

ENSINANDO COM “MÁGICA”: EQUILÍBRIO ESTÁTICO

José Gabriel Maluf Soler^a
Ana Paula Brescancini Rabelo^b

RESUMO

Este trabalho descreve uma experiência realizada no curso de Engenharia Civil da PUC-Minas/Campus Poços de Caldas, na disciplina de Mecânica Aplicada, que procura estimular os alunos mostrando que uma simples magia pode ser explicada quando se conhecem os princípios básicos da mecânica. A “mágica” consiste em colocar um palito de fósforo quase caindo sobre uma mesa e despertar a curiosidade do aluno dizendo que será pendurada uma garrafa à extremidade livre do palito de fósforo, contudo o sistema não irá se desestabilizar, ou seja, a garrafa não irá cair. Após ser realizada a “mágica”, solicita-se aos alunos que a fotografem e identifiquem todas as forças que estão atuando no sistema, explicando o motivo pelo qual o sistema permanece equilibrado. Isso incentiva os alunos a entenderem como as forças atuam sobre o sistema estudado e desperta seu interesse em relação à disciplina. Serão também apresentadas e discutidas as diversas respostas dos alunos do terceiro período.

Palavras-chave: Ensino. Engenharia Civil. Mecânica.

ABSTRACT

This paper describes an experiment used in the area of applied mechanics of a Civil Engineering course at the Pontifical Catholic University of Minas Gerais – Poços de Caldas Campus. This activity was proposed to stimulate the students by showing that a single magic can be explained when people comprehend the basic principles of Mechanics. The magic, in this case, consists of putting matches almost falling on a table in order to sharpen the curiosity of the students by telling them that a bottle will be hanged in the free end of the matches and that the system will not be unbalanced, that is, the bottle will not fall down. After completing the magic, the students are requested to photograph the experiment and to point out all the forces that are acting in the system, explaining afterwards the reason why the system remains balanced. This is a stimulus to the student to understand how forces act upon the studied system, making their interest increase towards the discipline. Different and diverse responses of the third semester undergraduate students of this course are also presented and discussed.

Keywords: Education. Civil Engineering. Mechanics.

INTRODUÇÃO

O curso de Engenharia Civil da PUC Minas – Campus Poços de Caldas pretende formar um profissional com criatividade, senso crítico, com capacidade de realizar trabalhos interdisciplinares; com conhecimentos tecnológicos, sociais e econômicos contemporâneos, éticos; com conhecimentos básicos de matemática e física e capaz de utilizar a informática como ferramenta usual e rotineira, enfim, um profissional com formação genérica flexível e ampla (SOLER, 2004).

O aluno do curso de Engenharia Civil da PUC Minas - Campus Poços de Caldas inicia o curso, como na maioria das engenharias, adquirindo ferramentas matemáticas e físicas para o suporte às disciplinas consideradas profissionalizantes. A fim

de estimulá-lo a adquirir os conceitos mais importantes das disciplinas básicas, direcionam-se essas ao curso de Engenharia Civil por meio de exemplos e mostrando aplicações dentro da área de interesse (SOLER, 2004).

Todo curso de graduação, em geral, apresenta as competências que pressupõe que seus alunos, ao final do curso, devem possuir. Essas habilidades, em geral, são fragmentadas em várias disciplinas, ao fim das quais se admite que o objetivo foi alcançado, mas geralmente sem se verificar se o aluno realmente conseguiu relacionar as disciplinas à habilidade que deveria ser atingida.

Entende-se que no curso de graduação deva haver a oportunidade de realização de atividades nas quais haja a combinação dos elementos apresenta-

^a Professor Adjunto III, Pós-Doutor em Engenharia de Estruturas, PUC Minas Campus Poços de Caldas, Rua Padre Francis Cletus Cox 1661, CEP 37701-355 Poços de Caldas - MG, fone (35) 99771029, E-mail: jgmsoler@yahoo.com

^b Professora Adjunta III, Pós-Doutora em Engenharia Química, PUC Minas Campus Poços de Caldas, Rua Padre Francis Cletus Cox 1661, CEP 37701-355 Poços de Caldas - MG, fone (35) 37299217, e-mail: anapbrabelo@yahoo.com

dos separadamente para a construção de um todo e que, para isso, deva proporcionar a oportunidade de desenvolvimento do poder criativo, da iniciativa intelectual, do desenvolvimento de um raciocínio mais receptivo, não linear, simultâneo, espacial, intuitivo e da capacidade de análise e síntese de uma atividade programada (STEMMER, 1988).

Na disciplina de Mecânica Aplicada, uma das condições fundamentais para seu desenvolvimento é o pleno conhecimento de Física I e Física II, onde os conceitos de forças e torques são apresentados.

Considerando isso, foi proposto este trabalho a fim de verificar se os conceitos fundamentais de física eram assimilados, avaliar se os alunos conseguiam realmente relacionar as disciplinas às situações e problemas reais e, também, com a finalidade de colocá-los diante de situações similares às que encontrarão em sua vida profissional. Nesse sentido, a identificação e determinação dos esforços que agem numa estrutura assumem grande importância. Assim, a atividade descrita neste artigo foi inserida na disciplina Mecânica. Neste trabalho, várias disciplinas básicas, ministradas nos dois primeiros anos do curso, são aplicadas, sendo, portanto, um trabalho interdisciplinar. Atualmente, a interdisciplinaridade tornou-se muito importante no meio acadêmico (BAZZO, 1997).

Para verificar o conceito de forças aplicadas, foi solicitado que os alunos fotografassem uma “mágica” e, pela localização dos esforços, explicassem o equilíbrio verificado, conforme pode ser observado na Figura 1.

Pretende-se, assim, que o aluno entenda a relação entre as disciplinas cursadas, além da relação destas com situações do cotidiano.

EQUILÍBRIO ESTÁTICO

Estática é um assunto que lida principalmente com a descrição das condições necessárias e suficientes nas quais as forças mantêm o estado de equilíbrio de estruturas de engenharia.

Quando um corpo está em equilíbrio, a resultante de todas as forças que nele atuam é nula. Com isto, a força resultante R e o conjugado resultante M devem se anular, resultando nas seguintes equações de equilíbrio.

$$R = \sum F = 0 \quad M = \sum M = 0$$

Estas são as condições necessárias e suficientes para se estabelecer o equilíbrio.

Apesar de todos os corpos físicos serem inerentemente tridimensionais, muitos podem ser tratados num contexto bidimensional, desde que as forças a que estão submetidos atuem, ou possam ser projetadas, num único plano. Pensando em tudo isso foi elaborado um exemplo para o desenvolvi-

mento dos conceitos emitidos, explicando um fato que, inicialmente, parece uma mágica, mas que, na realidade, trata-se da teoria apresentada na disciplina de Mecânica do curso de Engenharia Civil.



Figura 1 - Estrutura equilibrada – “Mágica”

OBJETIVOS DO PROJETO

Um dos principais objetivos dessa prática é avaliar os conceitos fundamentados de disciplinas anteriores, pré-requisitos para a disciplina Mecânica, adquiridos pelos alunos e sua capacidade de aplicar a teoria em problemas práticos. A observação da elaboração de um projeto para a execução do trabalho, o trabalho em equipe, a exposição e argumentação de idéias e o consenso do grupo também foram objetivos desta atividade.

Os objetivos específicos deste trabalho podem ser definidos como:

- Desenvolvimento da criatividade:* como se pode perceber na introdução, uma das características que se pretende formar num profissional de engenharia é a criatividade. Para solucionar o problema proposto, o envolvimento da criatividade para propor métodos de análise e explicar o comportamento observado é muito grande.
- Trabalho em equipe:* o individualismo sempre tende a estar presente nos cursos de graduação, uma vez que a competitividade acaba prevalecendo sobre o trabalho em equipe. Com este trabalho, os alunos começaram a trabalhar em grupo, o que foi importante na tomada de decisões, capacidade de argumentação, tolerância de opiniões etc.
- Motivação:* a grande motivação, além da nota, foi verificar a verdadeira importância do que haviam aprendido e fixado até o momento. A descontração e o ânimo dos alunos mostraram que, ao serem motivados com trabalhos como este, eles apresentaram um envolvimento e interesse maiores.

- d) *Observação dos esforços*: procurava-se, com este projeto, verificar a verdadeira importância dada pelos alunos à observação dos esforços antes do início da análise dos mesmos.
- e) *Visualização tridimensional*: o projeto proposto envolvia um certo domínio de visão espacial e equilíbrio estático espacial. Percebe-se que a maior dificuldade foi na representação dos esforços. Alguns grupos não conseguiram encontrar o melhor posicionamento para a representação dos esforços, como pode ser visto na Figura 2.

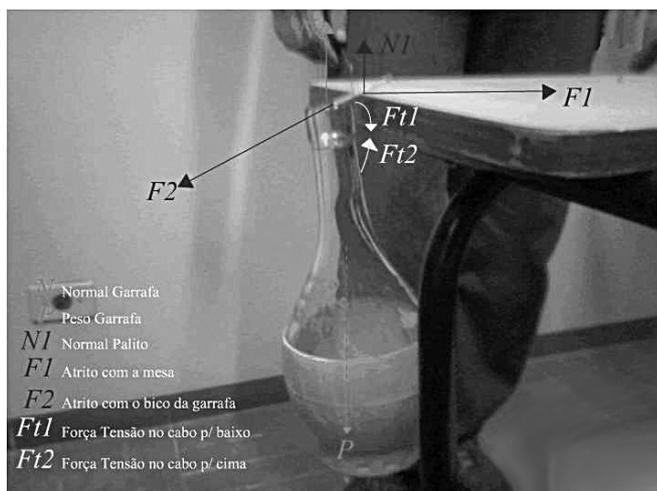


Figura 2 - Esforços colocados de maneira incorreta

- f) *Planejamento organizacional do projeto*: o início do projeto iria requerer a organização da equipe e o planejamento das atividades de cada uma delas, uma vez que, entre outras atividades, o grupo deveria fotografar a montagem do sistema (“mágica”) com uma máquina fotográfica digital e, depois, teria de utilizar um microcomputador para acrescentar os esforços na imagem obtida.
- g) *Tomada de decisão*: verificar o senso de liderança e a capacidade de organização dos membros da equipe ao enfrentarem um problema ou desafio inédito.

DESCRIÇÃO DO PROJETO

A proposta do projeto foi introduzida na semana anterior à sua execução: o professor iria realizar uma “mágica” e eles deveriam trazer apenas uma máquina fotográfica digital por grupo. A “mágica” seria fotografada e eles teriam de explicar o equilíbrio com a colocação dos esforços que estavam presentes no sistema.

Para a colocação dos esforços eles teriam de transferir a fotografia para um microcomputador, acrescentar as forças na imagem e, depois, enviar o arquivo com a explicação dos esforços pela internet.

A “mágica” consistia na colocação de uma garrafa na ponta de um palito de fósforo que estaria somente apoiado sobre uma superfície, neste caso uma cadeira da própria sala de aula. A elaboração da “mágica” requer uma preparação dos materiais. A garrafa deve possuir um fio amarrado em seu gargalo para que possa ser fixado facilmente na ponta do palito.

IMPACTO GERADO

Engloba a análise da primeira reação, da forma de encarar o desafio e da tarefa atribuída a cada elemento do grupo. A expectativa gerada foi muito grande.

ELABORAÇÃO DA “MÁGICA”

A elaboração da “mágica” já vinha sendo apresentada há algum tempo em palestras realizadas em alguns cursos de graduação sobre o incentivo do aprendizado e metodologias de ensino. Como ela possuía um forte conceito de estática, somente este exemplo foi elaborado, de tal maneira que pudesse ser aproveitado na introdução das equações da estática.

DISTRIBUIÇÃO DE TAREFAS

Foi observado como o grupo se organizou na distribuição das tarefas ao fotografar a mágica, transferir para o microcomputador, acrescentar os esforços e enviar via internet.

No final, a avaliação foi feita pela observação dos esforços acrescentados, mas foram também discutidos os pontos fracos e fortes constatados para direcionar a disciplina de Mecânica, a fim de aprimorar o que de melhor fosse encontrado e incentivar e fortalecer o que estava em falta e era necessário para o perfeito entendimento da disciplina.

RESULTADOS

O interesse na participação do projeto foi uma grande surpresa. Os alunos mostraram-se extremamente ansiosos em relação ao equilíbrio da garrafa, mas alguns, por mais que vissem o equilíbrio mostrado, continuavam a duvidar do processo.

A “mágica” foi fotografada e as equipes começaram a discussão sobre o que estava ocorrendo. Alguns conseguiram relacionar o fato com um abridor de garrafas e começaram, então, a citar as forças que imaginavam ocorrer no sistema. Duas equipes chegaram até a mencionar esforços que, de certa maneira, poderiam ser desprezados, como o peso próprio do palito de fósforo (Figura 3).

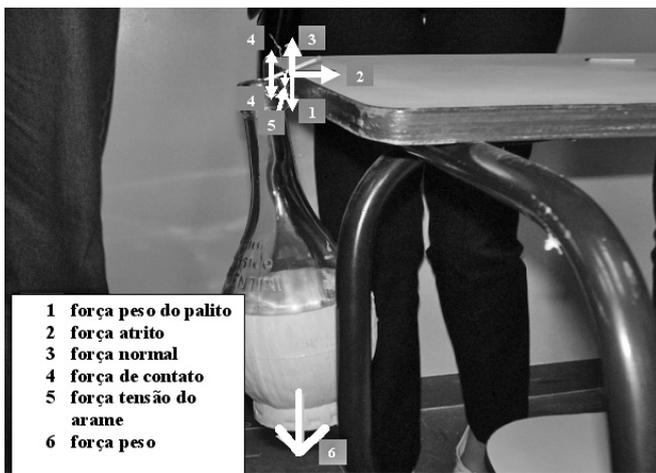


Figura 3 - Consideração do peso do palito

Os alunos começaram, então, a relacionar com um sistema de alavancas e perceberam que para a verificação do equilíbrio bastaria se valerem das equações da estática.

Na superfície da mesa foi colocado um neoprene e, logo a seguir, um teflon, para mostrar que o atrito era importante nesse caso; assim, puderam identificar as forças de atrito que ocorriam no sistema. Alguns grupos conseguiram visualizar as forças mais importantes que atuavam no sistema (Figura 4). A maioria dos grupos conseguiu estruturar-se adequadamente para a obtenção do sucesso no cumprimento da tarefa.

As principais dificuldades relacionadas aos conceitos assimilados detectadas no trabalho foram: os alunos começaram a diferenciar massa de força, localizarem o ponto de aplicação das forças, conseguirem entender o equilíbrio e colocarem as forças de maneira que fosse fácil serem visualizadas no desenho.

Os conceitos e pontos mais fortes apresentados pelos grupos foram: fácil relação com problemas do cotidiano como uma alavanca e um abridor de garrafas, e facilidade de manusearem os aparelhos à sua disposição (máquina fotográfica digital, transferência para um microcomputador, adição de forças e envio do trabalho via internet).

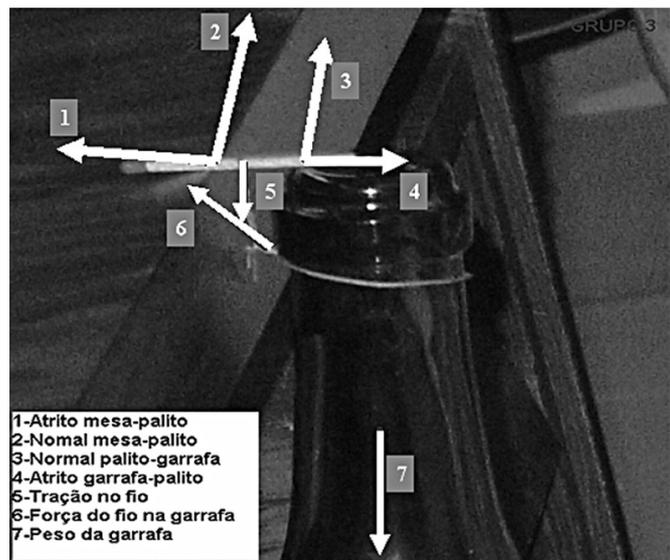


Figura 4 - Estrutura com os esforços representados

CONCLUSÕES

Foi muito boa a aceitação do desafio por parte dos alunos. Em nenhum grupo houve discordâncias ou discussões mais exaustivas sobre as forças que atuavam no sistema.

A utilização de recursos atuais, como máquina digital, digitalização de fotos, envio de trabalho via internet, conduziu a que os alunos apresentassem um comportamento diferente em relação aos exemplos apresentados na disciplina, sempre tentando relacionar os exemplos estudados com alguma utilização prática.

Com isso, a disciplina de Mecânica pôde ser estruturada de uma maneira que os alunos pudessem entender a sua aplicação em exemplos reais, valorizando, assim, a visualização dos esforços existentes num sistema e mostrando a importância da identificação dos tipos de esforços envolvidos nos exemplos antes de sua análise.

O material apresentado neste trabalho foi aplicado com sucesso na disciplina Estática ministrada na FEM/Unicamp.

REFERÊNCIAS

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. do V. *Ensino de engenharia – na busca de seu aprimoramento*, 3. ed. Florianópolis: Editora da Universidade de Santa Catarina, 1997. 167p.

MERIAM, J. L.; KRAIGE, L. G. *Mecânica estática*. 4. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

SOLER, J. G. M.; RABELO, A. P. B. A importância do projeto integrado nos últimos anos semestres dos cursos de graduação. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, 14-17 mar. 2004, São Paulo, Brasil. *Anais...* 2004. p. 811-815.

SOLER, J. G. M.; RABELO, A. P. B. Avaliação de conceitos estruturais utilizando estruturas de macarrão. In: COBENGE 2004, 13-17/09/2004. Brasília, *Anais...*, 2004.

STEMMER, C. E. A questão do projeto nos cursos de Engenharia. *Revista de Engenharia*, v. 7, n. 1, p. 3-12, 1988.

DADOS DOS AUTORES**José Gabriel Maluf Soler**

Engenheiro civil formado pela Unitau (1986), mestre em Engenharia de Estruturas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1989), Doutor em Engenharia de Estruturas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1995), Pós-Doutor em Engenharia de Estruturas pelo Instituto Superior Técnico (2002). Coordenador do Colegiado do curso de Engenharia Civil da PUC-Minas Gerais – Campus Poços de Caldas.

**Ana Paula Brescancini Rabelo**

Engenheira química formada pela Unicamp (1991), mestre em Engenharia Química pela Unicamp (1995), Doutora em Engenharia Química pela Unicamp (1999), Pós-Doutor em Tecnologia Bioquímico-farmacêutica pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP (2003). Professora Adjunta III da PUC Minas - Campus Poços de Caldas e membro do Colegiado do curso de Engenharia Civil.

