

PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA PARA SEDIMENTAR CONCEITOS DE MECÂNICA DAS ESTRUTURAS

Patrícia Murad Quintero – patriciamq@yahoo.com.br

Oswaldo Shigueru Nakao - osvaldo.nakao@poli.usp.br

Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Depto de Eng de Estruturas e Geotécnica
Av. Prof. Almeida Prado travessa 2, n. 83 - Cidade Universitária
CEP 05508-200 – São Paulo – SP

Resumo: *O entendimento dos conceitos de Mecânica das Estruturas e Resistência dos Materiais é de fundamental importância para a formação de um profissional de engenharia. São muitas, porém, as dificuldades do seu aprendizado. Existem projetos de iniciação que auxiliam a aquisição e a sedimentação desse conhecimento. A proposta do artigo é propor temas que possam motivar o estudante de engenharia civil. O projeto “Estruturas da Natureza” foi desenvolvido justamente no sentido de possibilitar a verificação dos conceitos aprendidos em Mecânica das Estruturas em estruturas da natureza como as construções executadas por animais. Paralelamente, ao se entender como essas estruturas estão em equilíbrio e se mantêm com estabilidade, os alunos eliminam as dúvidas que eventualmente tiveram quando da sua participação nas aulas.*

Palavras-chave: *Mecânica das estruturas, Natureza, Iniciação científica, Aprendizagem*

1 INTRODUÇÃO

Ao fomentar as ações de pesquisa ou de cultura e extensão por meio das atividades do corpo discente pode-se complementar o conhecimento adquirido nas aulas de graduação desenvolvendo atitudes e habilidades no estudante.

Até mesmo as associações de ex-alunos como a Associação dos Engenheiros Politécnicos – AEP têm proposto programas de projetos que apoiam a permanência e a formação estudantil. A bolsa de iniciação científica AEP é concedida aos alunos de graduação da Escola Politécnica da USP para o desenvolvimento de atividades de pesquisa científica ou tecnológica, sob a supervisão de um professor com título de doutor ou qualificação equivalente. Anualmente, é divulgado um edital de inscrição para seleção de candidatos. A bolsa é concedida pelo período de um ano, sem direito a renovação, após análise do desempenho do candidato e de seu histórico escolar. Mas, para que haja interessados nesses projetos é necessário propor trabalhos de interesse dos estudantes. Embora haja certamente temas que podem despertar e estimular a motivação para o estudo e aprendizagem é importante propor com muita diversidade.

Essa preocupação é necessária atualmente, pois os estudantes de hoje não conseguem se concentrar se não houver uma atratividade que rompa a sua passividade. Além disso, como os alunos são pessoas com características distintas também aprendem de formas distintas até por terem um repertório inicial diferente (origem familiar, escolar e regional).

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é destacar a importância de temas de iniciação científica ou tecnológica aderentes ao curso de cada aluno. Um tema que é estimulante para alunos de engenharia civil e que permite sedimentar os conceitos de Resistência dos Materiais apresentados nas aulas teóricas são as estruturas da natureza, conforme proposto em 2011 num pedido de apoio dentro do programa de bolsas de iniciação AEP. Este tema é ótimo porque tem relação com o curso ao qual o aluno se encontra vinculado e com as metas da Escola Politécnica para o desenvolvimento da cultura e extensão universitária, na sua articulação com o ensino e a pesquisa.

O projeto tem atualmente a participação de duas alunas de graduação em Engenharia Civil, um aluno de graduação em Engenharia Elétrica e do professor orientador. Elencou-se uma primeira coleção de temas para iniciar o projeto. À medida que houver a evolução, os materiais serão postados no link do site, ainda em construção.

3 METODOLOGIA

Quando da submissão do projeto foram apresentados alguns itens a serem alcançados até o final da pesquisa. A seguir descrevem-se os itens propostos e as etapas que foram cumpridas.

3.1 Itens do projeto proposto

Finalidade e relevância do projeto para a formação dos educandos envolvidos

- Disseminação dos modelos e materiais didáticos criados pelos professores da USP para a comunidade acadêmica do ensino superior em engenharia (e biologia) e do ensino médio nas escolas técnicas que ministrem fundamentos de Resistência dos materiais.
- Os educandos, alunos de Engenharia da Escola Politécnica da USP, se conscientizarão da necessidade de multiplicar o conhecimento adquirido na universidade e da relevância do seu próprio estudo financiado por recursos públicos. Poderão criar materiais que possam eliminar as dificuldades que tiveram quando da sua participação nas aulas.
- Os educandos, alunos de engenharia da Escola Politécnica da USP, poderão verificar os conceitos aprendidos em Mecânica das Estruturas em estruturas da natureza como as construções executadas por animais.
- Os educandos poderão permanecer na USP evitando a dispersão com a busca por estágios nos anos intermediários do curso.

Objetivos e metas a serem alcançados

- Disponibilização de materiais e modelos didáticos sobre Mecânica das Estruturas no Laboratório Didático de Resistência dos materiais do Laboratório de Estruturas e Materiais estruturais (LEM) do Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica da Escola Politécnica da USP.
- Disponibilização de materiais didáticos sobre Mecânica das Estruturas em site de acesso público para consulta dos alunos de graduação em Engenharia.

Ações e detalhamento das atividades a serem desenvolvidas

- Planejamento, preparação e execução de materiais e modelos para entendimentos dos conceitos de Mecânica das Estruturas.
- Preparação de materiais sobre as estruturas da natureza com textos explicativos sobre o seu funcionamento.

- Pesquisa e compilação de materiais e modelos didáticos existentes em livros, em sites, em anais de congressos de educação em engenharia e em dissertações e teses.
- Preparação de links para materiais criados por outras instituições (brasileiras e estrangeiras) sobre Mecânica das estruturas com comentários do professor orientador do projeto.
- Preparação de um curso a ser oferecida dentro do Programa Universidade aberta à Terceira Idade – atividade complementar didático – cultural.

Público a ser beneficiado pelas ações do projeto

- Alunos dos cursos de escolas técnicas do ensino médio.
- Alunos de alguns cursos superiores (faculdades tecnológicas, de engenharia e de biologia).
- Pessoas interessadas em estruturas da natureza.

3.2 Etapas da pesquisa

Inicialmente, procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica sobre as estruturas da Natureza. Além das Bibliotecas da USP, a consulta à Internet indicou vários pesquisadores que atuam com materiais que se prestam à execução de estruturas de uso conveniente ao homem. Compilaram-se as informações e organizaram-se arquivos e algumas apresentações em PowerPoint para alimentar o site futuro. Na coleta de informações houve sempre a preocupação de comparar as resistências dos materiais e a estabilidade da estrutura com os elementos utilizados na engenharia civil. A ideia é desenvolver e ampliar o vocabulário dos participantes do estudo.

4 RESULTADOS PARCIAIS

Inicialmente, foram analisados dois materiais: o bambu e a casa de João-de-Barro. A seguir, são apresentados trechos de Quintero (2011) e Vasconcelos (2000).

4.1 Bambu



Figura 1. Terminal 4 do Aeroporto Internacional de Barajas, em Madri.
Fonte: www.planetasustentavel.abril.com.br

Com o objetivo de mostrar a interação entre a engenharia e a biologia, analisam-se aspectos básicos do material Bambu e o que torna essa matéria-prima adequada para diferentes aplicações. Na Figura 1, pode-se observar a aplicação como material estético, como isolante térmico e como material estrutural. Segundo (FAY, 2006), o caule do bambu (cilíndrico e oco) apresenta nós equidistantes. Esses nós garantem a forma da seção transversal mesmo quando fletidas, pois na flexão tem parte de suas fibras submetidas a esforços de tração e parte de compressão. Os nós funcionam como diafragmas, impedindo a deformação da seção do caule e mantendo sua resistência.

Vantagens do Bambu sobre o concreto e o aço

O bambu por ser uma matéria-prima encontrada na natureza é renovável e de uso sustentável. É uma espécie que possui rápida reprodução e que cresce muito rapidamente, podendo ser cortada anualmente. É leve e flexível, fácil de manusear e transportar. Propicia isolamento térmico e acústico e apresenta uma densidade aproximadamente três vezes inferior à do concreto. O bambu apresenta um módulo de elasticidade de cerca de 20000 MPa que corresponde a aproximadamente um décimo do valor do aço. As peças curtas de bambu podem suportar tensões que ultrapassem 50 MPa, enquanto o concreto comum resiste a tensões cerca de três vezes menos que esse valor. Cabos de bambus trançados apresentam resistência similar ao aço, pesando apenas 10% do metal.

(www.feagri.unicamp.br/destaques.php?secao=1012007estruturabambu)

Resistência à tração

A resistência dos bambus à tração depende da concentração de fibras, que é sempre maior na região externa do colmo. Os colmos mais finos são relativamente mais espessos quando comparados às áreas das seções transversais, por isso, eles parecem ter maior resistência. Quanto aos mais grossos, possuem menor quinhão de fibras resistentes por unidade de área da seção, explicando-se também a menor resistência aparente relativa dos colmos grossos. A resistência no terço superior é 12% menor do que na base. A existência de nós no corpo-de-prova de tração age de maneira negativa. Por todos os motivos apresentados, os resultados dos ensaios de resistência variam muito. Um estudo realizado pela PUC – Rio, encontrou valores de resistência à tração variando de 64,26 a 115,84 MPa para diferentes seções do bambu *Guadua angustifolia* (GHAVAMI & MARINHO, 2002). Para efeito de comparação, madeiras de árvores do tipo pinheiro possuem resistência à tração de 50 a 150 MPa contra 20 a 26 MPa nas outras madeiras e fibras de linho resistem de 600 a 1100 MPa. A resistência à tração do bambu é elevada e, em algumas espécies, pode atingir até 370 MPa. Por essa razão, o uso do bambu como um substituto ao aço é bastante atrativo.

Comparação do tecido do bambu com o concreto com fibras

Assim como todas as outras plantas, o bambu está repleto de fibras em sua estrutura. As fibras, com comprimento de 0,6 até 4 milímetros e resistência de até 400 MPa (superior à do aço CA-25), estão distribuídas de maneira quase uniforme por um tecido menos resistente do parênquima, que faz o papel do concreto. No bambu, a concentração de fibras vai aumentando em direção à periferia, onde são mais necessárias, já que aumentam a resistência à flexão. Pode-se, ainda, fazer uma analogia com a construção de edifícios. Assim como as fibras, no bambu, se concentram na periferia da seção transversal, os pilares de sustentação de edifícios também se concentram nas “bordas” dos edifícios a serem construídos, garantindo assim uma melhor eficiência no trabalho ao qual são requisitados.

Peso

Os valores do peso específico do bambu variam segundo a espécie. Em geral, ele vale, em média, entre 5,7 e 7,6 kN/ m³, aumentando da base até o topo, enquanto o peso específico do concreto é 25 kN/ m³ e o do aço 78,5 kN/m³.

Resistência à compressão

Para a análise da resistência à compressão do bambu, devem ser considerados diversos fatores, como as influências climáticas, a época do corte, a umidade, a posição do corpo de prova dentro da árvore, a direção dos esforços aplicados em relação à orientação das fibras, a espessura da parede e a existência de diafragmas no corpo-de-prova ensaiado. No caso de existirem nós nos corpos-de-prova, estes aumentam cerca de 8% a resistência à compressão paralelamente às fibras. Na direção perpendicular às fibras, o aumento é da ordem de 45%. Seguem alguns valores indicativos:

Paralelamente às fibras:	Tubo Φ 60 mm.....64 MPa
	Tubo Φ 32 mm.....86 MPa
	Barra.....62 MPa
Perpendicular às fibras:	Variável de.....52 a 93 MPa

Módulo de Elasticidade

A maior concentração de fibras resistentes na parte externa também produz um efeito no módulo de elasticidade. Na flexão, por causa da maior incidência de fibras na parte externa do colmo, os valores do módulo de elasticidade são maiores, podendo-se adotar nos cálculos o valor médio de 20 000 MPa.

A utilização do bambu

O bambu é um material vegetal de propriedades mecânicas que possibilitam grande potencial de exploração para a engenharia.

“A planta apresenta longos colmos, ocos no interior, os quais são fechados a intervalos mais ou menos regulares, por um diafragma nas regiões dos nós; suas paredes têm excelente resistência à tração e à compressão, comparáveis às mais nobres madeiras ressaltando-se, ainda, seu baixo peso específico, da ordem de 8,5 kN m⁻³.” (LIMA & DIAS, 2001)

As informações mostradas até aqui ajudam a fundamentar a utilização do bambu como material de construção civil. Cada vez mais o bambu é tido como uma futura alternativa à madeira, encaixando-se em padrões estéticos, possuindo propriedades adequadas e contribuindo para a tão incentivada construção sustentável.

Por conta de seu baixo custo, o bambu é tido como potencial socializador, com fundamental importância no desenvolvimento de países com menores recursos financeiros. Recentes programas de habitação em países como Equador, Colômbia e Costa Rica, utilizam o bambu na construção. Casas construídas de bambu também possuem a vantagem de serem resistentes a terremotos, como constatado na Colômbia.

Entre outras utilizações, o bambu pode ser usado na estruturação como coluna, viga e lastro, entre outros. Pode servir como telha, forro e maçaneta, dar origem aos chamados laminados de bambu (Plyboo), além de ser adequado para determinados encanamentos de água. Na construção, também é utilizado como andaimes, principalmente em países como a Índia e a China.

4.2 João-de-barro

O ninho

Os ninhos construídos pelo joão-de-barro possuem sempre a abertura voltada para o norte, de forma a evitar os ventos fortes. A construção só é estimulada na presença de argila molhada ou de lama, já que o casal de aves constrói seu ninho com argila úmida. Como a ave é pequena, ela só consegue transportar pequenas porções de argila, exigindo-se, assim, mais de duas mil viagens para se completar o ninho. Por essa razão, o processo dura no mínimo 15 dias. A argila é um material friável, podendo reduzir-se facilmente a fragmentos ou a pó. Como não parece haver nenhum aglomerante adicionado à massa, nem mesmo saliva, como é comum em ninhos de várias aves, para evitar que a massa trinque (o que ocorreria com a utilização de argila pura) e garantir que ela fique coesa, o joão-de-barro costuma misturar palha, detritos, esterco de vaca ou outros ingredientes. A forma final do ninho é esférica, possuindo, em geral, 30 centímetros de diâmetro, e nela predomina o esforço de compressão simples. Como o barro é um material que resiste bem a esse tipo de esforço, sua utilização torna-se adequada (FAY, 2006). A espessura das paredes é relativamente grande, da ordem de 5 centímetros, mas isso não constitui isolamento térmico satisfatório (Figura 2). O orifício de entrada possui um diâmetro de aproximadamente 10 centímetros. O ninho é fixado ao ramo da árvore apenas pela aderência da argila molhada que, ao secar, retrai e adere com perfeição às saliências da casca da madeira. Existe um equilíbrio perfeito da construção em relação ao ramo de apoio. A construção cresce simetricamente de um lado e outro do ramo, evitando qualquer desequilíbrio de cargas. Na parte interna, existe uma parede que é interrompida a meia altura. O predador que consegue penetrar pela abertura não encontra a continuação do caminho e desiste de sua empreitada. O pássaro precisa subir pela parede para atingir a câmara de procriação, onde constrói um “colchão” macio com fibras e algodão ou lã, nele depositando os ovos. A disposição interna da construção oferece proteção real contra os predadores e contra as intempéries. O ninho, entretanto, não é usado durante muito tempo. Os ovos são depositados e chocados e, após cinco ou seis semanas, as penas dos filhotes crescem e eles ficam prontos para voar. O ninho é então abandonado e as aves nunca mais retornam. A argila seca completamente e o calor do sol torna insuportável permanecer dentro da casa.



Figura 2. Ninho do joão-de-barro. Fonte: www.infoescola.com

Natureza curiosa

Não raramente, o pássaro aproveita construções já existentes como fundação e faz sua casa em cima. No bairro de Santana, zona norte da capital da cidade de São Paulo, um grupo de joões-de-barro construiu suas casas em cima de um abacateiro velho. Foram construídos sete módulos, como mostra a Figura 3.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por serem temas do cotidiano é natural que o aluno tenha curiosidade e se familiarize com as expressões e conceitos de Mecânica das estruturas. O vocabulário abordado auxiliará no aprendizado e no desenvolvimento da intuição e da percepção da ordem de grandeza dos valores característicos dos materiais utilizados na construção civil.

A partir de pesquisas e compilação de materiais e modelos didáticos existentes em livros, em sites, em anais de congressos de educação em engenharia e em dissertações e teses, foram preparados materiais sobre as estruturas da natureza, com textos explicativos sobre o seu funcionamento. O aluno que participa do projeto aprende e os materiais desenvolvidos permitem que seus colegas também aprendam ao serem divulgados.

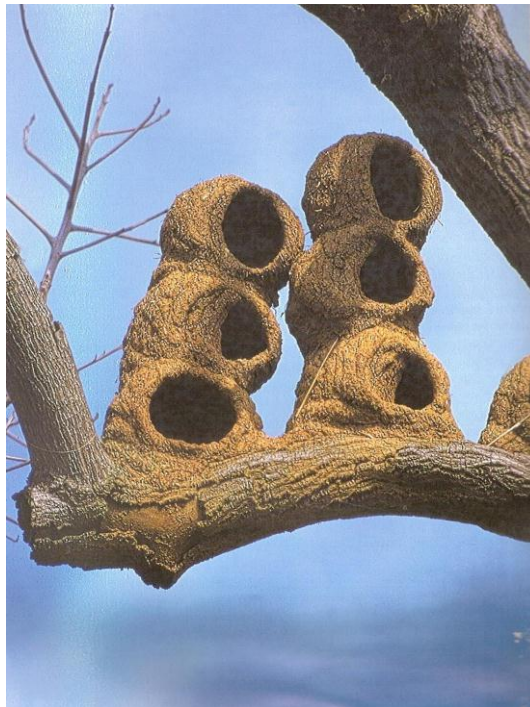


Figura 3. Grupo de ninhos. Fonte: Vasconcelos, A.C., Estruturas da Natureza.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Associação dos Engenheiros Politécnicos (AEP) pelo apoio à pesquisa realizada dentro do Programa de Bolsa à Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bambu, madeira do futuro. Disponível em:

<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/casa/conteudo_234776.shtml> Acesso em: 03 ago. 2011.

FAY, Liliana. **Estruturas Arquitetônicas – Composição e Modelagem.** 2006. Disponível em:

<http://www.ufrj.br/institutos/it/dau/profs/liliana/APOSTILA_IT_829.pdf> Acesso em: 03 ago. 2011.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia***. 2002. Disponível em: <<http://www.bambubrasileiro.com/arquivos/Propriedades%20G%20angustifolia%20-%20Ghavami%20&%20Marinho.pdf>> Acesso em: 03 ago. 2011.

LIMA JUNIOR, H. C; DIAS, A. A. **Vigas mistas de madeira de reflorestamento e bambu laminado colado: análise teórica e experimental**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. 2001, vol. 5, no. 3 , pp. 519-524.

O bambu pode ser usado desde na estrutura da casa até em objetos de decoração e móveis. Disponível em: <<http://www.feagri.unicamp.br/destaques.php?secao=1012007estruturabambu>> Acesso em: 03 ago. 2011.

QUINTERO P. M. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Escola Politécnica. **Estruturas da natureza: sob o ponto de vista da Mecânica das estruturas e Resistência dos materiais**. Relatório Parcial. São Paulo: AEP Bolsa de iniciação científica, 2011.

VASCONCELOS, A.C., **Estruturas da Natureza - Um estudo da interface entre Biologia e Engenharia**. São Paulo: Studio Nobel, 2000.

SCIENTIFIC INITIATION SEARCH TO FIX CONCEPTS AND VOCABULARY OF MECHANICS OF STRUCTURES

Abstract: *The comprehension of the Mechanics of Structures and Material Resistance concepts is extremely important to the professional engineering formation. There are many difficulties in this learning, though. It does exist initiation projects that help the acquirement and the sedimentation of this knowledge. The article proposition is to suggest subjects that may motivate the civil engineering student. The “Structures of Nature” project was just developed to make possible to the students to examine the concepts learned in Mechanics of Structures in structures of nature as those made by animals. Parallely, when the equilibrium and the stability of these structures are understood, the students solve the doubts they had when they attended the classes.*

Key-words: *Mechanic of Structures, nature, scientific initiation, learning.*