

Tema: Coberturas e fechamentos: materiais, tecnologia e projeto/ Ligações: concepção, projeto e elementos de fixação/ Sustentabilidade/ Proteção das estruturas: corrosão e incêndio

TERÇA PRONTA HIPERESTÁTICA, CAIBRO E RIPA GALVANIZADOS

João Eidi Ito¹

Resumo

As terças correspondem, em média, a 35% do aço utilizado nas estruturas metálicas de cobertura e fechamento lateral, cujo mercado interno ultrapassa 300.000 toneladas anuais. Geralmente se apresentam na forma de perfis dobrados a frio, em chapa preta ou galvanizada, com seção “U” e “Z” (com ou sem enrijecimento) e em perfis “cartola”. Com menor frequência, também podem ser encontradas em perfis laminados, em treliças e, também, em vigas contínuas tipo METSEC. Entretanto, o que todos esses tipos de terça têm em comum, é que necessitam passar por processos de produção envolvendo corte de perfis, furação e, eventualmente, solda e pintura. O objetivo deste trabalho é apresentar uma forma alternativa de concepção de terças, que elimine aqueles processos, enviando-as diretamente para a montagem no canteiro de obras. Tal como é feito, hoje, com as telhas metálicas. Essa terça, denominada “terça pronta hiperestática”, é feita em perfil “cartola” e dispensa solda (por ser produzida em perfiladeira, sem emendas), pintura (por utilizar aço ZAR-345) e furação (por não necessitar de agulhas e correntes rígidas e ter sua fixação à estrutura feita através de parafusos “autobrocantes”). Como a terça METSEC, beneficia-se da hiperestaticidade no cálculo, atingindo uma economia superior a 100%, em relação a todos os demais tipos de terça. Além disso, é compatível com estruturas de concreto e madeira, às quais pode ser fixada através de “braçadeiras”. Também pode ser utilizada com outra função, no caibramento de telhados de telhas cerâmicas ou de concreto. Adicionalmente, será apresentado um perfil U enrijecido, dobrado em aço ZAR-345 e fixado através de parafusos auto-atarraxantes, para ser utilizado no ripamento desses telhados. O benefício, neste caso, é de cunho ecológico.

Palavras-chave: Terça pronta; Terça hiperestática; caibro e ripa galvanizados; Estrutura metálica.

HYPERSTATIC READY BATTEN, GALVANIZED RAFTER AND LATH

Abstract

The battens corresponds, on average, 35% of the steel structures used in metal coverage and side closure, whose domestic market exceeds 300,000 tons per year. Usually present themselves in the form of cold-bent profiles, in black or galvanized sheet, with "U" and "Z" section (with or without stiffening) and "top hat" shape profiles. Less frequently, can also be

* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

found in rolled steel profiles, in trusses and also in continuous type METSEC beams. However, what all these types of battens have in common, is that they need to pass through production processes involving cutting profiles, drilling and eventually welding and painting. The objective of this work is to present an alternative form of batten design that eliminates those processes, by sending them directly to the assembly at the construction site. As it is done, nowadays, with metal tiles. This batten, called "hyperstatic ready batten", is made in "top hat" shape profile, welding-free (to be roll-forming produced, without amendments), painting-free (for use ZAR-345 steel) and drilling-free (does not require "needles" and "rigid chains" and has its attachment to the structure by "self-drilling" screws). Just like the METSEC batten, is self-benefited by hyperstatic in the calculation, reaching more than 100% savings compared to all other types of battens. Furthermore, it is compatible with concrete and wood structures, in which it can be fixed by means of "clips". It can also be used with other function, like rafter, in roofs of ceramic or concrete tiles. Additionally, a stiffened U profile will be introduced, cold-formed in ZAR-345 steel and fastened by "self-tapping" screws, for use like lath in these roofs. The benefit, in this case, is of ecological nature.

Keywords: Ready batten; Hyperstatic batten; Galvanized rafter and lath; Metal structure.

¹ Engenheiro civil formado pela Universidade Estadual de Londrina em dezembro/1980, calculista e projetista de estruturas metálicas, responsável técnico pelas empresas Engemil Estruturas Metálicas Ltda. de Cambé – PR e Algebrica Engenharia Eireli de Londrina – PR – Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Diversos materiais já foram utilizados em coberturas de edificações, ao longo da História. Desde os mais simples e abundantes, como folhagens de vegetações, lâminas de pedras e telhas cerâmicas, até os mais elaborados e escassos, como chapas de ligas metálicas de ouro, cobre, chumbo e, mais recentemente, alumínio e aço.

Até meados do século XIX, as estruturas para sustentação dos telhados eram, na grande maioria, feitas de madeira. Utilizadas em conjunto com telhas cerâmicas e de pedras, definiram um conjunto de peças estruturais até hoje muito utilizado: tesouras (arcos), terças, caibros e ripas. As telhas se apoiam nas ripas, que transferem sua carga para os caibros, que se apoiam nas terças, que são sustentadas pelas tesouras (arcos). Assim, toda a carga do telhado, mais sobrecargas e cargas acidentais, além do peso próprio, são transferidas pelas tesouras (arcos) à estrutura da edificação (vigas e/ ou pilares).

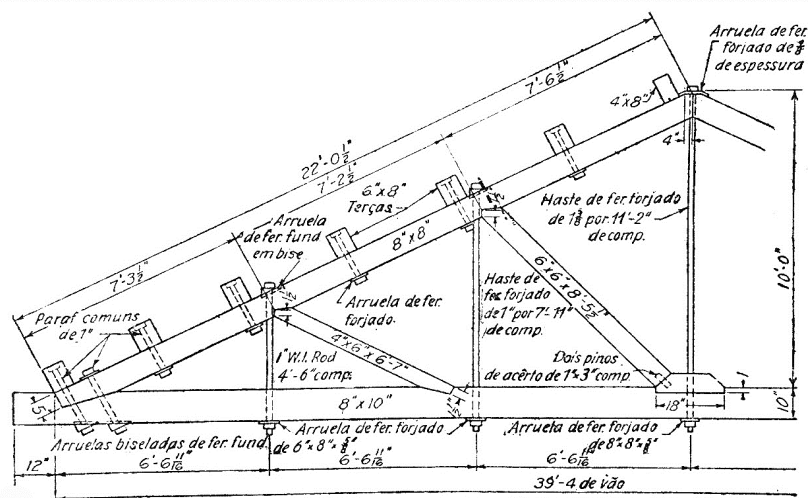


Figura 1 – Tesoura e terças de madeira para telhas metálicas
Ilustração extraída de French [1]

O desenvolvimento das indústrias siderúrgicas e usinas de alumínio possibilitou que essas estruturas fossem, gradualmente, sendo substituídas pelas metálicas. O mesmo ocorrendo com as telhas. A maior resistência mecânica do aço e do alumínio permitiu a confecção de peças finas e esbeltas, resultando em sensível redução de peso, além de aumento nos vãos-livres. O efeito imediato dessa mudança foi a eliminação das ripas e caibros na cobertura com telhas metálicas (Fig. 1). Essas vantagens foram estendidas, também, ao fechamento lateral, principalmente em barracões para uso comercial, industrial e de armazenagem. Em pequenas coberturas, com telhas cerâmicas ou de pedras, ocasionalmente, pode ocorrer o contrário: tesouras e terças serem suprimidas.

Como se sabe, a terço é uma viga que trabalha submetida à flexão. Predominantemente, segundo o eixo horizontal de sua seção transversal. Assim, para se obter maior eficiência no dimensionamento de perfis metálicos, os efeitos da flexão (e da flambagem) segundo o eixo vertical sempre foram solucionados com a utilização de correntes estabilizadoras (agulhas, correntes rígidas e esticadores). A ligação dessas peças, bem como dos suportes para fixação nas tesouras (arcos) necessita de uma série de furos, como ilustra a figura 2.

Figura 2 – Exemplo de furação em terço metálica

Recentemente, foram introduzidos conceitos de restrição lateral das barras, através de telhas metálicas colaborantes e, também, conceitos de semi-continuidade das terços. Esses novos conceitos são comentados no trabalho de Ferrari [2] e no catálogo da Metform (www.metform.com.br), empresa brasileira que comercializa o sistema europeu desenvolvido pela voestalpine Metsec plc (www.metsec.com), sucessora da Metal Sections Ltd. (U.K., 1931). Esse sistema utiliza perfis U e Z enrijecidos e, apesar de aplicar conceitos inovadores, ainda necessita de correntes estabilizadoras. Também necessita de furos para fixação nos suportes soldados às vigas-mestras. Isso pode ser visto na página 13 do catálogo da Metform.

Outra inovação relativamente recente foi a utilização de perfis “cartola” (Fig. 3). Com a vantagem da eliminação das correntes estabilizadoras, já que a geometria da seção lhe confere estabilidade lateral. Entretanto, esse tipo de terço ainda é fixado às tesouras (arcos) através de parafusos sextavados, com porcas e arruelas e, portanto, necessita de furações.

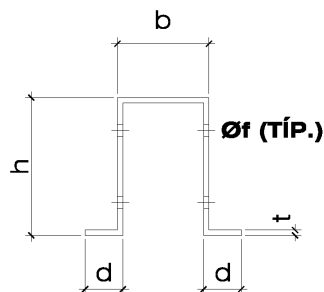


Figura 3 – Terço em perfil “cartola”

O objetivo deste trabalho é apresentar uma forma alternativa de concepção de terços, que elimine do processo de produção etapas como corte de perfis, furação e, eventualmente, solda

e pintura. E que possibilite envia-las diretamente para a montagem no canteiro de obras, tal como é feito, hoje, com as telhas metálicas. Isso pode ter um impacto econômico significativo, considerando que as terças correspondem, em média, a 35% do aço utilizado nas estruturas metálicas de cobertura e fechamento lateral, cujo mercado interno ultrapassa 300.000 toneladas anuais.

Esse novo produto, denominado “Terça Pronta Hiperestática” ou, simplesmente, “Terça Pronta”, é feito em perfil “cartola” e dispensa:

- 1) Solda (por ser produzido em perfiladeira, sem emendas);
- 2) Pintura (por utilizar aço ZAR-345) e
- 3) Furação (por não necessitar de agulhas e correntes rígidas e ter sua fixação à estrutura feita através de parafusos “autobrocantes”).

Como a terça METSEC, beneficia-se da hiperestaticidade no cálculo, com as vantagens adicionais acima relacionadas, além de evitar o manuseio na fábrica e reduzir fretes. Assim, a economia, que naquele sistema chega a ser de até 30%, segundo Ferrari [2] (pág. 4), nesse novo sistema ultrapassa 100% em relação àquele. Portanto, gera uma economia superior a 60% em relação aos sistemas tradicionais. Além disso, é compatível com estruturas de concreto, madeira e outros materiais, às quais pode ser fixada através de “braçadeiras”.

Também pode ser utilizado com outra função, no caibramento de coberturas com telhas cerâmicas, pedras ou de concreto. Neste caso, deve ser utilizado em conjunto com ripas em perfil U enrijecido, dobrado em aço ZAR-345 e fixado através de parafusos auto-atarraxantes ou autobrocantes. Apenas ressaltando que essa substituição da madeira pelo aço não visa (embora possa obtê-la) redução de custos, mas, sim, contribuir com a preservação do meio-ambiente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este é um trabalho técnico, sem nenhuma conotação científica. Procura fazer uma abordagem prática do assunto, chamando a atenção para o aspecto comercial e mercadológico. Não traz nenhuma inovação quanto ao uso de novas máquinas e equipamentos. Baseia-se no potencial do parque industrial já instalado, sem ignorar, logicamente, a possibilidade de expansão do mesmo.

Neste sentido, limita-se a fazer uma discussão comparativa com o sistema METSEC apresentado no trabalho de Ferrari [2], cujo objeto é a estrutura metálica de um galpão industrial localizado em Guarulhos – SP, medindo 40,00m x 84,00m (3.360m²) e onde é atribuída àquele sistema, uma redução de 70 para 50 toneladas de aço, em relação ao sistema tradicional. Ferrari afirma (págs. 4 e 23), ainda, que o sistema proporcionou economia de até 30% no peso de terças e travessas, em relação aos sistemas tradicionais. Mas, aparentemente, essas informações se contradizem, já que o peso total também foi reduzido desse percentual (29%), sem nenhuma interferência daquele sistema nos pórticos.

Como o aludido trabalho não apresenta dados específicos do cálculo da estrutura, fazendo apenas comentários genéricos e descritivos, serão utilizadas as propriedades geométricas de um perfil escolhido aleatoriamente, apenas para se fazer uma comparação com um perfil equivalente (mesmo peso unitário) de “Terça Pronta”. Este procedimento dispensa a necessidade de se calcular os *esforços solicitantes de cálculo*, restringindo a análise comparativa a seus *esforços resistentes de cálculo*.

As propriedades geométricas das secções estudadas serão informadas em relação ao sistema de coordenadas (x, y), com origem nos respectivos centros de gravidade. A resistência ao escoamento do aço f_y será considerada a mesma para ambas as terças. Na terça METSEC, será utilizado o perfil 142U19 (Ue # 1,90mm 13x64x142x64x13mm). Na “Terça Pronta”, será utilizado o perfil “cartola” # 0,95mm 51x182x102x182x51mm. Ambos, com peso unitário de, aproximadamente, 4,20 kg/m. As propriedades geométricas da secção do perfil METSEC poderão variar ligeiramente, em relação aos dados informados na tabela do fabricante, devido à unificação do critério de consideração das dobras de canto, para ambos os perfis estudados.

Resultados do cálculo de vigas contínuas, quando citados, serão obtidos mediante aplicação do Processo de Cross, apresentado na obra de Sussekind [3]. Verificações de flechas, quando mencionadas, serão feitas pelo método das deformações, de acordo com Sussekind [4].

Com as devidas adequações de dimensões, o perfil “cartola” também pode ser utilizado como caibro de telhados revestidos com telhas de barro, pedra ou concreto. A figura 4 ilustra a utilização de caibro e ripa galvanizados, em substituição às mesmas peças de madeira, feita na obra The Euro Royal, da Teixeira Holzmann Empreendimentos Imobiliários. Trata-se de um loteamento residencial fechado, localizado em Londrina – PR. As estruturas metálicas da Ilha de Bruges (área social, esportiva e de lazer) foram executadas em 2012, utilizando aço ZAR-345 (além do CSN-COR-420), dobrados a frio em perfis U enrijecido e “cartola”, dentre outros.

**RIPAMENTO P/
TELHA URUGUAIA**

**DETALHE
S/ ESCALA**

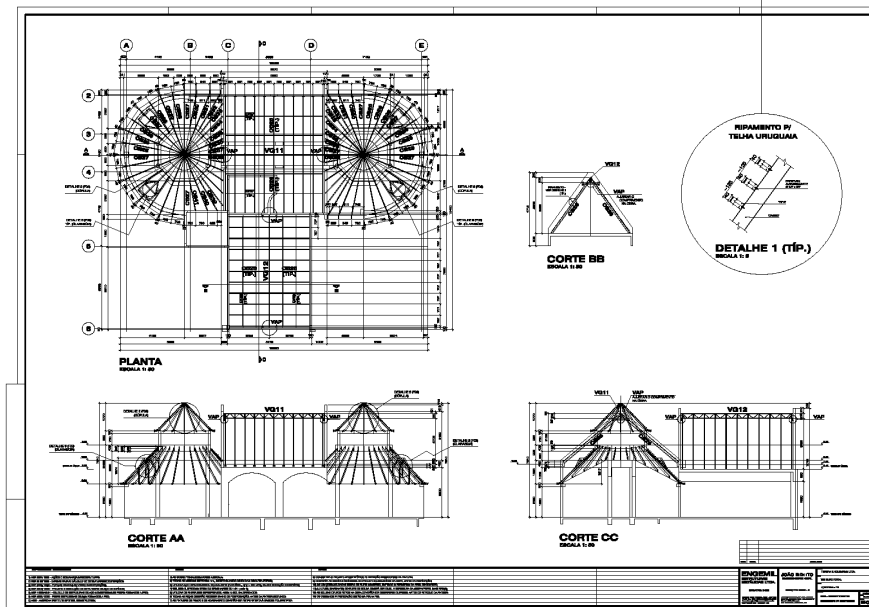
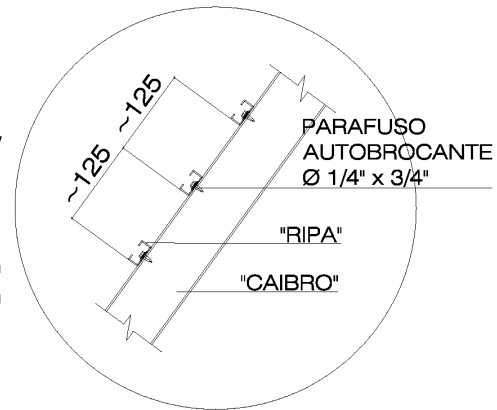


Figura 4 – Exemplo de caibro e ripa galvanizados

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As secções em estudo estão ilustradas na figura 5. Suas propriedades geométricas seguem abaixo (nomenclatura da NBR 14762/2010 – Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas de Perfis Formados a Frio):

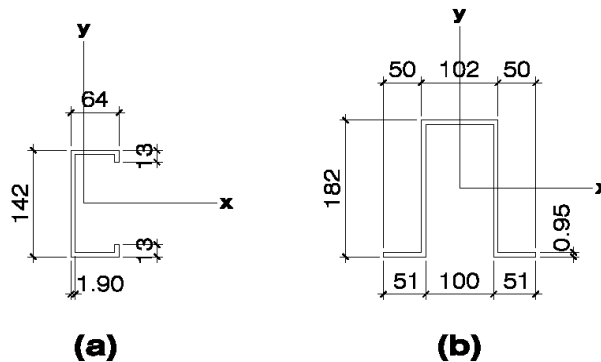


Figura 5 – Secções da terça METSEC (a) e “Terça Pronta” (b)

1) Terça METSEC:

$$I_x = 178,20 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 25,10 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 5,70 \text{ cm}$$

$$I_y = 18,09 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 3,87 \text{ cm}^3$$

$$r_y = 1,82 \text{ cm}$$

$$A = 5,48 \text{ cm}^2$$

2) “Terça Pronta”:

$$I_x = 250,83 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 27,58 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 6,84 \text{ cm}$$

$$I_y = 152,75 \text{ cm}^4$$

$$W_y = 15,13 \text{ cm}^3$$

$$r_y = 5,34 \text{ cm}$$

$$A = 5,36 \text{ cm}^2$$

Com base nos dados acima, pode-se dizer dos perfis:

- 1) Que o segundo é 9,9% mais resistente do que o primeiro, para cargas verticais;
- 2) Que o segundo é 3,9 vezes (290%) mais resistente do que o primeiro, para cargas horizontais;
- 3) Que o segundo é autoportante em relação aos dois eixos (x e y), já que o seu ‘ry’ corresponde a 78% do seu ‘rx’. Diferentemente do primeiro, em que o ‘ry’ é de, apenas, 32% do ‘rx’;
- 4) Que o segundo tem seu centro geométrico (ou de gravidade) equidistante das bordas, relativamente aos eixos x e y, garantindo-lhe um equilíbrio natural. Ao contrário do primeiro, em que o desequilíbrio geométrico da secção favorece a torção (ressalte-se que no caso do perfil Z, ocorre o mesmo).

4 CONCLUSÃO

Sabe-se, da análise estrutural pelo Processo de Cross, que numa viga contínua de apenas dois vãos consecutivos (de comprimentos “l”), a hiperestaticidade não traz nenhuma redução de esforço. O momento fletor máximo (provocado por uma carga distribuída “q”), que numa viga simplesmente apoiada é de ($q l^2 / 8$), continua sendo o mesmo. Apenas com a diferença de que, nela, ocorre no meio do vão-livre e, na viga contínua, sobre o apoio intermediário. O único benefício, neste caso, é a redução da flecha máxima.

Quando se passa de dois para quatro vãos consecutivos, com três apoios intermediários, o momento fletor nos dois apoios próximos às extremidades é de ($q l^2 / 9,5$) e, no apoio central, de ($q l^2 / 14$). E assim, sucessivamente, quanto mais se aumentam os vãos consecutivos, menores vão ficando os momentos fletores sobre os apoios. No meio dos vãos-livres, ficam sempre menores do que sobre os apoios.

Isto está sendo lembrado, aqui, para mostrar que a consideração da hiperestaticidade, numa situação em que a média dos momentos fletores sobre os apoios fique próxima do momento de engastamento perfeito ($q l^2 / 12$), resultará numa redução de esforços da ordem de 33%. Supondo-se, aqui, que os sistemas tradicionais de cálculo se baseiam, todos, no momento máximo ($q l^2 / 8$).

Voltando aos dados informados por Ferrari [2], poder-se-ia concluir, então, que a alegada redução de 30% no peso de terças e travessas, em relação aos sistemas tradicionais, está coerente. Contudo, a redução de 29% (50/ 70 toneladas) no peso total da estrutura, também informada pelo pesquisador, fica sem explicação, já que o sistema METSEC não se aplica nos pórticos da estrutura.

A conclusão a que se chega é que a redução de peso obtida na obra objeto de estudo pode ter sido em decorrência de outro fator, alheio ao sistema METSEC. Com efeito, as estruturas tradicionais ainda são calculadas para utilização de aço com $f_y \geq 250$ MPa. Logo, como a estrutura em questão foi calculada para aço ASTM A570 Gr50, com $f_y \geq 350$ MPa, todos os perfis componentes da mesma podem ter tido a espessura reduzida na proporção inversa, ou seja, 250/ 350, resultando em 71% do peso (economia de 29%).

Em decorrência dessa observação, há fortes indícios (já que a memória de cálculo daquela estrutura não foi apresentada), de que a utilização do sistema METSEC não teve nenhuma contribuição na alegada redução de peso (e de custos). Além disso, não eliminou importantes etapas no processo de produção, que ainda o oneram.

Ao contrário, a “Terça Pronta” elimina praticamente todas as etapas convencionais de produção, permitindo que as peças sejam “slittadas”, “perfiladas” e enviadas diretamente para o canteiro de obras, assim como já é feito, hoje, com as telhas metálicas.

Os resultados apresentados na seção 3 indicam, com bastante segurança, o potencial de redução de custos do sistema “Terça Pronta” em relação ao METSEC. Só na redução de peso,

são 10%. As correntes estabilizadoras (agulhas, correntes rígidas e esticadores) são os itens de menor produtividade no processo de fabricação, por envolver proporcionalmente muita mão-de-obra para pouco peso de aço. No caso em estudo, representam em torno de 5% do peso das terças. Mas, com a mão-de-obra mais cara (por quilo de aço), pode-se dizer que representam mais 10% de economia. A eliminação de furações, idem. Portanto, só nesses três itens, já se alcançam os 30% de redução de custos almejados. Porém, há mais a redução de fretes, manuseio de peças na fábrica, impostos, facilidade na montagem, etc. Em resumo, a redução proporcionada pelo uso da “Terça Pronta” é muito maior do que 30% em relação à METSEC. Ou seja, 100% da economia que esta já proporcionava em relação ao sistema tradicional, como se pretendia demonstrar.

Detalhamentos complementares poderão ser objeto de futuros estudos, tais como as luvas de emendas e os gabaritos de fixação com parafusos autobrocantes ou presilhas. Não há normas brasileiras para ligações com este tipo de parafuso, mas um estudo sobre o assunto foi realizado por Freitas [5].

Da mesma forma, tabelas com sobrecargas admissíveis, em função do número de apoios, da variação de espessura, dimensões dos perfis e comprimento das peças (que só depende das limitações impostas pelos veículos de transporte), poderão ser elaboradas posteriormente, dependendo da resposta do mercado a este trabalho.

As fotos abaixo (Fig. 6) retratam um exemplo prático da utilização desse sistema. Trata-se da Praça de Pedágio de Jacarezinho – PR (BR 369 x BR 153), executada em 2001, próximo à divisa com o Estado de São Paulo, onde a “Terça Pronta Hiperestática” foi utilizada na cobertura e fechamento lateral inclinado. Apesar do acabamento com pintura eletrostática, a redução de custos, em relação ao sistema tradicional, foi superior a 50%.



Figura 6 – Utilização da “Terça Pronta Hiperestática” na Praça de Pedágio de Jacarezinho - PR

Agradecimentos

Agradeço à ABCEM e aos organizadores do Construmetal 2016, pela oportunidade de apresentar este trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 FRENCH, T. E. (tradução de Souza, S. F. e Ferlini, P. B.) Desenho Técnico. Porto Alegre: Editora Globo; 1973.
- 2 FERRARI, D. Coberturas Metálicas com Sistema de Terças Contínuas METSEC (graduação). São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi; 2008.
- 3 SUSSEKIND, J. C. Método das Deformações (Processo de Cross). Curso de Análise Estrutural. Vol. 3. 6ª Edição. Porto Alegre – Rio de Janeiro: Editora Globo; 1984.
- 4 SUSSEKIND, J. C. Deformações em Estruturas (Método das Forças). Curso de Análise Estrutural. Vol. 2. 7ª Edição. Porto Alegre – Rio de Janeiro: Editora Globo; 1984.
- 5 FREITAS, M. F. Ligações Metálicas Constituídas por Parafusos Auto-Atarraxantes (tese de mestrado). São Carlos – SP: Escola de Engenharia de São Carlos – USP; 2004.