



## **SEMANA DAS ENGENHARIAS**

# **COMPETIÇÃO DA PONTE DE MACARRÃO**

**Teresina 2022**

# **1 INTRODUÇÃO**

A Competição de Pontes de Espaguete é uma atividade acadêmica realizada em várias instituições de ensino mundo. Relatos indicam que a primeira instituição de ensino que realizou esta competição foi a Okanagan College, na Colúmbia Britânica, em 1983. No Brasil, a competição iniciou na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 2004, sendo, posteriormente, seguida por mais de 20 instituições brasileiras. Esta atividade envolve alunos dos cursos da área tecnológica, buscando estabelecer uma relação dos assuntos teóricos estudados na disciplina Resistência dos Materiais, Estabilidade das estruturas e disciplinas afins, com a prática projetual.

Este ano, mais uma vez os alunos do curso de Engenharia Civil, estão sendo desafiados a colocarem a prova os seus conhecimentos cálculo de estruturas, trabalho em equipe, liderança, espírito competitivo, através do projeto de extensão Competição de ponte de macarrão dentro da semana das Engenharias.

Pelo pioneirismo e pela experiência acumulada em mais 30 edições do evento, serão adotados o regulamento e os dados técnicos utilizados na competição da UFRGS, com objetivo de estimular uma saudável competição entre os alunos que adotam o mesmo regulamento.

A competição na UFRGS é coordenada por professores do Departamento de Engenharia Civil e de alunos bolsistas da Instituição, podendo ser acessado o evento no link da IES, [ufrgs.br](http://ufrgs.br). Através deste site é possível fazer a busca de informações e dicas para o projeto e a construção das pontes.

## **2 OBJETIVOS**

A *Competição de Pontes de Espaguete* tem por objetivo a análise estrutural, o projeto, a construção e o ensaio destrutivo de uma ponte treliçada de macarrão tipo espaguete e

colas epóxi e quente (tipo silicone, aplicada com pistola), respeitando o regulamento descrito a seguir. A ponte deve ser capaz de vencer um vão livre de 1m, com peso não superior a 750g. A construção da ponte deverá ser precedida da análise de algumas opções de tipos de pontes e do projeto detalhado do tipo de ponte escolhida, com estimativa de carga de colapso.

Esta atividade busca motivar os alunos no desenvolvimento de habilidades que lhes permitam:

- aplicar conhecimentos básicos das disciplinas Resistência dos Materiais e Estabilidade das Estruturas e disciplinas afins, para resolver problemas de estruturais;
- utilizar ferramentas computacionais para resolver problemas de estruturas;
- projetar sistemas estruturais simples;
- comunicar e justificar seus projetos em forma oral e escrita;
- trabalhar em grupo para executar seus projetos;
- executar uma atividade com regramento específico.

### **3 REGULAMENTO**

#### **3.1 DISPOSIÇÕES GERAIS**

- a) Cada equipe inscrita na competição poderá participar com apenas uma ponte;
- b) Antes da realização dos testes de carga das pontes, cada grupo deverá apresentar uma estimativa do valor da carga de colapso de sua ponte e uma lista das colas utilizadas na sua construção;
- c) É obrigatória a presença de todos os integrantes da equipe para realização do teste de carga;
- d) As equipes, cujas pontes não atenderem todos os requisitos deste regulamento, poderão efetuar o teste de carga no final do evento, porém, não concorrerão à premiação (Qual a pontuação ???)

mas receberão comprovante de participação, que contam como carga horária de atividades complementares.

e) Quaisquer dúvidas ou situações não previstas neste regulamento serão definidas, oportunamente, pela Comissão Organizadora. As equipes deverão formalizar as dúvidas por escrito.

### 3.2 NORMAS PARA A CONSTRUÇÃO DA PONTE

a) A ponte deverá ser indivisível, de tal forma que partes móveis ou encaixáveis não serão admitidas;

b) A ponte deverá ser construída utilizando apenas massa do tipo espaguete número 7 da marca Fortaleza e colas epoxi do tipo massa (exemplos de marcas: Durepoxi, Polyepox, Poxibonder, etc.) e do tipo resina (exemplos de marcas: Araldite, Poxipol, Colamix, ProEpoxi etc.). Será admitida também a utilização de cola quente em pistola para a união das barras nos nós. Outros tipos de cola poderão ser admitidos desde que sejam previamente submetidos à consideração da comissão organizadora por escrito.



Massa espaguete



Colas epoxi tipo massa

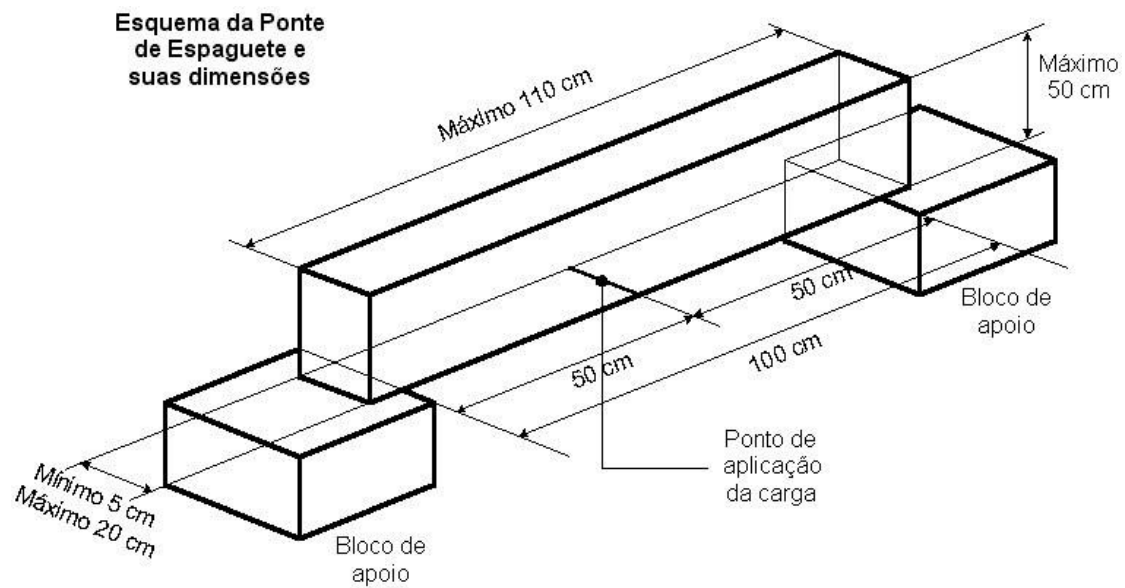


Colas epoxi tipo resina



Cola quente em pistola

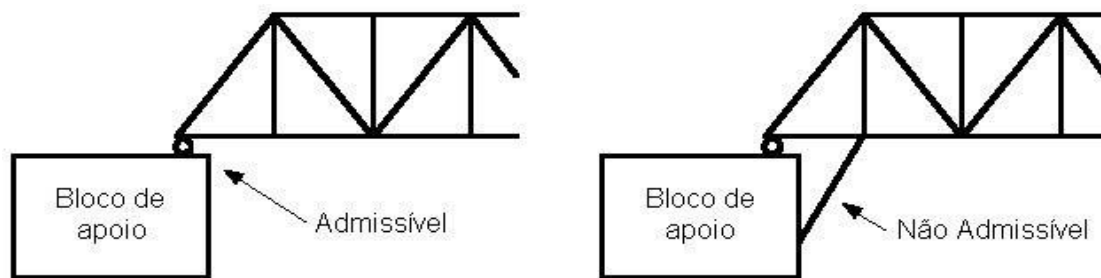
- c) O peso da ponte (considerando a massa espaguete e as colas utilizadas) não poderá ser superior a 750g;
- d) No limite de peso prescrito (750g), não serão considerados o peso do mecanismo de apoio fixado nas extremidades da ponte (descrito a seguir, no item g), nem o peso da barra de aço para fixação da carga (descrito a seguir, no item k), que serão estimados em 150g;
- e) A ponte só poderá receber revestimento ou pintura com as colas permitidas;
- f) A ponte deverá ser capaz de vencer um vão livre de 1m, estando apoiada livremente nas suas extremidades, de tal forma que a fixação das extremidades não será admitida;



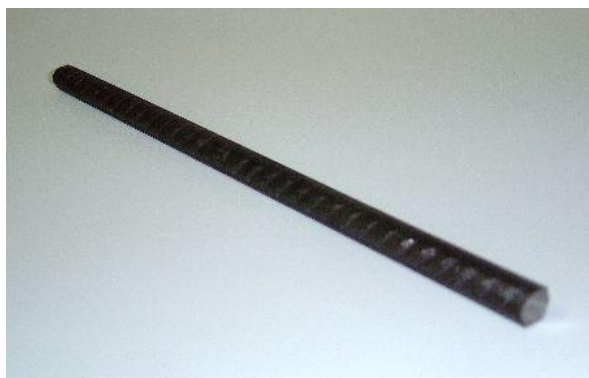
g) Na parte inferior de cada extremidade da ponte deverá ser fixado um tubo de PVC para água fria, de 20mm de diâmetro externo e 20cm de comprimento para facilitar o apoio destas extremidades sobre as faces superiores (planas e horizontais) de dois blocos colocados no mesmo nível. O peso dos tubos de PVC não será contabilizado no peso total da ponte, como descrito no item d.



h) Cada extremidade da ponte poderá prolongar-se até 5cm de comprimento além da face vertical de cada bloco de apoio. Não será admitida a utilização das faces verticais dos blocos de apoio como pontos de apoio da ponte;



- i) A altura máxima da ponte, medida verticalmente desde seu ponto mais baixo até o seu ponto mais alto, não deverá ultrapassar 50cm;
- j) A ponte deverá ter uma largura mínima de 5cm e máxima de 20cm, ao longo de todo seu comprimento;
- k) Para que possa ser realizado o teste de carga da ponte, ela deverá ter fixada na região correspondente ao centro do vão livre, no sentido transversal ao seu comprimento e no mesmo nível das extremidades apoiadas, uma barra de aço de construção de 8 mm de diâmetro e de comprimento igual à largura da ponte. A carga aplicada será transmitida à ponte através desta barra. O peso da barra não será contabilizado no peso total da ponte, como descrito no item d.



### 3.3 NORMAS PARA A APRESENTAÇÃO DAS PONTES

- a) Cada equipe deverá entregar sua ponte já construída, acondicionada em uma caixa de papelão suficientemente rígida, de modo a proteger a ponte contra eventuais impactos;
- b) Após a entrega de cada ponte, a Comissão Organizadora procederá a pesagem e a medição da ponte, bem como a verificação do cumprimento de todas as prescrições deste regulamento. As pontes serão identificadas com um lacre, permanecendo neste

local até o dia dos testes de carga. Pelo menos um membro da equipe deverá acompanhar o processo de pesagem, medição e verificação;

e) no dia dos testes de carga, cada equipe será responsável pela retirada e transporte da ponte até o local do evento, que será oportunamente definido, devendo obrigatoriamente permanecer com o lacre de identificação. As pontes que estiverem com o lacre rompido serão consideradas em desacordo com o regulamento da competição.

### 3.4 NORMAS PARA A REALIZAÇÃO DOS TESTES DE CARGA

a) A ordem da realização dos testes de carga das pontes corresponderá preferencialmente à ordem de entrega das mesmas e será divulgada oportunamente;

b) Cada grupo indicará dois de seus membros para a realização do teste de carga de sua ponte, sendo que apenas um posicionará os pesos no dispositivo de carregamento e o outro poderá auxiliar na escolha dos anéis. Ambos deverão utilizar equipamentos de proteção individual (capacete, óculos e luvas de proteção). Os grupos também indicarão outros dois membros para acompanhar o registro e validação do carregamento junto à comissão organizadora. Os demais integrantes deverão se posicionar junto à plateia;

c) A carga inicial a ser aplicada será o peso correspondente do mecanismo de suporte dos anéis que carregarão a ponte. Se após 10 segundos de ter aplicado a carga, a ponte não apresentar danos estruturais, será considerado que a ponte passou no teste de carga mínima, e ela estará habilitada para participar do teste da carga de colapso;

d) Se a ponte passou no teste da carga mínima, as cargas posteriores serão aplicadas em incrementos definidos pelos membros do grupo que estão realizando o teste. Será exigido um mínimo de 10 segundos entre cada aplicação de incremento de carga;

e) Será considerado que a ponte atingiu o colapso se ela apresentar severos danos estruturais menos de 10 segundos após a aplicação do incremento de carga. A carga de colapso oficial da ponte será a última carga que a ponte foi capaz de suportar durante um período de 10 segundos, sem que ocorressem severos danos estruturais;

f) Se na aplicação de um incremento de carga ocorrer a destruição do ponto de aplicação da carga, será considerado que a ponte atingiu o colapso, pela impossibilidade de aplicar



mais incrementos de carga (ainda que o resto da ponte permaneça sem grandes danos estruturais);

g) Após o colapso de cada ponte, os restos da ponte testada poderão ser examinados pela Comissão Organizadora, para verificar se na sua construção foram utilizados apenas os materiais permitidos. Caso seja constatada a utilização de materiais não permitidos, a ponte estará desclassificada;

h) Em caso de empate de duas ou mais pontes com a mesma carga de colapso, será utilizado como critério de desempate o peso menor e se persistir o empate, a doação da maior quantidade de alimento não perecível por parte da equipe no ato da inscrição. Se ainda persistir o empate, será considerada a ordem de entrega das pontes.

h) Quaisquer problemas, dúvidas ou ocorrências não contempladas neste regulamento deverão ser analisados pela Comissão Organizadora.

## **4 DADOS PARA O PROJETO**

Os dados apresentados a seguir, se referem ao espaguete prescrito para esta competição:

- Marca: Fortaleza
- Tipo: Spaghetti
- Número: 7
- Peso do pacote: 500g

### **4.1 DADOS GERAIS**

- Número médio de fios de espaguete em cada pacote: 500
- Diâmetro médio: 1,8mm

- Raio médio: 0,9mm
- Área da seção transversal:  $2,545 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$
- Momento de inércia da seção:  $5,153 \times 10^{-5} \text{ cm}^4$
- Comprimento médio de cada fio: 25,4cm
- Peso médio de cada fio inteiro: 1g
- Peso linear:  $3,937 \times 10^{-2} \text{ g/cm}$
- Módulo de Elasticidade Longitudinal:  $36000 \text{ kgf/cm}^2$

## 4.2 DADOS SOBRE A RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A carga de ruptura por tração para um fio de espaguete, independe do comprimento do fio, foi determinada através do ensaio de 6 corpos de prova submetidos a tração até a ruptura.

A carga média de ruptura obtida nestes ensaios foi de 4,267kgf.

## 4.3 DADOS SOBRE A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A carga de ruptura por compressão dos fios de espaguete está relacionada com o fenômeno da flambagem, que depende do comprimento do fio de espaguete, das propriedades geométricas da sua seção transversal e das condições de vinculação das extremidades.

Para as turmas das disciplinas onde o estudo da flambagem está fora do escopo do conteúdo abordado nas aulas, a carga de ruptura por compressão para cada barra comprimida da treliça da ponte, pode ser determinada através de curvas que foram obtidas a partir dos resultados de 93 ensaios de compressão de corpos de prova de diferentes comprimentos e formados por diferentes números de fios de espaguete.

Destas curvas, apresentadas a seguir, pode ser obtida a carga de ruptura por compressão para barras de diferentes comprimentos, formadas por diferentes números de fios de espaguete.

- a) Curvas de Carga de Ruptura por Compressão x Comprimento da Barra, para barras formadas com diferentes números de fios de espaguete, facilmente pesquisável.
- b) Curvas de Carga de Ruptura por Compressão x Número de Fios de Espaguete da Barra, para barras com diferentes comprimentos, facilmente pesquisável

Para as turmas das disciplinas onde o estudo da flambagem forma parte do conteúdo abordado nas aulas, na determinação da carga de ruptura por compressão de cada barra comprimida da treliça da ponte, sugere-se a proposta de roteiro de cálculo com a utilização da curva de flambagem que foi obtida a partir dos resultados dos testes de compressão, facilmente pesquisável.

## 5 SOFTWARE PARA O PROJETO

Neste capítulo é apresentada uma lista de programas computacionais úteis para o cálculo da ponte treliçada, façam buscas e visitas os sites dos programas e autores, mais maiores habilidades no uso das ferramentas.

Estão disponíveis os seguintes programas:

- **FTool.** Um programa implementado pelo Prof. Luiz Fernando Martha do Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. O programa permite analisar estruturas de barras no plano, e fornece como resultados reações, diagramas de esforços e deslocamentos. Está disponível também o [Manual do programa](#) em formato PDF. Não deixe de visitar o [site](#) do autor e conferir se existem versões novas.
- **Outros programas para análise de estruturas em três dimensões.** Podem ser usados livremente

## **6 COMISSÃO ORGANIZADORA**

Prof. Ismeraldo Pereira de Oliveira

Prof. Ronaldo Alves de Siqueira

Prof. Leonardo Cunha do Nascimento

Prof. Itamo Miguel Batista de Araújo

**Bom desafio a todos!**

*Comissão Organizadora*