

DIMENSIONAMENTO DE TRELIÇAS DE MACARRÃO: CRIAÇÃO DE SOFTWARE

Isabella Silva Menezes, isabellasilvamenezes@hotmail.com¹
Gustavo Cabrelli Nirschl, nirschl@gmail.com¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo-IFSP Campus Votuporanga, Av. Jerônimo Figueira da Costa nº3014 – Pozzobon – Votuporanga - SP

Resumo: Sabe-se que existem muitas pessoas sem formação específica em informática capazes de programar e criar softwares simplificados para a realização das mais variadas tarefas de suas profissões, melhorando a produtividade. O objetivo deste projeto é associar a programação simplificada com cálculos de construção civil, especificamente no dimensionamento de treliças de macarrão, levando em consideração os concursos envolvendo essas estruturas que ocorrem em diversas instituições do Brasil e do mundo. O motivo para o desenvolvimento deste projeto é a dificuldade de se encontrar programas de computador simplificados, com visualização gráfica, gratuitos e direcionados especificamente para a função mencionada. Criado por meio do software livre “Lazarus”, o aplicativo é simples, porém preciso, e permite que o usuário escolha um entre três modelos de geometria de treliças, determine a força que estará atuando obtenha o desenho da treliça já com os esforços e a quantidade de fios de macarrão necessários em cada barra. Os cálculos dos esforços são feitos usando o Método dos Nós e as equações para o dimensionamento foram obtidas em trabalhos consagrados encontrados na bibliografia dos concursos já realizados. O software poderá estimular a participação de alunos nos concursos desta modalidade, uma vez que permitirá a conferência dos cálculos considerando os modelos disponíveis.

Palavras-chave: treliça de macarrão; dimensionamento; software; método dos nós

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que existem diversos concursos de teste de resistência de treliças feitas com barras de macarrão, por exemplo, em Departamento [1] e em Instituto [2]. Sendo assim, este trabalho apresenta a criação de um *software* para o cálculo de esforços e dimensionamento de três modelos pré-definidos de treliças de macarrão, que pode auxiliar na prevenção de erros manuais e permitir a simulação de um número maior de modelos para otimizar o projeto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Concursos de treliças de macarrão

Departamento [1] apresenta um regulamento para a construção de treliças de macarrão, que também foi adotado por Instituto [2], onde consta que o peso da ponte (considerando o macarrão e as colas utilizadas) não poderá ser superior a 750 g, o que equivale a 750 fios de macarrão. Além disso, a geometria da treliça deve obedecer às regras da Figura 1.

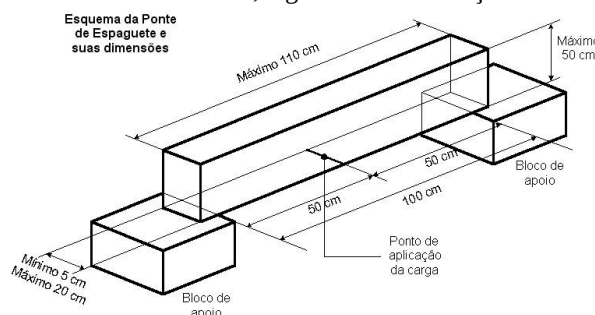


Figura 1: Normas para a geometria da treliça, de acordo com o regulamento descrito em Departamento [1].

2.2. Cálculo de esforços de treliças pelo método dos nós

Botelho [3] cita que “treliças são estruturas compostas por barras com extremidades articuladas. São usadas para vários fins entre os quais, vencer pequenos, médios e grandes vãos. Pelo fato de usar barras articuladas e de se considerar pesos suportados colocados nos nós, essas barras funcionam principalmente à tração e compressão.”

Para a determinação das forças que atuam nas barras, Meriam [4] explica que duas equações de equilíbrio $\Sigma F_H = 0$ e $\Sigma F_V = 0$ (somatório de forças horizontais e somatório de forças verticais nulos) devem ser usadas em cada nó.

2.3. Dimensionamento das barras de macarrão

Departamento [1] apresenta as Equações (1) e (2) para o dimensionamento das barras a partir dos esforços calculados, deduzidas de acordo com as resistências do macarrão Barilla nº 7. Tais equações foram deduzidas pelos seguintes pesquisadores: Prof. Inácio Morsch, Prof. Luis Alberto Segovia González, Luis Henrique Bento Leal, Mário Sérgio Sbroglia Gonçalves, Bruna Guerra Dalzochio, Rafael da Rocha Oliveira e Carlos Eduardo Bernardes de Oliveira, Prof. João Ricardo Masuero.

$$\text{Numero de Fios} = \frac{N(kgf)}{4,267(kgf)} \quad \text{PARA BARRAS TRACIONADAS} \quad (1)$$

$$\text{Numero de Fios} = \sqrt{\frac{N^2}{279056r^4}} \quad \text{PARA BARRAS COMPRIMIDAS} \quad (2)$$

Em que:

N é o Esforço Normal de compressão, em kgf;

l é comprimento da barra, em cm; e

r é o raio de um fio de macarrão, em cm.

3. METODOLOGIA

Inicialmente, foram concebidos três modelos de treliças isostáticas com dimensões que se enquadram ao concurso descrito por Departamento [1]. Tais modelos tiveram seus esforços calculados pelo Método dos Nós, conforme explicado no item 2.2. Com os valores dos esforços, foram utilizadas as equações (1) e (2) para dimensionar as barras de macarrão. A criação do software foi feita por meio do programa Lazarus [5], permitindo-se variar apenas a ação (peso a suportar) e a escolha entre três modelos de treliça.

4. RESULTADOS

4.1. Cálculo e dimensionamento dos modelos de treliça propostos

Os três modelos de treliça propostos neste trabalho estão mostrados nas figuras 2 e 4, com os cálculos dos esforços demonstrados para o Modelo 1, segundo o Método dos Nós, sendo que todos os resultados estão em função da variável P (ação), o que permitirá a programação. Os modelos 2 e 3 seguiram os mesmos procedimentos de cálculo.

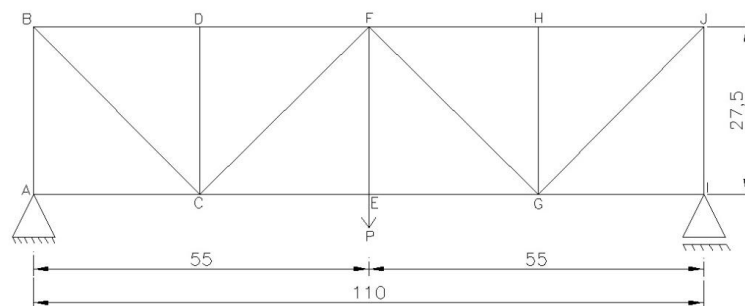


Figura 2. Modelo 1 proposto para integrar o programa. Dimensões em cm.

I) Grau de Estaticidade

$g = r + b - 2n$ (r: reações; b: barras; n: nós)

$g = 3 + 17 - 2 \cdot 10 = 0 \rightarrow$ ISOSTÁTICA

II) Reações

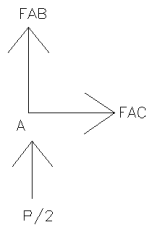
$$\Sigma FH = 0 \rightarrow HA = 0; HI = 0$$

$$\Sigma MA = 0 \rightarrow 55 \cdot P - RI \cdot 110 = 0 \rightarrow RI = 55 \cdot P / 110 \rightarrow RI = P/2 \text{ (para baixo)}$$

$$\Sigma FV = 0 \rightarrow RA + (P/2) - P = 0 \rightarrow RA = P - (P/2) \rightarrow RA = P/2 \text{ (para baixo)}$$

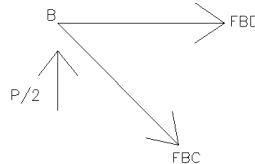
III) Esforços - Método dos Nós

Nó A e I (simetria):



$$\begin{aligned} \Sigma FH = 0 &\rightarrow FAC = 0 \\ \Sigma FV = 0 &\rightarrow FAB + P/2 = 0 \rightarrow \\ &FAB = -P/2 \end{aligned}$$

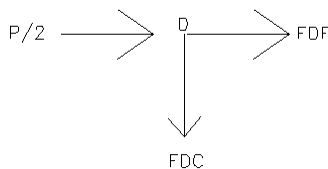
Nó B e J (simetria):



$$\begin{aligned} \Sigma FV = 0 &\rightarrow -0,707 \cdot FBC + (P/2) \\ &= 0 \rightarrow 0,707 \cdot FBC = P/2 \\ &\rightarrow FBC = (P/2) / 0,707 \rightarrow FBC = \\ &P/1,41 \end{aligned}$$

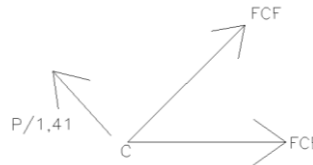
$$\begin{aligned} \Sigma FH = 0 &\rightarrow FBD + \\ &0,707 \cdot (P/1,41) = 0 \rightarrow FBD = - \\ &0,707 \cdot (P/1,41) \rightarrow FBD = -P/2 \end{aligned}$$

Nó D e H (simetria):



$$\begin{aligned} \Sigma FH = 0 &\rightarrow P/2 + FDF \\ &= 0 \rightarrow FDF = -P/2 \\ \Sigma FV = 0 &\rightarrow FDC = 0 \end{aligned}$$

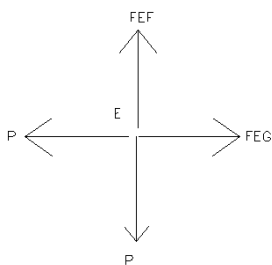
Nó C e G (simetria):



$$\begin{aligned} \Sigma FV = 0 &\rightarrow 0,707 \cdot FCF + \\ &0,707 \cdot (P/1,41) = 0 \rightarrow \\ &FCF = -P/1,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma FH = 0 &\rightarrow FCE - \\ &0,707 \cdot (P/1,41) + \\ &0,707 \cdot (-P/1,41) = 0 \\ &\rightarrow FCE = P \end{aligned}$$

Nó E:



$$\begin{aligned} \Sigma FV = 0 &\rightarrow FEF - P = 0 \\ &\rightarrow FEF = P \end{aligned}$$

Uma observação que se faz é que o esforço negativo indica barra comprimida e o esforço positivo indica barra tracionada. Como verificação numérica, para uma força P de 10 kgf, os cálculos resultam nos seguintes esforços: FAC = FDC = FIG = FHG = 0 kgf; FJG = FBC = 7,09 kgf; FAB = FBD = FDF = FFH = FHI = FJI = -5 kgf; FCF = FFG = -6,9 kgf; FCE = FFG = 9,8 kgf; FFE = 10 kgf.

Foi feita ainda uma conferência dos cálculos dos esforços por meio do software FTOOL [6] (Figura 3):

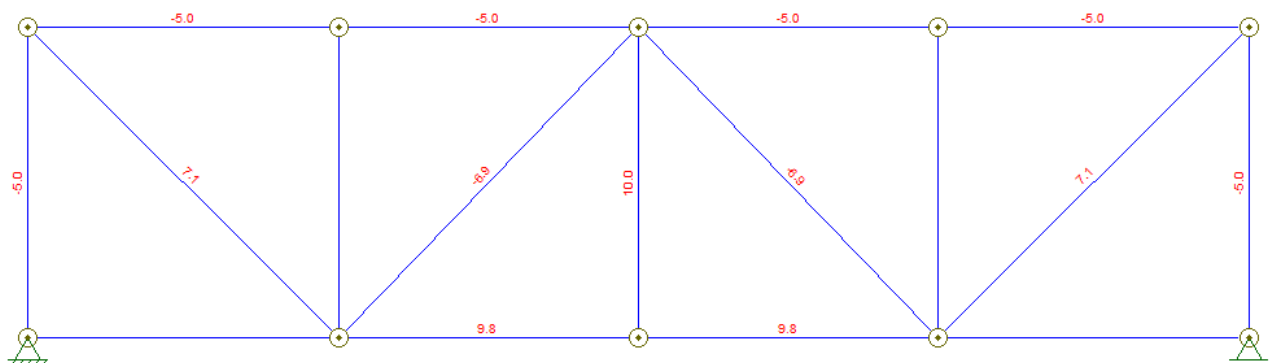
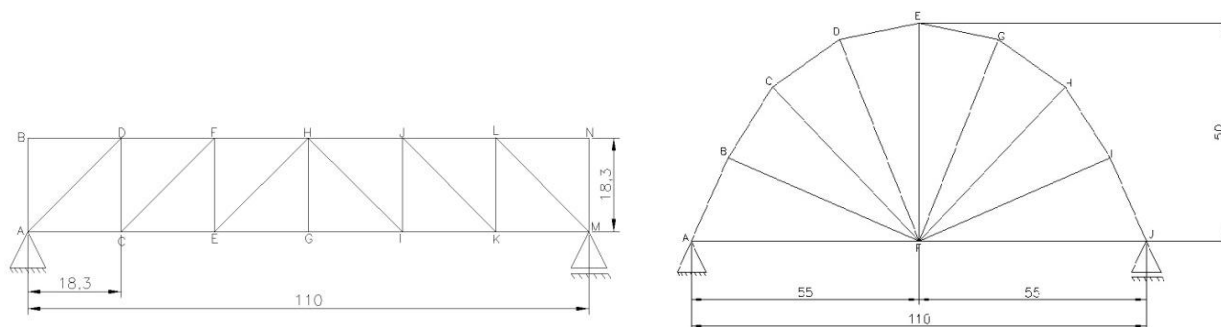


Figura 3: Conferência, pelo FTOOL [6], de resultados do Modelo 1 proposto, com ação de 10 kgf, para integrar o programa. Esforços em kgf.



Modelo 2

Modelo 3

Figura 4: Modelos 2 e 3 propostos para integrar o programa. Dimensões em cm.

4.2. Criação do software

A tela do software está mostrada na Figura 5.

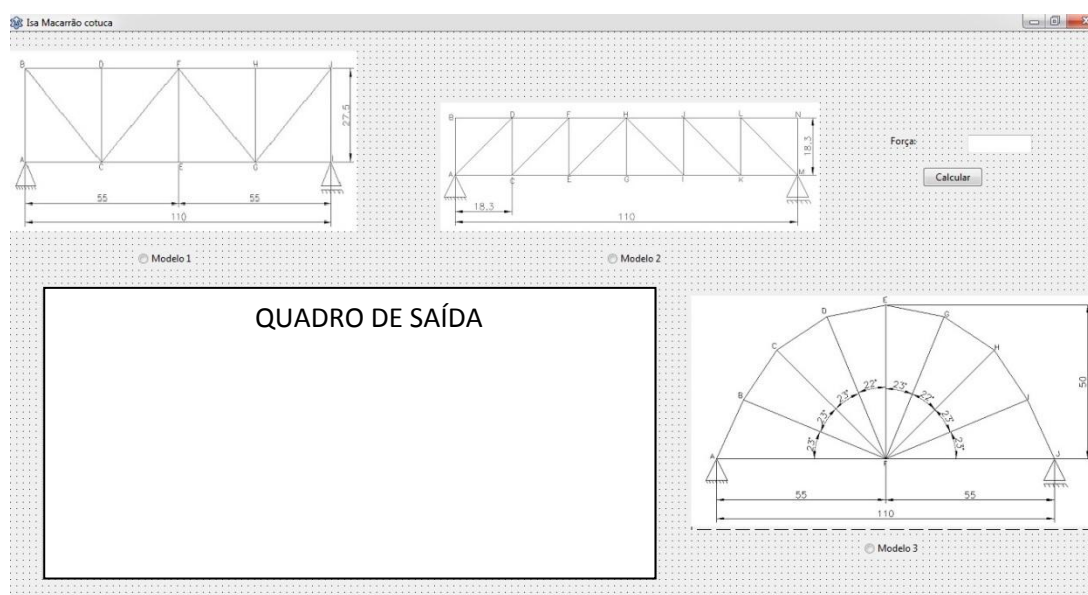


Figura 5: Tela do programa criado.

5. AGRADECIMENTOS

Ao IFSP, pela bolsa institucional.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DA UFRGS. **Competição de pontes de espaguete**. Porto Alegre, [200-]. Disponível em <<http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/index.html>>. Acesso em 14/03/2014.
- [2] INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO PAULO – CÂMPUS VOTUPORANGA. **Concurso “Ponte de Macarrão”**: Resultados. Votuporanga, 2013. Disponível em <<http://vtp.ifsp.edu.br/blog/2013/06/26/concurso-ponte-de-macarrao-resultados/>>. Acesso em 14/03/2014.
- [3] BOTELHO, M. H. C.. **Resistência dos Materiais** - Para entender e gostar. São Paulo: Blucher, 2008.
- [4] MERIAM, J. L. **Estática**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977.
- [5] LAZARUS AND FREE PASCAL TEAM. **Lazarus**. [S.I.], 2013. Disponível em <<http://www.lazarus.freepascal.org/index.php>>. Acesso em 14/03/2014
- [6] FTOOL. Disponível em <<http://www.tecgraf.puc-rio.br/ftool/>>. Acesso em 24/09/2013.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.