

SISTEMAS MECÂNICOS TRELIÇADOS PARA AUXILIAR O APRENDIZADO PRÁTICO EM MECÂNICA GERAL

Prof. Dr. Marcos Antônio Barros

RESUMO

No anseio por se depurar o processo de ensino e aprendizagem, a partir de metodologias ativas, esta pesquisa parte da premissa que, nas disciplinas do curso de engenharia Civil, em especial Mecânica Geral, os alunos se deparam com a necessidade de projetar diversos componentes ou sistemas mecânicos, saindo das figuras representativas e estáticas dos livros, sobre a qual eles calculam momentos fletores e esforços cortantes, para algo mais concreto em que eles possam “vislumbrar” os esforços ali calculados, compreendendo seus significados, em associação aos conhecimentos teóricos adquiridos nessas disciplinas. Na presente pesquisa, foi sugerida aos estudantes da disciplina de Mecânica Geral a confecção de modelos didáticos reduzidos, do tipo sistemas mecânicos treliçados, utilizando-se dos materiais com baixo custo, do tipo palito de picolé, para que, a partir de uma carga concentrada, fosse possível calcular os esforços internos nos elementos treliçados, identificar elementos em compressão ou tração, bem como esboçar os diagramas de esforço cortante e momento fletor. Todos os modelos apresentados em sala aula foram inicialmente pensados a partir do “Mola Structural Kit”, calculados manualmente e com o uso do software Ftool, para depois serem aplicados aos modelos com uso de palitos. Ao final das apresentações, utilizando-se dos critérios qualitativo e quantitativo, como beleza estrutural, determinação do esforço cortante, momento fletor e os seus respectivos diagramas, os trabalhos foram avaliados. Concluímos que a aplicação desta proposta evidenciou que o desenvolvimento dos conteúdos teóricos relacionados à disciplina de Mecânica Geral, a exemplo de treliças, associado à uma metodologia centrada na experimentação concreta e virtual, torna seus conteúdos mais motivantes e, conseqüentemente, torna os alunos mais participativos e criativos.

Palavras-chave: Momento fletor; esforço cortante; Mecânica Geral; Treliças.

ABSTRACT

In order to clarify the process of teaching and learning from active methodologies, this research starts from the premise that in the disciplines of the Civil Engineering course, especially General Mechanics, students are faced with the need to design various components or mechanical systems, leaving out the representative and static figures of the books, on which they calculate bending moments and shear efforts, to something more concrete in which they can "glimpse" the efforts calculated there, understanding their meanings, in association with the theoretical knowledge acquired in these disciplines. In the present research, it was suggested to the students of the General Mechanics discipline the elaboration of reduced didactic models, such as lattice mechanical systems, using materials with low cost, type popsicle stick, so that from a concentrated load it was possible to calculate the internal stresses on the lattice elements, identify elements in compression or traction, as well as sketch the diagrams of shear stress and bending moment. All the models presented in the classroom were initially thought from the "Mola Structural Kit", calculated manually and with the use of the Ftool software, later to be applied to the models with the use of toothpicks. At the end of the presentations, using qualitative and quantitative criteria such as structural beauty, determination of shear stress, bending moment and their respective diagrams, the work was evaluated.

Keywords: Bending moment; shear stress; General mechanics; Trusses

INTRODUÇÃO

Para a formação gradual de um engenheiro civil, a disciplina Mecânica Geral representa a base da fundamentação teórica e prática dos conhecimentos necessários para a solução de problemas reais em disciplinas posteriores, assim como oferece conhecimentos necessários para o contexto do profissional. Essa integração disciplinar, capitaneada por ações proativas, permite motivação, envolvimento e, portanto, maior rendimento acadêmico, o que, conseqüentemente, reduz o índice de reprovação e evasão na área.

Como sabemos, as disciplinas tidas como "do profissional", a exemplo de Estrutura, resistência dos materiais, etc, possuem um encadeamento formal, em termos de pré-requisito, pressupondo-se que seu conhecimento prévio permita o avanço em

outros conteúdos, por meio de uma metodologia em que o aluno constrói seu conhecimento, num processo continuado e harmônico.

Entendemos que, em qualquer área de conhecimento, para um bom aprendizado, o conteúdo deva ser transmitido de forma racional, partindo dos assuntos mais simples aos mais complexos. Porém, na maioria das vezes, isso não acontece na prática das disciplinas em questão, uma vez que grande parte dos professores cuida exclusivamente dos aspectos quantitativos, deixando o conhecimento qualitativo em segundo plano.

Partindo dessa premissa, a pesquisa em questão apresenta o seguinte objetivo geral:

- Elaborar sistemas mecânicos treliçados que auxiliem no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Mecânica Geral.

Dentro dessa perspectiva, esse projeto se justifica tendo em vista que segundo Margarido (2007):

O treino com os modelos qualitativos/quantitativos é sumamente importante para a bagagem do futuro engenheiro, pois, antes dele ser um calculista de estrutura, ele deverá ser o arquiteto que, ao conceber o projeto, sinta a estrutura que dará o esqueleto a sua obra (MARGARIDO, 2007, p.27).

Assim, tomando essa afirmação como referência e sinalizando para o atual momento de reflexão, nesse contexto, em especial no curso de Engenharia Civil, acreditamos que a implementação de metodologias ativas com o objetivo de possibilitar aos seus alunos uma compreensão dos aspectos teóricos vistos em sala de aula, torna-se mais aguçada, quando se propõe dinamizar suas disciplinas, tomando como base os aspectos experimentais possíveis de serem elaborados nos laboratórios ou em sala de aulas, proporcionando uma aprendizagem diferenciada, como preconiza esse tipo de metodologia.

Dentro dessa perspectiva, conseguimos vislumbrar os seguintes objetivos específicos:

- Possibilitar aos alunos a construção de sistemas mecânicos reduzidos, a partir de modelos vivenciados por eles em sala de aula;
- Calcular os esforços internos e momentos fletores;
- Identificar elementos tracionados e em compressão.

Os protótipos elaborados no *Mola Structural Kit* (Oliveira, 2008), projetados e executados em sala de aula, durante explicação dos conceitos teóricos necessários ao desenvolvimento do projeto, dinamizaram o processo de ensino e aprendizagem, quanto

a alguns aspectos que dizem respeito a estruturas mecânicas e suas características, inerentes às disciplinas de Mecânica Geral e Estrutura, ao tempo que desenvolveu a intuição dos alunos, a respeito da confecção de modelos diferentes dos que já haviam sido apresentados. Por outro lado, o uso de ferramentas virtuais, do tipo *Ftool*, facilita os cálculos realizados, bem como mostra, graficamente, como a estrutura se comporta. Notadamente, essa associação, apesar da limitação do tempo, permitiu aos estudantes “ver” os deslocamentos e deformações em cada elemento estrutural, calcular seus esforços internos, tornando, didaticamente, mais compreensível o seu comportamento, proporcionando resultados positivos, no aprendizado, como foi observado no entusiasmo final de cada apresentação.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de disciplinas como Mecânica Geral, Resistência dos Materiais e Análise de Estruturas, em cursos de Engenharia Civil, requer do aluno uma grande capacidade de abstração matemática para o entendimento do comportamento dos diferentes tipos de estruturas e dos materiais utilizados, frente às mais diversas solicitações, bem como da possibilidade de aplicação de conceitos e simplificações para a análise estrutural (PRAVIA e ORLANDO, 2001). Esses autores acrescentam que o ensino desses conceitos é, excessivamente matemático, o que é necessário aos engenheiros, mas não suficiente. Percebe-se que, de maneira geral, são poucos os professores que tratam esse assunto, considerando a estrutura como um fenômeno, uma vez que a grande maioria prioriza a avaliação dos aspectos técnicos, em detrimento dos conhecimentos qualitativo e intuitivo.

Oliveira (2008) acredita que o uso de modelos reduzidos pode ajudar no processo de aprendizado. Dentre esses modelos vendidos, comercialmente, há os qualitativos, a exemplo do que foi utilizado, nesta pesquisa, os quais permitem ao estudante de engenharia a habilidade de visualizar e compreender o comportamento das estruturas em diferentes circunstâncias, como cargas laterais, verticais, inclinadas, e o modo como a forma da estrutura vai influenciar no seu comportamento. Esse sentimento, na fase da concepção estrutural e na de escolha da forma dos elementos a serem utilizados, ajudam o aluno a entender, de forma mais prática, como a estrutura é formada, como trabalha cada elemento que a compõe, como funcionam os vínculos

externos e internos, permitindo a comparação de resultados obtidos em cálculos em sala de aula (como reações, esforços internos solicitantes, momento fletor).

Essa possibilidade de comparação de resultados calculados, utilizando as teorias discutidas em sala de aula, auxilia no aprendizado, tendo em vista que permite apresentar as bases teóricas dos problemas aos alunos, aplicá-las na resolução de exercícios e comprová-las com a comparação do que foi calculado no experimento. Dessa forma, (ANASTASIOU e ALVES, 2012) acreditam que os alunos, não apenas, memorizem conteúdos e processos de cálculo, mas que possam entender e compreender o conteúdo, além de ajudar a introduzi-los ao método científico. É dentro dessa linha de pensamento que se insere esta pesquisa, uma vez que entendemos que o processo de ensino e aprendizagem deva acontecer a partir do desenvolvimento de modelos experimentais, no sentido de sair dos abstratos cálculos operacionais inerentes às disciplinas de Mecânica Geral e Estrutura, para algo mais real e dinâmico.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia usada, nesta pesquisa, volta-se para integralização de alguns dos conhecimentos teóricos vislumbrados na disciplina de Mecânica Geral, a exemplo de momento fletor e esforço cortante, com os possíveis aspectos práticos que esses mesmos conhecimentos possam proporcionar, a partir da utilização de estruturas estáticas e reduzidas, próximas de modelos reais. Esses modelos, aqui chamados de qualitativos¹, auxiliam na pré-visualização do seu comportamento, enquanto permitem desenvolver, através da vivência dos ensaios, um sentimento intuitivo do comportamento dos sistemas estruturais.

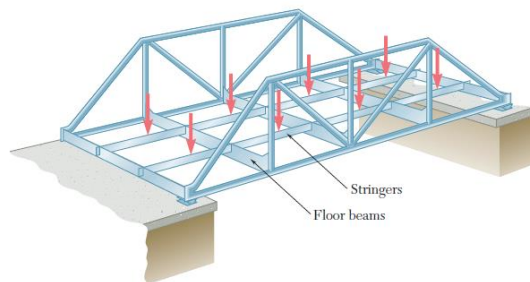
A pesquisa foi realizada junto a uma turma de Mecânica Geral (dezesesseis alunos), na Unifacisa, em que todos os alunos participaram do projeto, reunindo-se em grupos de quatro estudantes, tendo como orientador o professor da disciplina, confeccionando alguns kits experimentais que possibilitaram a modelização dos sistemas mecânicos, discutidos em sala de aula, do tipo pontes treliçadas.

Na primeira etapa deste trabalho, foram escolhidas algumas estruturas, a exemplo de treliças simples, que permitiram a fixação dos conhecimentos adquiridos, ao longo do desenvolvimento da disciplina Mecânica Geral, especificamente, utilizando-se

¹ Sua principal característica é permitir a análise visual dos fenômenos semelhantes às estruturas reais, ser adaptável às condições da estrutura a ser estudada, variando suas condições de contorno.

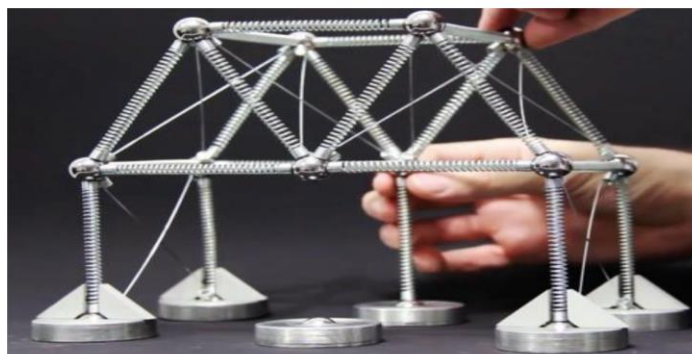
de assuntos que possibilitaram aos alunos o cálculo de esforços internos e momentos, para futuras aplicações na construção dos aparatos treliçados, visando a construção de uma ponte feita a partir de palitos de picolé. Com o uso do Kit experimental criado por Marcio Siqueira de Oliveira (*Mola Structural Kit*, 2008), desenvolvemos alguns modelos treliçados em sala de aula (figura 02), similar ao que encontramos no livro utilizado como referência (BEER, 2015). Usando uma carga externa de valor variável e de acordo com cada treliça pensada no programa, foi pedido que cada grupo calculasse os esforços internos nos seus diversos elementos, mostrando se havia compressão ou tração, além de calcular as reações nos apoios. Todos os grupos escolheram um único tipo de treliça, a do tipo Warren², conforme se pode observar nas figuras (01 e 02)

Figura 01 –Treliça Warren



Fonte: (Beer, 2015, p. 209).

Figura 02 – Modelo Estrutural da treliça Warren



Fonte: (Oliveira, 2008).

Para que pudéssemos ter um grau de confiabilidade maior dos cálculos manuais, realizados em sala de aula, para a obtenção de valores relativos às trações e

² A treliça Warren é a mais comum entre as treliças, apresentando-se eficiente para as cargas testadas. Geralmente é usada para vãos entre 50 a 100 m, não necessitando de elementos verticais para dar maior resistência a estrutura.

compressões dos elementos da treliça, valores das reações de apoio, esforço cortante e normal, momento fletor e as possíveis deformações, recorreremos ao uso de um tutorial simplificado do software *Ftool*³, desenvolvido por Luiz Fernando Martha (PUC – Rio de Janeiro, 2002), que permite calcular de forma muito rápida todos os parâmetros citados acima.

A avaliação de cada estrutura construída e apresentada levou em consideração alguns critérios qualitativos (arquitetura, tipos de treliças) e quantitativos (cálculo dos esforços internos e resistência à carga externa concentrada), objetivando sinalizar para a qualidade dos modelos de pontes construídas.

Antes da realização do processo de colagem dos modelos reduzidos, foi preciso realizar-se algumas simulações no software *Ftool* e no *Structure Mola Kit* (Oliveira, 2008), no sentido de se obter o melhor design da ponte. Para a sua construção, realizamos uma minuciosa seleção dos palitos, já que esses não apresentavam uniformidade.

Na confecção das pontes, foram utilizados os seguintes materiais com baixo custo de aquisição:

- a) Papel milimétrico;
- b) Lápis de cor;
- c) Cola para madeira;
- d) Palitos de picolé;
- e) Régua e trena.

Os palitos utilizados, nas treliças, possuem as seguintes dimensões: 115 mm de comprimento, 2,0 mm de espessura, 8,4 mm de largura. A resistência à tração do palito é de 90kgf ou 882,9N. A resistência à compressão de um palito de 110 mm de comprimento é de 4,9kgf ou 48,07N. A resistência à compressão de uma composição formada por dois palitos de 110 mm é de 27kgf ou 264,87N. As juntas para as barras foram feitas com emenda por superposição de três palitos⁴.

A partir de cada barra, construiu-se 15 triângulos equiláteros em cada lado da ponte. No modelo final construído, foram utilizados 338 palitos de picolé. Seu comprimento final é de 96,0 cm, altura de 11,5 cm e largura de 13,5cm, conforme demonstram as figuras seguintes:

³ Versão Freeware disponível em www.tecgraf.puc-rio.br/ftool

⁴ (Home Page da PET Engenharia Civil – concurso de estruturas - <http://www.petcivil.ufjf.br/pdf/dadosprojeto.pdf> - acessado em 5 de abril de 2018).

Figura 3: Trelças com palitos de picolé



Fonte: Próprio autor

3 CONCLUSÃO

Ao final da exposição de cada ensaio destrutivo, os grupos relataram sobre os esforços calculados, a partir de uma determinada carga concentrada, objetivando provar os cálculos realizados, manualmente, e com o uso do *Ftool*. Essa ferramenta computacional, usada após o cálculo manual, torna mais prático o trabalho do engenheiro estrutural, vindo a executar corretamente diagramas e informando as reações de apoio. Mesmo utilizando apenas o espaço bidimensional, fornece resultados satisfatórios e condizentes com os obtidos manualmente. Porém, é evidente que sistemas e softwares não substituem o ser humano, a capacidade de analisar com subjetividade as estruturas e as consequências que essas trarão para as pessoas que conviverão com obra e a desfrutarão, quando finalizada.

Esses traços qualitativos podem ser observados no Kit Estrutural (Oliveira, 2008), no qual os modelos desenvolvidos oferecem uma ferramenta didática com grande potencial para facilitar o processo de aprendizagem dos conceitos e métodos e cálculo utilizados no estudo de estruturas.

Constatou-se que, durante o processo, os alunos trabalharam com entusiasmo e motivação, desempenhando, em cada unidade, um papel de agente do processo de aprendizagem, interagindo com o professor, com os demais componentes do grupo e de outros grupos, num diálogo que priorizou a construção do conhecimento.

Durante os ensaios, os alunos puderam observar quais eram os pontos mais solicitados das estruturas construídas, de acordo com as suas geometrias. Comparando-se o desempenho desses alunos, em cada um dos modelos desenvolvidos, bem como nos

resultados por eles obtidos, constatou-se um maior rendimento acadêmico, de forma que esse ganho conceitual foi sentido no processo de avaliação bimestral.

Por fim, concluímos que a aplicação desta proposta evidenciou que o desenvolvimento dos conteúdos teóricos relacionados à disciplina de Mecânica Geral, a exemplo de treliças, associado à uma metodologia centrada na experimentação concreta e virtual, torna seus conteúdos mais motivantes e, conseqüentemente, torna os alunos mais participativos e criativos.

REFERÊNCIAS

ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em sala.** Joinville: Ed Univille, 2012.

BEER, F.P. e JOHNSTON, R.E. e EISENBERG, E.R. **Mecânica Vetorial para Engenheiros.** Vol. Estática. 9ª Ed. São Paulo: McGraw-Hill. 2015.

MARGARIDO, Aluizio Fontana. **Pesquisa Experimental Aplicada ao Ensino de Estruturas nas Escolas de Arquitetura.** Conferência pronunciada no Primeiro Encontro de Professores de Estrutura para Escolas de Arquitetura. São Paulo: FAUUSP. 2007.

OLIVEIRA, M. S. **Modelo estrutural qualitativo na pré-avaliação do comportamento de estruturas metálicas.** Ouro Preto, 2008.

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. PUC-RS. 2001.