

ENSINO DE MECÂNICA DOS MATERIAIS ATRAVÉS DA CONSTRUÇÃO E COMPETIÇÃO DE PONTES DE PALITO DE PICOLÉ

Jéssica V. L.¹ – jessica.vluiz@gmail.com

¹Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Sukow da Fonseca - RJ
Rua do Areal, 522 – Parque Perequê
23953-030 – Angra dos Reis – Rio de Janeiro

Ana Carolina B. S.¹ – karowlbrasil@gmail.com

Alexandre L. P.¹ – alexandreluizp@gmail.com

Bruna B. F.¹ – brunabritofreitas@gmail.com

Resumo: *As disciplinas iniciais em cursos de Engenharias, normalmente, são disciplinas teóricas e com pouca prática. Cabe ao professor buscar novas metodologias para uma maior motivação dos alunos. Na Engenharia Mecânica as disciplinas de Estática e Mecânica dos Materiais dão aos alunos um primeiro contato sobre dimensionamento de elementos para estruturas ou máquinas, porém ainda muitas vezes de maneira bem teórica. Diante disso, este artigo mostra um trabalho de extensão realizado no CEFET/RJ em 2017, no Campus Angra dos Reis, sobre Construção e Competição de Pontes de Palitos de Picolé, que teve como objetivo principal unir a teoria aprendida em sala de aula, com a prática. A metodologia adotada foi à construção de uma ponte feita de palitos de picolé. Nessa construção os alunos passam por muitas etapas de um projeto de engenharia: seleção de materiais, orçamento, desenhos do básico ao executivo, memórias de cálculos, montagem de especificações técnicas e execução do projeto. Também foi aplicado um questionário para os alunos, com objetivo de avaliar o projeto, buscando sempre uma melhora para projetos futuros. Um dos resultados principais foi avaliar de maneira positiva que unindo a teoria aprendida em sala de aula com práticas e novas metodologias de ensino é um agente motivador para os alunos. Neste trabalho de extensão chegamos numa conclusão, que os alunos procuram desafios para uma primeira experiência em engenharia, aliando o ensino com a prática.*

Palavras-chave: *Metodologia do ensino, Mecânica dos materiais, Ponte de palito de picolé.*

1 INTRODUÇÃO

O estudo das disciplinas iniciais para os alunos de Engenharia, normalmente, é composto de matérias meramente teóricas. Motivar os alunos, com técnicas de aprendizagem ativa, faz parte das atribuições dos educadores. Conforme Fialho e Matos (2010) cabem aos professores uma pesquisa incessante de recursos pedagogicamente aplicáveis, no intuito de envolver e provocar a curiosidade dos alunos alinhada às necessidades de produção de conhecimento. Segundo os professores de Engenharia González, Morsch e Masuero (2005) uma atividade prática para os alunos das séries iniciais da graduação é de grande valia e esses autores vêm desenvolvendo atividades relacionadas a estruturas treliçadas, desde 2004. Além dos professores já citados, os pesquisadores Javaroni, Bastos, Azambuja (2012), Javaroni, Nogueira, Bastos (2016), Silva et al (2016) elaboraram atividades complementares com os alunos, construindo pontes de macarrão e de papel, todos com resultados positivos para a vida acadêmica e profissional dos alunos. Então, com a finalidade de conciliar o conhecimento teórico ao prático, os professores do CEFET-RJ, Campus Angra dos Reis, elaboraram um projeto de extensão sobre construção de pontes treliçadas, envolvendo os discentes das disciplinas de Estática e Mecânica dos Materiais.

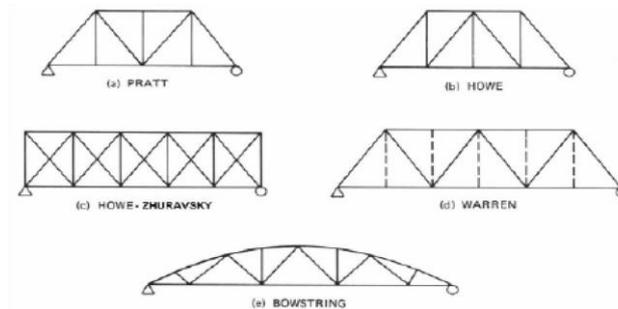
Desde os primórdios as treliças vem sendo utilizadas para construções de pontes. Moraes (2007), relata em suas pesquisas que existem registros que datam desde o século 1 a.C. O autor também relata que o conhecimento mais aprofundado do comportamento dos materiais e os sucessivos melhoramentos nos métodos de conexão dos elementos vêm, nos últimos séculos, aumentando a popularidade dessas estruturas. Estruturas treliçadas são compostas por unidades triangulares construídas com elementos retos cujas extremidades são ligadas em pontos conhecidos como nós (Beer, Johnston, e Eisenberg, 2012). Forças externas e reações de tração de compressão são calculadas nas barras a fim de determinar a capacidade das estruturas construídas por esse método (Hibbeler, 2011). Estudos de Fernández e Penna (2007) descrevem que existem diversos tipos estruturais de treliças, dentre elas: *Pratt, Howe, King, Warren, Howe-Zhuravsky, Town* e *Bowstring*. Esse tipo de estrutura apresenta vantagens à economia no consumo de materiais, a leveza e a simplicidade de cálculos (Connor, 1975).

Frente a esses relatos, os alunos foram motivados a construir pontes treliçadas, utilizando palitos de picolé. Empregando os conceitos de Estática e Mecânica dos Materiais, foram calculados os esforços das barras que constituíram a estrutura. Após, um ensaio destrutivo, que foi realizado na semana de extensão com o título de competição de pontes, foi comparado o resultado analítico com o experimental, a fim de comprovar a carga de colapso de cada ponte.

2 METODOLOGIA

As metodologias utilizadas para este trabalho foram: a construção de pontes treliçadas com material de baixo custo (palitos de picolé), e a aplicação de um questionário sobre questões que envolvem o conceito de Estática e Mecânica dos Materiais relacionadas com o projeto da construção da ponte. A Figura 1 mostra os tipos de treliça que cada grupo escolheu.

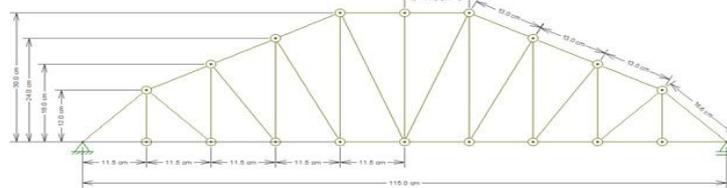
Figura 1 – Tipos de treliças: (a) *Pratt* com tabuleiro inferior, (b) *Howe*, (c) *Howe-Zhuravsky*, (d) *Warren* com tabuleiro inferior e (e) *Bowstring*.



Fonte: FERNANDEZ, B. O., 2010

Para auxiliar na construção dos gráficos de força cortante e momento fletor os alunos utilizaram o *software* Ftool (Figura 2), este programa é livre e foi desenvolvido para o ensino na PUC-Rio (Martha, 1992).

Figura 2 – Exemplo de gráfico da força cortante e momento fletor feito pelos alunos no projeto da construção da ponte de palito de picolé.



Fonte: MONTEIRO, L. C. et al, 2017.

Foi realizado um questionário com 5 perguntas com o objetivo de avaliar o projeto para melhorias futuras. A Tabela 1 apresenta as perguntas feitas aos alunos participantes da competição da ponte de palito de picolé. O conteúdo das perguntas teve como propósito apresentar etapas para elaboração de um projeto, conhecer o aluno e motivar a prática, também mostra o envolvimento de uma equipe na divisão de tarefas.

Tabela 1 – Questionário apresentado aos alunos participantes do projeto.

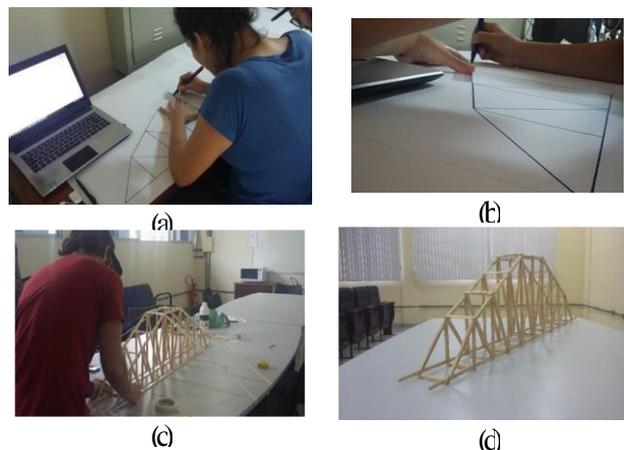
1) Em qual turma você estava matriculado quando construiu a ponte?
2) Durante a execução do projeto você conseguiu pôr em prática os conceitos vistos em sala?
3) Encontrou dificuldades durante a execução da ponte?
4) Após a conclusão do projeto você acha que ele saiu com o planejado?
5) Você gostaria de realizar mais trabalhos como esse?

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto foi destinado aos alunos que cursaram as disciplinas de Estática e Resistência dos Materiais dos cursos de Engenharia Mecânica e Metalúrgica do CEFET/RJ, Campus Angra dos Reis, pois os mesmos já estavam adquirindo os conhecimentos necessários para a realização da construção da ponte. Os alunos participaram previamente de uma aula de introdução, ministrada pelas alunas voluntárias do projeto de extensão sob a supervisão dos professores orientadores, sobre os tipos de pontes e treliças mais usuais, sendo informados sobre os materiais que deveriam ser utilizados e demais detalhes do trabalho. Durante a construção ficou decidido que os materiais que deveriam ser usados eram os palitos de picolé e cola de madeira. Ambas as disciplinas são do ciclo básico da Engenharia, onde o aluno tem pouco contato com as matérias específicas de seu curso. Uma das intenções do projeto foi proporcionar esse primeiro contato com a engenharia, onde eles tiveram que planejar seguindo os prazos de entrega, realizar a execução, além da prática do trabalho em equipe.

Na turma de Estática foi pedido no relatório o cálculo das reações nos apoios e as tensões de compressão e tração em cada palito. Já na turma de Resistência dos Materiais, além das tensões, também foi necessário à apresentação do cálculo das reações de apoio, os gráficos de força cortante e momento fletor, tensões máximas de tração e compressão e tensão de cisalhamento na linha neutra, para isso os alunos também fizeram uso do software Excel para o auxílio nos cálculos. A apresentação de mais cálculos para a turma de Mecânica dos Materiais se deve ao fato de que esta disciplina possui como base Estática, e nela se levam muitas outras variáveis em consideração. Na primeira fase de montagem da ponte os alunos tiveram que separar os palitos para utilização, pois havia muitos com defeitos. Na segunda fase foi feita a colagem de um palito no outro, para adquirir a resistência necessária, levando em consideração a quantidade de palitos que cada sessão deveria ter. Na terceira fase foram construídas as treliças e por último houve a junção das partes. A Figura 3 apresenta algumas etapas do projeto realizadas pelos alunos.

Figura 3 – Etapas da construção da ponte de palito de picolé: a e b) Desenho do projeto; c) Construção da ponte e d) Projeto



A primeira etapa (Figura 3-a) consiste em desenhar o perfil lateral da ponte, onde se encontram as treliças, no *software* Ftool para calcular as forças em cada barra. A segunda etapa (Figura 3-b) consiste em desenhar este mesmo perfil em uma cartolina para dar apoio na distribuição dos palitos. A terceira etapa (Figura 3-c) consiste na separação de palitos e na colagem dos mesmos na quantidade requerida, na montagem das treliças, formando as duas laterais da ponte. A quinta etapa (Figura 3-d) é a junção das laterais resultando na ponte pronta.

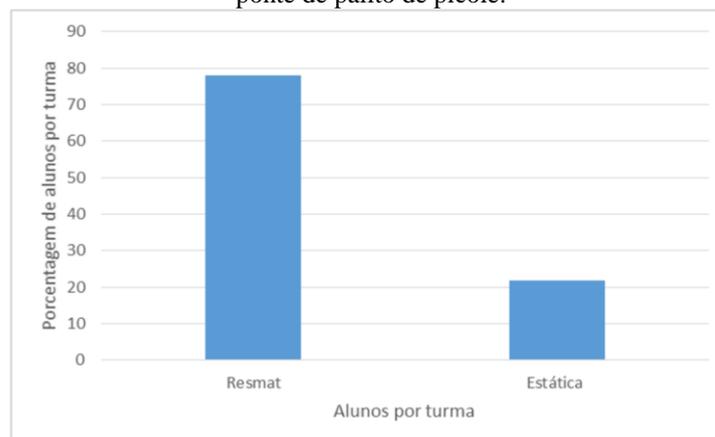
Na Figura 4 são apresentadas as pontes construídas.

Figura 4 – Pontes de palito de picolé confeccionadas pelas turmas de Estática e Mecânica dos Materiais.



Ao fim do projeto foi apresentado o questionário, onde obtivemos trinta e duas respostas dos alunos participantes, onde os resultados estão nos gráficos a seguir. A Figura 5 foi referente a quantidade de alunos de cada turma e é possível observar um maior número de alunos referentes a disciplina de Resistência dos Materiais, que representou 78,1% dos alunos envolvidos neste projeto.

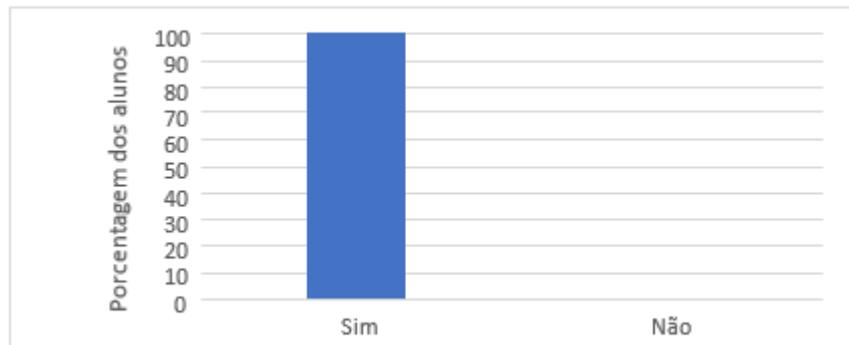
Figura 5 – Respostas sobre em qual turma o aluno estava matriculado quando iniciou o trabalho da construção da ponte de palito de picolé.



A Figura 6 responde a segunda pergunta do questionário, onde os conceitos teóricos foram relacionados com a parte prática desenvolvida na construção da ponte de palito. Através deste gráfico é possível identificar que 100% dos alunos conseguiram por em prática os

conceitos vistos em aula. É importante ressaltar que os alunos de Estática e de Resistência dos Materiais tiveram diferentes níveis de exigência, pois 21,9% destes (alunos de Estática) não tinham estudado parte do conteúdo.

Figura 6 – Respostas sobre se durante a execução do projeto foi possível pôr em prática os conceitos vistos em sala de aula.



As Figuras 7 e 8 representam a terceira e quarta pergunta do questionário, onde o aluno deve responder se encontrou dificuldades na execução do projeto e se o projeto saiu como planejado respectivamente. Através destes gráficos é possível observar que grande parte dos alunos sentiu dificuldade e, 34,4% dos alunos relatam que o projeto não saiu como planejado. Uma explicação provável para essas respostas não serem 100% positivas, é porque o trabalho é dividido em várias etapas e, a parte manual exige grande habilidade, tempo e paciência dos alunos, que devem fazer medidas precisas, cortar os palitos conforme o projeto, esperar o tempo de cura da cola, entre outros detalhes. As dificuldades encontradas podem ser vistas como um aprendizado, já que no ambiente de trabalho irão surgir problemas que o aluno deverá saber encontrar uma solução. Em função das inúmeras variáveis do projeto, algumas pontes apresentaram defeitos na colagem e no acabamento.

Figura 7 – respostas sobre se o aluno encontrou dificuldades durante a execução do projeto.

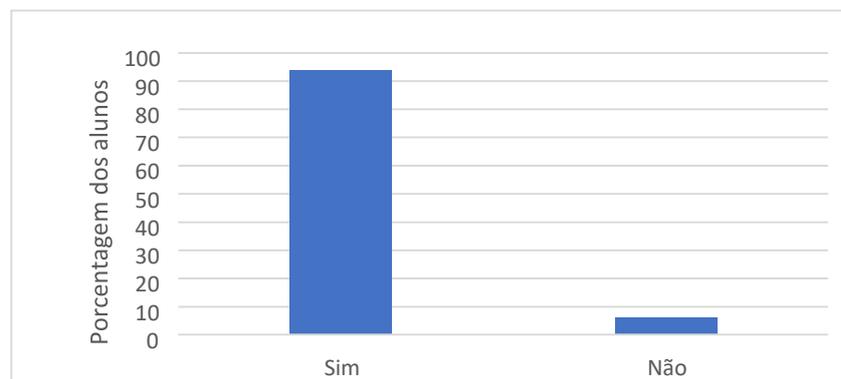
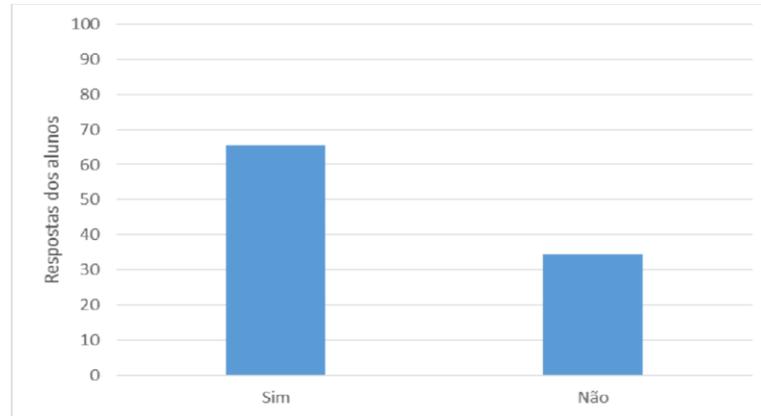
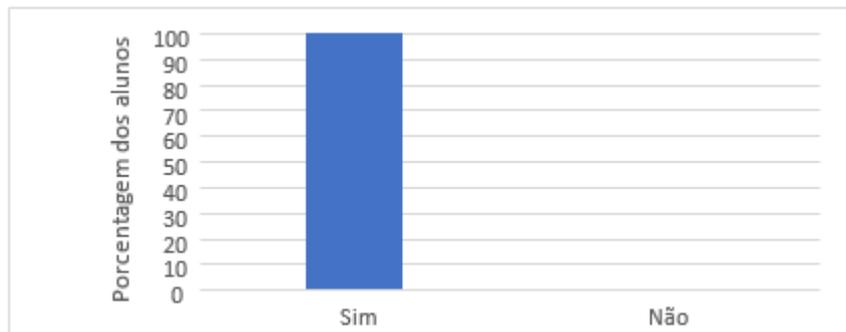


Figura 8 – Respostas sobre se o aluno encontrou dificuldades durante a execução do projeto.



Por fim a Figura 9, responde à pergunta de número 5, com o questionamento referente ao interesse do aluno em ter mais projetos como esse apresentado nesse artigo. Com base no gráfico, percebe-se que 100% dos alunos fariam mais projetos, a fim de conciliar a teoria e prática o que vai de encontro com os resultados positivos descritos pelos autores, González, Morsch e Masuero (2005), Javaroni, Bastos, Azambuja (2012), Javaroni, Nogueira, Bastos (2016), Silva et al (2016).

Figura 9 – Respostas sobre se o aluno encontrou dificuldades durante a execução do projeto.



Os alunos participantes do projeto de extensão deixaram alguns comentários de melhorias para as posteriores turmas, alguns exemplos são: “Outros materiais deveriam ser testados para uma comparação de resistência entre eles” e “Os alunos deveriam projetar pontes de diferentes materiais nas disciplinas de Estática e Mecânica dos materiais”.

Durante a feira de extensão ocorreu a competição para testar a resistência das pontes. Para isso foi arrecado alimentos que serviram como pesos. Os alunos e os professores acompanharam a quebra das ponte. A ponte vencedora, foi a que teve o menor percentual de erro entre a carga prevista no projeto e a carga real obtida no ensaio prático. As alunas voluntárias, gravaram vídeos e postaram no canal no Youtube com o seguinte endereço:

<https://www.youtube.com/watch?v=MBNveb-rOg0h>

para que os alunos de turmas futuras e de outras universidades possam usar como referência. Após a competição, os alimentos arrecadados foram doados para o a APAE de Mambucaba em Angra dos Reis.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os resultados de um projeto de extensão realizado em 2017, no CEFET/RJ Campus Angra dos Reis, sobre a construção de pontes de palito de picolé, com o objetivo de unir a teoria das disciplinas de Estática e Mecânica dos Materiais com a prática de um projeto inicial de engenharia.

Os principais resultados foram, respostas positivas dos alunos quanto ao projeto, seu empenho na parte social ajudando com a doação de alimentos, suas sugestões para que o projeto evolua e a aceitação positiva de um método diferente de ensino que une teoria e prática. Assim, pode-se chegar à conclusão que o projeto foi muito benéfico e muito bem aceito.

O projeto terá continuidade no Campus de Angra dos Reis para as próximas turmas com competição local e depois a nível nacional. Para projetos futuros serão usados outros tipos de material, por exemplo: papel.

Com esse trabalho esperamos contribuir para o avanço e melhoria da prática de ensino na engenharia no CEFET/RJ Campus Angra dos Reis. Ao nível mais amplo, contribuir mostrando a importância de trabalhar a teoria unida com a prática, para melhorarmos na formação dos alunos.

Agradecimentos

Dos autores ao CEFET/RJ, pela oportunidade de trabalhar nesse Projeto de Extensão, aos alunos voluntários que promoveram o projeto e a todos os participantes que atuaram ativamente na semana de extensão.

REFERÊNCIAS

BEER, F.P. e JOHNSTON, R.E. e EISENBERG, E.R. **Mecânica Vetorial para Engenheiros**. BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, Rio Grande do Norte, 27 a 30 de setembro de 2016.

CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, Rio Grande do Norte, 27 a 30 de setembro de 2016.

CONNOR, C. O. Pontes-Superestruturas. **Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.** 1975

FERNÁNDEZ, B. O. e PENNA, T. R. **Estudo comparativo da análise de treliças usando métodos clássicos, métodos matriciais e softwares de elementos finitos.** Faculdade Ideal - FACI. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Belém – PA, 2007.

FERNÁNDEZ, Bianca Oliveira. **Sistemas de treliças modulares para pontes de madeira: uma boa alternativa para o Estado do Pará.** *Dissertação, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo*, 2010

FIALHO, N. N., e MATOS, E. L. A arte de envolver o aluno na aprendizagem de ciências utilizando *softwares* educacionais. **Educar em Revista.** 2010.

GONZÁLEZ; MORSCH; MASUERO. Didactic games in engineering teaching – case: spaghetti bridges design and building contest. **Anais:** 18th International Congress of Mechanical Engineering, COBEM, Minas Gerais, 2005.

HIBBELER, R.C. **Estática - Mecânica para Engenharia.** 12ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

JAVARONI, C. E.; BASTOS, P. S. S.; AZAMBUJA, M. A. Interpontes – Projeto de evento acadêmico na Faculdade de Engenharia da Unesp, Campus de Bauru. **Anais:** XL– Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Belém: UFPA, 2012.

JAVARONI, C. E.; NOGUEIRA, C.G.; BASTOS, P. S. S.; Interpontes: Concurso de Pontes de Macarrão aplicado aos alunos do Ensino Médio. **Anais:** COBENGE 2016, XLIV

MARTHA, L. F. **Software para construção de diagramas de esforços solicitantes.** Disponível em: <<http://www.alis-sol.com.br/ftool/>> Acesso em: 30 abr. 2017.

MONTEIRO, L. C., SILVA, A. C. B., ELINO, M.; Pontes de Palito de Picolé. **Relatório de aula.** Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET. Rio de Janeiro, Campus Angra dos Reis, 2017.

MORAES, V. M. Ponte mista de madeira-concreto em vigas treliçadas de madeira. Ilha Solteira, UNESP. **Dissertação** (Mestrado em Estruturas). Universidade Estadual Paulista de Ilha Solteira – UNESP. São Paulo, 2007.

PAMPLONA, C. F. M. Universidade Federal Fluminense(UFF), Faculdade de Engenharia. Resistência dos Materiais. Notas de aulas do curso de Engenharia Mecânica. 2007. **Apostila.** Niterói, RJ.

SILVA, MT, PEREIRA AI, CIRILO JVA, SANTOS JVTS, PEREIRA BS. Oficina de linha de produção de pontes de papel: promovendo apoio complementar ao conhecimento acadêmico para graduandos de engenharia, **Anais:** COBENGE 2016, XLIV CONGRESSO

Vol. Estática. 9ª Ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2012.

INSTRUCTIONS FOR PREPARATION AND SUBMISSION OF WORKS TO THE SCIENTIFIC COMMITTEE OF XLVI BRAZILIAN CONGRESS OF ENGINEERING EDUCATION

Abstract: The initial classes in engineering courses usually have theoretical subjects with little practical activities. It is up to the teacher to seek new methodologies for enhancing student motivation. In Mechanical Engineering, Statics and Mechanics of Materials classes give the students a first contact on dimensioning structures or machines elements, but still often in a very theoretical way. Therefore, this article shows an extension work carried out at CEFET / RJ in 2017, at the Angra dos Reis Campus, on the Construction and Competition of popsicle stick bridges, whose main objective is to unite the theory learned in classroom with the practice. The methodology adopted was the construction of a bridge made with popsicle sticks. In its construction, students go through many stages of an engineering project: materials selection, project budget, basics to the executive drawings, calculation memory, technical specifications assembly and project execution. A questionnaire was also applied to the students, aiming to evaluate the project, always seeking to improve future projects. One of the main results was to positively evaluate that linking classroom learned theory with practical activities together with new teaching methodologies can enhance students' motivation. In this extension work we conclude that students are looking for challenges for a first experience in engineering, combining theory with practice.

Key-words: Teaching methodology, Materials mechanics, Popsicle stick bridge.