



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA – MEC  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG  
Coordenadoria Geral de Pesquisa – CGP**

*Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Bloco 06 – Bairro Ininga  
Cep: 64049-550 – Teresina-PI – Brasil – Fone (86) 215-5564 – Fone/Fax (86) 215-5560  
E-mail: pesquisa@ufpi.br; pesquisa@ufpi.edu.br*

**MODELOS DIDÁTICOS: CONCEPÇÃO E FUNCIONAMENTO DAS ESTRUTURAS  
PARA O ENSINO DE ENGENHARIA**

*Valter Monteiro Brito (bolsista do ICV), Paulo de Tarso Cronemberger Mendes (Orientador,  
Depto de Estruturas – UFPI)*

**RESUMO**

O principal objetivo deste trabalho é apresentar modelos didáticos de ensino, resultados da análise computacional feita com pórticos espaciais, de forma a obter um quadro comparativo do funcionamento e da rigidez global dos diversos modelos utilizados, alterando as condições de apoio, os eixos principais de inércia dos pilares e enrijecendo o núcleo central, sob as mesmas condições de carregamento externo.

Com base nesta análise se pode concluir que a utilização de elementos de enrijecimento central, diminui consideravelmente as deformações nas estruturas.

Palavras-chave: Modelos didáticos. Análise computacional. Funcionamento.

**INTRODUÇÃO**

Modelos didáticos são ferramentas de ensino que vem sendo muito utilizados no ensino de estruturas em várias instituições de ensino no Brasil e no exterior. A construção destes modelos, além da possibilidade de visualização tridimensional, proporciona melhorias na interpretação do funcionamento estrutural, noções de extrema importância para o aprendizado do projeto estrutural.

A concepção estrutural, ou simplesmente estruturação, também chamada de lançamento da estrutura, consiste em escolher um sistema estrutural que constitua a parte resistente do edifício. Por esse fato é uma das etapas mais importantes no projeto estrutural, implica em escolher os elementos a serem utilizados e definir suas posições, de modo a formar um sistema estrutural eficiente, capaz de absorver os esforços oriundos das ações atuantes e transmiti-los ao solo de fundação, habilidade conceitual, que requer uma compreensão do comportamento dos seus componentes (elementos lineares, como as barras, elementos de superfície, como as placas e cascas, e os elementos sólidos, como os blocos), da forma como eles interagem no funcionamento de uma determinada estrutura, dos tipos de materiais envolvidos (concreto, aço, madeira e outros) e dos carregamentos previstos (FUSCO, 1985), (BELLEI, 2004), (ROBLES – ECHENIQUE, 1983) e (VASCONCELOS, 2000).

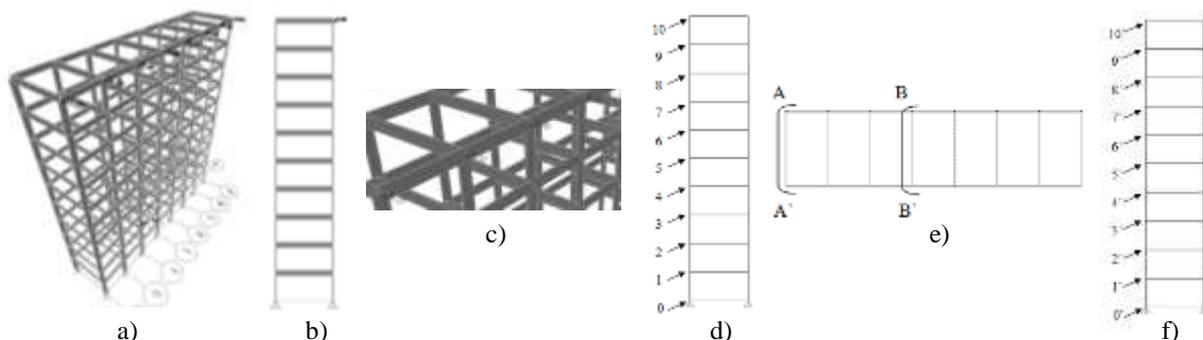
A confecção de modelos didáticos materializa todos os aspectos envolvidos, estimula o estudante quanto à percepção do uso adequado dos componentes e dos materiais na solução de problemas reais da engenharia e contribui para o desenvolvimento de soluções com estruturas não convencionais.

## MÉTODO

Consiste numa pesquisa experimental, com base na modelagem computacional feita no programa de cálculo estrutural SAP2000 versão 14.

Inicialmente foram utilizados como base, quatro modelos de pórticos espaciais: 1-Pilares com o eixo principal maior na direção X; 2-Pilares com o eixo principal maior na direção X, enrijecido no centro, 3-Pilares com o eixo principal maior na direção Y, 4-Pilares com o eixo principal maior na direção X, com tirantes no núcleo central. Com base nestes quatro modelos, foram alteradas as condições de apoio (condição de vínculo na base do pilar) e analisado a influência das lajes pré-fabricadas e lajes constraints (mássicas) no comportamento global da estrutura. Estas alterações geram um total de 24 modelos distintos.

Para verificar o comportamento dos modelos, foi atribuído um carregamento externo de 10 KN (kilonewton) em cada nó superior da estrutura (figura 1). Assim, os parâmetros para a comparação entre os diversos modelos foram os deslocamentos transversais nos nós, devido aos carregamentos, de forma a compor o quadro comparativo da rigidez global das estruturas.



**Figura 1** – a) Representação tridimensional do modelo de carregamento utilizado, b) e c) Aplicação do carregamento, Numeração dos nós onde: d) – Corte AA'; e) Vista de cima; f) Corte BB'

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a simplificação dos resultados, foram utilizados somente os deslocamentos ocorridos no nó número 10, em todos os modelos, uma vez que os deslocamentos são maiores nos nós superiores.

O grupo do modelo 1, foi o que apresentou maiores deslocamentos com relação ao eixo  $U_2$  (deslocamento no sentido das forças). Para alguns modelos, devido ao efeito diafragma da laje, mostraram deslocamentos significativamente menores com relação aos demais modelos do mesmo grupo.

Foi constatado também que, quando se engasta os pilares nos apoios, as deformações ocorrem de forma diferenciada, o que contribui para a redução dos deslocamentos nos nós.

Para o grupo do modelo 2, diferente do modelo 1, foi criado um núcleo resistente, onde se verificou deformações diferentes no plano de atuação do carregamento. Por outro aspecto, foi constatado uma melhoria bastante significativa da rigidez do conjunto em todos os modelos, com relação ao grupo 1.

A utilização da laje tanto o tipo pré-fabricada, quanto ao tipo constraints, conseguiram uniformizar os deslocamentos dos nós ao longo do plano de atuação do carregamento, reduzindo de forma significativa os impactos causados por este.

No grupo do modelo 3, pode-se constatar uma situação ideal de carregamento, algo que já era previsto, uma vez que a carga atua no eixo de maior momento de inércia, obtendo resultados melhores com relação aos demais grupos analisados.

No grupo do modelo 4, também foi criado um núcleo resistente no centro utilizando tirantes como elementos de contraventamento, onde se obteve resultados melhores que os do grupo 2. Comparando estes dois grupos, pôde-se verificar que, associando elementos de enrijecimento e lajes, o ato de se utilizar apoios do segundo gênero ou enrijecidos não influencia significativamente os resultados para o travamento horizontal da estrutura.

## CONCLUSÕES

Ao longo da análise dos resultados, foram realizados alguns comentários referentes aos resultados obtidos, para cada um dos grupos, frente às diversas concepções estruturais adotadas. Com base nestes comentários foram citados algumas conclusões consideradas pertinentes ao trabalho proposto.

A rigidez global da estrutura é obtida através da contribuição da rigidez de todos os seus elementos estruturais componentes, onde foi constada uma melhor resistência as deformações e aos deslocamentos dos nós, face à modelagem do núcleo por meio da alteração dos eixos principais de inércia e da utilização de barras, como elementos de contraventamento do núcleo central.

Com a análise dos resultados obtidos, observa-se que a consideração das lajes influencia muito no comportamento da estrutura, ocorrendo uma diminuição significativa dos deslocamentos horizontais e uma redistribuição de esforços. A redistribuição se dá pela capacidade que a laje tem de atuar como diafragma, evitando o encurvamento da estrutura, fazendo com que o núcleo acabe por absorver uma parcela maior dos esforços e um alívio para os demais elementos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLEI, I.H. **Edifícios industriais em aço**. Editora PINI Ltda. São Paulo, 2004.

FERNÁNDEZ - VILLEGAS, F.R.; ECHENIQUE – MANRIQUE, R. **Estruturas de madeira**. Editorial Limusa. Mexico, 1983.

FUSCO, P.B. **Estruturas de concreto – introdução ao projeto estrutural**. São Paulo, 1985.

VASCONCELOS, A. C. **Estruturas da natureza**. Studio Nobel Editora. São Paulo, 2000.