



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL ATRAVÉS DE SIMULAÇÕES DE PROTÓTIPOS: PARA FINS DIDÁTICOS

Alba C C Rocha - albarocha@unifacex.edu.br
Centro Universitário Facex- Unifacex/ Departamento de Engenharia Civil
Endereço: Orlando Silva, 2896, Capim Macio
CEP: 59080-020 – Cidade: Natal, Estado: Rio Grande do Norte

Francisco G R Maia - gildean.maia@hotmail.com

Joze S S Costa - joze.samara@gmail.com

Júlio C T Lucena - juliolucena7@gmail.com

Thyara A G Cruz - thyaraguedes@gmail.com

Resumo: Neste trabalho, propõe-se uma metodologia para o ensino das disciplinas de estruturas, nos cursos de Engenharia Civil, com foco nos deslocamentos dos elementos estruturais a partir da integração de conteúdos teóricos e simulações em protótipos reduzidos. A pesquisa tem como objetivo propor como estratégia pedagógica a elaboração de modelos reduzidos com o intuito de aprimorar e facilitar o ensino/aprendizagem dos discentes quanto à análise de estruturas. Partindo desse pressuposto, o ensino/aprendizagem é desencadeador de mudanças e exige preparo dos alunos com a finalidade de solidificar conceitos que lhe permitam enfrentar situações semelhantes no futuro. Essa análise tem interesse didático com resultados qualitativos e correlação baseada em dados quantitativos. A metodologia empregada toma como base a maquete estrutural que permite a análise do comportamento de diferentes modelos estruturais, além dos resultados teóricos obtidos em simulações computacionais. O estudo é resultante de uma revisão bibliográfica e simulações em laboratórios de protótipos em EPS.

Palavras-chave: Sistemas estruturais, Deslocamentos, Modelo reduzido.

1. INTRODUÇÃO

Comunicação e interesse são problemas educacionais que podem trazer consequências desastrosas para o processo de ensino e aprendizagem. (FELDER & SILVERMANN, 1988) abordam os problemas de comunicação e interesse quando afirmam que o aproveitamento do estudante em uma determinada aula é função, em parte, de sua habilidade natural e preparo anterior, mas também da compatibilidade entre o seu estilo de aprendizagem e o estilo do ensino do professor. Enfatizam que quando existe incompatibilidade de estilos os estudantes

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



podem se tornar desatentos, desmotivados quanto ao curso e currículo, e inseguros, e em certos casos, mudar de curso ou abandonar os estudos. Por outro lado os professores podem se tornar exageradamente críticos em relação aos seus alunos e piorar ainda mais as coisas, ou, então podem se questionar se escolheram a profissão correta.

Percebe-se que a educação é o caminho fundamental para transformar a sociedade. Descobrir as competências dos alunos equivale a construir caminhos de aprendizagem em cada etapa, visto que cada indivíduo tem sua própria maneira de aprender e se relacionar. (FELDER & SILVERMANN, 1988) concebem a aprendizagem como um processo de duas fases, envolvendo a recepção e o envolvimento da informação. Na fase da recepção a informação externa (captada pelos sentidos) e a informação interna (que surge introspectivamente) ficam disponíveis para o indivíduo, que seleciona o material a ser processado e ignora o restante. O processamento pode envolver simples memorização ou raciocínio indutivo ou dedutivo, reflexão ou ação, introspecção ou interação com outros indivíduos. Por outro lado, (CAMPBELL *et al.*, 2000) afirmam que “os estilos de aprendizagem referem-se às diferenças individuais na maneira como a informação é compreendida, processada e comunicada”. Salientam que os educadores que respeitam as diferenças individuais entre os alunos, ao mesmo tempo em que apreciam e celebram a diversidade na maneira de aprender, ensinarão mais através dos seus comportamentos do que através das estratégias.

É fundamental associar as ferramentas já conhecidas para facilitar a construção do conhecimento, tornando a aprendizagem um ato que tenha significado para os alunos. O aluno precisa perceber que todos os conceitos que está adquirindo fazem parte de um conteúdo maior, e que esse conjunto será necessário para sua formação profissional e humanística.

Desenvolver e explorar novas formas de avaliar a concepção dos fenômenos estruturais pelos estudantes no início dos cursos de engenharia estimula a criatividade e propicia maiores transformações. As avaliações normalmente utilizadas pelas disciplinas de estruturas adotam formulações em que o estudante mecanicamente é treinado a resolver problemas prontos, previamente formatados. O estudante, neste caso, não participa da elaboração do problema, o que faz com que a teoria das estruturas permaneça bastante abstrata para eles. A aprendizagem de conceitos básicos como solução no processo ensino e aprendizagem pode levar estudantes e professores a encontrar um caminho mais curto para o aprendizado significativo nesta área, (AUSUBEL *et al.*, 1978). (LIMA, 1999) destaca que o indivíduo precisa ter a percepção do início e fim do que está sendo analisado ou estudado, o processo iniciado pode ter continuidade através dos conceitos adquiridos, porém tudo que é incorporado à estrutura cognitiva do indivíduo precisa fazer parte das relações deste com o meio em que se relaciona.

Didaticamente falando, é notado que uma aula dinâmica, aparentemente informal e descompromissada com livros didáticos e roteiros, com certeza rende muito mais e gere mais resultados positivos em comparação com uma aula formal. Partindo desse pressuposto, entende-se que os resultados didáticos que fogem do habitual, com a demonstração prática do que é ensinado, alcançam melhores efeitos em um estimado período.

As vigas são estruturas lineares submetidas preponderantemente ao esforço de flexão, portanto, destaca-se a importância de verificar a flecha que ocorre na seção longitudinal da

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





peça. (HOSSDORF, 1974) afirma que existem basicamente três formas de compreender o comportamento desse fenômeno físico, são elas: a observação direta, o uso da teoria e a realização de experimentos.

As decisões iniciais e mais importantes na concepção de um projeto estrutural, que objetiva tanto os parâmetros estéticos como também os econômicos, apresentam valores qualitativos e intuitivos. Sendo assim, é de suma importância que os profissionais envolvidos neste processo, tenham a capacidade de discernir a conduta das estruturas em diferentes situações.

Durante o curso de engenharia civil, associado às aulas teóricas, há necessidade de expor de forma didática o efeito dos carregamentos nas vigas estruturais submetidas à flexão. A ausência dessas aulas práticas faz com que os futuros profissionais apresentem deficiências quanto ao entendimento comportamental das estruturas. Com isso, devido ao avanço tecnológico e diante das necessidades, torna-se necessário a utilização de modelos em escala reduzida para expressar visualmente o comportamento estrutural da peça, levando em consideração suas características físicas e mecânicas.

O professor deve desenvolver os conhecimentos teóricos ao mesmo tempo em que desenvolve a intuição do aluno. Conforme os estudos de (POLILLO, 1974), o cálculo estrutural evoluiu devido à arquitetura moderna, e o avanço da arquitetura moderna ocorre graças aos novos recursos de cálculo e à tecnologia que estão à disposição. A prova disso está no fato de que, em geral, os países avançados em arquitetura são também grandes centros de engenharia estrutural.

Mediante o exposto, a finalidade deste trabalho é apresentar estudos experimentais para avaliação do comportamento de um modelo estrutural qualitativo (MOLA MODEL) através de um protótipo em Poliestireno Expandido (EPS) para simular de forma didática o comportamento de uma viga isostática biapoiada submetida a carregamentos uniformemente distribuídos.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste estudo utilizou-se a maquete estrutural desenvolvida por (OLIVEIRA, 2008), juntamente com os protótipos em EPS produzido por (SANTOS, 2011) e (ROCHA *et al.*, 2016). O primeiro equivale em avaliar o modelo qualitativo intitulado de Mola Model, e o segundo em avaliar o comportamento estrutural produzido com EPS para fins didáticos. A fase inicial do trabalho se constituiu em apresentar métodos que desperte a capacidade de percepção visual dos alunos, auxiliando na compreensão do comportamento dos elementos estruturais de forma mais didática e interativa. Esse objetivo pode ser alcançado pelo estudo das propriedades dos sistemas estruturais através de uma análise qualitativa, principalmente pela observação das configurações deformadas de modelos reduzidos.

Neste perfil de investigação, os conceitos básicos dos elementos estruturais são estudados através de uma abordagem não matemática. A análise qualitativa é realizada com a utilização de modelos físicos reduzidos construídos com materiais relativamente flexíveis, como a borracha e o isopor por exemplo. A aplicação desses modelos qualitativos com o intuito de reproduzir as configurações deformadas de elementos estruturais impostas pela

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção

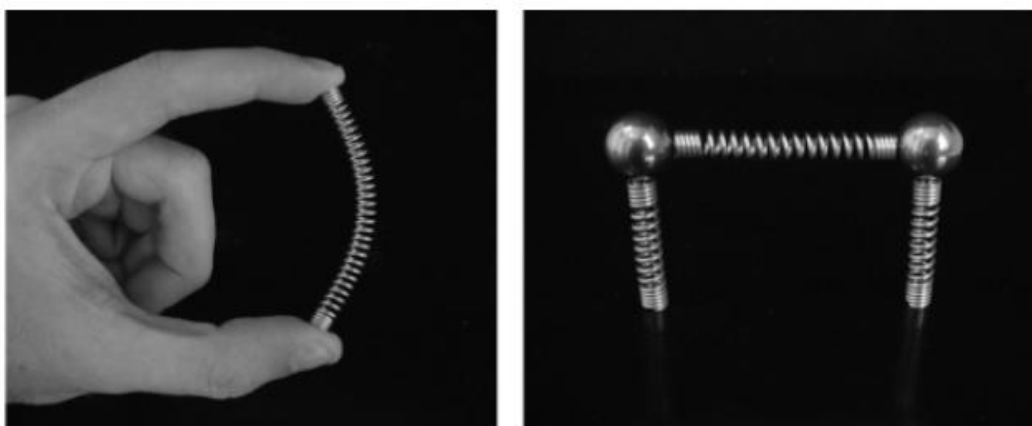




ação de cargas nos mesmos, proporciona uma maneira simples e eficiente de se entenderem os conceitos básicos da engenharia ,tais como tração, compressão, flexão , flambagem e torção, despertando o sentimento e a intuição dos alunos. Nessa etapa, buscou-se elaborar uma proposta que proporcione a reflexão: permitir aos alunos uma aquisição da sensibilidade necessária ao entendimento dos diversos sistemas estruturais, e que seja capaz de motivá-los , despertando o interesse pelo estudo da análise estrutural nos períodos seguintes.

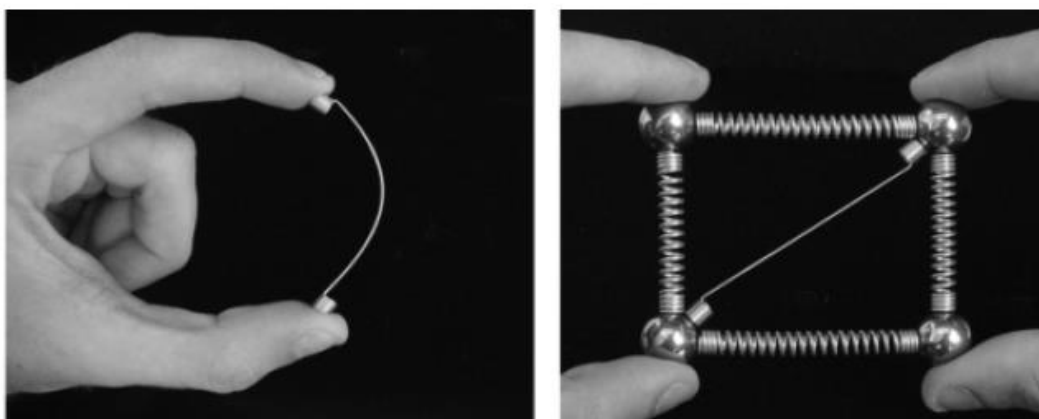
A maquete estrutural de (OLIVEIRA, 2008), é composta pelas mesmas peças que constituem uma estrutura comum, como pilares, vigas, lajes, paredes, contraventamentos, ligações , cabos, arcos, etc. Os pilares e vigas são representados através das molas metálicas de tração e compressão que permitem grandes deformações quando carregadas, retornando a sua forma original após o descarregamento, conforme a “Figura 1”.

Figura 1- Peças que compõem a maquete estrutural: Pilares e vigas (OLIVEIRA, 2008)



Por outro lado, os contraventamentos e tirantes são as molas metálicas com a parte central retilínea que apresentam pouca resistência à compressão, como mostra a “Figura 2”.

Figura 2- Contraventamentos e tirantes (OLIVEIRA, 2008)



Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



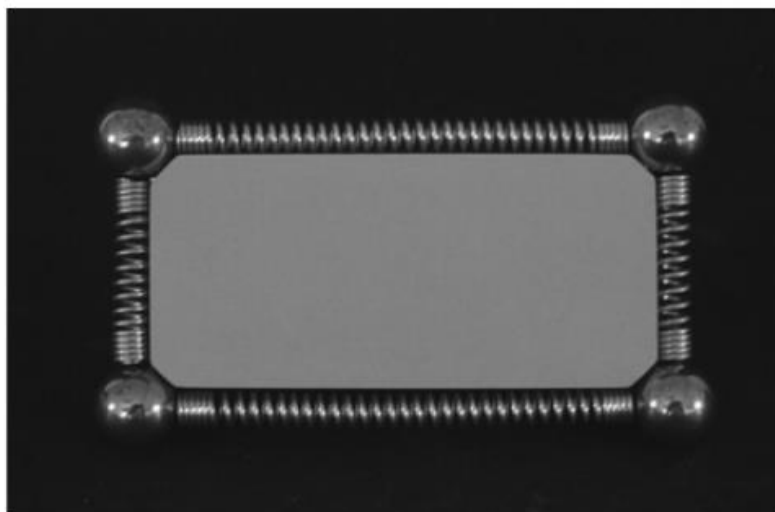
Promoção





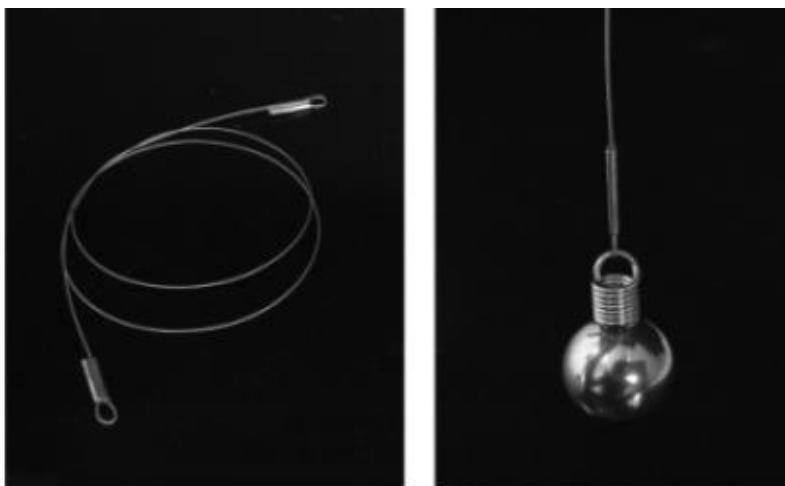
As lajes e paredes correspondem as placas rígidas de MDF (Medium- density fiberboard) com imãs na periferia, conforme a “Figura 3”.

Figura 3- Peças que compõem a maquete estrutural: Lajes e paredes (OLIVEIRA, 2008)



Os cabos são retratados de duas maneiras distintas dependendo da finalidade, podem ser pequenos cabos metálicos , ou pequenas correntes também metálicas, como mostra a “Figura 4”.

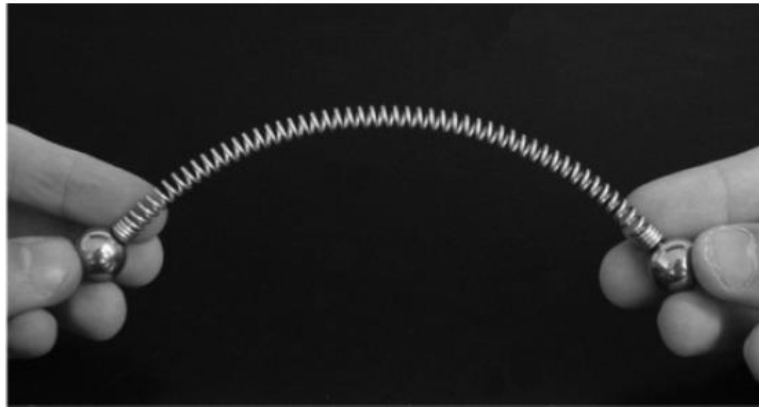
Figura 4- Peças que compõem a maquete estrutural: cabos (OLIVEIRA, 2008)



Os arcos configuram as molas metálicas de tração e compressão com o eixo curvo, conforme a “Figura 5”.

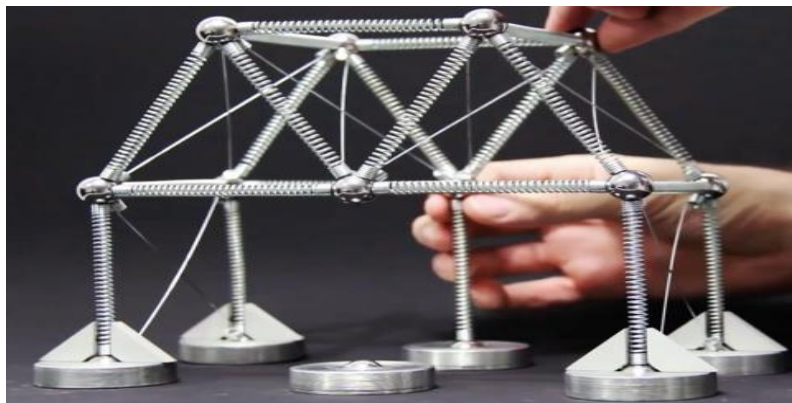


Figura 5- Peças que compõem a maquete estrutural: arcos (OLIVEIRA, 2008)



Todas as conexões são realizadas por meio de magnetismo. Esferas metálicas desempenham o papel da ligação entre as peças que possuem ímãs em suas extremidades. Além de facilitar a montagem, as ligações permitem uma ampla possibilidade de arranjos, podendo assumir qualquer posição e gerando liberdade de criação, representado na “Figura 6”

Figura 6- Modelo estrutural MOLA MODEL (OLIVEIRA, 2008)



De tal maneira, a evolução da tecnologia possibilitou o desenvolvimento de técnicas computacionais voltadas para a interação com o ambiente de aprendizagem. Dessa forma é possível comparar sistemas gerados por programas de software com a maquete estrutural, verificando se as configurações deformadas de elementos estruturais impostas pela ação de cargas nos mesmos são similares e se aplicáveis nas estruturas reais.

As demais comparações foram realizadas com simulações em EPS (Poliestireno Expandido) em pontos distintos para verificar as deformadas geradas ao longo da estrutura por (SANTOS, 2011) e (ROCHA *et al.*, 2016).

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção



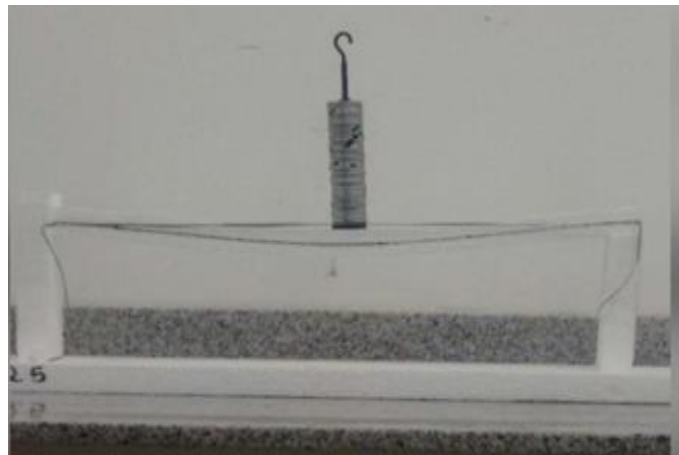


3. RESULTADOS

A apresentação e análise dos resultados foi organizada e dividida segundo a tipologia das estruturas desenvolvidas em EPS e o modelo de maquete estrutural. Foram realizados estudos prévios com a finalidade de identificar o comportamento de uma estrutura real quando submetida a esforços, obtendo resultados qualitativos quanto à flecha provocada em vigas biapoiadas submetidas a carregamentos em pontos distintos (SANTOS, 2011).

Desenvolvido no Encontro Científico e Cultural do Unifacex - ENEX um modelo, no qual percebeu-se que o protótipo simulou de forma qualitativa o comportamento dos deslocamentos de uma viga em concreto armado ao longo da seção longitudinal, representado na “Figura 7”.

Figura 7 – Protótipo em EPS desenvolvido no ENEX (ROCHA *et al.*, 2016)



Percebeu-se que o protótipo em EPS simulou de forma qualitativa o comportamento dos deslocamentos de uma viga em concreto armado ao longo da seção longitudinal. Essa verificação foi comprovada quando confrontados os valores medidos nos experimentos com os calculados por meio do método da carga unitária, considerando a mesma peça em concreto armado.

Na Simulação 1 os deslocamentos em todos os pontos medidos ocorreram de forma simétrica e uniforme, com o deslocamento máximo no meio do vão conforme o previsto e o obtido nos cálculos. Na simulação 2 não houve deslocamento durante toda a peça, pois conforme a teoria o apoio recebe toda a carga aplicada sem que haja solicitação na viga. Para o carregamento concentrado aplicado em 17 cm, observou-se uma concavidade desuniforme e assimétrica conforme o previsto, levando em consideração a excentricidade da carga no vão longitudinal. O maior deslocamento foi encontrado na Simulação 3, onde a carga aplicada no meio do vão gera um momento fletor superior as demais simulações, porém diferente do esperado os deslocamentos nos demais pontos equidistantes demonstraram um comportamento assimétrico, representado nas “Figuras 8,9 e 10”.

Assim, acredita-se que o uso de modelos qualitativos como ferramenta de auxílio ao aprendizado, e a uma pré-avaliação do comportamento das estruturas seja uma proposta eficiente.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





Os modelos permitem que o profissional ou o estudante desenvolvam um sentimento intuitivo do comportamento dos sistemas estruturais.

Figura 8- Simulação 1 (Carga distribuída)

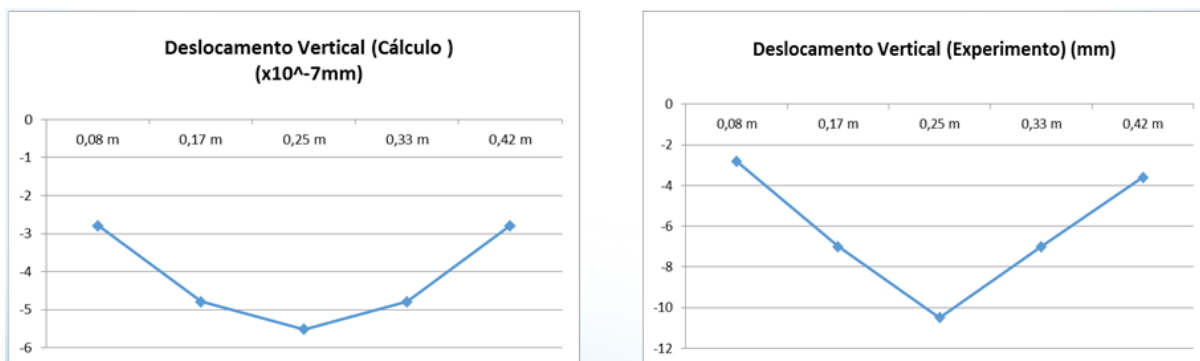


Figura 9- Simulação 2 (Carga concentrada à 0,17m do apoio)

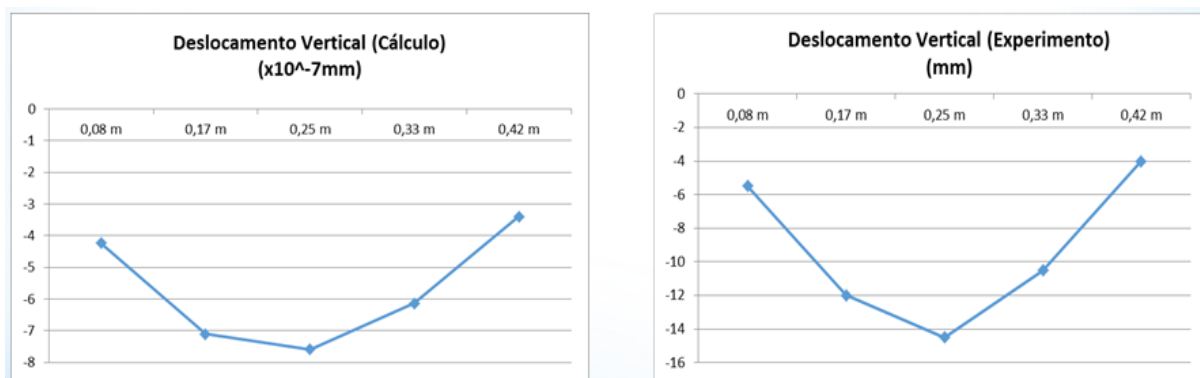
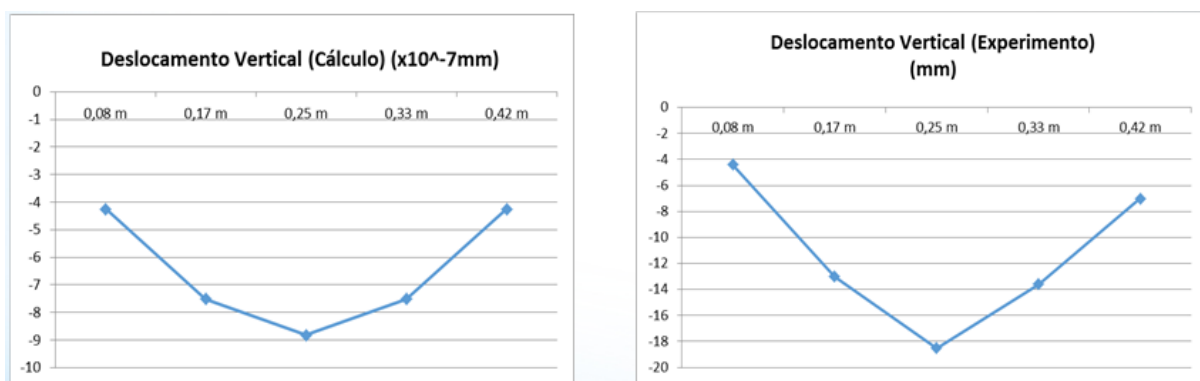


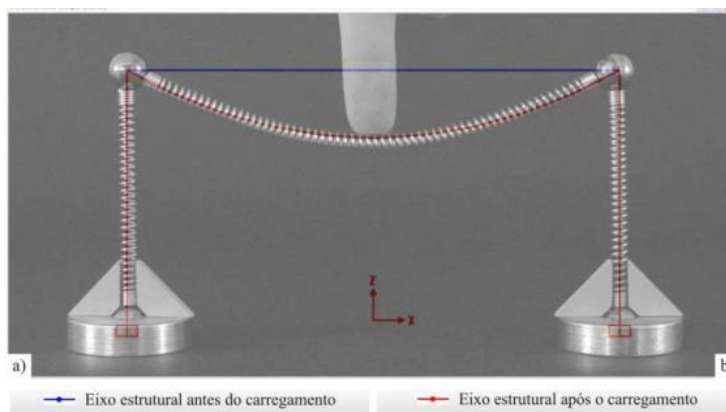
Figura 10- Simulação 3 (Carga concentrada à 0,25m do apoio)



De modo geral, na comparação dos resultados, foi encontrada boa concordância entre as deformadas da Maquete Estrutural e as deformadas geradas pelo software referentes ao comportamento dos sistemas estruturais ensaiados. Porém, alguns detalhes foram observados.

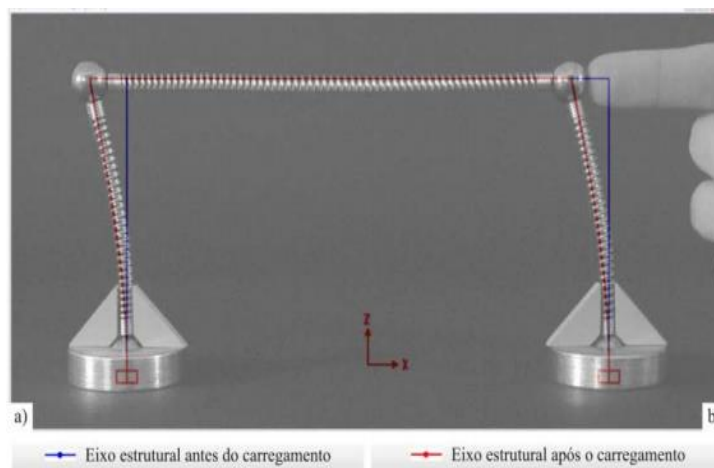


Figura 11 - Sobreposição de imagens: estruturas planas – a) imagem do modelo deformado, b) deformada gerada pelo software impressa em transparência. (OLIVEIRA *et al.*, 2008)



Observa-se com a sobreposição das imagens na “Figura 11” que para o pórtico montado com a Maquete Estrutural a configuração da deformada é bem similar a simulação computacional. Os eixos estruturais deformados coincidem ao longo de todo o comprimento dos elementos estruturais, mostrando um bom desempenho das ligações rotuladas, que neste caso não transmitem momento para as colunas.

Figura 12 - Sobreposição de imagens: estruturas planas – a) imagem do modelo deformado, b) deformada gerada pelo software impressa em transparência. (OLIVEIRA *et al.*, 2008)



Para o pórtico apresentado na “Figura 12”, a configuração da deformada da Maquete Estrutural é também similar à simulação computacional, porém, os eixos deformados das colunas não coincidem exatamente ao longo de todo o comprimento do elemento analisado, existindo uma imprecisão nas colunas próxima as ligações engastadas. Assim como nos ensaios de colunas e vigas mostrados anteriormente, essas imprecisões estão associadas às peças de ligação rígida.



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos constataam a eficiência do modelo para a pré-avaliação do comportamento de sistemas estruturais. O modelo estrutural metálico mostrou-se bastante eficaz, pois permite a avaliação do comportamento de diferentes estruturas sob diversos aspectos, levando em conta conceitos de estabilidade estrutural, visualização dos deslocamentos e deformações, comportamento quanto ao tipo de carregamento e condições de contorno, a influência da forma e do arranjo dos elementos, além do processo de montagem.

O EPS (poliestireno expandido) mostrou-se bastante eficiente na representação do comportamento da estrutura analisada, as peças representam bem a transmissão dos esforços e deslocamentos de uma estrutura real. O modelo possui praticidade de montagem e manuseio e os resultados obtidos comprovam a eficiência de maneira qualitativa do modelo para a pré-avaliação do comportamento de sistemas estruturais.

As demonstrações facilitam o entendimento dos alunos em assimilar a teoria com a prática, já que foi possível notar que grande parte dos alunos têm dificuldades em compreender o que as estruturas estudadas sofrem quando submetidas a variadas cargas. Tendo em vista isso, haverá uma busca permanente para melhorar as formas de ensino e observou-se que, empregando os materiais adequados, é possível simular o comportamento de uma estrutura real quando submetida a esforços em um modelo estrutural. De tal forma, através desses materiais que apresentam comportamentos semelhantes às estruturas reais, é possível obter resultados qualitativos semelhantes àqueles presentes nos elementos empregados na engenharia, além de auxiliar na compreensão dos alunos do curso de engenharia civil, ao que se refere à mecânica das estruturas. Logo, ao aprimorar essa capacidade de percepção, esse profissional estará mais preparado para realizar projetos estruturais e para o mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.S.; HANESIAN, H. - **Educationalpsychology**: acognitiveview. New York,. 1978.

BALLAROTTI, Cesar.; COTANI, Miguel Luiz.; SERRA, Geraldo G.; PATROCINO, Luiz G. **Aprendizado dos conceitos básicos de sistemas estruturais em cursos de arquitetura e engenharia numa perspectiva fenomenográfica**. São Paulo. 2008

CAMPBELL, L.; CAMPBELL, B.; DICKINSON, B. **Ensino e aprendizagem por meio das inteligências múltiplas** .2.ed. Tradução de Magda França Lopes, Porto Alegre: Artes Médicas Sul ,2000.

CARVALHO, Anna C. B. D.; PORTO, Arthur J.V;BELHOT, Renato V. **Aprendizagem significativa no ensino da engenharia** . Revista PRODUÇÃO, São Paulo, v.11 , n.1, p.82-87, 2001.

FÁVERO, Maria de Lourdes de A. **Universidade brasileira em busca de sua**

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





identidade. Petrópolis, Vozes, 1977.

FELDER, R. M.; SILVERMANN, L.K. Learning and Teaching Styles in Engineering Education. **Engineering Education**, 78(7), April 1988, p. 674-681

HOSSDORF, Heinz. **Model analysis of structures**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1974.

KURI, Nídia Pavan. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Centro de Ciência Exata e Tecnologia. **Tipos de personalidade e estilos de aprendizagem:** Proposições para o ensino de engenharia, 2004. p Tese (Doutorado)

LIMA, Adriana F. S. O. Pré-escola e alfabetização. Vozes 11^a ed., Petrópolis - RJ, 1986.

MARTINS, Ilza; MENEGOLLA, Maximiliano. Didática: aprender a ensinar: Técnicas e reflexões pedagógicas para formação de formadores. São Paulo, Edições Loyola, 1989.

MORAN, Jose Manuel. **Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologia**. Porto Alegre. 2000.

OLIVEIRA, Márcio Sequeira. **Modelo Estrutural Qualitativo pra pré-avaliação do comportamento de estruturas metálicas**. Ouro Preto. 2008.

POLILLO, Adolpho. [Sem título]. In: Encontro de professores de estrutura para escolas de arquitetura, 1., 1974, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Ed. FAU USP, 1974. Organizado pela Associação Brasileira de Escolas de Arquitetura.

ROCHA, A. C. C., COSTA, J. S. S., SILVA, M. D. S., *et al.* **Análise dos deslocamentos de vigas isostáticas por meio de simulações em protótipos de EPS**. ENEX. Natal, 2016.

RODRIGUES, Claudia S. C., *et al.* **Uma aplicação da realidade aumentada no ensino de modelagem dos sistemas estruturais**. Passo Fundo. 2010.

SANTOS, Vanessa da Silva Costa. **Estudo do Comportamento Estrutural com Modelos Qualitativos com Finalidade Didática**. Guaratinguetá. 2011.

TONIAZZO, Neoremi de Andrade. **Didática: A teoria e a prática na educação**. FAMPER. 2002

ANALYSIS OF STRUCTURAL BEHAVIOR OF BEAMS THROUGH PROTOTYPES SIMULATION IN EPS: FOR DIDACTIC PURPOSES

Organização



Promoção



Joinville/SC – 26 a 29 de Setembro de 2017
UDESC/UNISOCIESC
“Inovação no Ensino/Aprendizagem em
Engenharia”



COBENGE 2017
XLV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Abstract: *In this work, a methodology is proposed for the teaching of the disciplines of structures, in the courses of Civil Engineering, focusing on the displacement of the structural elements, from the integration of theoretical contents and simulations in reduced prototypes. The research aims to propose as pedagogical strategy the elaboration of reduced models with the purpose of improving and facilitating the teaching / learning of the students regarding the analysis of structures. Based on this assumption, teaching / learning is a trigger for change and requires the students' preparation in order to solidify concepts that allow them to face similar situations in the future. This analysis has a didactic interest with qualitative results and correlation based on quantitative data. The methodology used is based on the structural model that allows the analysis of the behavior of different structural models, besides the theoretical results obtained in computational simulations. The study results from a literature review and simulations in laboratories of prototypes in EPS.*

Key-words: *Structural systems, Displacements, Reduced model.*

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia