



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

“Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças”

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

“SISTEMAS ESTRUTURAIS LEVES PARA COBERTURA DE GRANDES VÃOS”: UM CURSO PIONEIRO E INOVADOR NA PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E ARQUITETURA BRASILEIRA

Luiz C. S. Feitosa – luiz.feitosa@poli.usp.br

Departamento de Engenharia de Estruturas e de Fundações (PEF)

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP)

Av. Prof. Almeida Prado tv. 2, n. 271 - Cidade Universitária

05508-900 - São Paulo - SP

Reyolando M. L. R. F. Brasil – reyolando.brasil@poli.usp.br

Ruy Marcelo O. Pauletti – pauletti@usp.br

***Resumo:** O processo de aprendizado pode ser muito mais completo quando se alia a teoria à prática. Este trabalho apresenta a experiência da disciplina de pós-graduação 'Sistemas Estruturais Leves para Cobertura de Grandes Vãos', em que se emprega esta premissa como base de um modelo educacional motivador. O curso está dividido em aulas expositivas, aulas práticas, seminários e avaliação escrita. As atividades práticas estimulam o trabalho em equipe, sendo necessário engajamento, disciplina e divisão de tarefas. O sucesso da disciplina é comprovado através da reação positiva dos alunos. Dada a característica participativa, o curso é ainda enriquecido, ano a ano, com os trabalhos dos próprios alunos.*

***Palavras-chave:** tensoestruturas ,teoria e prática, ensino de pós-graduação.*

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo procura divulgar uma experiência pedagógica bem-sucedida, ministrada nos programas de pós-graduação da Escola Politécnica e da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, mostrando-se as ferramentas utilizadas para o alcance desse sucesso. Buscou-se na disciplina ‘Sistemas Estruturais Leves para Cobertura de Grandes Vãos’ um modelo educacional em que os alunos estivessem mais engajados no processo de aprendizado, com maior interação entre teoria e prática, tornando o curso mais completo. A verificação empírica dos conceitos abordados torna mais motivador e eficaz o processo de aprendizagem.

Segundo PINHEIRO (2000), um dos grandes desafios do ensino de engenharia é promover o desenvolvimento global do indivíduo através do desencadeamento de todas as suas potencialidades. Formar melhores estudantes, não só em sala de aula, mas também na vida pessoal. Para tal, é necessário encontrar mecanismos de motivação e incentivo aos alunos, engajando-os no processo de aprendizado, encorajando-os a estudar e iniciando-os no caminho da sua própria responsabilidade de aprender.

O aprendizado deve ser uma experiência divertida, excitante e contínua. O papel do professor é ensinar a aprender. Suas principais funções são estimular a busca de aprendizado dos seus alunos e apresentar os fundamentos lógica e organizadamente, com a finalidade de proporcionar uma visão geral do assunto e direcionar os alunos para o estudo e a pesquisa subsequentes.

Há, na literatura, várias alternativas para o ensino além do tradicional, que utiliza apenas aulas expositivas, exercícios e exemplos didáticos. Como em AMARAL et al. (2002), que faz a descrição de um método de ensino por cenários, no qual se constatam algumas evoluções em relação ao ensino tradicional, sendo elas: um maior nível de absorção dos conhecimentos pelos participantes; uma experiência prática de projeto próxima a um desenvolvimento em condições reais; uma visão abrangente e integrada do processo de desenvolvimento de produto, aqui denominada holística. Em resumo, é importante e interessante uma prática em que o aluno siga um caminho, visualizando as competências e habilidades necessárias a sua formação.

Entende-se por competência em MASETTO (2003) “como aptidão para enfrentar, de uma forma correta, rápida, pertinente e criativa, múltiplos recursos cognitivos: saberes, capacidades, micro-competências, informações, valores, esquemas de percepção, de avaliação e de raciocínio”.

Em MASETTO (2003), diz-se ainda que “... a ênfase deve ser dada às ações do aluno para que ele possa aprender o que se propõe...”. Contudo, o autor atesta que não se pode promover essa aprendizagem sem a participação e parceria dos próprios aprendizes, ou seja, o professor deve buscar que seus alunos de certa maneira sejam seus cúmplices no aprendizado, e se sintam motivados e interessados no assunto que se esteja trabalhando.

2. A DISCIPLINA

2.1. Aspectos Gerais

A disciplina ‘Sistemas Estruturais Leves para Cobertura de Grandes Vãos’ é ministrada pelos professores Reyolando Manoel Lopes Rebello da Fonseca Brasil e Ruy Marcelo de Oliveira Pauletti, sendo oferecida, com adaptações, aos alunos dos cursos de pós-graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica e em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, ambas da Universidade de São Paulo.

O curso abrange os conhecimentos teóricos e os detalhes de projeto, materiais e métodos construtivos dos sistemas estruturais leves para coberturas de grandes vãos, tais como as tensoestruturas, as estruturas reticuladas e laminares. A carga horária da disciplina divide-se em aulas teóricas, aulas práticas e avaliações, por meio de seminários e provas escritas.

2.2. Aulas teóricas

As aulas iniciais servem de motivação para o estudo das tensoestruturas, bem como de embasamento teórico necessário para a análise numérica das mesmas. Apresenta-se aos alunos, por meio de *slides* ricos em fotos e figuras, a evolução das coberturas leves desde seus primórdios até as mais recentes e ousadas tensoestruturas. Do mesmo modo, é feita uma abordagem sobre as estruturas de cabos (como as pontes pênséis ou estaiadas), apontando suas propriedades geométricas e o funcionamento do sistema estrutural. A disciplina procura sempre desenvolver uma visão qualitativa aliada aos princípios teóricos.

Um tópico de grande relevância é a apresentação das ferramentas necessárias ao projeto, análise e montagem das tensoestruturas. Inicialmente, os pós-graduandos tomam conhecimento das formas básicas, das características dos tecidos estruturais (representados na Figura 1.a), do conceito de planificação, da importância de se elaborar protótipos (como na Figura 1.b), dentre outros.

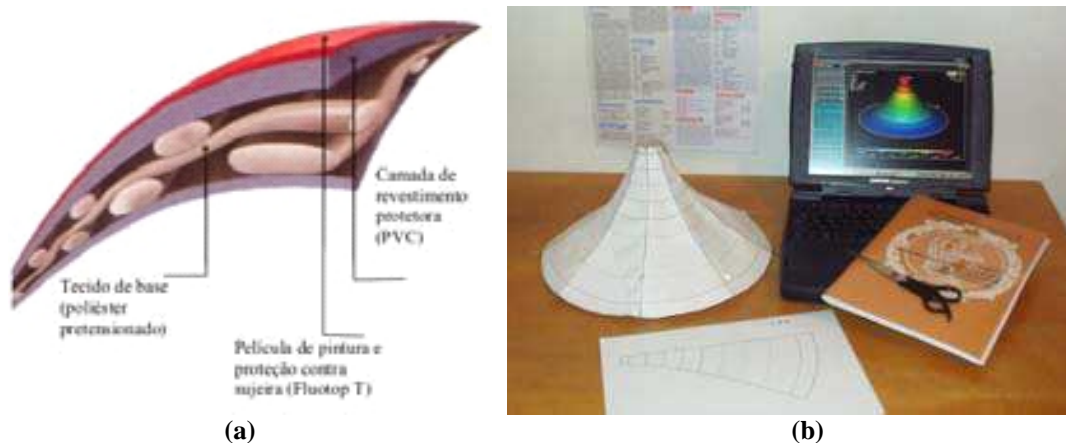


Figura 1. (a) Componentes do tecido estrutural; (b) Protótipo em papel e análise numérica.

A seguir, são demonstradas as etapas que se seguem durante a análise assistida por computador, empregando programas baseados no método dos elementos finitos. O computador torna-se uma poderosa ferramenta de apoio ao projetista, pois lhe proporciona grande agilidade para modelar diferentes formas (Figura 2), analisar tensões, deformações, geometria final, além de permitir obter a definição das faixas do tecido (Figura 3).

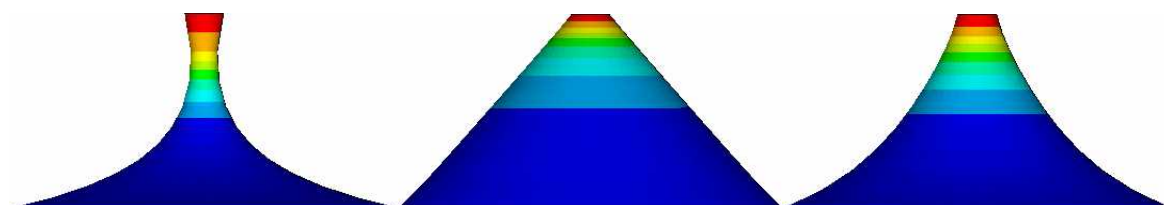


Figura 2. Algumas formas possíveis de tensoestruturas.

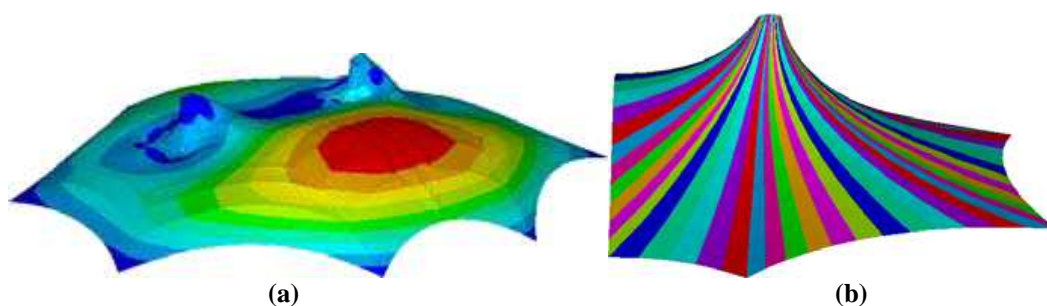


Figura 3. (a) Deslocamentos devidas ao vento; (b) Visualização das faixas.

Chama-se a atenção dos alunos para alguns detalhes importantes durante a montagem das tensoestruturas, tais como a necessidade de boa precisão no corte das faixas e na costura das mesmas conforme a Figura 4.a, o correto posicionamento das conexões e sua ligação com o tecido (Figura 4.b), além da necessidade de uma correta aplicação da tração nos cabos, conforme especificado em projeto, para a obtenção da forma final, como pode ser observado nas Figuras 5.a e 5.b.



Figura 4. (a) soldagem do tecido estrutural; (b) Posicionamento da membrana no solo.



Figura 5. (a) Fixação da membrana à estrutura metálica; (b) Tensegrity já concluída.

2.3. Aulas Práticas

Após a utilização da carga horária teórica, por volta da metade do curso, os alunos tornam-se os protagonistas, sendo-lhes direcionadas várias atividades práticas que possibilitam aplicar os conceitos adquiridos anteriormente.

A primeira dessas atividades diz respeito à padronagem e à construção de uma maquete de uma grande tensegrity (Figura 5), na escala de 1:50. O tecido é substituído por papel sulfite e os cabos de aço, por barbantes. Os alunos cortam as faixas previamente demarcadas no papel sulfite e as “costuram” por meio de cola em bastão, reforçando as conexões, se necessário, com fita adesiva. A estrutura é montada sobre base e torres de madeira. Pode-se observar nas Figuras 6.a e 6.b os alunos do segundo ciclo de 2003, na Escola Politécnica, desempenhando a atividade.

Esta primeira tarefa é importante para desenvolver a afinidade com a geometria das tensegrities, observar que se deve ter muito cuidado durante o corte e a junção das faixas para evitar enrugamento e promover a integração dos participantes, que necessitam aprimorar habilidades de organização, de estabelecimento de prazos, metas e de trabalhar em equipe.



Figura 6. (a) Alunos do 2º ciclo de 2003 construindo maquete; (b) Maquete concluída.

A segunda atividade prática constitui-se na montagem da maquete em PVC da mesma tensoestrutura, dessa vez em escala 1:10. Particularmente neste trabalho, os professores fornecem todo o material de que os alunos necessitam para montar a tensoestrutura, inclusive o tecido já costurado. Os alunos devem reunir o material recebido e utilizá-lo de forma adequada, a fim de que se obtenha a tensoestrutura conforme projetada. Pode-se, mesmo através de um modelo reduzido, perceber as etapas e cuidados a serem seguidos na montagem de uma estrutura real. Os trabalhos têm sido feitos ao ar livre, sendo que as figuras abaixo registram a turma de 2003, em frente ao Edifício Paula Souza, na EPUSP, onde funciona o curso de pós-graduação em Engenharia Civil.



**Figura 7. Montagem da tensoestrutura em escala 1:10
(da direita para a esquerda estão o Prof. Reyolando e o Prof. Ruy)**

Cumprida essa atividade, os pós-graduandos são incumbidos de fazer um terceiro trabalho prático, que exige deles maior disciplina, engajamento, organização da equipe e distribuição de tarefas. Nesta atividade, os alunos trabalham desde a marcação e corte das faixas do tecido (Figura 8) até a montagem final da tensoestrutura.

Inicialmente é feita uma cotação de preços dos materiais necessários à confecção da maquete, sendo o valor gasto dividido entre os integrantes do grupo. Com o tecido em mãos, os alunos se revezam nas tarefas de marcá-lo e cortá-lo de forma precisa, conforme modelo estabelecido pelos professores.



Figura 8. Marcação e corte das faixas de tecido.

Cortadas todas as faixas de tecido que deverão compor a tensoestrutura, as mesmas são enviadas a uma oficina de costura (a critério dos alunos), onde serão unidas para formar uma peça única. Devido ao fato de não ser um trabalho comum numa oficina de costura, uma série de orientações deve ser passada à pessoa responsável pela costura, para se obter uma correta ligação das faixas e, conseqüentemente, evitar o aparecimento de rugas e outras irregularidades. Depois de as faixas terem sido costuradas, é programada uma data para a montagem da tensoestrutura ao ar livre, geralmente no mesmo lugar do trabalho anterior. Os apoios necessários ao sustento da membrana são posicionados e fixados no solo e os cabos, introduzidos na borda da membrana, a fim de retesá-la. A Figura 9, abaixo, mostra a turma de pós-graduação em engenharia civil de 2004 durante as atividades de locação da estrutura.



Figura 9. Alunos do 2º ciclo de 2004 durante a montagem da tensoestrutura.

A seguir faz-se o tracionamento dos cabos, até a tensoestrutura atingir a forma projetada (Figura 10), com o que se finaliza o trabalho. Nesse estágio do curso, é de fácil constatação por parte dos alunos que os objetivos foram plenamente alcançados, enriquecendo seus conhecimentos teóricos e práticos, estes últimos muitas vezes pouco explorados em outras disciplinas da área de engenharia de estruturas, que se limitam a explorar conceitos por meio de análises numéricas.



Figura 10. Etapas finais da montagem.

2.4 Avaliação

Para fechamento da disciplina e avaliação complementar, o aluno deve apresentar um seminário aprofundando-se em algum tópico abordado durante o curso, bem como deve submeter-se a uma prova escrita que avalia todo o conteúdo absorvido tanto nas aulas expositivas quanto nos trabalhos práticos.

O conceito final do aluno é contabilizado mediante a sua participação nas aulas expositivas, engajamento nos trabalhos práticos, seminário produzido e avaliação escrita.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentada neste trabalho uma experiência pedagógica de sucesso dos cursos de pós-graduação em Engenharia Civil e em Arquitetura e Urbanismo da USP. Pode-se dizer que a metodologia empregada na disciplina ‘Sistemas Estruturais Leves para Cobertura de Grandes Vãos’ serve de fonte de motivação para todos os pós-graduandos nela envolvidos. Os alunos atribuem esse sucesso ao aspecto prático da disciplina, na qual eles constroem o próprio conhecimento, aliando a teoria à prática. Várias maquetes e protótipos já foram construídos durante os cursos ministrados, servindo de enriquecimento à própria disciplina.

Agradecimentos

O trabalho de investigação da metodologia de ensino da disciplina em questão tornou-se possível pelo apoio parcial das seguintes agências patrocinadoras do governo brasileiro: CAPES e CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, D. C.; ZANCUL, E. S.; ROZENFELD, H.; *Cenário de engenharia integrada: ampliando e avaliando uma aplicação na educação* (in www.numa.org.br).

MASETTO, M. T. *Competência pedagógica do professor universitário*. São Paulo: Summus, 2003.

PINHEIRO, P. C. C. *Desenvolvimento de protótipos: instrumento de motivação e ligação das disciplinas do curso de engenharia*. In: COBENGE, 2000, Ouro Preto-MG.

Site da disciplina PEF-5750 (in www.lmc.ep.usp.br/disciplinas/pef5750/).

“LIGHT STRUCTURAL SYSTEMS FOR COVERING LARGE SPANS”: A PIONEERING AND INNOVATIVE COURSE IN THE BRAZILIAN ENGINEERING AND ARCHITECTURE GRADUATION

***Abstract:** Learning is enhanced when theory and practice are developed together. The graduate course “Light Structural Systems for Covering Large Spans”, offered at the University of São Paulo, Brazil, applies this premise to achieve an education model quite motivational. The course is divided in theoretical lessons, practical lessons, and seminars. Practical activities stimulate teamwork with its necessary enrollment, discipline and division of tasks. The success of the course is proven through the positive reaction of the enrolled graduate students. The course has been enriched in its several editions by incorporating the work of the students.*

***Keywords:** tensile structures, theory and practice, graduate education.*