

# ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SISTEMAS DE TRELIÇAS DE AÇO APARAFUSADAS E SOLDADAS

Claucio Luza<sup>1</sup>; Me. Marinês Silvani Novello<sup>2</sup>

1 Graduado em Engenharia Civil, IMED. [claucio@sulmeta.com.br](mailto:claucio@sulmeta.com.br)

2 Mestre Engenharia Civil, Professor da Escola Politécnica, Faculdade Meridional – IMED. [marines.novello@imed.edu.br](mailto:marines.novello@imed.edu.br)

## INTRODUÇÃO

A necessidade de ser mais competitivo entre as indústrias foi um fato real para sobrevivência da empresa

Em função dessa necessidade de mercado, estudaram-se alternativas que transformaram o processo de produção, melhorando a eficiência, aumentando a produtividade e reduzindo os custos. Dias (2008), relata que a mecanização e racionalização dos processos dos componentes puderam gerar ganhos na produção, minimizando o desperdício de material diminuindo custos e gerando menores prazos de entrega.

A automatização dos processos visa melhorar o tempo de produção, com menor quantidade de mão de obra envolvida, além de eliminar alguns setores que elevam o tempo de espera entre um processo e outro. Nesse sentido, através deste trabalho apresenta-se o real custo entre os dois processos de fabricação e montagem de estruturas treliçadas aparafusadas e soldadas, de modo a identificar o sistema mais vantajoso.

Para fabricação do sistema aparafusado, foi usada uma máquina totalmente automatizada e específica, aonde foram perfilados, furados e nomeadas as peças, diminuindo custos, aumentando a produtividade no processo fabril, melhorando a logística, contra um método soldado que envolveu vários setores na empresa e um maior tempo de execução.

Bellei (1998), destacou que diversos fatores impactam nos custos da estrutura, como, processo de produção e montagem, formato estrutural, elementos a serem fixados na peça, as especificações do projeto e até mesmo o tratamento da superfície do aço.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade técnica e econômica e os benefícios do processo de fabricação e montagem, entre dois sistemas de treliçados, aparafusados e soldados. Através de um estudo de caso em uma empresa, identificaram-se o sistema de treliças que apresentaram menor custo e maior produtividade, determinando os reais custos de material, mão de obra e equipamentos de montagem para o processo de execução. O processo de execução da estrutura treliçada que apresentar maior produtividade terá seu processo de fabricação automatizado.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi feita na cidade de Nova Bassano, localizada no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, em uma indústria de construção metálica.

O presente projeto quantificou os fatores que interferiram no custo de sistemas treliçados, parafusados e soldados relacionados a tempo e insumos para projeto, fabricação, transporte e montagem. Além disso coletaram-se os dados que caracterizaram a escolha da

questão técnica mais viável para o sistema treliçado e comparado com método CBA (Choosing By advantage) para escolha do melhor sistema de treliças por intermédio de vantagens.

Para coletar as informações foram consultadas pessoas de vários setores, no qual preencheram uma planilha com as informações necessárias para o levantamento do custo para ambos os processos. Os dados foram coletados através de cronômetro para medição de tempos, prancheta para anotações, notas fiscais dos materiais adquiridos, desenhos da treliça e formulários em planilhas.

O primeiro sistema de fabricação de treliça, foi soldada, onde constam elementos do tipo banzos, diagonais e montantes, bem como suas respectivas chapas de conexão. O segundo sistema de fabricação de treliça foi a parafusada que possui formato e dimensões iguais ao sistema treliçado soldado.

Os custos do setor de compra foram desconsiderados por estarem inseridos em ambos os processos, pois independente do sistema aplicado no projeto, o custo é o mesmo. Para o frete e montagem, será apresentado um estudo em paralelo, uma vez que, esse serviço é realizado por empresas terceirizadas.

Gil (2002) determina que o tamanho da amostra seja determinado pelo método que foi desenvolvido por Akin e Colton (1976), o qual fornece o tamanho da amostra adequada, a um nível de confiança de 95,5%. Para o cálculo da amostra o método proposto utilizou a amostra de amplitude 1000, com a amplitude de erro de  $\pm 4\%$ . No caso deste trabalho, como a quantidade de profissionais em cada setor de análise foi pequena, foram considerados 100% dos profissionais que faziam parte do quadro atuante, ou seja, 100% das amostras.

Para acompanhamento dos tempos utilizados em cada sistema de treliças, fabricou-se uma estrutura de cada tipo, ou seja, uma soldada e outra parafusada, para o levantamento do custo onde foram acompanhados todos os setores envolvidos, sendo eles: cálculo, projeto, compras, PCP (programação e controle da produção), setor de corte e dobra, gabarito, furação, soldagem, acabamento, inspeção, jato/pintura, carregamento/transporte e montagem.

As variáveis analisadas nos sistemas de treliças parafusadas e soldadas, foram: o tempo (hora máquina e hora homem), insumos tais como energia elétrica, gás, arame de solda, tinta, quantidade de furos, comprimento de solda, espessura de cordão, etc.

Como a montagem foi realizada na própria empresa, o transporte foi desconsiderado e reavaliado em estudo paralelo, representado em uma tabela, fornecida por uma empresa de transporte terceirizada que presta serviços para empresa em estudo, constando todos os fretes para as capitais do Brasil. Adotou-se como transporte uma carreta simples carregando 12 toneladas no sistema treliçado soldado, e no sistema parafusado estipulou-se uma carreta trucada com capacidade de carga de 25 toneladas por carreta.

Para o estudo de custo de projeto até a fase de carregamento, foi considerado o projeto de 66m<sup>2</sup> (projeto protótipo). Para análise econômica de carregamento e montagem do material em obra, devido a custos de equipamento, mão de obra, espaço de pré-montagem e armazenamento, foi necessário considerar uma área de construção maior. Sendo assim, como a fase de montagem não foi montada em campo, realizou-se a coleta de dados com empresa prestadora de serviço de montagem, no qual foi considerado uma área de 5.000m<sup>2</sup> de cobertura e 1.800m<sup>2</sup> de fechamento de paredes. Em ambos os sistemas, considerou-se um tempo previsto de 3 meses de montagem, com um peso estimado de 92.600 kg. Na montagem em campo, além do tempo hora máquina e insumos, levou-se em conta o intemperismo que pode afetar na produtividade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos custos estão representados na tabela 1.

Tabela 1 - Resumo custo total

ITEM	SISTEMA SOLDADO	SISTEMA PARAFUSADO	SISTEMA PARAFUSADO SEM O SETUP
MO	R\$391,27	R\$417,65	R\$221,01
Energia	R\$73,91	R\$77,33	R\$77,33
Insumos	R\$317,03	R\$334,23	R\$334,23
Embalagem	R\$5,72	R\$17,45	R\$17,45
<b>TOTAL</b>	<b>R\$787,93</b>	<b>R\$846,66</b>	<b>R\$650,02</b>
R\$/kg	R\$11,79	R\$11,33	R\$8,70
TEMPO	20h:41mim	13h:55mim	5h:55mim

Fonte: Autoria própria, 2019.

Como podemos observar no resultado, financeiramente a parafusada obteve custo 7,45% acima do sistema soldada. No entanto se analisarmos o preço por kg da estrutura, ou seja, custo total dividido pelo peso de cada sistema de treliça, obtém-se um percentual de 4,06% abaixo da soldada.

Diante dos comparativos de custos entre os sistemas com a presença ou não do setup, verifica-se que existe a necessidade de se estudar alternativas para reduzir o tempo destinado ao serviço de setup, uma vez que o mesmo tem elevada participação ao custo final do processo, ou seja, 30,25% de custo final.

Se a fabricação fosse em um volume considerável, o valor do setup da perfiladeira poderia ser diluído no custo, onde poderia gerar uma economia de 21,21% quando comparado a treliça soldada. O valor é considerável, sem contar o tempo de fabricação no qual pode-se alavancar a produção, diluindo o custo fixo e podendo se tornar bem mais vantajoso todo o processo de operação da empresa estudada.

O transporte foi analisado separadamente, pois há variáveis que distorcem os números estudados, como volume da carga x peso. Foi feita uma média de custo para todas as capitais brasileiras, e a estrutura parafusada apresentou uma economia de 86,48% em relação a soldada. Em função de que no sistema de treliça parafusado o carregamento é feito por pacotes, ocupa maior volume na carga e limita a capacidade da carreta em 25 toneladas, mas se torna mais viável economicamente. Já no sistema soldado as treliças ocupam grande parte do volume da carreta, geralmente carregando apenas 12 toneladas.

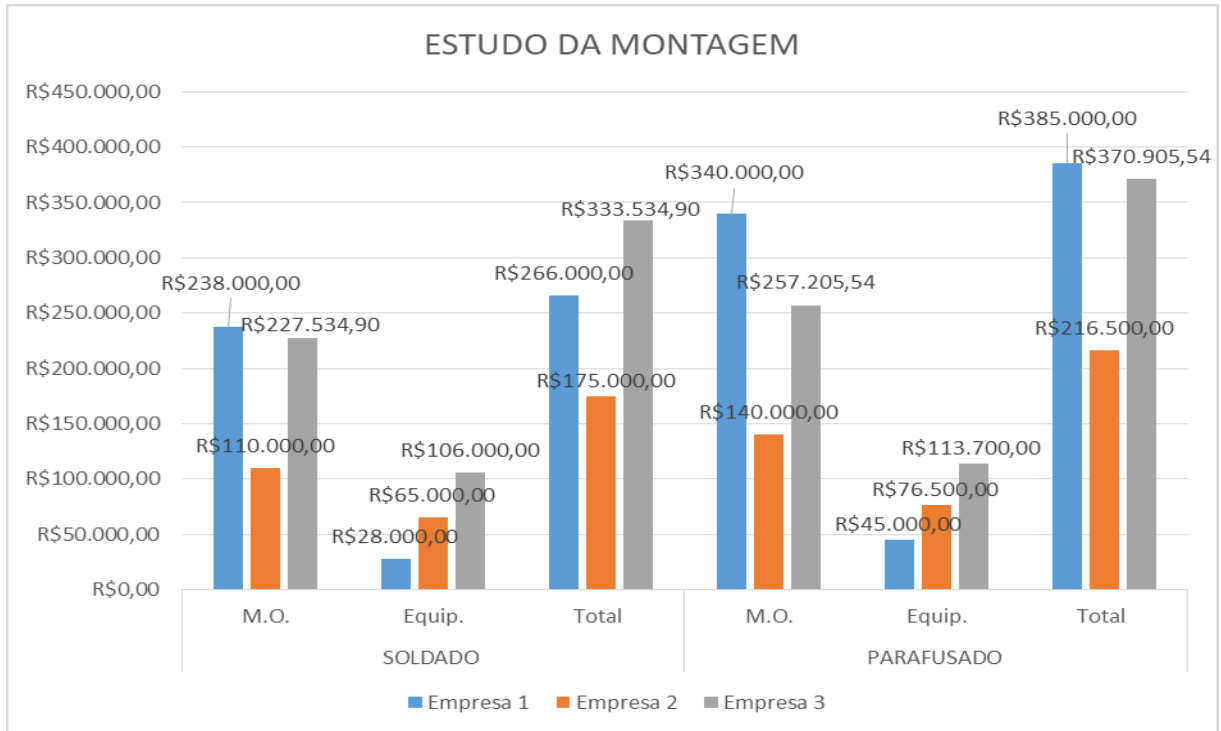
Para melhor análise do custo de montagem, foi orçado com 3 empresas de montagens, uma obra de no qual foi considerado uma área de 5.000m<sup>2</sup> de cobertura e 1.800m<sup>2</sup> de fechamento de paredes, em ambos os sistemas, soldado e parafusado. Considerou-se um tempo previsto de 3 meses em ambos os processos com um peso estimado em 92.600 kg para processo da treliça soldada e para parafusada 103.501,45 kg, considerando-se uma obra em São Paulo capital, onde encontra-se grande parte da produção feita pela empresa estudada. Desta forma, obteve-se para estrutura soldada um custo de R\$ 0,5 por kg e R\$ 0,27 por kg na parafusada, tendo uma diferença de R\$ 0,24 centavos por kg, representando 52,94% a menos, sendo esse valor significativo no contexto geral da estrutura.

Analisando a figura 1, pela comparação das 3 empresas estudadas quanto ao custo de montagem dentre o sistema de treliças soldadas e parafusadas, a primeira empresa apresentou

um custo de 44,73% de diferença entre os dois sistemas, a segunda apresentou uma diferença de 23,71%, e a terceira empresa foi de 11,20%, sendo que para as três empresas em estudo, a de sistema parafusado obteve custos mais elevados.

No caso da empresa 2, os preços são mais acessíveis; a média no sistema parafusado é de 23,71% mais elevado do que o soldado, ou seja R\$1,89 ao kg para R\$ 2,34 ao kg, levando em conta as 92.6 toneladas do estudo apresentado

Figura 1 – Gráfico do custo da montagem



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2019

Após coleta e compilação dos resultados apresentados aplicou-se o método do CBA (Choosing By Advantage) mostrado na tabela 2, com o intuito de escolher o melhor sistema considerando as vantagens e não somente através do custo.

Pelos resultados da tabela 2 indica-se que o sistema soldado apresenta 1,34% de vantagem; é uma porcentagem irrelevante, mas pode-se entender que as estruturas treliçadas devem ser analisadas caso a caso, pois existem inúmeras incógnitas que relevam a escolha do tipo de sistema estrutural mais vantajoso.

Tabela 2 - Escolha por vantagem - CBA (Choosing By advantage)

<b>Escolha por vantagem - CBA (Choosing By advantage)</b>		
<b>Critério Geral</b>	<b>Nº de pessoas envolvidas</b>	
<b>"0" para pior situação</b>	<b>8</b>	
<b>"5" para melhor situação</b>	<b>Pontuação</b>	
<b>Fatores</b>	<b>Sistema Soldado</b>	<b>Sistema Parafusado</b>
Facilidade do cálculo de estrutura	45	34
Facilidade do detalhamento do projeto	42	33
Padronização de peças	33	40
Melhor aproveitamento de material	44	31
Serviços de planejamento de controle de produção	45	36
Facilidade da produção	29	47
Número de pessoas envolvidas no processo	35	42
Tempo de fabricação das estruturas	32	47
Menor custo de embalagem	41	38
Redução de custo do transporte	23	53
Facilidade de extravio de peças em canteiro de obras	45	36
Necessidade de uma pré-montagem na produção	43	37
Necessidade de m. o. especializada em montagem	42	42
Número de pessoas destinadas a montagem das estruturas	46	28
Custo de equipamento de montagem	41	41
Necessidade de maior identificação das peças/fardos;	45	30
Melhor solução estrutural	42	45
Maior controle durante as fases de produção	43	38
Maior tempo de produção	30	48
Maior tempo de embalagem	46	35
Maior tempo de embarque/acomodação para transporte	37	37
	<b>SOMA</b>	<b>829</b>
		<b>818</b>

Fonte Elaborado polo Autor, 2018

## CONCLUSÃO

Verificou-se que a estrutura soldada é vantajosa na solução construtiva apresentada, porém cabe salientar que no estudo apresentado comparou-se uma tesoura treliça, e não uma obra completa, na qual se tem inúmeras tesouras. Deve-se estudar caso a caso, avaliando todas as características do empreendimento e as alternativas para o melhor dimensionamento do projeto, afim de demonstrar a real produtividade.

No contexto geral, pode-se notar que, se há possibilidade de padronização de perfis utilizando perfiladeira, e que se pode obter um aumento de produção significativo, podendo compensar os demais custos e desvantagens do sistema treliçado aparafusado apresentado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELLEI, I. H. **Edifícios Industriais em aço**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1998.
- DIAS, L. A. de M. **Estrutura de aço: Conceitos, técnicas e linguagem**: São Paulo: Zigurate editora, 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 176 p.