

O PAPEL DO PROFESSOR NO ENSINO DE ESTRUTURAS DAS EDIFICAÇÕES

Prof. Dr. João Eduardo Di Pietro – dipietro@arq.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Engenharia Civil
Campus Universitário - Trindade
88040-900 – Florianópolis – Santa Catarina

***Resumo:** O objetivo deste trabalho é abordar a problemática da transferência do conhecimento de estruturas aos estudantes do curso de engenharia civil, estabelecido a partir de uma análise do processo ensino/aprendizagem. Parte da experiência verificada ao longo de muitos anos de magistério, especificamente às disciplinas de Experimentação e Introdução à Análise das Estruturas oferecida ao curso de Arquitetura e Urbanismo e Análise Qualitativa das Estruturas, ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, de discussões em encontros, seminários, congressos nacionais e ainda, de publicações existentes sobre o assunto. Em uma primeira etapa, as formas estruturais, suas relações com a natureza e seu funcionamento são mostradas através de modelos e maquetes, de maneira essencialmente qualitativa, permitindo, expeditamente, o pré-dimensionamento dos elementos estruturais. Procura-se reduzir o hiato existente entre o conhecimento teórico e prático no campo das estruturas, fazendo uma ligação entre a intuição, comum aos seres humanos e o conhecimento tecnológico que as cerca, adequando-as a uma realidade física baseada em postulados matemáticos. Na segunda etapa, procurar-se-á diminuir o hiato pela aplicação de métodos quantitativos em estrutura. Isto se consegue pelo exercício do processo de projeto em diversos sistemas estruturais tais como concretos (armado e protendido), argamassa armada, metálicas (aço e alumínio), madeiras (simples ou associadas) e alvenarias estruturais. Tem como objetivo principal um ensino de estruturas que seja eficaz à formação e ao mesmo tempo atraente ao estudante de engenharia e arquitetura.*

***Palavras chaves:** Ensino, Ensino de estruturas, Estruturas*

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os meios de produção e de serviço estão passando por profundas alterações, caracterizadas como uma mudança de paradigma - do paradigma da produção massiva para o paradigma da produção racional, isto é, sem desperdícios de energia, tempo, material e esforço humanos. Essa mudança implica uma modificação da postura dos profissionais em geral e, portanto, do processo de formação desses profissionais.

Essa mudança de paradigma na produção e serviço tem levado as universidades a repensarem sua prática pedagógica, refazendo currículos, introduzindo tecnologia educacional e provendo estágios dos alunos com a finalidade de introduzi-los na prática profissional.

Especificamente em relação à arquitetura e à engenharia, há uma grande pressão para a introdução dessas mudanças. A produção racional está sendo utilizada por um grande número de empresas e o dia-a-dia do arquiteto, do engenheiro e do empresário exige cada vez mais o pensamento racional. No entanto, a formação desses profissionais ainda não sofreu alterações significativas, continuando a formá-los com habilidades para funcionar segundo o paradigma da produção massiva.

A formação para a produção racional requer um processo de aprendizado centrado na ação de fazer engenharia e arquitetura ao invés de ensinar o aluno sobre engenharia e arquitetura. Descreve-se como criar ambientes de aprendizado e as implicações em relação ao currículo e em relação às atitudes do professor e do aluno.

A teoria de Kuhn, (1982), ajuda a compreender as mudanças de paradigmas na evolução do pensamento científico e pode ser útil para analisar o que ocorre no contexto da produção de bens e serviços. Inicialmente, tem-se a *produção artesanal*, em seguida, a *produção massiva* e, finalmente, a *produção racional*.

A produção artesanal emprega trabalhadores com grande habilidade e ferramentas flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor demanda e um item de cada vez. O custo dessa produção é alto, porém, geralmente, a qualidade do produto é excelente.

Na produção em massa, o objetivo é densificar a produção e diminuir o custo do produto, muitas vezes em detrimento da qualidade. Profissionais com formação específica planejam a produção que deverá ser executada por um trabalhador com pouca ou nenhuma habilidade, através de máquinas especiais que produzem grande quantidade de um produto.

A produção racional combina as vantagens da produção artesanal - grande variedade e alta qualidade - e as vantagens da produção massiva - grande quantidade e baixo custo. Essas distinções podem ser esquematizadas conforme a Tabela 1 (GARBARIAN, 1992).

Tabela 1 – Tipos de Produção

Produção Artesanal	Produção Massiva	Produção Racional
Trabalhadores habilitados	Trabalhadores não habilitados	Trabalhadores habilitados
Ferramentas flexíveis	Ferramentas inflexíveis	Ferramentas flexíveis
Produtos exclusivos	Produtos padronizados	Produtos quase exclusivos
Alta qualidade	Qualidade razoável	Alta qualidade
Baixa quantidade	Alta quantidade	Alta quantidade
Alto custo	Baixo custo	Baixo custo

Como esses diferentes tipos de produção caracterizam diferentes paradigmas, acabam tendo um profundo impacto em todos os setores da sociedade, como por exemplo, sobre a educação e serviços em geral, influenciando a maneira de viver e pensar. No caso específico da educação, esta sofre influência direta dos sistemas de produção e serviço. Isso, porque a educação deve preparar as pessoas para atuarem segundo esses paradigmas.

Assim, a escola passa a ser a reprodutora das relações de produção e serviço. Ela não só deve passar as idéias dos sistemas de produção e serviço (educação através da transmissão de idéias), como também ela própria assume uma estrutura semelhante a dos meios de produção e serviço (educação através da vivência).

O processo educacional também pode ser caracterizado de acordo com os diferentes sistemas de produção. Na época da produção artesanal, as pessoas eram educadas por “mentores”. Esses profissionais eram contratados para educar os membros da corte ou das famílias ricas. Uma versão menos elitista era o professor particular, que educava um pequeno grupo de alunos que podiam arcar com os custos dessa educação. Esse sistema educacional perdurou até o advento da produção em massa, quando então, houve a massificação do ensino.

O sistema educacional atual pode ser caracterizado como fruto do paradigma de produção em massa. A nossa escola pode ser vista como uma linha de montagem: o aluno é o produto que está sendo educado ou “montado” e os professores são os “montadores” do conhecimento do aluno.

Além disso, existe a estrutura de controle do processo de “produção”, formada por diretores e supervisores que verificam se o “planejamento da produção” traduzida em termos

da metodologia, do currículo e da disciplina, está sendo cumprido. Se tudo for realizado de acordo com o plano, essa linha de montagem deve produzir alunos capacitados. Caso contrário, existem as ações corretoras: a recuperação ou a repetência.

Mesmo a organização do currículo, que é baseada no paradigma da produção em massa ou, mais especificamente, no modelo da racionalidade técnica, estabelece uma dicotomia entre o conhecimento científico e aplicado e a aplicação desse conhecimento na prática profissional (VALENTE, 1995). Assim, o conhecimento é fragmentado, categorizado, hierarquizado e ministrado em uma ordem crescente de complexidade. Espera-se que o aluno seja capaz de assimilar esse conhecimento molecular, cada vez mais fracionado e integrar e aplicar esses conhecimentos na resolução de problemas do mundo real.

Inicialmente são oferecidos cursos teóricos sobre os diferentes conteúdos programáticos e, mais no final do curso (especialmente nos cursos de formação universitária), é solicitado ao aluno o desenvolvimento de um projeto prático, apresentado como o contexto para a aplicação do conhecimento adquirido e o desenvolvimento de competências, capacidades e atitudes profissionais.

Em síntese, o modelo educacional em uso, é baseado na transmissão de conhecimento, assumindo que o aluno é um recipiente vazio a ser preenchido ou o produto que deve ser “montado”. Essa abordagem é generalizada como metodologia de ensino e ainda é utilizada nos cursos de arquitetura e engenharia. O resultado desse modelo educacional é o aluno passivo, sem capacidade crítica e com uma visão de mundo segundo a que lhe foi transmitida. O profissional com essa habilidade terá pouca chance de sobreviver na sociedade do conhecimento. Na verdade, estamos produzindo alunos e profissionais obsoletos.

Essa formação não pode mais ser baseada no “instrucionismo”, onde o professor instrui ao aluno, mas no “construcionismo”, onde o aluno constrói o seu conhecimento, aprende porque faz, reflete sobre o produto que obtém e depura as suas idéias e ações.

O sistema educacional segundo a visão da produção racional ainda está por vir. No entanto, é possível ter algumas idéias de como essa educação deverá ocorrer e que tipo de formação ela deverá proporcionar. O Homem da sociedade “racional” deverá ser o homem da sociedade do conhecimento (DRUCKER, 1993).

Um homem crítico, criativo, com capacidade de pensar, de aprender a aprender, de trabalhar em grupo e de conhecer o seu potencial cognitivo e afetivo deverá ter uma visão geral sobre os diferentes problemas que afligem a humanidade como as questões sociais e a ecologia, além do profundo conhecimento sobre domínios específicos. Ou seja, um homem atento e sensível às mudanças da sociedade com uma visão transdisciplinar e com capacidade de constante aprimoramento e depuração de idéias e ações.

Certamente, essa nova atitude é fruto de um processo educacional cujo objetivo será a criação de ambientes de aprendizagem onde o aluno possa vivenciar e desenvolver essas habilidades. Elas não são passíveis de serem transmitidas, mas devem ser construídas e desenvolvidas em cada indivíduo. No caso da arquitetura e da engenharia, principalmente a engenharia civil, o egresso da escola hoje, com certeza, deverá estar em contato direto com o sistema de produção racional. Esse paradigma de produção está sendo disseminado em todas as empresas e constitui um processo irreversível.

Portanto, esse profissional deve estar preparado para atuar nesse novo ambiente de produção e a sua formação deve propiciar o desenvolvimento de habilidades para que isso definitivamente aconteça. Essa formação tem que ser feita através de um sistema compatível com o novo paradigma, tanto no sentido da construção de conceitos quanto do desenvolvimento de uma estrutura que permita ao aluno vivenciar a experiência da produção racional ou do “pensamento racional”.

A questão é: como proporcionar essa formação? Que alterações são necessárias para constituir um ambiente onde o aluno possa adquirir as habilidades necessárias para atuar na sociedade racional? As respostas para essas questões podem ser fornecidas através da experiência acumulada ao longo do processo de ensino e

aprendizagem. Essa experiência pode servir de base para propiciar algumas idéias de como alterar o ensino de engenharia e de arquitetura e capacitar profissionais para atuarem no paradigma racional.

Uma metodologia de ensino adequada é uma ferramenta que auxilia a entender os paradigmas educacionais como o instrucionismo - baseado na produção em massa - e o construcionismo - baseado na produção racional.

2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Todo engenheiro civil, como também todo estudante de engenharia, já se convenceu da importância do conhecimento estrutural para a sua formação, sabendo entretanto, que a aquisição de tais conhecimentos é mais complexa do que se poderia esperar.

A rapidez da evolução tecnológica, os novos materiais, a criação de novas formas arquitetônicas, que apresentam dificuldades para a formulação matemática de sua estrutura, tornam quase impossível ao homem de formação essencialmente artística, absorver todo este conhecimento.

O arquiteto contemporâneo deve estar familiarizado com estética, engenharia, sociologia, economia, urbanismo e planejamento, entre outros. O conhecimento das ferramentas necessárias para compreender a tecnologia moderna é, na maioria das vezes, limitado, pois a matemática, a física e a química não são matérias essenciais à sua formação.

Por outro lado, o conhecimento do engenheiro nas áreas sociológica, estética e do planejamento é tão limitado quanto o do arquiteto com respeito às matérias técnicas. Um diálogo entre arquiteto e engenheiro é praticamente impossível: carecem de um vocabulário comum.

Como este diálogo é necessário, pergunta-se: deve o engenheiro ter mais conhecimentos de arquitetura ou o arquiteto mais conhecimento de engenharia? (SALVADORI, 1990).

No campo das estruturas o conhecimento qualitativo deve ser, naturalmente, requisito básico ao estudo quantitativo, pois raramente se desperta o interesse por determinado assunto sem que haja, pelo menos, um conhecimento prévio sobre o mesmo, ainda que intuitivo.

A intuição é um processo essencialmente sintético: gera a compreensão repentina e direta. Resulta num caminho satisfatório até o conhecimento global, desde que associada a duas condições: experiência prévia e cuidadosa verificação (STUCCHI, 1997).

A prática pode significar um refinamento extraordinário da intuição que, através de um laboratório, pode ser refinada pelos experimentos, onde as diversas ações estruturais possam ser compreendidas e avaliadas visualmente.

O emprego de modelos para o ensino das estruturas, tanto nas escolas de arquitetura como de engenharia, constituem elementos ideais para uma apresentação intuitiva e qualitativa dos conceitos estruturais, não eximindo, entretanto, de um conhecimento quantitativo a todos aqueles que desejam formas estruturais arrojadas e ao mesmo tempo corretas.

3. OBJETIVOS

3. 1. Objetivos Gerais

A elaboração de uma metodologia que possa promover melhoria do ensino de estruturas nas escolas de arquitetura e de engenharia, através da utilização de modelos estruturais reduzidos. A confecção de modelos apropriados, afim de que sejam apresentadas as implicações da aplicação das cargas sobre estruturas são necessários para que haja uma compreensão imediata desses efeitos.

Pretende-se, com esta proposta, além de motivar o aluno a interessar-se pelas leis físicas que envolvem os diversos tipos estruturais, proporcionar-lhe as ferramentas necessárias e introdutórias à análise quantitativa, através do conhecimento qualitativo do comportamento das estruturas.

3. 2. Objetivos Específicos

Fornecer meios para:

- ① Elevar o nível de compreensão e fixação dos conceitos teóricos sobre o comportamento das estruturas;
- ① Estabelecer uma relação mais clara e direta entre a teoria e a prática;
- ① Ampliar o contato do aluno com a prática de laboratório;
- ① Proporcionar uma formação científica e integração multidisciplinar dos currículos de graduação dos cursos de arquitetura e de engenharia;
- ① Criar um espaço onde os alunos, nos períodos iniciais de graduação possam participar, de forma ativa, quebrando a tradicional postura apática no processo de concepção, na construção e ensaio de modelos físicos capazes de reproduzir o comportamento de diferentes estruturas.

4. METODOLOGIA DO ENSINO DE ESTRUTURAS

4. 1. Ensino e Aprendizado na Arquitetura e Engenharia

Indubitavelmente cada disciplina tem seu programa particular. Cada professor segue alguns critérios gerais, mas tem também, suas preferências pessoais, primando pela objetividade mas admitindo doses variáveis de subjetividade.

As temáticas de ensino apoiam-se em razões, exemplos, programas de necessidades, esquemas funcionais e, a evolução do projeto, em processos explícitos e implícitos. As disciplinas teóricas são apresentadas em forma de esquemas, exemplos e comparações. A forma de aprendizagem está fundamentada na compreensão de textos e especialmente na memória.

Nas disciplinas técnicas referentes às edificações, distinguem-se os campos das estruturas, instalações, materiais e construções, que compartilham raízes teóricas comuns, mas requerem tópicos especiais de ensino/aprendizagem. Todas baseiam-se em conhecimentos físicos e matemáticos englobando componentes de ciências aplicadas e, por isso, denominam-se de tecnologia da construção ou da edificação.

O ensino das estruturas baseia-se em considerações teóricas e aplicadas através de esquemas de funcionamento onde deduzem-se expressões matemáticas. Estas aplicações matemáticas permitem projetar e dimensionar os conjuntos de elementos que constituem o projeto estrutural formal e construtivo. O ensino/aprendizagem abrange então essas etapas mencionadas: as teorias, os esquemas estruturais, o projeto, o dimensionamento e suas verificações.

Portanto, essa forma de ensino constitui-se em aprendizagem laboriosa e cansativa, através de exercícios variados e sujeitos aos mais diversos erros. A participação dos alunos, neste caso, não existe. Têm, simplesmente, que assimilar tudo que é passado pelo professor.

O ensino de estruturas vem sendo ministrado, atualmente, de maneira descontínua, fragmentada, desinteressante e tunelizada, isto é, tem um começo e fim, impedindo entretanto, que o aluno vislumbre o que ocorre ao seu redor.

4. 2. Proposta Metodológica

Na proposta para o ensino de estruturas, ora apresentada, o processo de transmissão do conhecimento deve ocorrer em duas etapas distintas:

1ª Etapa: A Percepção Qualitativa das Estruturas

Esta etapa desenvolve-se em três níveis de profundidade no processo ensino/aprendizado, segundo objetivos e necessidades variadas:

Nível 1 (inicial) – Contato com o modelo didático;

Nível 2 (intermediário) – Criação, projeto, construção e análise dos modelos;

Nível 3 (avançado) – Contato com a análise experimental através de modelos.

No Nível 1 (inicial), o estudante tem contato com os diversos sistemas estruturais naturais (vegetais, animais e minerais), a fim de despertar seu interesse pelas mais diferentes formas que a natureza apresenta, na qual a estrutura é o resultado das possibilidades construtivas do material aliadas a uma forma com funções pré-determinadas e, existindo entre o material e a estrutura, uma congruência e uma continuidade que não existem no campo da técnica, onde o homem procura substituir o processo construtivo natural por um processo analítico.

Ainda, nesta primeira etapa, o aluno tem os primeiros contatos com os modelos didáticos apresentados pelo professor de forma puramente qualitativa, onde são ilustradas as definições e conceitos teóricos, aliado à observação de seu comportamento real, comparando-o com o previsto pela teoria.

No Nível 2 (intermediário), a interface entre a teoria e a prática se aprofunda pelas atividades que envolvem a criação, o projeto, a construção e a análise qualitativa dos modelos didáticos utilizados nas aulas práticas do Nível 1. Nesta etapa leva-se o aluno à liberdade de criação e de reflexão sobre o comportamento físico do modelo, bem como das questões relativas ao desenvolvimento da teoria, como a adoção de hipóteses simplificadoras. Esta tarefa é proposta como um trabalho prático e sua execução será durante o semestre letivo.

No Nível 3 (avançado), o aluno entra em contato com a análise experimental através dos modelos físicos, aprofundando a análise teórica com o auxílio de métodos quantitativos. Esta etapa pode, ainda, ser direcionada aos projetos de iniciação científica e de pesquisa na pós-graduação. Os projetos, para este nível de aprofundamento, devem ter uma duração em torno de dois a três períodos letivos.

As atividades de criação, projeto e execução de modelos físicos reduzidos, ou mesmo em escala real, são extremamente úteis no processo de sintetização dos conhecimentos a partir da teoria, possibilitando a aplicação do processo *construtivista*, onde o aluno constrói, aprende, reflete e depura suas idéias e ações.

A implementação deste projeto de desenvolvimento e utilização de modelos didáticos, no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina, foi possível graças a existência dos laboratórios de Modelos e Maquetes e de Sistemas Construtivos – Setor de Estruturas. O primeiro é utilizado na execução dos modelos e o segundo, nos seus ensaios.

2ª Etapa: Métodos Quantitativos

A aplicação de métodos quantitativos consegue-se pelo exercício do processo de projeto aplicado aos mais diversos sistemas estruturais, culminando com um anteprojeto integrado (arquitetônico e complementares). Esta etapa não é objeto deste trabalho.

4. 3. Implementação da Metodologia Proposta

No curso de Engenharia Civil a implementação deu-se através da criação da disciplina optativa: Análise Qualitativa das Estruturas utilizando-se a mesma estrutura laboratorial utilizada na arquitetura. Como não foi possível dividi-la em duas turmas foi idealizado a apresentação, por parte dos alunos, de um relatório final, onde o estudante se manifesta de maneira aberta sobre a disciplina.

5. MÉTODOS E TÉCNICAS

Para a aplicação desta proposta de ensino/aprendizado, isto é, o emprego de modelos qualitativos para o ensino de estruturas, foram utilizadas duas turmas da disciplina obrigatória de Experimentação II (Turmas A e B) do curso de Arquitetura e Urbanismo e uma turma da disciplina optativa Análise Qualitativa das Estruturas, do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina e tendo cada uma 3 (três) horas/aulas semanais, durante os semestres 97/2 a 99/2, apresentando a seguinte distribuição de alunos por turma:

Tabela 2 – Quantidade de Alunos por Semestre

Semestre	Arquitetura		Engenharia Civil
	Turma A	Turma B	Turma Única
97/2	27	26	25
98/1	24	26	28
98/2	24	26	25
99/1	24	25	28
99/2	23	24	27

Para estas disciplinas foi adotado o mesmo programa de ensino. No curso de Arquitetura, para a turma A, utilizou-se o método tradicional de ensino de estruturas, puramente teórico, empregando-se o quadro negro e, para ilustração de fenômenos mais complexos, slides e transparências. Na turma B, o ensino contou, além de todos os recursos convencionais empregados na turma A, com a utilização dos modelos qualitativos desenvolvidos em laboratório. Para o curso de Engenharia Civil foram utilizados os mesmos recursos empregados para a Turma B da Arquitetura

Cabe ressaltar que, para a disciplina de Experimentação II, a seleção dos alunos por turma é de livre escolha dos acadêmicos do curso de Arquitetura e Urbanismo, que optam pela turma que melhor satisfizer suas expectativas. A disciplina optativa: Análise Qualitativa das Estruturas, da Engenharia Civil, também é uma opção do aluno.

Numa primeira etapa, os modelos utilizados para visualização dos fenômenos estruturais mais comuns, tais como: tração, compressão, cisalhamento, flexão e outras formas de deformações, foram apresentados em sala, durante as aulas expositivas para ilustrar as explicações sobre a matéria lecionada.

A segunda etapa constituiu-se na criação e confecção de modelos pelos próprios alunos. Foi instituído um concurso entre as equipes a fim de criar um clima de competição e estimular a criatividade.

Esses modelos, dentre os mais significativos, foram sobre treliças planas, pórticos simples e cúpulas. O ensaio permitiu uma visualização dos esforços que ocorrem nos elementos que compõem a estrutura - as barras. Com a aplicação da carga é possível perceber, quais os elementos que estão sujeitas à tração e/ou compressão. As figuras a seguir ilustram algumas dessas experiências.

As estruturas constituídas por treliças foram elaboradas dentro de certos parâmetros, não sendo permitido uma altura superior à 40 cm nem comprimento maior que 120 cm. As barras, com dimensões máximas de 2,5 x 4,0 cm deveriam ser confeccionadas em madeira tipo “Pinus Elliottis”. Foram submetidas ao ensaio de flexão para verificação do comportamento estrutural e resistência mecânica.

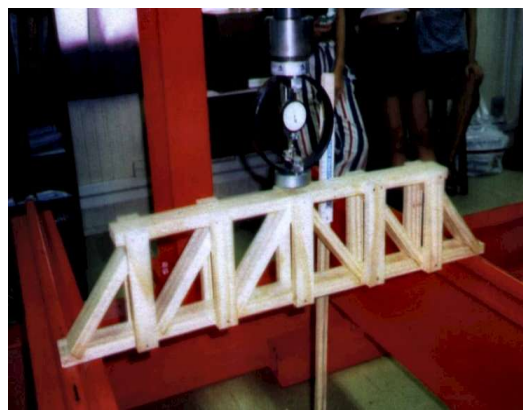
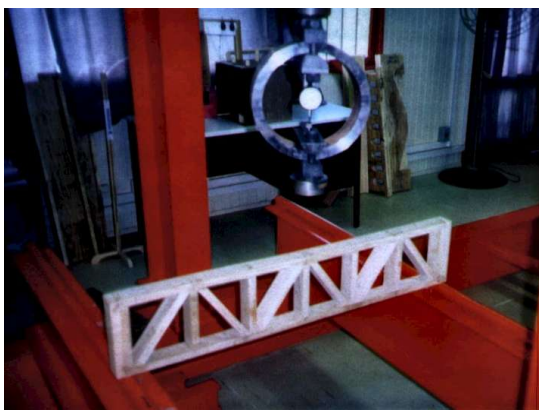


Figura 1 – Treliças Planas

As estruturas em pórtico deveriam também, ser construídas dentro de certos critérios a fim de proporcionar uma uniformização dos trabalhos. Não poderiam exceder 80 cm de comprimento e a altura das vigas não ultrapassar 20 cm. Poderiam ser elaborados com elementos maciços ou treliçados, em madeira (pinus) e, suas bases, engastadas ou articuladas em bases rígidas.



Figura 2 - Pórticos

Outros modelos representativos são as cúpulas. Elaboradas com os mesmos critérios que as estruturas anteriores. A base, com um diâmetro que não poderia ultrapassar 40 cm e uma altura máxima de 30 cm.



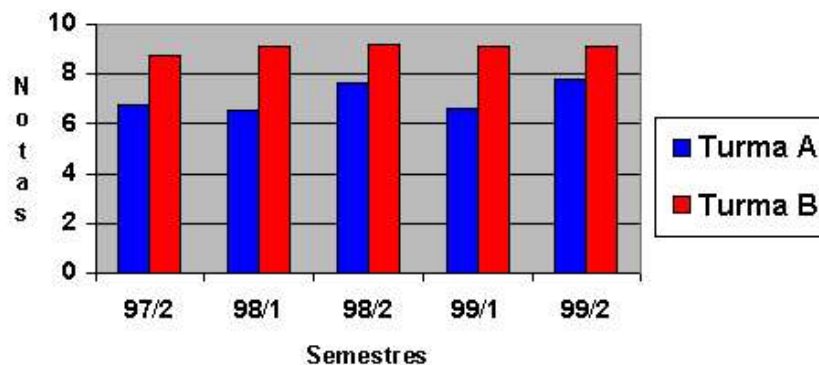
Figura 3 - Cúpulas

Essas estruturas são excelentes para testar a criatividade dos alunos além de uma noção, mesmo que intuitiva, da sua resistência. Normalmente são elaboradas em forma de treliças, apresentando os mais diversos desenhos. Para a avaliação das cúpulas foi levado em consideração, não só a sua resistência mecânica, mas também a criatividade.

6. Resultados Obtidos

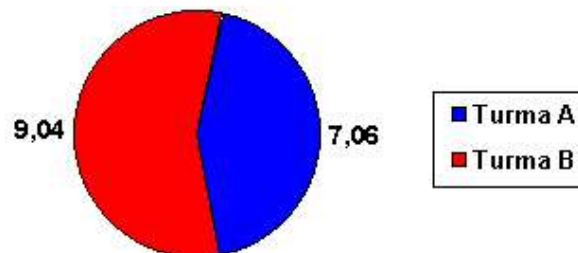
A avaliação da disciplina de Experimentação II do curso de Arquitetura foi efetuada através de 3 (três) testes, aplicados durante o semestre letivo e abrangendo o conteúdo ministrado nos períodos correspondentes. Estas provas foram realizadas, simultaneamente, com as duas turmas, com perguntas objetivas e exatamente iguais. O resultado está representado no gráfico abaixo que mostra a média semestral das notas obtidas em cada turma.

Gráfico 1 – Média Semestral das Notas de Experimentação II



Observa-se que, através dos resultados apresentados pela Turma B, com o emprego da metodologia proposta, obteve-se um bom desempenho pois as médias das notas obtidas foram nitidamente superiores as da Turma A. O gráfico 2 representa esta superioridade.

Gráfico 2 – Média Geral das Notas de Experimentação II no Período 97/2 a 99/2



Para o curso de Engenharia Civil, a avaliação foi efetuada através de trabalhos práticos e apresentação de um relatório final sobre a disciplina, avaliando seu conteúdo, a nova metodologia empregada, o professor e a melhoria da compreensão e fixação dos conceitos teóricos sobre o comportamento das estruturas. Procurou-se ainda, formular algumas perguntas com relação aos objetivos específicos definidos por esta tese.

A introdução desta nova metodologia na Engenharia Civil veio de encontro aos anseios dos alunos, fazendo com que os mesmos passassem a compreender com mais clareza, os fenômenos que ocorrem com os elementos estruturais quando sujeitos aos mais diversos tipos de carregamento.

Inicialmente a disciplina Análise Qualitativa das Estruturas, oferecida à Engenharia Civil, possuía como pré-requisito a disciplina Estabilidade das Construções I perdurando assim por três semestres. Atualmente o pré-requisito é Cálculo C possibilitando, como é seu objetivo principal, que os alunos das primeiras fases possam cursá-la, antes das disciplinas que fazem parte do tronco das estruturas, fazendo com que as mesmas sejam melhor compreendidas, pois a visualização dos efeitos geram uma maior clareza e fixação dos conceitos teóricos.

Ao final do semestre, no curso de Engenharia Civil foi pedido um relatório, de natureza aberta, em que os alunos se manifestaram livremente, sem necessidade de se identificarem. Através dos relatórios apresentados chegou-se às conclusões, com respeito aos objetivos específicos desta tese, enumerados e quantificados na Tabela 2.

Tabela 2 – Grau de Satisfação dos Alunos

Engenharia Civil		
Objetivos Específicos	Número de Alunos nos 5 Semestres	De acordo com os objetivos (%)
Elevar o nível de compreensão e fixação dos conceitos teóricos	127	97
Estabelecer uma relação mais clara e direta entre teoria e a prática	127	91
Ampliar o contato do aluno com a prática de laboratório	127	83
Proporcionar uma formação científica e integração multidisciplinar	127	94
Participar do processo de criação e construção de modelos físicos reduzidos	127	86

Por serem de natureza aberta, os resultados podem ser considerados bastante satisfatórios, verificando-se que os objetivos foram alcançados e que a metodologia empregada no ensino de estruturas foi eficaz.

7. Discussão dos Resultados

Pelas avaliações dos alunos do curso de Arquitetura, verificadas durante esses cinco semestres, pode-se afirmar que o emprego de modelos didáticos para o ensino de estruturas foi determinante para a compreensão e fixação dos conceitos teóricos sobre o comportamento das estruturas sujeitas aos mais diversos tipos de esforços.

Este processo de ensino/aprendizado estabeleceu uma compreensão mais clara e direta da relação entre a teoria e a prática no campo das estruturas, elevando o nível de fixação dos conhecimentos, além de ampliar o contato do aluno com a prática de laboratório, pela confecção e avaliação de modelos qualitativos.

A prática de laboratório faz com que o aluno construa o seu conhecimento, aprenda porque faz, reflita sobre o produto que obtém e depure as suas idéias e ações, proporcionando ainda, uma integração entre as disciplinas que envolvem a área estrutural - resistência, estabilidade, concreto, aço e madeira, entre outras.

Como os modelos tridimensionais permitem uma maior e melhor visualização dos efeitos, proporciona a qualquer pessoa, mesmo sem um conhecimento prévio, interpretar esses fenômenos. Permitem ainda, intuitivamente, uma previsão dos comportamentos que poderão ocorrer na estrutura de uma edificação.

O laboratório é ainda o meio que confere uma formação científica e possibilita o incentivo à pesquisa, tornando-se um espaço onde a participação ativa dos alunos no processo de concepção, construção e ensaio de modelos físicos, provoca a disputa entre equipes, enriquecendo os trabalhos apresentados.

Assim, com respeito aos 127 (cento e vinte e sete) alunos da disciplina Análise Qualitativa das Estruturas oferecida à Engenharia Civil durante os últimos 5 (cinco) semestres, através da análise dos relatórios apresentados pode-se, com respeito aos objetivos específicos propostos, constatar que:

1. Na disciplina procura apresentar os conteúdos de uma forma agradável, onde o assunto sobre estruturas é tratado qualitativamente, sem cobranças específicas, levando o aluno a desinibir-se, diminuindo a tradicional apatia e o medo para questionamentos;
2. A frequência às aulas, motivada pelas novidades apresentadas pela disciplina e a “ânsia do saber” foi praticamente de 100%;
3. A maioria dos alunos (97%) passou a compreender, com maior clareza, os conceitos teóricos, vistos em Estabilidade e Concreto, após cursarem a disciplina;
4. A disciplina favoreceu a integração entre as demais disciplinas pertencentes ao tronco das estruturas, melhorando e fixando os conceitos (94%);
5. O contato dos alunos com o laboratório de estruturas favoreceu, através da prática laboratorial, o incentivo à pesquisa estabelecendo uma relação mais clara e direta entre a teoria e a prática.

Destas constatações depreende-se que a metodologia empregada foi eficaz e proporcionou um grau de satisfação elevado nos alunos de engenharia civil.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COWAN, Henry J.; GERO, J. S.; DING, G. D. *Models in Architecture*. Elsevier Publishing Company, Londres, 1988.
- DRUCKER, P. F. *Post Capitalist Society*. Harper Colins, New York, 1993.
- GARBARIAN, G. *Industrialized Education and Lean Thinking: a Gedanken Experiment*. Cambridge, USA, 1992.
- GRAEFF, Edgar. *Arte e Técnica na Formação do Arquiteto*. Studio Nobel, São Paulo, 1995.
- KUHN, T. *The Structure of Scientific Revolution*. Chicago University, Chicago Press, 1982.
- REBELLO, Yopanan C. F. *Contribuição ao Ensino de Estrutura nas Escolas de Arquitetura*. FAU-USP, São Paulo, 1993 (Dissertação de Mestrado).
- SALVADORI, Mario. *Estructuras para Arquitectos*. Editora La Isla, Buenos Aires, 1987.
- STUCCHI, Fernando R. *A Intuição e a Criatividade na Concepção de Grandes Estruturas*. Escola Politécnica da USP, 1997 (Tese de Livre Docência).
- VALENTE, José Armando. *Ensinando Engenharia Através do Fazer Engenharia*. NIED, UNICAMP, 1995.

9. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- ARCANGELI, Attilio. *La Estructura en la Arquitectura Moderna*. EUDEBA, B. A., 1985.
- BRINGHENTI, Idone. *O Ensino na Escola Politécnica da USP - Fundamentos para o Ensino de Engenharia*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.
- CAMPANARI, F. A. *Teoria das Estruturas*. Ed. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1985.
- HILSON, Barry. *Basic Structural Behaviour from Models*. Crosby Lockwood, Londres, 1982.
- HOSSDORF, Heinz. *Model Analysis of Structure*. Van N. Reinhold Co., Nova Iorque, 1974.
- PEREIRA, Luiz T. V. e BAZZO, Walter A. *Ensino de Engenharia - Na Busca do Seu Aprimoramento*, Editora da UFSC, 1997.

PIPPARD, A. J. S. The Experimental Study of Structures. E. Arnold & Co., Londres, 1984.

THE ROLE OF THE PROFESSOR IN TEACHING BUILDING STRUCTURES

***Abstract:** The main goal of this work is to present a teaching methodology for building structures that could be effective, and, at same time, motivating to architecture and civil engineering undergraduate students by approaching the problematic of structural knowledge transfers to them from teaching/learning process analysis. At a first stages of this discipline, structural shapes, their relationships with nature, and their functioning are shown in a qualitative way through models and mock up which quickly allows structural members pre-sizing. It is sought to reduce the gap between theoretical and practical structural knowledge making up a connection between human intuition and technological knowledge that encompasses both, making them suitable to a physical reality that is based on mathematical postulates. At second stage, it is sought to reduce the above-mentioned gap by using quantitative methods in structure. It is reached by exercising the design process on several structural systems such as concrete (reinforced and pre-stressed), fine grained concrete, metallic (steel and aluminum), wooden (single and mixed), and masonry.*

***Key words:** Teaching, Teaching of structures, Structures*