

## APS 3: COMPETIÇÃO E PROJETO DE UMA PONTE DE MDF

---

Inspirada nas tradicionais competições de ponte de macarrão, a atividade é uma oportunidade para desenvolver habilidades transversais como a capacidade de análise, trabalho em equipe e resolução de problemas em um ambiente de prototipagem rápida, aprendizado dinâmico e interativo.

O objetivo da atividade é desenvolver o projeto estrutural de uma ponte de MDF aliando demandas técnicas de engenharia como requisitos de projeto e restrições econômicas.

### **CRONOGRAMA**

- **Dia 25/10 e 01/11: Estúdio**

Apresentação do cronograma/projeto dos elementos estruturais da ponte/ preparação para atividade no Fablab.

- **De 25/10 a 31/10 (Agendamento Fablab):**

Corte dos elementos e montagem da ponte. O grupo deverá agendar um horário no Fablab para facilitar o atendimento e o acesso às máquinas do laboratório. **O agendamento estará disponível de 26/10 a 31/10**, conforme disponibilidade do laboratório. O agendamento deve ser feito com antecedência através do link: <https://outlook.office365.com/owa/calendar/Fablab1@insper.onmicrosoft.com/bookings/>

Nome do serviço: APS 3 – Ponte

- **Dia 04/11 (TechLab)**

Ensaio de carga da ponte – TechLab.

Duração do ensaio: até 15min/grupo.

### **RUBRICA PARA ENTREGA DA PONTE**

No momento da entrega da ponte o grupo deverá apresentar um “flyer” indicando:

1. O número do grupo.
2. A massa total da ponte.
3. A carga de projeto da ponte: Valor de força que a ponte foi projetada para suportar sem romper ou entrar em colapso.

### REGULAMENTO DA COMPETIÇÃO

A fase de construção do protótipo envolve o desenho das peças em CAD, o corte a laser em chapa de MDF no FabLab e o ensaio final é feito sob supervisão no Techlab (Fig. 2). Assim como há concorrência no mundo da engenharia pelo avião mais leve ou pelo processador mais rápido, a etapa de resultados alimenta uma competição contínua pela ponte mais resistente do Insper e que atenda a requisitos mínimos de projeto.



Figura 2: Etapas do projeto da ponte de MDF

Para isso, a estrutura deverá superar um vão de 400 mm e suportar, **no mínimo**, uma carga equivalente a 150N, aplicada verticalmente para baixo, conforme a Figura 3.

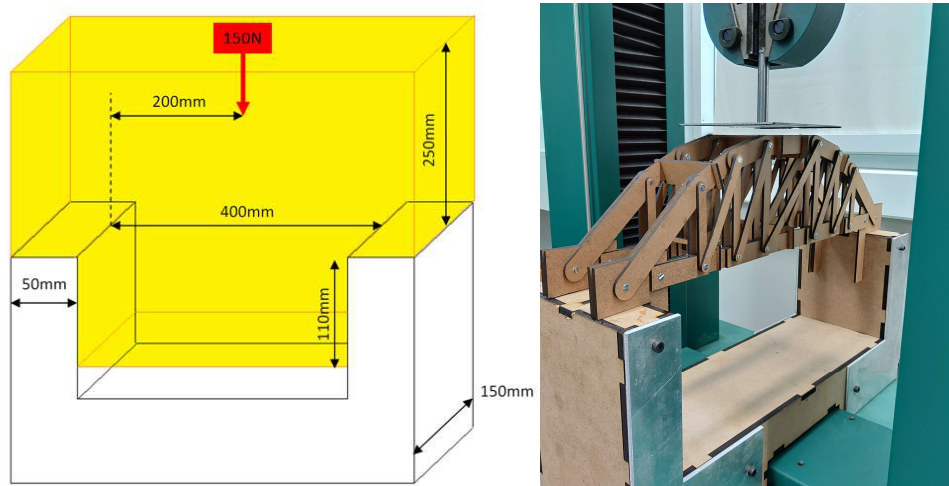


Figura 3 – Modelo do suporte para ensaio e restrições de geometria da ponte.

### **LISTA DE MATERIAL**

Cada equipe terá disponível a seguinte lista de materiais.

- Uma placa de MDF de dimensões 600mm X 600mm X 3mm. Os elementos da treliça devem ser desenhados em DXF e fabricados na cortadora a laser do FABLAB.
- Parafusos (1/8" X 1"), porcas e arruelas ilimitados serão usados para as conexões.
- 8 apoios (Figura 5).
- 6 transversinas (Figura 6).

### **RESTRIÇÕES DE PROJETO**

- A estrutura deverá superar um vão de 400 mm e suportar, **no mínimo**, uma carga equivalente a 150N, aplicada verticalmente para baixo, conforme ilustra a Figura 3.
- A estrutura só poderá ocupar o volume destacado em amarelo (Figura 3).
- A estrutura deverá ser composta de duas treliças planas conectadas uma à outra através de, no máximo, 6 transversinas padrão (Figura 6).
- A estrutura deverá ser fixada ao suporte usando, no máximo, 8 apoios padrão (Figura 5).
- A carga será aplicada por uma superfície plana que desce verticalmente (Figura 3). É obrigatório que o ponto central seja também o mais alto da estrutura.
- Um quadrado de 140mm de lado deve ser capaz de circunscrever qualquer membro da estrutura. Cada membro pode ter, no máximo, dois pontos de conexão (Figura 4).

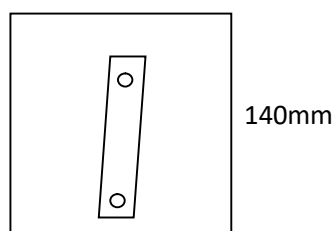


Figura 4 – Modelo de membro.

### **MODELO PARA OS APOIOS**

Os apoios terão formato de L conforme as medidas indicadas (Figura 5).

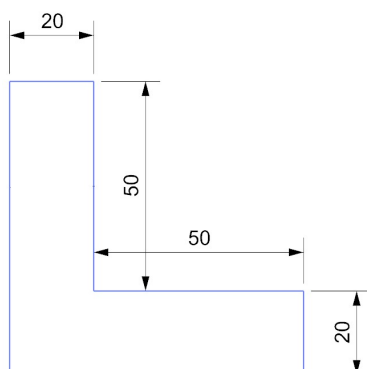


Figura 5 – Modelo de L.

### **MODELO PARA AS TRANSVERSINAS**

As transversinas terão formato indicado (Figura 6).

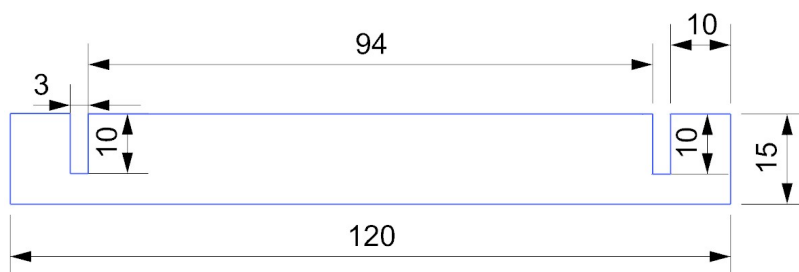


Figura 6 – Transversinas.

### RESULTADOS DE UM ENSAIO DE TRAÇÃO DO MDF

Para desenvolver o projeto e simulação da estrutura assuma as propriedades do MDF indicadas na Tabela 1.

Tabela 1:

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Limite de Fratura      | 32,38 Mpa |
| Módulo de Elasticidade | 3,74 Gpa  |



Figura 7 – Ensaio de tração em corpo de prova de MDF.

### RUBRICA PARA ENTREGA DA PONTE E REALIZAÇÃO DO ENSAIO

No momento da entrega da ponte, o grupo deverá apresentar um “Flyer” com as seguintes informações:

1. Número do grupo.
2. Massa total da ponte.
3. Carga de projeto da ponte: Valor de força que a ponte foi projetada para suportar sem romper ou entrar em colapso.

A equipe técnica/docente do Insper irá acompanhar o ensaio no laboratório de materiais para verificação da carga de colapso da ponte. **Estará desclassificada qualquer ponte que não suportar os 150N mínimos ou que não respeitar as condições e restrições de projeto (Exemplo: Pontes que não encaixarem no suporte usado para o teste). Nesse caso o grupo receberá nota zero na APS 3.**

### COLAPSO ESTÁ DEFINIDO POR:

- A carga de colapso oficial será a última carga registrada que a estrutura foi capaz de suportar sem apresentar instabilidade ou falha estrutural.
- Deformações grandes ou que adicionem pontos de apoio serão consideradas instabilidades.

**RUBRICA PARA PONTUAÇÃO NA APS 3**

1. **Valor mínimo de carga  $P_m$ :** Ser aprovado no teste inicial de carga (mínimo 150N).

$$P_m = \begin{cases} 5,0 & \text{aprovado no teste} \\ 0,0 & \text{reprovado no teste} \end{cases}$$

2. **Eficiência estrutural  $P_e$ :** Apresentar a maior relação Carga/Massa.

$$P_e = \frac{(CM)}{(CM_{max})} \times 2$$

- $CM$  = Relação Carga/Massa obtida.
- $CM_{max}$  = Relação Carga/Massa máxima suportada entre todos os grupos aprovados no teste inicial.

3. **Maior carga  $P_c$ :** Suportar a maior carga da competição.

$$P_c = \frac{(C)}{(C_{max})} \times 3$$

- $C$  = Carga suportada pela estrutura.
- $C_{max}$  = Carga máxima suportada entre todos os grupos.

**PONTUAÇÃO DA APS 3**

A pontuação final do grupo, na APS 3, será  $P = P_m + P_e + P_c$ , sendo  $P = 0$  para qualquer grupo cuja ponte não atender os requisitos de projeto.

**BÔNUS:** O grupo poderá somar até 1,0 ponto na nota final da APS 3 se a previsão de carga ( $C_p$ ) indicada for igual a carga máxima do ensaio da estrutura. Essa pontuação não será considerada em caso de pontuação máxima na APS.

$$B = \begin{cases} \frac{C_p}{C}, & \text{se } C_p < C \\ 0, & \text{se } C_p > C \end{cases}$$

Obs: Caso necessário, a APS delta dessa atividade será definida posteriormente pelo professor.