TEÓRICO-EXPERIMENTAL DE TRELIÇA ELETROSSOLDADA PARA APLICAÇÃO COMO TERÇA EM COBERTURAS

Carlos Eduardo Javaroni – javaroni@feb.unesp.br

Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Unesp, Campus de Bauru
Av. Eng. Luis Edmundo Carrijo Coube, 14-01
17033-360 – Bauru – São Paulo

Paulo Sérgio dos Santos Bastos – pbastos@feb.unesp.br

Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Unesp, Campus de Bauru

Resumo: *As treliças eletrossoldadas são amplamente utilizadas na armação de lajes nervuradas pré-fabricadas. São constituídas por dois fios no banzo inferior e um fio no banzo superior ligados entre si por diagonais (sinusóides) soldadas por eletrofusão. Buscando nova aplicação para esse produto, a empresa “Trelças Faulim Indústria e Comércio de Ferro”, desenvolveu e patenteou o sistema de cobertura chamado “Terças Trefor”, onde as treliças eletrossoldadas atuam como terças, nos diversos tipos de cobertura e de telhas. Em parceria da empresa com a Faculdade de Engenharia da UNESP – Bauru/SP foram feitos estudos teóricos e experimentais, visando definir uma metodologia de cálculo específica para o dimensionamento das treliças eletrossoldadas, considerando-se as várias possibilidades de carregamentos e de tipos de telhas, o que resultou num procedimento simples e de fácil utilização para o dimensionamento das treliças.*

Palavras-chave: *Treliça eletrossoldada, Terça, Cobertura, Telhado, Análise experimental.*

1 INTRODUÇÃO

A aplicação mais comum das treliças eletrossoldadas é nas lajes nervuradas pré-fabricadas, onde são utilizadas como armadura nas vigotas pré-fabricadas de concreto. Nesta situação, o comportamento dos fios de aço da treliça sob as solicitações dos carregamentos já é bem conhecido.

Para uma nova aplicação, onde a treliça eletrossoldada atua como uma terça na cobertura, sendo responsável por resistir aos carregamentos nela atuantes diretamente, o seu comportamento não é de todo conhecido. Pode-se entendê-la como uma treliça formada por barras, ou pode-se entendê-la como uma viga propriamente dita.

Para melhor conhecer o comportamento da treliça atuando como uma terça de cobertura, foi desenvolvido um programa experimental, em várias etapas, compreendendo os diferentes tipos de carregamentos envolvidos, incluindo a possibilidade de inversão dos esforços

solicitantes devido à ação do vento, que pode ocorrer em coberturas com telhas do tipo fibrocimento, aço, etc.

A partir dos resultados experimentais e atendendo às exigências de segurança das normas brasileiras definiu-se um procedimento de cálculo para as Terças Trefor, considerando-se os seus possíveis e diferentes modos de falha.

2 DESCRIÇÃO DAS TRELIÇAS

As treliças são constituídas por fios de aço CA-60 eletrossoldados, sendo o banzo inferior formado por dois fios cujo diâmetro e espaçamento entre si dependem do tipo de telha e do vão a ser vencido. O banzo superior, em função do tipo de telha, pode ter várias composições. A união entre os banzos é feita por meio de diagonais (sinusóide) soldadas a eles por eletrofusão. A Figura 1 ilustra duas diferentes configurações de treliça que são utilizadas no chamado sistema *Trefor* (TRELIÇAS FAULIM INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, 2007).

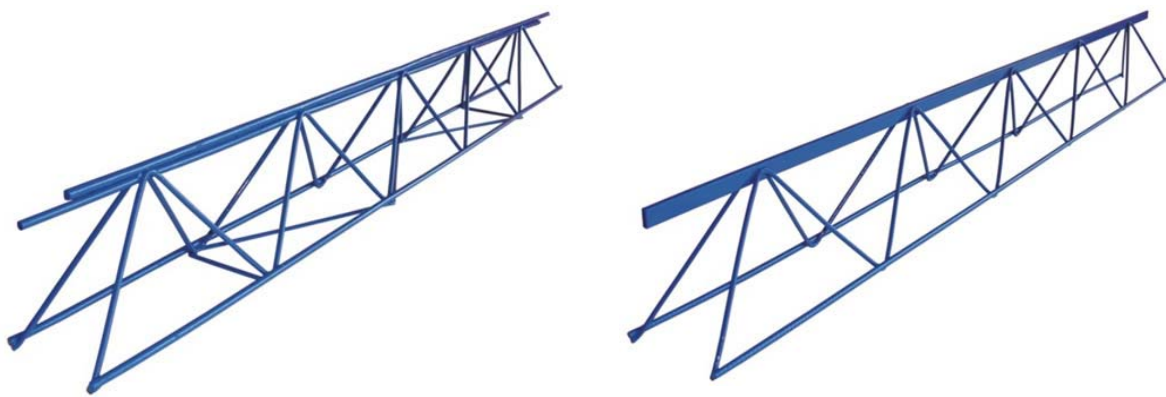


Figura 1 – Diferentes tipos de treliça.

As aplicações são as mais diversas possíveis, cobrindo desde construções rurais até edifícios industriais. Na Figura 2 ilustram-se dois diferentes tipos de coberturas que utilizaram as terças do sistema Trefor.



a) Cobertura com telhas cerâmicas.



b) Cobertura com telhas de aço.

Figura 2 - Aplicação das terças Trefor (TRELIÇAS FAULIM INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, 2007).

3 ANÁLISE EXPERIMENTAL

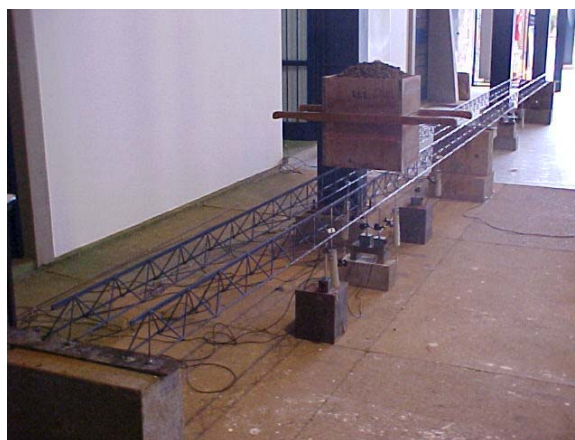
O estudo experimental das treliças teve início com a configuração da treliça destinada à cobertura com telhas cerâmicas, indicada na Figura 1a.

Os procedimentos adotados procuraram refletir as reais condições de uso desse tipo de produto, quando utilizado como elemento estrutural. Os vãos, bitola dos fios de aço e dimensões gerais das treliças foram definidas pela empresa, tendo-se em vista aplicações já realizadas em construções.

Pelas suas características de fabricação e montagem definiu-se o esquema de viga contínua sobre três apoios e foi aplicado um carregamento uniformemente distribuído. Além deste carregamento, atendendo às exigências da NBR 6120 (ABNT, 1980), também foi realizado um carregamento constituído de uma força concentrada aplicada no meio do vão da treliça Trefor, Figura 3.



a) Carregamento uniformemente distribuído.



b) Carregamento concentrado.

Figura 3 – Exemplos de carregamentos realizados.

A aplicação do carregamento foi feita em incrementos de carga controlados e foram realizadas medidas de deslocamentos verticais da treliça e deformações das barras dos banzos e diagonais.

Após a simulação para uma cobertura com telhas cerâmicas e com base nos resultados obtidos, outra fase foi desenvolvida onde as treliças foram adequadas às coberturas em telhas de fibrocimento e de aço. Particularmente nesses tipos de cobertura o esforço de sucção devido à ação do vento pode ser determinante. Portanto, novas simulações de carregamento, vãos e geometrias foram realizadas especificamente para essas telhas.

Para simular a ação do vento na cobertura as treliças foram ensaiadas em posição invertidas, mantendo-se o carregamento gravitacional.

Enquanto o carregamento com força concentrada foi aplicado até o valor de 1 kN, o carregamento uniformemente distribuído foi realizado até a ruptura da treliça, determinando-se assim o seu modo de falha e a carga última.

Notou-se como predominante o modo de falha de flambagem por flexão das barras do banzo superior para as treliças biapoiadas e a flambagem por flexão do banzo inferior junto ao apoio central para as treliças contínuas. Quando se utilizaram treliças de maior altura (superior a 200 mm) houve a falha por flambagem das barras das diagonais da treliça.

A Figura 4 ilustra os dois modos de falhas observados.



a) Treliça biapoiada – meio do vão.



b) Treliça contínua – apoio central.

Figura 4 – Falhas das treliças.

4 ANÁLISE TEÓRICA

A partir das observações dos modos de falha ocorridos verificou-se que o modelo clássico de treliça não apresentava bons resultados. Dessa forma, para a determinação dos esforços nas barras e deslocamentos nas treliças foi utilizado o modelo de viga, onde a seção transversal é formada pelos fios de aço redondos (ou chapa no banzo superior quando for o caso), discretas, podendo-se assim obter suas características geométricas por meio das formulações clássicas da Resistência dos Materiais.

Conhecidas as propriedades geométricas das barras isoladamente e as características de resistência do aço utilizado (CA-60), pode-se determinar as forças resistentes para cada uma dessas barras segundo as recomendações da NBR 8800 (ABNT, 1986), com os comprimentos de flambagem observados nos ensaios realizados.

Obtidos os valores das forças normais resistentes para as barras, é possível calcular o momento fletor que teoricamente pode ser resistido pela treliça, M_{Rx} :

$$M_{Rx} = \frac{N_R}{A} W_x \quad (1)$$

Procedimento análogo pode ser feito para a flexão em torno do eixo y, obtendo-se dessa forma a resistência ao momento fletor em torno do eixo y, M_{Ry} .

Os valores teóricos assim obtidos foram comparados com os valores experimentais e apresentaram $0,83 \leq M_{ensaio}/M_{teórico} \leq 1,29$ com média de 1,08 e desvio padrão de 0,13.

Com os resultados das medições dos deslocamentos verticais foi possível estabelecer também uma relação entre o momento de inércia teórico da seção transversal e o seu valor efetivo, onde se determinaram três diferentes valores em função da altura total da treliça.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A empresa “Treliças Faulim Indústria e Comércio Ltda”, ao fazer uma nova aplicação das treliças eletrossoldadas, encontrou no mercado uma série de questionamentos sobre a segurança desse produto como um elemento estrutural isolado. Para responder aos questionamentos foi necessário buscar na Universidade o apoio técnico-científico necessário. A interação Universidade – Empresa demonstrou que a nova utilização das treliças era

possível, e a análise teórico-experimental resultou no desenvolvimento de uma metodologia de cálculo específica para o produto.

O modelo de viga ajustado aos resultados experimentais resultou numa boa aproximação para os protótipos testados. A partir deste modelo e considerando-se o caso de flexão oblíqua pode-se fazer uma análise criteriosa sobre o projeto estrutural das treliças.

Dessa parceria, para a Universidade foi possível abrir vagas de estágio para alunos do curso de Engenharia Civil, além de possibilitar a realização de trabalho de final de curso versando sobre o tema, onde foram desenvolvidas planilhas eletrônicas para o dimensionamento das treliças utilizadas como terças.

A partir desses estudos e com um programa computacional específico para o dimensionamento, cálculo quantitativo de material e confecção de tabelas de resistência, a Empresa confeccionou um manual técnico com exemplos de dimensionamento, para distribuição aos interessados. Como resposta ao questionamento inicial, a Empresa passou a oferecer um tratamento teórico para o comportamento do produto atuando como terça na cobertura, cujos resultados foram comprovados em ensaios experimentais realizados em Universidade de prestígio no meio científico.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios. NBR 8.800. ABNT, Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Cargas para o cálculo de edifícios. NBR 6.120. ABNT, Rio de Janeiro, 1980.

TRELIÇAS FAULIM INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA (Brasil). **Sistema de Cobertura Trefor**. Disponível em: <<http://www.faulim.com.br>>. Acesso em 05/jun/2007.

A THEORETICAL-EXPERIMENTAL STUDY OF LATTICE STEEL FRAME FOR USE AS PURLIN IN ROOFING

Abstract: *The lattice steel frames are widely used as reinforcement in unidirectional precast slabs. Three longitudinal wires, two upper and a bottom, joined by electrofusion with diagonal wires between itself, constitute them. Searching new application for this product, the company “Trelças Faulim Indústria e Comércio de Ferro”, it developed and patented the called system of roofing “Terças Trefor”, where the lattice act as purlin, in the diverse types of roofing and tiles. In partnership of the company with the College of Engineering of the UNESP - Bauru/SP were made theoretical and experimental studies, aiming to define a specific methodology for design of lattice, considering different loads and types of roofing tiles, what it resulted in a simple procedure of easy use for design of lattices.*

Key-words: *Roofing, Purlin, Lattice frame, Steel structures, Tests.*