

## RELATO DE PARTICIPAÇÃO EM UMA COMPETIÇÃO DE PONTES DE MACARRÃO

**Bruna J. GUIMARÃES<sup>1</sup>; Larissa B. da SILVA<sup>2</sup>; Tayani B. PETERLINI<sup>3</sup>; Marcelo A. dos REIS<sup>4</sup>**

### RESUMO

Desde de 2014, o campus Inconfidentes sedia a Competição de Pontes de Macarrão do IFSULDEMINAS. Neste evento, procura-se envolver os estudantes do campus em um campeonato “técnico-científico” de forma a criar uma oportunidade diferenciada de ensino aos seus participantes. Em particular, os competidores usam conceitos das disciplinas de Física e Matemática aplicando-os na construção de pontes feitas com macarrão tipo espaguete. A partir de cálculos prévios e a respectiva confecção da ponte, um grupo testa a carga máxima tolerada por sua ponte através da aplicação de cargas no seu centro até que ela atinja o colapso estrutural. O grupo vencedor é aquele cuja ponte resiste a maior carga aplicada. Neste trabalho, procurou-se descrever a participação e a confecção da ponte modelo Viga Pratt com banzo superior curvo produzida pelo time vencedor da edição de 2016.

**Palavras-chave:** Treliça; Estática; Competição; Ensino por projetos.

### 1. INTRODUÇÃO

O trabalho proposto consiste na análise, projeto e construção de uma ponte treliçada de macarrão, que foi submetida a um ensaio destrutivo (com inserção de cargas no seu eixo central) na Competição de Pontes de Macarrão do IFSULDEMINAS, edição de 2016. As pontes participantes seguiram normas previamente determinadas por (Reis, 2016) como, por exemplo: a massa da ponte não superior a 1 kg; a ponte capaz de vencer vão livre de 1 m estando apoiada livremente nas suas extremidade; na parte inferior de cada extremidade da ponte, deveria ser fixado um tubo de PVC para água fria de 1/2", 3/4" ou 1" de diâmetro e 20

---

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG. E-mail: [brunaguimaraes\\_48@hotmail.com](mailto:brunaguimaraes_48@hotmail.com)

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG. E-mail: [larissabarbosa2111@gmail.com](mailto:larissabarbosa2111@gmail.com)

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG. E-mail: [tayanibp@gmail.com](mailto:tayanibp@gmail.com)

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes. Inconfidentes/MG. E-mail: [marcelo.reis@ifsuldeminas.edu.br](mailto:marcelo.reis@ifsuldeminas.edu.br)

cm de comprimento e além disso, para que pudesse ser realizado o ensaio destrutivo, ela deveria ter fixada na região correspondente ao centro do vão livre, uma barra de aço de construção de 8 mm de diâmetro e de comprimento igual à largura da ponte.

Em uma análise preliminar, foram observados diferentes tipos de pontes. Através de pesquisas chegou-se à conclusão que a mais adequada é a viga pratt com banzo superior curvo. Este tipo de ponte satisfaz o requisito de ter as barras em compressão (as circunferenciais) com um comprimento menor do que as barras em tração (as radiais), apresentando alto grau de resistência em sua estrutura além de ser esteticamente mais bonita.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As barras de uma treliça podem estar submetidas a apenas dois tipos de esforços; Tração: quando a força interna tende a esticar a barra e dito que o elemento está tracionado e Compressão: quando a força interna tende a encurtar a barra é dito que o elemento está comprimido, viabilizando o fenômeno de flambagem.

Para encontrar o número de fios de espaguete necessário foi utilizado a equação de Euler decomposta (GONZÁLEZ 2005, MASUERO 2016), bastando dividir o esforço normal de tração calculado, pela resistência de cada fio em kgf (Quilograma Força):

$$\text{Número de fios} = \frac{N (\text{Kgf})}{4,267 (\text{Kgf})} = \sqrt{\frac{Nl^2}{270056r^4}},$$

onde:  $N$ - Esforço Normal (kgf),  $l$  é o comprimento do fio na barra de compressão e  $r$  sendo o raio da treliça circular.

Antes do início da construção, foi feito um desenho em tamanho real da ponte com auxílio do *software* AutoCAD 2016. Ao se passar de uma treliça projetada no *software* FTOOL (em que as barras são apenas segmentos de reta, sem diâmetro) para uma treliça que seria construída com barras reais, algumas medidas tiveram que sofrer pequenas adaptações. A força externa aplicada no centro da ponte foi escolhida com magnitude de 189 kgf. Os materiais utilizados foram: Macarrão tipo espaguete nº 7 (Barilla); Colas: Resina Epóxi (“Araldite” 2 min e 90 min), (“Redelease” 8 min); Lixas, canos de PVC tamanho 3/4” (cerca de 25 mm), caixas de papelão, gabarito de isopor, durex, fita crepe, caneta, lápis, abraçadeiras plásticas, pincéis e álcool e ferramentas: lixa rotativa, serra mármore, tesouras, alicates, furadeira, estilete, régua, transferidor, nível de bolha, balança de precisão e calculadora. As etapas de confecção das barras de compressão e tração compreenderam desde a separação dos fios de espaguete retos dos tortos, corte de fios, mistura das colas e a fixação com abraçadeiras. O banzo,

que é composto por barras de compressão, necessita ao todo de 7 barras. Além dessas 7 hastes, ainda são acrescentadas 4 barras que formam o suporte da ponte em formato de bifurcação (em Y). Logo após, iniciou-se a etapa da confecção das barras de tração, que são os raios da ponte. Para esta etapa, agrupamos 7 fios de espaguete para confecção das barras de tração pois, com essa quantidade, a barra ficou com geometria simétrica, ficando com peso ideal e oferecendo alta resistência a esforços de tração.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A quantidade mínima calculada de fios para as barras de tração foi de 7 fios de macarrão para cada barra. Foi adotada na viabilização do projeto a mesma quantidade de barras, e nas barras de compressão através de cálculos foi verificado o valor mínimo de 36, como pode ser observado na Tabela 1 e 2.

**Tabela 1-** Forças de Tração.

Barra	Força Exercida (N)	Número de Barra Parcial	Número de Barras Final	Massa Final Aproximada	Comprimento (cm)
AB	0	0	7	14,56	52
AC	197	4,62	7	14,00	50
AD	244	5,72	7	13,72	49
AE	279	6,54	7	13,44	48
AF	299	7,00	7	13,44	48
AG	290	6,79	7	13,44	48
AH	290	6,79	7	13,44	48
AI	299	7,00	7	13,44	48
AJ	279	6,54	7	13,44	48
AL	244	5,72	7	13,72	49
AM	197	4,62	7	14,00	50
AN	0	0	0	14,56	52

**Tabela 2-** Forças de Compressão.

Tramo	Força Exercida (N)	Número de Barra Parcial	Número de Barras Final	Massa Final Aproximada	Comprimento (cm)
BC	989	32,54	45	25,2	14
CD	1015	35,32	45	27,0	15
DE	1027	30,79	45	23,4	13
EF	1033	30,88	45	23,4	13
FG	1043	35,80	45	27,0	15
GH	1046	33,46	45	25,2	14
HI	1043	35,80	45	27,0	15
IJ	1033	30,88	45	23,4	13
JL	1027	30,79	45	23,4	13
LM	1015	35,32	45	27,0	15
MN	989	32,54	45	25,2	14

Alguns métodos empregados na elaboração da ponte são mostrados na Figura 1:



**Figura 1-** Etapas de confecção da ponte: a) e c) Barras de compressão, b) Bifurcação das barras de compressão, d) Colagem das Arestas no eixo central e e) Ponte já montada e pronta.

#### 4. CONCLUSÕES

Utilizando os materiais e o método de execução de acordo com o planejado, a ponte ficou dentro dos padrões na competição. Trabalhou-se para desenvolver o melhor projeto para a situação, executando de maneira precisa e tendo uma maior economia de materiais sem deixar a desejar na resistência final do projeto. Com esse trabalho, o grupo conseguiu ter uma boa ciência de como é trabalhar em equipe, tanto na parte de desenvolvimento do projeto onde cada um ajudou com ideias e diferentes pontos de vista, dos cálculos, como também na parte da execução onde é importante também ressaltar, que cada junção da ponte entre um macarrão e outro, foi delicadamente moldado, pois assim obtivemos um encaixe com maior exatidão de todas as partes para obter uma maior resistência e assim deixar a estrutura mais estável, para atender o resultado desejado e não sofrer uma ruptura antes do planejado. A vitória na competição se deu após a ponte tolerar a 90 kg de carga aplicada.

#### REFERÊNCIAS

Construção da Ponte de Espaguete. Rio Grande do Sul: Univates, 2013. P&B. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=wQhtyc9phxY>>. Acesso em: 23/05/2016.

MARTHA, L. F. FTOOL: Um programa gráfico-interativo para ensino de comportamento de estruturas, versão 3.0. Rio de Janeiro: PUCRJ, 2012.

Autodesk, Inc. AutoCAD- *Computer aided design*, 2016.

GONZÁLEZ, L. A. S., MORSCH, I. B. e MASUERO, J. R., “Didatic games in engineering teaching - case: spagueti bridges design and building contest”, 18th International Congress of Mechanical Engineering, Proceedings of COBEM (2005)

MASUERO, J. R. Proposta de Roteiro de Cálculo para Dimensionamento das Barras. Disponível em: <[http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/papo\\_roteiro.html](http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/papo_roteiro.html)>. Acesso em: 20/05/2016.

REIS, M. III Competição de Pontes de Macarrão. Disponível em: <<https://intranet.ifs.ifsuldeminas.edu.br/~marcelo.reis/pontemacarrao/>>. Acesso em: 20/05/2016.