

ANÁLISE DE TRELIÇAS UTILIZANDO O MODELO ESTRUTURAL QUALITATIVO MOLA

Diego Luís Izidoro – diego.izidoro@ifmg.edu.br
Danielli Ferreira Silva – danielli.silva@ifmg.edu.br
Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – Campus Formiga
Rua Padre Alberico, 440 São Luiz
CEP: 35570-000 – Formiga – Minas Gerais

Resumo: O ensino de Engenharia por meio de modelos físicos tem se mostrado eficaz para facilitar a compreensão dos alunos sobre comportamento real de sistemas. Nas disciplinas de estruturas, tradicionalmente limitadas a teoria e cálculos, modelos físicos têm sido desenvolvidos e aplicados nas aulas para que os estudantes observem na prática o que ocorre em uma estrutura sujeita a esforços mecânicos. Com base nisso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o entendimento de alunos de Engenharia do Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Formiga, na disciplina de Mecânica Geral, quanto ao comportamento estrutural de treliças submetidas a esforços mecânicos por meio do uso do modelo estrutural Mola. Inicialmente foi realizado um exercício para avaliar a intuição dos alunos. Então foi desenvolvido um roteiro com cinco montagens distintas com o Modelo Mola. Durante a aula, os alunos foram orientados a seguir esse roteiro, aplicar forças nos modelos das treliças e relatar o comportamento observado. Por fim, um questionário foi aplicado aos alunos para avaliar a eficácia da atividade realizada. Os resultados mostraram que o uso do modelo estrutural Mola contribuiu significativamente para o entendimento dos conceitos de tração e compressão e para compreensão do comportamento estrutural de treliças.

Palavras-chave: ensino de estruturas, estática, modelo estrutural Mola, treliças.

1 INTRODUÇÃO

No estudo de comportamentos físicos podemos considerar três abordagens possíveis: pela observação direta dos fenômenos, pela teoria ou por experimentos. Neste sentido, a realidade pode ser simulada tanto por modelos teóricos como por modelos físicos (HOSSDORF, 1974, apud OLIVEIRA, 2008, p. 14).

No ensino de Engenharia, no entanto, principalmente em disciplinas da área de estruturas, a abordagem predominante ainda hoje é aquela pautada somente em aulas expositivas com apresentação de modelos teóricos e realização de cálculos. Muitos professores da área ainda insistem em métodos tradicionais de ensino, o que, muitas vezes, gera dificuldades de compreensão e assimilação de conceitos físicos básicos por parte dos alunos.

Como a observação direta dos fenômenos nem sempre é possível em Engenharia Estrutural e os modelos teóricos por si só não são suficientes para entendimento do conteúdo, os modelos físicos, com materiais concretos, podem auxiliar na aprendizagem, facilitando a assimilação da teoria, desde que se tenha uma escolha e utilização adequada.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o entendimento de alunos de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Formiga, na disciplina de Mecânica Geral quanto ao comportamento estrutural de treliças submetidas a esforços mecânicos por meio do uso do modelo estrutural Mola, desenvolvido por Oliveira (2008). Para isso foi

proposta uma aula prática na qual os alunos deveriam seguir um roteiro com cinco montagens de treliças, relatar o que ocorria com cada barra da estrutura e propor soluções em caso de instabilidade.

2 ANÁLISE ESTRUTURAL DE TRELIÇAS POR MEIO DE MODELOS QUALITATIVOS

Os tópicos a seguir abordam o uso de materiais concretos no ensino de Engenharia, com ênfase em Engenharia Estrutural, a análise de treliças e o modelo Mola, que foi utilizado para realização desse trabalho.

2.1 Materiais concretos no ensino de Engenharia

Entendemos por materiais concretos para o ensino como o conjunto de “objectos ou coisas que o aluno é capaz de sentir, tocar, manipular e movimentar. Podem ser objectos reais que têm aplicação no dia-a-dia ou podem ser objectos que são usados para representar uma idéia” (REYS, 1971 apud MATOS & SERRAZINA, 1996, p. 193).

De acordo com Nacarato (2005), a utilização desse tipo de material no ensino foi destacada pela primeira vez por Johann Heinrich Pestalozzi (1746-1827), um pedagogo suíço, pioneiro da reforma educacional. Ele defendia, entre outras coisas, que a educação deveria começar pela ação e percepção de objetos concretos, com a realização de experimentações, fazendo com que o aprendizado fosse conduzido pelo próprio aluno, a partir da experiência prática.

Especificamente no ensino de Engenharia Estrutural, tem se defendido que para que o aluno adquira a compreensão dos conceitos, faz-se necessário associar o conhecimento teórico de cálculos com a percepção intuitiva. No entanto, Teixeira (2016) alerta que

a exploração desta vertente intuitiva é deixada de certa forma para segundo plano. A exposição dos conceitos estruturais é feita quase exclusivamente por via analítica, menosprezando noções qualitativas, o que dificulta o desenvolvimento da intuição. É indiscutível que o ensino de engenharia tem obrigatoriamente de seguir uma via quantitativa, contudo é relevante ter presente que os números são importantes como verificadores e não como formadores (TEIXEIRA, 2016, p. 2).

Em disciplinas que compõem a área de estruturas, a utilização de modelos reduzidos qualitativos tem se apresentado como uma ferramenta intuitiva que pode favorecer a compreensão do comportamento estrutural de um sistema, por representarem situações similares ao de uma estrutura real. Desta forma, mostrar a representação física dos conceitos teóricos, conjuntamente, pode proporcionar maior entendimento por parte dos alunos.

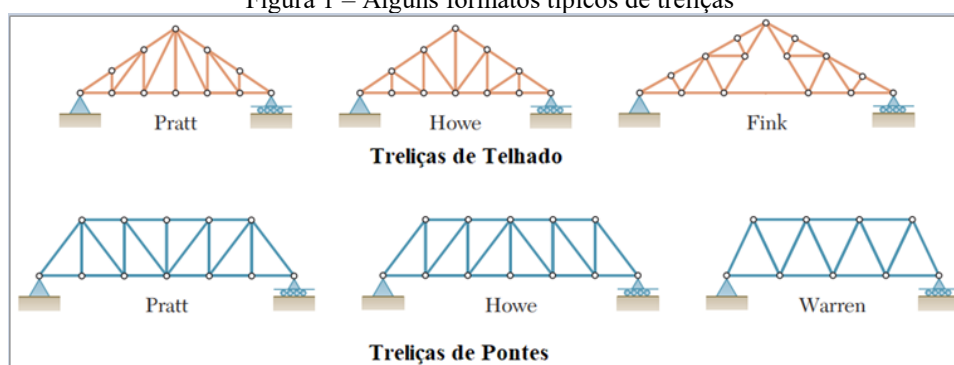
Entre os trabalhos encontrados que defendem a utilização de modelos qualitativos para o estudo de comportamentos de estruturas, destacamos os realizados pelo professor Zacarias Martin Chamberlain Pravia, da Universidade de Passo Fundo, que apresenta modelos criados no Laboratório de Ensaios em Sistemas Estruturais (LESE). A criação, em 1998, e permanente construção do LESE é relatada em um dos seus trabalhos (PRAVIA, 2003), destacando as pesquisas produzidas e os resultados positivos nas aulas de estruturas. Outro trabalho (PRAVIA; BORDIGNON, 2000) apresenta três modelos que representam o comportamento de estruturas sujeitas a flambagem. Já em Pravia e Orlando (2001), são apresentados dois modelos qualitativos de treliças planas, que permitem visualizar o comportamento quando sujeitas a um carregamento, utilizando materiais de baixo custo e de fácil fabricação. E por fim, em Pravia, Drehmer e Della Vechia (2004), apresentam um novo modelo que representa a flambagem

lateral que acontece em estruturas de treliças planas. Este modelo foi utilizado em diversas aulas expositivas no curso de Engenharia Civil e de Engenharia Mecânica nas disciplinas de estruturas metálicas.

2.2 Análise estrutural de treliças

As treliças são estruturas compostas por barras conectadas entre si em suas extremidades e que normalmente são construídas com escoras de madeira ou barras de metal parafusadas ou soldadas umas às outras. As treliças planas, cujas barras se encontram num mesmo plano, são geralmente usadas para sustentação de telhados e pontes (HIBBELER, 2011). Na figura 1, são ilustrados alguns formatos típicos desse tipo de treliça.

Figura 1 – Alguns formatos típicos de treliças



Fonte: Adaptado de Beer *et al.*, 2016, p. 301.

Para projetar uma treliça é necessário inicialmente determinar a força desenvolvida em cada membro (barra). Para isso, duas hipóteses de projeto são consideradas: (1) os membros são conectados entre si por pinos lisos; (2) as cargas externas são aplicadas somente nos nós, ou seja, nas ligações entre os membros. Dessa forma, cada membro estará sujeita apenas a forças axiais de tração ou compressão (HIBBELER, 2013).

2.3 Modelo estrutural Mola

A partir da hipótese de que, o uso de modelos qualitativos é uma ferramenta auxiliar no aprendizado através da análise visual, que contribuem para percepção intuitiva dos sistemas estruturais, Oliveira (2008) desenvolveu, avaliou e validou, via simulações computacionais, uma maquete estrutural composta por peças moduladas com dimensões padronizadas e adaptáveis, que permitem a montagem de diferentes configurações, simulando diversos sistemas como: pilares, vigas, contraventamentos, treliças, torres, pontes, etc. Além da praticidade e variedade de montagens, o modelo permite análise de conceitos como: estabilidade estrutural, deformação, compressão, tração, entre outros.

Esta maquete, sofreu várias transformações desde sua criação. Inicialmente era composta por peças de madeira e pequenos cabos metálicos ligados através de ímãs e esferas metálicas, não sendo possível perceber visualmente as deformações com carregamentos. E a partir de testes realizados com diversos materiais, chegou-se à mola metálica, com intuito de aproximá-la ao máximo do comportamento de uma estrutura real.

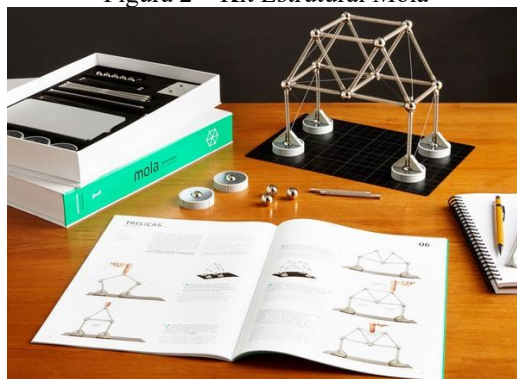
De acordo com Oliveira (2008)

A proposta é que a Maquete Estrutural possa ser utilizada em uma primeira etapa, de experimentação, onde exista apenas a preocupação com o estudo qualitativo, dando ênfase ao aspecto intuitivo, para que posteriormente sejam

aprofundados e aplicados os conhecimentos teóricos de cálculo (OLIVEIRA, 2008, p. 48 – 49).

A fim de divulgar este modelo construído e validado, o seu criador, Márcio Sequeira Oliveira, lançou o Kit Estrutural Mola, mostrado na figura 2. O objetivo da comercialização do kit é de auxiliar o ensino e a aprendizagem de estruturas, de uma forma mais lúdica e intuitiva. Assim, um manual com explicações sobre as peças e os processos de montagem, bem como uma sequência clara e didática acompanha o kit.

Figura 2 – Kit Estrutural Mola



Fonte: Mola Model, 2018.

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido ao longo de duas aulas da disciplina de dependência de Mecânica Geral, ministrada no curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais (Campus Formiga) durante o primeiro semestre do ano de 2018. Dos dez alunos matriculados na disciplina, oito participaram da primeira aula e dez da segunda. Os detalhes sobre as etapas do trabalho são apresentados a seguir.

3.1 Apresentação da teoria

No primeiro momento da aula foram apresentados alguns tópicos teóricos acerca das treliças: tipos de treliças, materiais utilizados para fabricação, em que projetos são aplicadas, etc. Algumas ilustrações de estruturas reais compostas por treliças, como pontes e coberturas, foram mostradas como exemplos. Em seguida, foram introduzidos os conceitos de tração e compressão.

Para avaliar a intuição dos alunos quanto ao comportamento de treliças sujeitas a aplicação de forças em seus nós, foi proposto um exercício no qual os alunos deveriam realizar uma análise visual de diferentes carregamentos em treliças. Ao final da aula, as respostas desse exercício foram recolhidas para análise posterior, a qual é apresentada com mais detalhes no item 4.

3.2 Aula prática com o modelo estrutural Mola

Para a aula prática foi criado um roteiro contendo orientações para cinco montagens diferentes utilizando o Modelo Estrutural Mola. Este roteiro foi baseado no manual que acompanha o primeiro kit do modelo (OLIVEIRA; LEITE; REBELLO, 2015). O objetivo dessa aula foi simular as situações apresentadas nos exercícios da aula anterior para que os alunos pudessem comparar os resultados.

Em cada montagem, cada grupo deveria seguir as orientações contidas no roteiro, aplicar cargas em determinados nós (esferas) da treliça, relatar o comportamento das barras (molas) e propor soluções em caso de instabilidade. As montagens são descritas e analisadas no item 4.

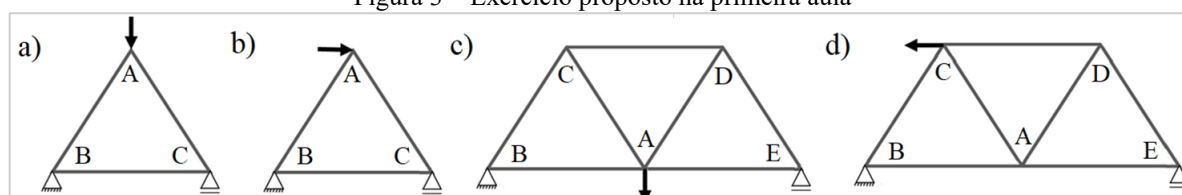
No início da aula, foram apresentadas as informações gerais sobre o modelo Mola e orientações para sua utilização. Em seguida, os alunos foram divididos em dois grupos e o roteiro da aula prática foi entregue. A cada grupo foi entregue um kit do modelo Mola para que os próprios alunos realizassem as montagens das estruturas.

Após a realização das cinco montagens e o término do preenchimento das questões incluídas no roteiro da aula, foi entregue um questionário para cada aluno para avaliar a eficácia da aula prática, sem necessidade de identificação. Nos minutos restantes da aula, os grupos ficaram livres para realizar outras montagens. Os roteiros entregues aos grupos e os questionários individuais foram recolhidos para análise, a qual será apresentada a seguir.

4 RESULTADOS

Na primeira aula, dos dez alunos matriculados na disciplina, oito estiveram presentes e responderam ao exercício proposto, o qual é mostrado na Figura 3. Os alunos deveriam analisar os carregamentos nas treliças e intuitivamente indicar quais barras estariam sob tração ou sob compressão ou seria um membro de força zero (nem tração nem compressão).

Figura 3 – Exercício proposto na primeira aula



Fonte: o autor.

As tabelas 1, 2, 3 e 4 apresentam os resultados para os carregamentos “a”, “b”, “c” e “d”, respectivamente, mostrados na figura 3. A análise desses resultados é apresentada na sequência.

Tabela 1 - Resultados Carregamento A

Barra	Esforço	Erros	Não respondeu
AB	Compressão	0	0
AC	Compressão	0	0
BC	Tração	2	0

Para o carregamento A (Fig. 3a), que consistia em uma treliça simples com três barras com uma carga vertical no nó do topo, observa-se que todos os oito alunos acertaram quanto ao comportamento das barras AB e AC. Quanto a barra BC, dois alunos erraram. No total, considerando todas as respostas (3 de cada aluno), o percentual de acertos foi de 91,7%.

Tabela 2 - Resultados Carregamento B

Barra	Esforço	Erros	Não respondeu
AB	Tração	2	0
AC	Compressão	1	0
BC	Tração	2	0

Considerando a mesma treliça, mas agora com a carga horizontal no nó do topo (Fig. 3b), o número de erros foi um pouco maior, principalmente em relação as barras AB e BC, como pode ser visto na tabela 2. O percentual total de acertos foi de 79,2%.

Tabela 3 - Resultados Carregamento C

Barra	Esforço	Erros	Não respondeu
AB	Tração	0	0
BC	Compressão	1	0
AC	Tração	0	0
CD	Compressão	2	1
AD	Tração	0	0
DE	Compressão	1	0
AE	Tração	0	0

Para o carregamento C (Fig. 3c), que consistia em uma treliça com três estruturas triangulares e com carga vertical no nó central inferior, o total de acertos foi de 89,3%. A maior dificuldade foi em relação a barra CD (dois alunos erraram e um não respondeu).

Tabela 4 - Resultados Carregamento D

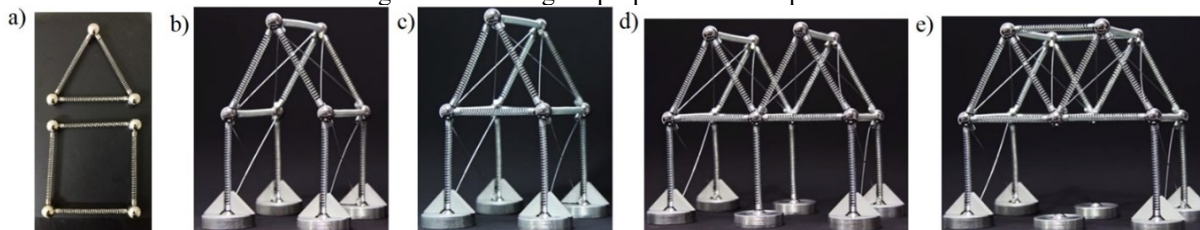
Barra	Esforço	Erros	Não respondeu
AB	Compressão	5	0
BC	Compressão	4	0
AC	Tração	4	0
CD	Tração	0	1
AD	Compressão	1	1
DE	Tração	0	1
AE	Compressão	7	1

Por último, para a mesma treliça, porém com carga horizontal em um dos nós do topo da estrutura (Fig. 3d), o número de erros foi alto, assim como o número de respostas em branco. O percentual total de acertos foi de apenas 55,4%.

Com base nos resultados apresentados, observa-se que o número de acertos foi maior para os casos A e C, que são carregamentos verticais e simétricos. O menor percentual de acertos foi observado no caso D, no qual o carregamento é relativamente mais complexo (mais barras, carga horizontal e não há simetria). Percebe-se também que os erros são mais frequentes em relação às barras que estão mais afastadas da carga. Portanto, pode-se inferir que quanto maior a complexidade do sistema, maior a dificuldade do aluno de perceber intuitivamente o comportamento da estrutura, uma vez que é necessário possuir experiências visuais anteriores relativas a situações semelhantes.

Com relação à aula prática, na Figura 4 são ilustradas as cinco montagens realizadas pelos alunos, conforme o roteiro disponibilizado.

Figura 4 – Montagens propostas na aula prática



Fonte: Adaptado de Mola Model, 2018.

A primeira montagem (Fig. 4a) consistiu na criação de uma estrutura triangular e outra estrutura quadrada composta apenas por molas (barras) e esferas (nós). Os alunos foram orientados a aplicar forças nas esferas e relatar a diferença de comportamento entre as duas estruturas. Por fim, deveriam apresentar uma solução para que a estrutura quadrada se comportasse de maneira semelhante a estrutura triangular. Os dois grupos relataram que a deformação da estrutura triangular é menor. O grupo 1 salientou que o triângulo é mais “firme”. Ambos relataram que deveria ser acrescentada uma barra na diagonal da estrutura quadrada para minimizar sua deformação.

Na segunda montagem (Fig. 4b), os alunos deveriam aplicar uma força vertical para baixo no nó do topo da estrutura e relatar o que acontece com cada barra. Em seguida, deveriam sugerir uma alteração na estrutura para torná-la mais estável. Os dois grupos relataram grande deformação na estrutura com afastamento das colunas e concordaram que a adição de uma barra horizontal, ligando os nós sobre as colunas, estabilizaria o sistema.

A terceira montagem (Fig. 4c) estava relacionada ao exercício da aula anterior e foi dividida em três etapas. Na primeira etapa, os alunos deveriam aplicar uma força vertical para baixo no nó do topo da estrutura (vide Fig. 3a e Tab. 1). Os dois grupos relataram deformação nas barras AB e AC. O grupo 1 relatou compressão e o grupo 2 não especificou o tipo de esforço. Quanto à barra BC, o grupo 1 afirmou que não há deformação e o grupo 2 relatou tração, afirmando que essa barra é mais estável que as outras.

Na segunda etapa, a força deveria ser aplicada na horizontal, também no nó do topo da estrutura (vide Fig. 3b e Tab. 2). O grupo 1 relatou o comportamento das barras acertadamente conforme Tab. 2. O grupo 2, por sua vez, descreveu o comportamento correto para as barras AB e AC. No entanto, quanto à barra BC foi relatado compressão, sendo que o grupo afirmou que essa barra “se movimentou na direção da força aplicada”.

Por fim, na terceira etapa, os alunos deveriam substituir as barras diagonais do topo da estrutura por barras de menor comprimento e repetir as orientações das etapas 1 e 2. Os dois grupos relataram que a estrutura fica mais estável devido à redução dos ângulos entre as barras resultante da diminuição do comprimento das mesmas. O objetivo dessa etapa foi introduzir a ideia de que a alteração nos ângulos entre as barras da treliça influencia no cálculo das forças resultantes, conceito que será trabalhado posteriormente.

Na quarta montagem (Fig. 4d) os alunos deveriam retirar as colunas centrais da estrutura e relatar o que acontece. Em seguida, deveriam sugerir uma solução para estabilizar a estrutura. Os dois grupos alegaram que a estrutura tende a “cair no centro” fazendo com que os dois nós dos topos se aproximassem. Para que o sistema se estabilizasse, o grupo 1 sugeriu inserir travamentos das diagonais entre as colunas da estrutura. O grupo 2, por sua vez, propôs adicionar uma barra entre os nós do topo a fim de formar uma estrutura triangular.

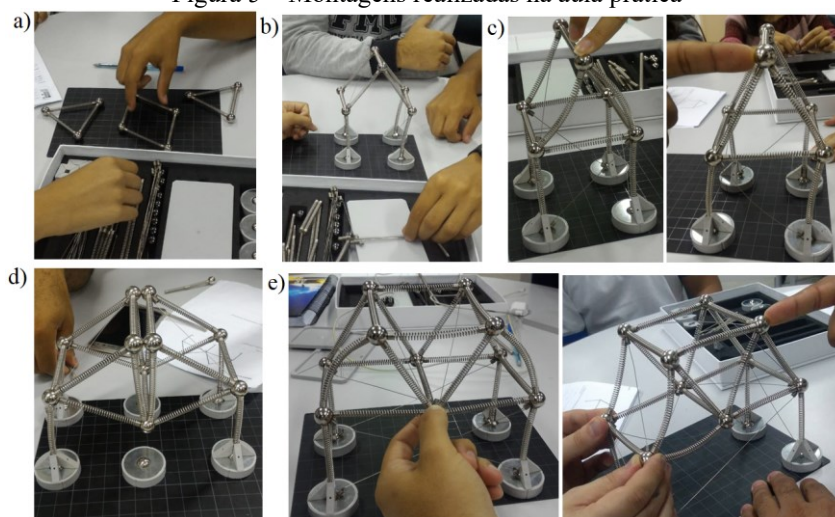
Por fim, cada grupo deveria realizar a quinta montagem (Fig. 4e), a qual também estava relacionada com o exercício da aula anterior. Ao aplicar forças uma carga vertical no nó central inferior da estrutura (vide Fig. 3c e Tab. 3). Ambos os grupos relatam o comportamento das barras AB e AE acertadamente conforme Tab. 3. O grupo 1 afirmou que as barras AC e AD sofrem compressão, o que está em desacordo com o comportamento real das barras. Além disso, não relatou o que ocorre com a barra DE. O grupo 2 descreveu que as barras AC e AD sofrem deformação, a qual não foi especificada. Sobre as demais barras, o grupo não apresentou resposta.

Ao aplicar uma força vertical (vide Fig. 3d e Tab. 4), o grupo 2 descreveu o comportamento de todas as barras acertadamente conforme Tab. 4. O grupo 1 relatou que a barras AC é

comprimida e AE é tracionada, em desacordo com os resultados da Tab. 4. Para as outras barras, o comportamento foi descrito corretamente.

Na Figura 5 são ilustradas as montagens, aplicações de forças e comportamentos das treliças observados na aula prática.

Figura 5 – Montagens realizadas na aula prática



Fonte: o autor.

No final da aula prática, foram entregues aos alunos um questionário com cinco perguntas listadas abaixo:

1. Qual o seu grau de dificuldade em relação às montagens com o Kit Mola?
2. Você acredita que as construções realizadas facilitaram a compreensão do conteúdo? Se sim, qual e de que forma? Se não, por quê?
3. Em que sentido as simulações realizadas, para visualização de comportamento das estruturas utilizando o Kit, tem relação com a teoria estudada em Mecânica Geral?
4. Com base na aula prática, quais as vantagens da utilização de treliças nas estruturas?
5. Você tem alguma sugestão para melhoria desta aula prática?

Todos os alunos relataram dificuldade moderada no início das montagens, mas que depois tornou-se fácil o manuseio. Um dos alunos mencionou que a conexão com imãs é um pouco trabalhosa. Outro aluno relatou dificuldade em visualizar a tração e a compressão das molas. Todos concordaram que as construções facilitaram a compreensão da teoria e que as simulações realizadas contribuem para visualização do comportamento real de estruturas. Dentre as vantagens apontadas pelos alunos da utilização de treliças estão: estabilidade, resistências a forças, redução do peso da estrutura, menor deformação e mais firmeza em relação a outros tipos de estruturas. Como sugestão de melhoria para a aula prática, os alunos mencionaram a realização de mais montagens. Também sugeriram que mais aulas práticas como essa fossem realizadas na disciplina, pois acreditam que a aula possibilitou uma melhor compreensão do conteúdo devido ao seu aspecto visual.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De modo geral, os alunos apresentaram uma razoável percepção intuitiva a cerca do comportamento das treliças. A aula prática serviu para aprimorar a compreensão dos conceitos de tração e compressão e reforçar o conceito de estabilidade de uma estrutura triangular. Notou-

se uma certa dificuldade no manuseio das peças do modelo Mola com relação a sua fixação com os ímãs e na aplicação de forças, fato este que pôde ser verificado pelas fotos tiradas no momento e constatado pelas respostas do roteiro. Na primeira etapa da quinta montagem, por exemplo, muitas respostas estavam em desacordo com comportamento real e com as próprias respostas do exercício da primeira aula. Já na última etapa, as orientações passadas pelo professor a cerca de como aplicar as forças corretamente, fez com que os alunos conseguissem observar e relatar corretamente o comportamento das barras da treliça. Foi observado que o esforço de compressão nas molas é melhor visualizado do que a tração, o que pôde ser constatado nas respostas do questionário.

A partir da experiência com o Modelo Mola, acredita-se que materiais concretos são importantes ferramentas para compreensão de conceitos teóricos no ensino de Engenharia, uma vez que foi possível perceber uma melhora no entendimento dos alunos quanto ao comportamento estrutural das treliças. Além disso, notou-se durante a aula prática, um maior interesse dos alunos em relação a aula, o que foi confirmado com o retorno positivo observado nas repostas dos questionários. Pretende-se, portanto, realizar mais aulas práticas com o modelo Mola ou outros materiais que possam contribuir no processo de ensino-aprendizagem na área de Engenharia.

REFERÊNCIAS

BEER, F. P. *et al.* **Vector Mechanics for Engineers: Statics and Dynamics**. 11. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016. 1473 p.

HIBBELER, R. C. **Estática: mecânica para engenharia**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. 513p.

_____. **Análise das Estruturas**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013. 522p.

MATOS, J. M.; SERRAZINA, M. L. **Didáctica da Matemática**. Lisboa: Universidade Aberta, 1996.

MOLAMODEL. **Mola Structural Kit: Uma nova maneira de estudar e ensinar estruturas**. 2018. Disponível em: <<https://molamodel.com/>>. Acesso em: 25 abr 2018.

NACARATO, A. M. Eu trabalho primeiro no concreto. **Revista de Educação Matemática**, São Paulo, v. 9, nº 9 e 10, p. 1- 6, 2005.

OLIVEIRA, M. S. **Modelo Estrutural Qualitativo para Pré-Avaliação do Comportamento de Estruturas Metálicas**. 2008. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

OLIVEIRA, M. S.; LEITE, M. A. D. F. A.; REBELLO, Y. C. P. **Manual Kit Estrutural Mola 1**. São Paulo: Mola, 2015.

PRAVIA, Z. M. C.; BORDIGNON, R. **Modelos Intuitivos para Ensino de Estabilidade das Estruturas**. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2000, Ouro Preto, MG. Anais (CD-ROM). Ouro Preto: UFOP, 2000.

PRAVIA, Z. M. C.; ORLANDO, D. **Modelos Qualitativos de Treliças Planas: Construção e aplicação no ensino da análise e comportamento estrutural**. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2001. Porto Alegre, RS. Anais (CD-ROM). Porto Alegre: PUC-RS. 2001.

PRAVIA, Z. M. C. **Construção Permanente do Laboratório de Ensaio em Sistemas Estruturais (LESE) da Universidade De Passo Fundo**. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2003, Rio de Janeiro, RJ. Anais (CD-ROM). Rio de Janeiro: IME, 2003.

PRAVIA, Z. M. C.; DREHMER, G. A.; DELLA VECHIA, A. F. **Modelo Qualitativo do Comportamento da Estabilidade Lateral de Treliças Planas**. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2004, Brasília, DF. Anais (CD-ROM). Brasília: UnB, 2004.

TEIXEIRA, G. A. S. **Análise de Estruturas Porticadas Através de Modelação Física**. Dissertação (Mestrado) Engenharia Civil / Estruturas. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.

ANALYSIS OF TRUSSES USING THE MOLA QUALITATIVE STRUCTURAL MODEL

***Abstract:** Engineering teaching through physical models has been shown to be effective in facilitating students' understanding of real systems behavior. In the disciplines of structures, traditionally limited to theory and calculations, physical models have been developed and applied in class so that students observe in practice what occurs in a structure subject to mechanical stresses. Based on this, the objective of this work was to evaluate the understanding of engineering students of the Federal Institute of Minas Gerais, Campus Formiga, in the discipline of General Mechanics, regarding the structural behavior of trusses subjected to mechanical stresses through the use of the structural model Mola. Initially an exercise was carried out to evaluate students' intuition. Then a script with five different montages was developed with the Mola Model. During the class, students were instructed to follow this script, apply forces in the models, and report the observed behavior. Finally, a questionnaire was applied to the students to evaluate the effectiveness of the activity performed. The results showed that the use of the structural model Mola contributed significantly to the understanding of the concepts of traction and compression and to understanding the structural behavior of trusses.*

Key words: Mola structural model, teaching of structures, static, trusses.