

# **CONIC-SEMESP**

## 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica

Anais do Conic-Semesp. Volume 1, 2013 - Faculdade Anhanguera de Campinas - Unidade 3. ISSN 2357-8904

**TÍTULO:** MODELOS QUALITATIVOS DE TRELIÇAS - ANÁLISE DAS SOLICITAÇÕES NA ESTRUTURA

**CATEGORIA:** CONCLUÍDO

**ÁREA:** ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS

**SUBÁREA:** ENGENHARIAS

**INSTITUIÇÃO:** UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

**AUTOR(ES):** DENYS TEIXEIRA DE OLIVEIRA, CAROLINA CARDOSO SIMÕES, EVERTON LOPES FERNANDES, RODRIGO PLANAS ROMANI

**ORIENTADOR(ES):** JOÃO MARIA DE FREITAS, ORLANDO CARLOS BATISTA DAMIN

**COLABORADOR(ES):** CESAR FRANÇA

Realização:



Apoio:



## **MODELOS QUALITATIVOS DE TRELIÇAS ANÁLISE DAS SOLICITAÇÕES NA ESTRUTURA**

### **1. RESUMO**

Por experiência sabe-se como é grande o desafio para os professores das disciplinas de estruturas transmitirem algumas informações para seus alunos, de forma que se houvesse uma maneira de exemplificar e visualmente provar que certos resultados realmente acontecem na prática, tornar-se-ia mais fácil fixar certos conceitos apresentados apenas teoricamente.

Como solução para esse problema, foi um criado modelo qualitativo que representa com muita semelhança o comportamento real de uma estrutura. O objetivo do trabalho foi facilitar e melhorar a didática nas disciplinas de mecânica geral (mecânica dos sólidos) e resistência dos materiais dos cursos de Engenharia e Arquitetura tornando possível a visualização das tensões atuantes de tração ou compressão.

Os resultados foram verificados através de anéis de PVC colocados no centro de cada barra de uma treliça e quando a estrutura foi submetida a esforços axiais, o anel deformou mostrando visualmente qual solicitação estava ocorrendo na(s) barra(s) em estudo.

É importante lembrar que os materiais utilizados para a criação dos modelos são de baixo custo, viabilizando assim o uso dessa alternativa em qualquer escola de engenharia e arquitetura.

### **2. INTRODUÇÃO**

O aprendizado nos cursos de Engenharia e Arquitetura na maioria das vezes exige muita versatilidade e criatividade por parte dos professores e imaginação por parte dos alunos.

Nos estudos das estruturas existem muitos conceitos que devem ser adquiridos, porém não há uma forma muito prática de se mostrar isso numa sala de aula, apenas com desenhos, o que muitas vezes não garante uma total elucidação das dúvidas. Muitos professores usam materiais escolares como uma régua, por

exemplo, para simular a flexão de uma viga carregada, ou a flambagem ocasionada por compressão em um pilar. Esses artifícios criados no improviso são nada mais, nada menos que modelos qualitativos.

O uso de modelos qualitativos apresenta-se como uma ferramenta pedagógica para aprendizagem de alto desempenho, que vigoriza o entusiasmo dos alunos para aprender sobre modelos estruturais, compreendendo seu funcionamento. (PRAVIA; ORLANDO, 2001)

Os modelos físicos e o Laboratório Didático certamente ajudarão a reduzir inclusive o número de reprovações porque ajudarão a suprir as faltas que eventualmente existam nas escolas, nos professores e nos alunos. (NAKAO; GUARITA FILHO; MONTEIRO, 2003).

Para área de pesquisa universitária modelos e simulações do comportamento de uma estrutura são muito importantes.

Podem-se definir modelos qualitativos como um representante da realidade que suportam um raciocínio um pouco mais lógico. Eles expressam uma relação entre causa e efeito contribuindo assim para uma melhor compreensão dos fenômenos físicos.

Modelos estatísticos geralmente não capturam o conhecimento estrutural disponível, seus parâmetros não possuem contrapartida ao sistema real, enquanto que os modelos estruturais são ferramentas para descrever a estrutura dos sistemas o mais próximo possível dos sistemas reais (BOSSSEL, 1986 apud RESENDE, 2010).

Como dito anteriormente, a principal finalidade de um modelo estrutural é juntar diversas hipóteses para a análise do seu comportamento quando submetidas a esforços. Não só o modelo aqui apresentado, mas todos os modelos qualitativos visam uma apresentação didática que transmita da forma mais óbvia possível para os alunos os conceitos da teoria.

Para a criação de um modelo estrutural é necessário analisar a relação entre o modelo e seus observadores. De forma esclarecedora, os modelos estruturais devem apresentar os deslocamentos e deformações de uma estrutura, se foi para isso que ela foi projetada.

Um modelo estrutural é um recurso utilizado como elemento de representação em escala. Suas características lúdicas, quando se trata de uma representação, desperta o interesse do observador. Ao mesmo tempo são objetos de estudo muito úteis quando há a necessidade de tridimensionalidade na representação. (CONSALEZ, 2001 apud SANTOS, 2011).

São essas características que tornam a criação de modelos tão influente para os alunos. Algo representativo estimula muito mais os observadores a entender e compreender seus fenômenos físicos.

Há inúmeros modelos qualitativos para diversas finalidades. Com criatividade pode-se criar quaisquer tipo de modelo voltado para um fenômeno físico diferente. NAKAO, GUARITA FILHO E MONTEIRO (2003) citam alguns modelos físicos criados por alunos da Escola Politécnica da USP no Laboratório Didático de Resistência dos Materiais. Uma importante curiosidade é que esses artifícios para a transmissão de conhecimentos não são recentes, alguns dos modelos seguem a mesma ideia exposta por SANTOS no seu mestrado, em 1983.

Um dos modelos criados no laboratório da USP foi uma viga de silicone de seção retangular. Foi criada uma fôrma de madeira com ranhuras em suas paredes internas e injetado *silicone para modelar com catalisador*. Depois de pronto, as ranhuras demonstravam de acordo com a torção ou flexão a região em que a peça estava sendo comprimida ou tracionada.

O Engenheiro Civil, Professor, Mestre e Doutor Yopanan C. P. Rebello é outro exemplo de pessoas que enxergaram a diferença que tais modelos fazem no ensino de estruturas, aplicando isso diretamente nos cursos que leciona na Ycon (onde é também diretor técnico) e nos cursos à distância, promovidos pelo CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço). Seu diferencial em relação aos demais cursos são justamente os modelos qualitativos. Em uma entrevista em 2010, ao ser questionado sobre sua metodologia de ensino ele define seus métodos com a frase "uma imagem vale mais que mil palavras".

O Professor e Doutor Zacarias Pravia, fundador do Laboratório de Ensaios de Sistemas Estruturais na Universidade de Passo Fundo também compartilha da mesma ideologia e afirma:

O Ensino da parte prática e funcional de estruturas não poderá ser substituído com simulações computacionais, é imperativo que todas as escolas e cursos de engenharia civil desenvolvam esforços para criar laboratórios de ensaios experimentais na área de estruturas, os quais podem ser desenvolvidos a baixo custo e em contrapartida geram um retorno importante na aprendizagem e prática dos alunos.(PRAVIA, 2003)

Há também projetos muito importantes desenvolvidos para as pessoas com deficiência auditiva, onde é abordado um estudo com raciocínio qualitativo. São obtidos resultados indiscutivelmente positivos.

### **3. OBJETIVOS**

Como objetivo principal almejou-se facilitar e melhorar a didática nos estudos das estruturas, tornando possível a visualização das deformações e das solicitações que uma determinada estrutura é submetida.

O objetivo específico do presente trabalho foi a construção e apresentação de alguns modelos qualitativos de treliças planas. Vale ressaltar que também foi feito pelo método dos nós, os cálculos necessários para obtenção dos esforços e solicitações de cada barra das estruturas propostas de forma que seus resultados sirvam de parâmetro para comparar com os resultados que foram obtidos através dos modelos.

Como delimitação pode-se citar que o trabalho envolverá modelos qualitativos de treliças planas onde foi possível estudar/visualizar apenas resultados de tração e compressão. O modelo criado teve como finalidade principal a didática e por sua vez, é de fácil construção e com materiais acessíveis.

### **4. METODOLOGIA**

Os materiais necessários para a criação do modelo foram: uma viga de madeira com dimensões de 5 cm por 5 cm; barras circulares, também de madeira, com 1 cm de diâmetro; tubo de PVC de 75 mm e fitas hellerman. O tubo de PVC e a viga de madeira foram facilmente encontrados nos restos de materiais utilizados em obras, eliminando gastos financeiros com isso. As barras circulares e a fita hellerman não chegaram a custar R\$ 30,00 no total.

Para a elaboração das peças para montar as estruturas foi utilizado uma serra de corte para dividir as barras circulares de madeira, uma serra circular para a divisão mais precisa e rápida da viga de madeira e uma furadeira vertical para fazer furos nos cubos gerados da viga.

Para efeito de comparação e comprovação dos resultados obtidos com o modelo foram realizados cálculos com uma estrutura similar a que foi construída utilizando um dos principais métodos de cálculo para a presente situação.

O método dos nós é muito usado por ser o mais simplificado. Foram adotadas todas as condições para uma treliça ideal, sem atrito nas extremidades das barras e os esforços concentrados somente nos nós. Estabeleceu-se o equilíbrio estático através das reações de apoios e assim com os valores encontrados, distribuem-se os esforços em cada nó da treliça. (DAMIN, 2013)

## 5. DESENVOLVIMENTO

Para a elaboração do modelo de ponte que exibisse os resultados almejados foi, primeiramente, definido o tipo de treliça que seria construída, optando-se assim pela treliça Howe.

Foi observado também que seriam necessárias duas treliças planas idênticas ligadas pelos nós entre si para que fosse possível a visualização dos efeitos das cargas. A hipótese de trabalhar com apenas uma treliça plana causaria uma instabilidade lateral na estrutura, fazendo com que fosse indispensável a segunda treliça contraventada com a primeira.

De início os materiais escolhidos foram palitos de madeira para as barras, “massa de biscuit” para modelar os nós e lacres de garrafas pet para os anéis. Esses materiais foram escolhidos pela facilidade de encontra-los no mercado e pelo baixo custo.

Durante o processo de montagem do primeiro modelo e após alguns testes de carga surgiram dúvidas sobre os materiais que foram adotados. Os lacres de garrafas pet deformaram normalmente como o esperado, mas por se tratar de um plástico muito fino, não voltavam ao normal e muitas vezes era necessário ajuda do observador para re-ajeitar os anéis na posição ideal.

Outros materiais foram cogitados para a substituição dos lacres e com isso surgiram as ideias para criar um kit desmontável. Os lacres foram substituídos por pedaços de 1,5 cm de largura de tubo de PVC de 75 mm, as barras, que antes eram “palitos de churrasco”, agora são hastes de madeira usada em mata-moscas.

Para as diagonais foram cortadas barras de 10 cm de comprimento e para as demais 6,5 cm de comprimento. Com o tubo de PVC já cortado, foi preciso fazer chanfros nos tubos onde as barras foram presas evitando que girassem em volta do anel. Com as barras prontas, bastou uni-las com as fitas hellerman como mostra a figura 1.

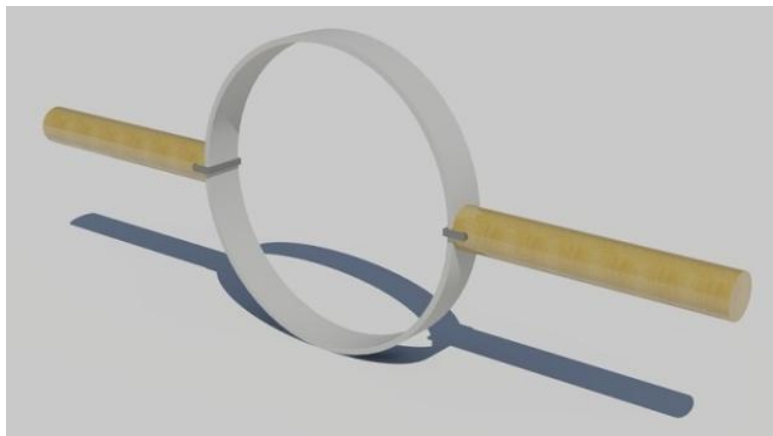


Figura 1. Ilustração do modelo de barra desenvolvida

A grande mudança aconteceu nos nós. O novo modelo permite que professores e alunos, com as mesmas peças utilizadas para a execução da ponte, criarem outros modelos de treliças para exemplificar um exercício em sala de aula. Esse diferencial se deve graças aos nós especiais que foram projetados para que seja possível desmontar e montar um modelo. Trata-se de um cubo de madeira com arestas de 5 cm com 6 furos de 1 cm, um em cada face. O nó ainda conta com mais 4 furos nas suas diagonais (ângulos de 45 graus) como mostra a figura 2.



Figura 2. Ilustração do modelo de nó desenvolvido

Depois de todas as peças individualmente prontas só resta para os alunos e professores montarem o modelo que desejarem.

## 6. RESULTADOS

Foram totalizados 20 cubos, 8 barras maiores, 26 barras menores e mais 10 barras sem elos no centro para a ligação de uma face com a outra. O modelo de ponte treliçada Howe desenvolvida teve dimensões totais de 92 cm de comprimento e 26 cm de altura. Especificamente para esse modelo os testes resultaram num limite de peso como exigência para a realização dos experimentos que foi de no máximo 3 kg distribuídos igualmente nos nós para ambos os lados da ponte, ou seja, 1,5 kg para cada lado, colaborando para a visualização dos resultados.

Para outros modelos, os testes de peso devem ser refeitos de tal forma que a estrutura suporte a carga aplicada e ao mesmo tempo mostre as deformações.

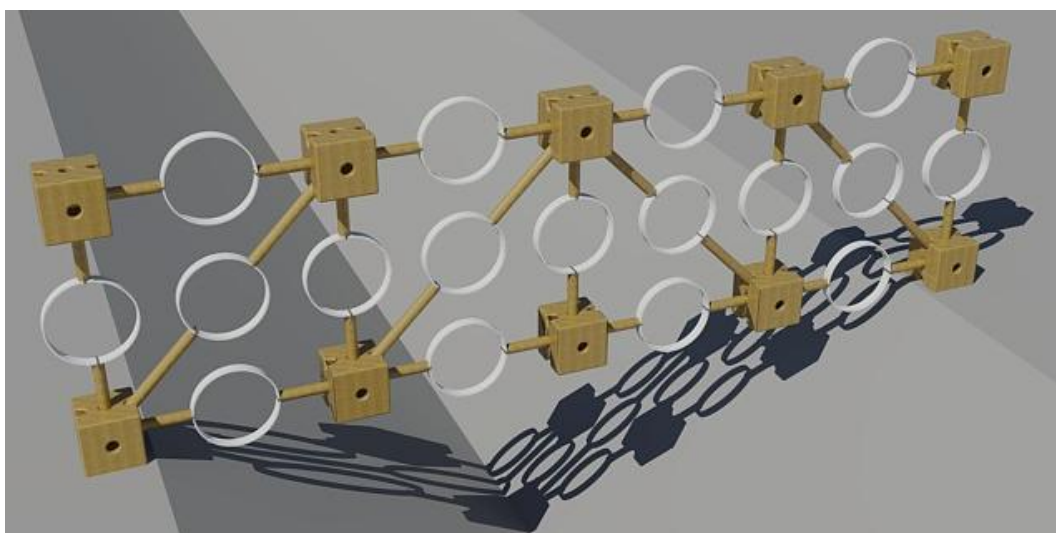


Figura 3. Ilustração de uma das faces do modelo desenvolvido

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo qualitativo apresentado pode ser perfeitamente desenvolvido pelas universidades por exercer com eficiência os resultados teóricos, e em conjunto com uma boa didática não deixará dúvidas sobre como cada barra está sendo solicitada.

Como os materiais foram adquiridos do descarte em construções civis, o custo do modelo foi quase nulo. Outro ponto importante e positivo para o modelo é justamente a capacidade de não se limitar somente a um tipo de treliça. Com as peças disponíveis no kit é possível criar diversos modelos com ângulos de 90 e 45 graus.



É possível ainda, criar cubos com furação com ângulos diferentes do adotados neste trabalho, como por exemplo 30 e 60 graus, ampliando assim as possibilidades de modelos que podem ser criados.

## 8. FONTES CONSULTADAS

DAMIN, O.C.B. **Apostila de Mecânica Geral UNISANTA** - Santos, São Paulo, 2013.

NAKAO, O. S. ; GUARITA FILHO, J. A. A. ; MONTEIRO, C. O. . **Os modelos físicos e o Laboratório Didático de Resistência dos Materiais**. In: XXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2003, Rio de Janeiro. XXI Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia O Ensino da Graduação e suas interfaces com a Pós-Graduação, a Pesquisa e a Extensão. Rio de Janeiro : IME, 2003. Disponível em: <[www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/NMT225.pdf](http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/NMT225.pdf)> Acesso em: 13/03/2013

PRAVIA, Z.M.C., ORLANDO, D. **Modelos qualitativos de treliças planas: Construção e aplicação no ensino da análise e comportamento estrutural**. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 2001. Porto Alegre. PUC-RS. 2001. Disponível em: <[www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2001/trabalhos/MTE002.pdf](http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2001/trabalhos/MTE002.pdf)> Acesso em: 05/03/2013.

RESENDE, M.M.P. **Avaliação do uso de modelos qualitativos como instrumento didático no ensino de ciências para estudantes surdos e ouvintes**. Faculdade Universidade de Brasília Planaltina - Brasília, Distrito Federal, 2010. Disponível em: <[www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/2011/ciencias/dissertacao/01monica\\_maria\\_pereira\\_resende.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2011/ciencias/dissertacao/01monica_maria_pereira_resende.pdf)> Acesso em: 21/05/2013

SANTOS, V. S. C. **Estudo do comportamento estrutural com modelos qualitativos com finalidade didática**. 2011. 47 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.