

## DESENVOLVIMENTO DE MODELO DIDÁTICO QUALITATIVO DE PÓRTICO HIPERESTÁTICO

**Sarah Cortez Brito<sup>1</sup>, Gustavo Henrique de Araújo Borges<sup>2</sup>, Moni Kelly Santos Soares<sup>3</sup>, André Luiz Gonçalves<sup>4</sup>, Vitor Amadeu da Silva Feitoza<sup>5</sup>, Rodrigo Araújo Fortes<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Estudante do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil – IFTO. e-mail: [sahcortezbrito@hotmail.com](mailto:sahcortezbrito@hotmail.com)

<sup>2</sup>Estudante do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil – IFTO. e-mail: [guhcalm@outlook.com](mailto:guhcalm@outlook.com)

<sup>3</sup>Estudante do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil – IFTO. e-mail: [monikellyssoares@gmail.com](mailto:monikellyssoares@gmail.com)

<sup>4</sup>Professor do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil – IFTO. e-mail: [andreluiz@ifto.edu.br](mailto:andreluiz@ifto.edu.br)

<sup>5</sup>Professor do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil – IFG. e-mail: [vitor.feitoza@ifg.edu.br](mailto:vitor.feitoza@ifg.edu.br)

<sup>6</sup>Professor do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil – IFTO. e-mail: [rodrigofortes@ifto.edu.br](mailto:rodrigofortes@ifto.edu.br)

**Resumo:** A construção de modelos didáticos estruturais surgiu como um veículo para a manutenção dos métodos de ensino, uma ferramenta que reforça e promove visualização clara e simplificada de comportamentos. Em conjunto de outras dinâmicas didáticas, promove um aspecto simpático a conceitos complexos ou abstratos, como agente de sua aproximação aos estudantes. Deve permitir discussões sobre a dinâmica interna da estrutura através da visualização dos seus comportamentos variados. Por envolver a prática e aprendizado, o modelo deve ser moldável, permitindo a montagem de arranjos para compreensão mais expressiva dos fundamentos teóricos. Esse trabalho descreve a construção de um modelo didático de pórtico hiperestático, associando suas características desejadas a suas interações educativas.

**Palavras-chave:** ensino de engenharia, estruturas, modelo didático.

### 1 INTRODUÇÃO

As alterações dos espaços e dos exercícios humanos são influenciadas pelo desenvolvimento científico. Embora apresente soluções cotidianas, materializa também aspectos fundamentais, como a manutenção dos métodos e didáticas para sua transmissão acadêmica. Ao considerarmos a dinâmica do desenvolvimento didático, torna-se necessário compreender elementos que promovem a transmissão do conhecimento de forma mais efetiva.

Modelos didáticos são usados geralmente como agentes de aproximação visual de conceitos teóricos abstratos ou complexos, sendo veículos para o reforço e construção de bases mais rígidas de conhecimentos técnicos do corpo acadêmico. Para compreensão mais intuitiva, são usados de modelos didáticos estruturais, nos quais podem ser feitos ensaios, a fim de se visualizarem deformações ou fraturas.

Na engenharia, os modelos didáticos de estruturas simples, que compõem pórticos e treliças, ajudam na visualização e desenvolvimento da percepção intuitiva das possíveis reações dos materiais nas estruturas. Assim que entendido esse ponto, são feitas inúmeras simplificações de estruturas a fim de avaliá-las de maneira mais simples e com resultados mais seguros (LEET *et al.*, 2014).

Nos cursos da área da engenharia civil há componentes curriculares cujo método de ensino é teórico e prático. Contudo, nem todas as disciplinas oferecem aos docentes e discentes a possibilidade de avaliações práticas, a exemplo as de Estruturas Isostáticas e Resistência dos Materiais. Para facilitar a visualização dos

elementos estruturais e melhorar o aprendizado, faz-se necessário dispor de materiais e técnicas que possibilitem aos discentes essa noção espacial, como por exemplo, o desenvolvimento de modelos estruturais didáticos e utilização de softwares.

De acordo com Pravia (2000), a utilização desses modelos facilita a compreensão das aulas expositivas, principalmente nas disciplinas de estruturas, pois mostram as representações físicas dos conceitos teóricos e possibilita uma aprendizagem mais rápida por parte dos alunos.

Para que haja o desenvolvimento do conhecimento intuitivo das estruturas, sugere-se que a experimentação anteceda a conceituação, a fim de desenvolver o raciocínio estrutural do aluno. Essa experimentação desenvolve-se a partir da elaboração de maquetes estruturais para que esses modelos, em escala reduzida, permitam a compreensão dos conceitos através da investigação e visualização dos aspectos qualitativos do fenômeno físico (SARAMAGO, 2009).

Como citado anteriormente, acerca da importância de visualização oferecida pelos modelos didáticos, neste trabalho se consiste, portanto, na elaboração de um modelo didático qualitativo de pórtico hiperestático com objetivo de ser utilizado em sala de aula e aperfeiçoar a aprendizagem de disciplinas do cunho estrutural. Trata-se de uma pesquisa de fundamentos exploratórios em relação aos objetivos citados. De maneira indutiva as considerações finais desta pesquisa devem aprimorar a base de conhecimento sobre aspectos estruturais de estruturas básicas.

## **2 METODOLOGIA**

Trata-se de uma pesquisa de natureza básica em relação aos objetivos citados. Na construção do corpo de dados foi admitida a postura indutiva do pesquisador, valendo-se de uma abordagem qualitativa. Em razão das análises comparativas, ou seja, para o desenvolvimento dos parâmetros de análise foram promovidas comparações didáticas, de forma que fossem visualizadas as deformações apresentadas pelo pórtico.

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir de análise de publicações referentes aos temas em estudo por meio de um levantamento de dissertações e artigos científicos.

O desenvolvimento do modelo físico envolveu fases de concepção de projeto, escolha do material utilizado e, finalmente, desenvolvimento do modelo.

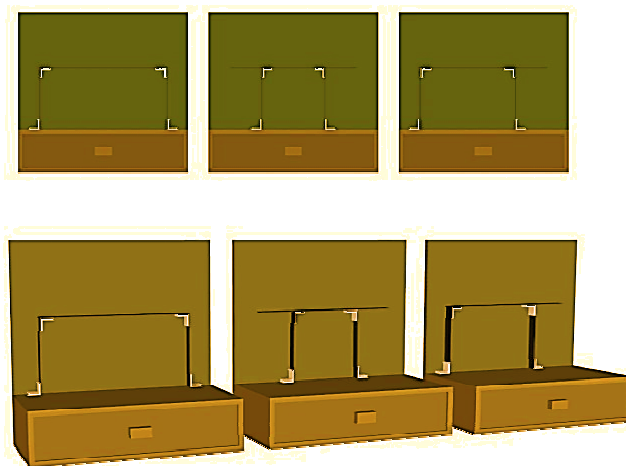
A escolha do material utilizado para a confecção do pórtico foi baseada na concepção de que o objetivo desse modelo didático eram que as deformações sofridas pela estrutura pudessem ser claramente visualizadas. Para isso, o material que veio a compor a estrutura deveria ser maleável. Portanto, foi definido que seriam

utilizadas régua metálicas, pois estas sofrem deformações quando sob ação de forças externas sem que se rompam.

Para montagem do pórtico foram necessárias três régua metálicas, sendo duas utilizadas na vertical, com 30 cm x 4 cm, e uma na horizontal sobre o vão das anteriores, com comprimento de 60 cm x 4 cm e com furos para permitir a locação de cantoneiras a cada 20 cm.

A união e fixação das régua foram feitas com cantoneiras, parafusos e porcas. As cantoneiras foram dispostas em posições que permitem três configurações diferentes para o pórtico, conforme a Figura 1, para possibilitar maior experimentação e visualização de reações da estrutura.

Figura 1 – Configurações possíveis



Fonte: próprio autor.

Um pórtico é hiperestático quando seus apoios são do terceiro gênero, ou seja, não permitirem qualquer movimento. Para isso, as régua verticais foram fixadas a uma base de madeira com utilização de cantoneiras, parafusos e porcas.

Para a visualização das deformações sofridas pela estrutura foi colocada uma película de papel *contact* fixada em uma madeira ao fundo do pórtico, funcionando como quadro. No momento em que a estrutura estiver deformada, é possível desenhar sua deformação e assim compará-la à posição inicial do pórtico.

A análise prática foi construída em três etapas: observação e comparação. Na primeira são feitas a escolha do arranjo, exposição da estrutura a carga externa e discriminação da deformação pelo contorno no quadro. Na segunda a comparação da deformação observada com a esperada pelo modelo digital já configurado com as características do pórtico feito no programa Ftool.

No modelo digital foi considerado para o material da régua, o módulo de elasticidade longitudinal de 200 GPa, e para suas dimensões transversais 1mm de espessura por 4 cm de largura, sendo usados de apoios do terceiro gênero.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 MONTAGEM DA ESTRUTURA

O processo de montagem do pórtico, para as três configurações propostas, teve início com a fixação de quatro cantoneiras na bancada de madeira com espaçamento de 20 cm entre cada uma, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Posicionamento das cantoneiras de fixação



Fonte: próprio autor.

Em seguida, para a Configuração 1, deve-se de nas cantoneiras mais externas posicionando, em seguida, a régua de 60 cm sobre o vão (Figura 3).

Figura 3 – Modelo didático



Fonte: próprio autor.

Para o modelo 2, deve-se posicionar as régua de 30 cm em cantoneira intercaladas e em seguida parafusar a régua de 60 cm sobre o vão (Figura 4).

Figura 4 – Modelo didático



Fonte: próprio autor.

Para o terceiro modelo, devem-se posicionar as régua de 30 cm nas cantoneiras do meio e fixar a régua de 60 cm sobre o vão (Figura 5).

Figura 5 – Modelo didático

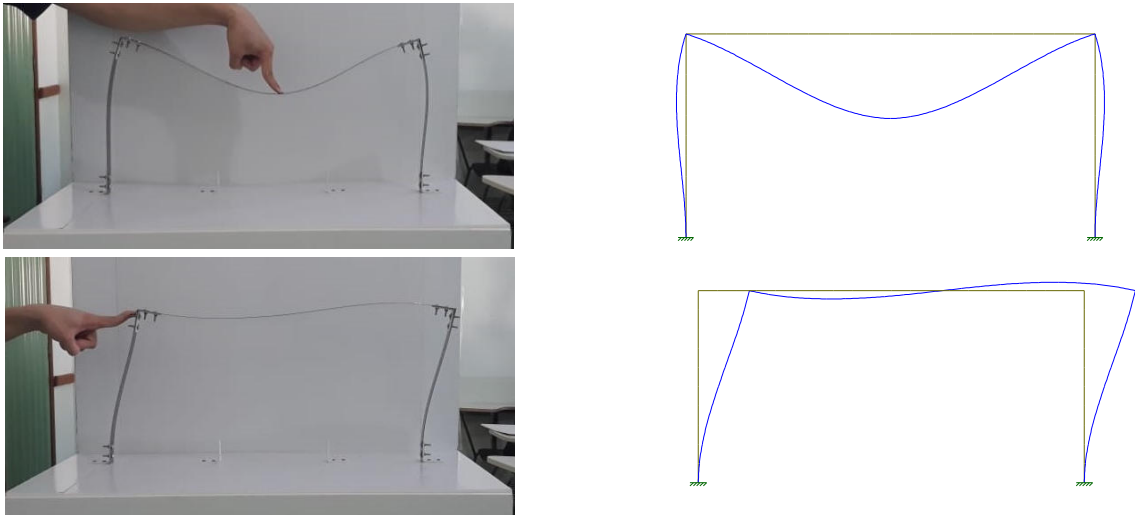


Fonte: próprio autor.

### 3.2 OBSERVAÇÃO DOS RESULTADOS

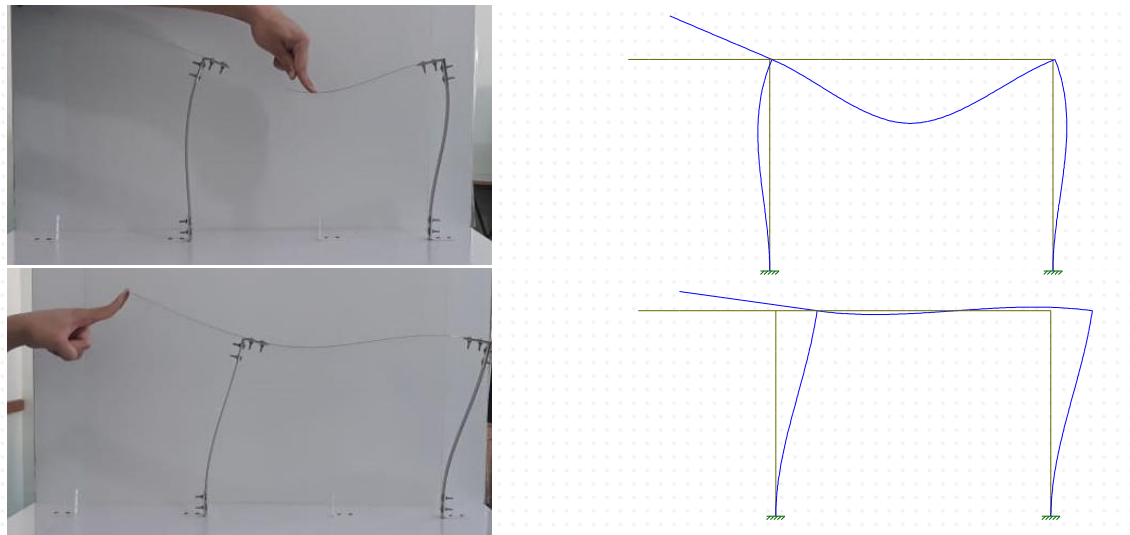
Após a montagem de cada uma das configurações propostas, foram realizados testes para análise das deformações do pórtico. Para cada configuração foram realizadas duas simulações de carregamento: uma com um peso vertical, no centro do pórtico e outra com um peso horizontal, na cantoneira superior, conforme as Figuras 6, 7 e 8.

Figura 6: Configuração 01 – Deformação do modelo físico e do digital, respectivamente



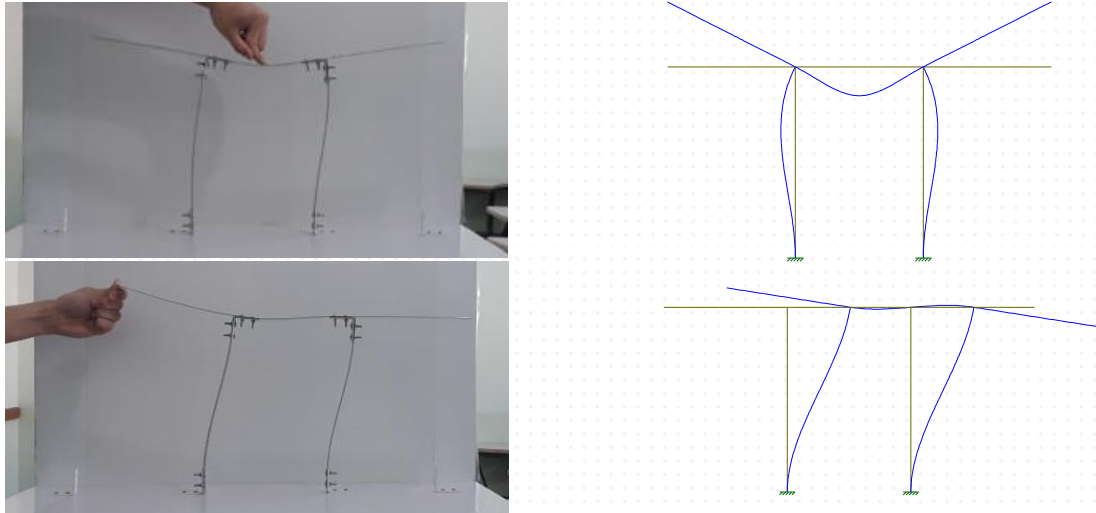
Fonte: Autores, 2019.

Figura 7: Configuração 02 - Deformação do modelo físico e do digital, respectivamente.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 8: Configuração 03 - Deformação do modelo físico e do digital, respectivamente.



Fonte: Autores, 2019.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho buscou apresentar um modelo didático de pórtico hiperestático e avaliar o cenário em que ele seria inserido. Todavia, a agregação buscada para o meio acadêmico com esse modelo ainda não foi totalmente alcançada, pois representa apenas aplicações “rasas” pela pesquisa estar focada no pórtico. As características físicas esperadas para a estrutura, se mostraram satisfatórias para seu ensino. Além disso, os resultados dos questionários mostraram que o uso desse modelo possibilitou compreensão do assunto. Portanto, a utilização deste modelo pode permitir que haja maior entendimento do conteúdo estrutural a partir da visualização dos comportamentos das estruturas, facilitando o processo de ensino e aprendizado.



## REFERÊNCIAS

LEET, K. M.; UANG, C. M. e GILBERT, A M. **Fundamentos da Análise Estrutural-3**. AMGH Editora, 2014.

PRAVIA, Z. M. C. e BORDIGNON, R. **Modelos intuitivos para ensino de estabilidade de estruturas**. In: XVIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto, Minas Gerais, 2000.

SARAMAGO, R. C. P.; DE ALMEIDA LOPES, J. M. **Ensino de estruturas nas escolas de arquitetura do Brasil: estrutura curricular e recursos didáticos**. Revista Tecnológica, p. 169-179, 2010.