



PROJETO DESAFIO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Ponte de Espaguete

Prof. CARLOS HENRIQUE LAGEMANN
Prof. PAULO FERNANDO SALVADOR
Prof. RONALDO CESAR TREMARIN
Bolsista Diandra Tainá Rockenbach
emc@univates.br

Lajeado
2013-B

COMPETIÇÃO DE PONTES DE ESPAGUETE

1 INTRODUÇÃO

A *Competição de Pontes de Espaguete* é uma atividade acadêmica realizada em várias instituições de ensino no Brasil e no exterior. Relatos indicam que a primeira instituição de ensino que realizou esta competição foi a Okanagan College, na Colúmbia Britânica, em 1983. No Brasil, a competição iniciou na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 2004, sendo, posteriormente, seguida por mais de 20 instituições brasileiras. Esta atividade envolve alunos dos cursos da área tecnológica, buscando estabelecer uma relação dos assuntos teóricos estudados na disciplina *Resistência dos Materiais* e disciplinas afins, com a prática projetual.

Este ano, a Univates está desafiando seus alunos dos cursos de Engenharia e Arquitetura e Urbanismo, bem como os estudantes do ensino médio da região do Vale do Taquari, através do projeto de extensão *Desafios de Inovação Tecnológica*.

Pelo pioneirismo e pela experiência acumulada em 19 edições do evento, serão adotados o regulamento e os dados técnicos utilizados na competição da UFRGS, com objetivo de estimular uma saudável competição entre os alunos das instituições que adotam o mesmo regulamento.

A competição na UFRGS é coordenada pelo professor Luis Alberto Segovia González, do Departamento de Engenharia Civil, com o auxílio de outros professores do mesmo Departamento e de alunos bolsistas da Instituição, podendo ser acessado o evento no link <http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/index.html>. Através deste site é possível fazer a busca de informações e dicas para o projeto e a construção das pontes, bem como a leitura do artigo *Didactic games in engineering teaching – case: spaghetti bridges design and building contest* (GONZÁLEZ; MORSCH; MASUERO; 2005).

2 OBJETIVOS

A *Competição de Pontes de Espaguete* tem por objetivo a análise estrutural, o projeto, a construção e o ensaio destrutivo de uma ponte treliçada de macarrão tipo espaguete e colas epóxi e quente (tipo silicone, aplicada com pistola), respeitando o regulamento descrito a seguir. A ponte deve ser capaz de vencer um vão livre de 1m, com peso não superior a 750g. A construção da ponte deverá ser precedida da análise de algumas opções de tipos de pontes e do projeto detalhado do tipo de ponte escolhida, com estimativa de carga de colapso.

Esta atividade busca motivar os alunos no desenvolvimento de habilidades que lhes permitam:

- aplicar conhecimentos básicos da disciplina *Resistência dos Materiais* e disciplinas afins, para resolver problemas de estruturas;
- utilizar computadores para resolver problemas de estruturas;
- projetar sistemas estruturais simples;
- comunicar e justificar seus projetos em forma oral e escrita;
- trabalhar em grupo para executar seus projetos;
- executar uma atividade com regramento específico.

3 REGULAMENTO

3.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

a) Cada equipe inscrita na competição poderá participar com apenas uma ponte;

- b) Antes da realização dos testes de carga das pontes, cada grupo deverá apresentar uma estimativa do valor da carga de colapso de sua ponte e uma lista das colas utilizadas na sua construção;
- c) É obrigatória a presença de todos os integrantes da equipe para realização do teste de carga;
- d) As equipes, cujas pontes não atenderem todos os requisitos deste regulamento, poderão efetuar o teste de carga no final do evento, porém, não concorrerão à premiação e não receberão comprovante de participação, para fins de pontuação na avaliação das disciplinas dos cursos da Univates;
- e) Quaisquer dúvidas ou situações não previstas neste regulamento serão definidas, oportunamente, pela Comissão Organizadora. As equipes deverão formalizar as dúvidas por escrito.

3.2 NORMAS PARA A CONSTRUÇÃO DA PONTE

- a) A ponte deverá ser indivisível, de tal forma que partes móveis ou encaixáveis não serão admitidas;
- b) A ponte deverá ser construída utilizando apenas massa do tipo espaguete número 7 da marca Barilla e colas epoxi do tipo massa (exemplos de marcas: Durepoxi, Polyepox, Poxibonder, etc.) e do tipo resina (exemplos de marcas: Araldite, Poxipol, Colamix, ProEpoxi etc.). Será admitida também a utilização de cola quente em pistola para a união das barras nos nós. Outros tipos de cola poderão ser admitidos desde que sejam previamente submetidos à consideração da comissão organizadora por escrito.



Massa espaguete



Colas epoxi tipo massa

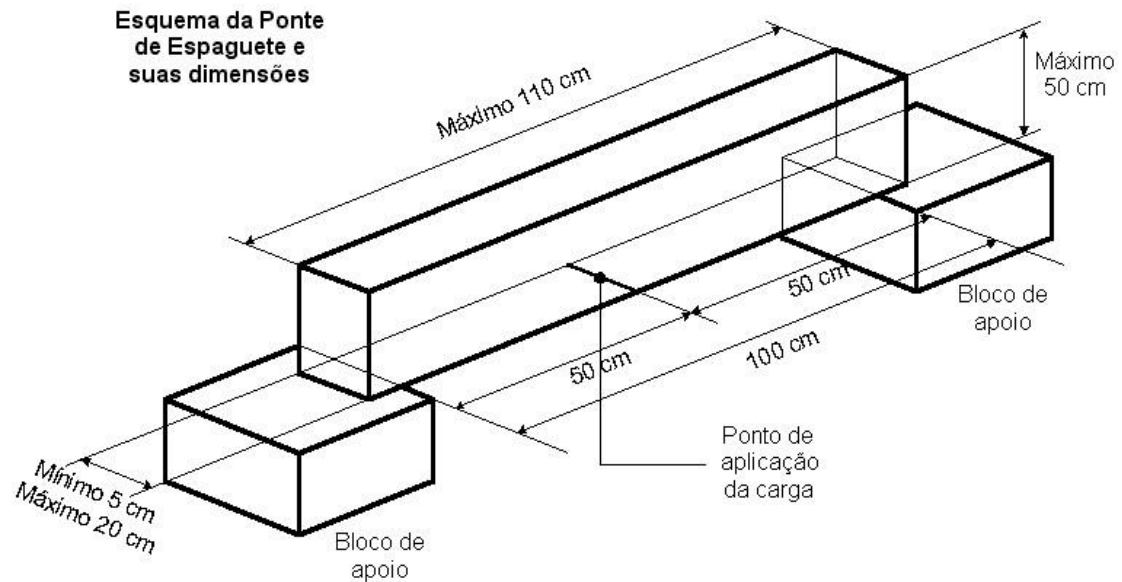


Colas epoxi tipo resina



Cola quente em pistola

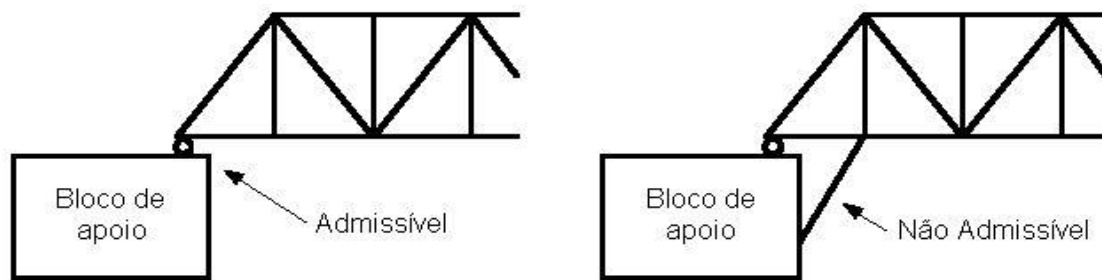
- c) O peso da ponte (considerando a massa espaguete e as colas utilizadas) não poderá ser superior a 750g;
- d) No limite de peso prescrito (750g), não serão considerados o peso do mecanismo de apoio fixado nas extremidades da ponte (descrito a seguir, no item g), nem o peso da barra de aço para fixação da carga (descrito a seguir, no item k), que serão estimados em 150g;
- e) A ponte só poderá receber revestimento ou pintura com as colas permitidas;
- f) A ponte deverá ser capaz de vencer um vão livre de 1m, estando apoiada livremente nas suas extremidades, de tal forma que a fixação das extremidades não será admitida;



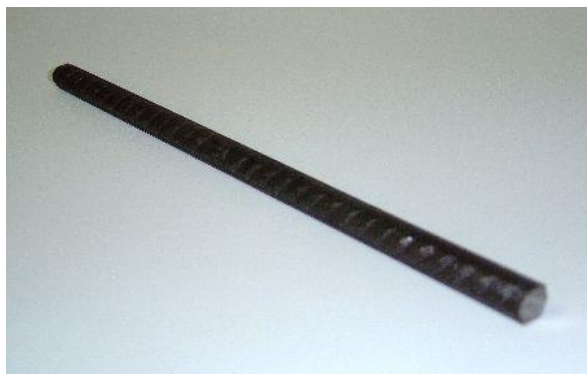
g) Na parte inferior de cada extremidade da ponte deverá ser fixado um tubo de PVC para água fria, de 20mm de diâmetro externo e 20cm de comprimento para facilitar o apoio destas extremidades sobre as faces superiores (planas e horizontais) de dois blocos colocados no mesmo nível. O peso dos tubos de PVC não será contabilizado no peso total da ponte, como descrito no item d.



h) Cada extremidade da ponte poderá prolongar-se até 5cm de comprimento além da face vertical de cada bloco de apoio. Não será admitida a utilização das faces verticais dos blocos de apoio como pontos de apoio da ponte;



- i) A altura máxima da ponte, medida verticalmente desde seu ponto mais baixo até o seu ponto mais alto, não deverá ultrapassar 50cm;
- j) A ponte deverá ter uma largura mínima de 5cm e máxima de 20cm, ao longo de todo seu comprimento;
- k) Para que possa ser realizado o teste de carga da ponte, ela deverá ter fixada na região correspondente ao centro do vão livre, no sentido transversal ao seu comprimento e no mesmo nível das extremidades apoiadas, uma barra de aço de construção de 8 mm de diâmetro e de comprimento igual à largura da ponte. A carga aplicada será transmitida à ponte através desta barra. O peso da barra não será contabilizado no peso total da ponte, como descrito no item d.



3.3 NORMAS PARA A APRESENTAÇÃO DAS PONTES

- a) Cada equipe deverá entregar sua ponte já construída, acondicionada em uma caixa de papelão suficientemente rígida, de modo a proteger a ponte contra eventuais impactos;
- b) As pontes deverão ser entregues em dia e local que serão divulgados oportunamente. Após a entrega de cada ponte, a Comissão Organizadora procederá a pesagem e a medição da ponte, bem como a verificação do cumprimento de todas as prescrições

deste regulamento. As pontes serão identificadas com um lacre, permanecendo neste local até o dia dos testes de carga. Pelo menos um membro da equipe deverá acompanhar o processo de pesagem, medição e verificação;

e) no dia dos testes de carga, cada equipe será responsável pela retirada e transporte da ponte (entre uma e duas horas antes do horário de início dos testes de carga) até o local do evento, que será oportunamente definido, devendo obrigatoriamente permanecer com o lacre de identificação. As pontes que estiverem com o lacre rompido serão consideradas em desacordo com o regulamento da competição.

3.4 NORMAS PARA A REALIZAÇÃO DOS TESTES DE CARGA

a) A ordem da realização dos testes de carga das pontes corresponderá à ordem de entrega das mesmas e será divulgada oportunamente;

b) Cada grupo indicará dois de seus membros para a realização do teste de carga de sua ponte, sendo que apenas um posicionará os pesos no dispositivo de carregamento e o outro poderá auxiliar na escolha dos anéis. Ambos deverão utilizar equipamentos de proteção individual (capacete, óculos e luvas de proteção). Os grupos também indicarão outros dois membros para acompanhar o registro e validação do carregamento junto à comissão organizadora. Os demais integrantes deverão se posicionar junto à plateia;

c) A carga inicial a ser aplicada será o peso correspondente do mecanismo de suporte dos anéis que carregarão a ponte. Se após 10 segundos de ter aplicado a carga, a ponte não apresentar danos estruturais, será considerado que a ponte passou no teste de carga mínima, e ela estará habilitada para participar do teste da carga de colapso;

d) Se a ponte passou no teste da carga mínima, as cargas posteriores serão aplicadas em incrementos definidos pelos membros do grupo que estão realizando o teste. Será exigido um mínimo de 10 segundos entre cada aplicação de incremento de carga;

e) Será considerado que a ponte atingiu o colapso se ela apresentar severos danos estruturais menos de 10 segundos após a aplicação do incremento de carga. A carga de colapso oficial da ponte será a última carga que a ponte foi capaz de suportar durante um período de 10 segundos, sem que ocorressem severos danos estruturais;

f) Se na aplicação de um incremento de carga ocorrer a destruição do ponto de aplicação da carga, será considerado que a ponte atingiu o colapso, pela impossibilidade de aplicar mais incrementos de carga (ainda que o resto da ponte permaneça sem grandes danos estruturais);

g) Após o colapso de cada ponte, os restos da ponte testada poderão ser examinados pela Comissão Organizadora, para verificar se na sua construção foram utilizados apenas os materiais permitidos. Caso seja constatada a utilização de materiais não permitidos, a ponte estará desclassificada;

h) Em caso de empate de duas ou mais pontes com a mesma carga de colapso, será utilizado como critério de desempate o peso menor e se persistir o empate, a doação da maior quantidade de massa por parte da equipe no ato da inscrição. Se ainda persistir o empate, será considerada a ordem de entrega das pontes.

h) Quaisquer problemas, dúvidas ou ocorrências não contempladas neste regulamento deverão ser analisados pela Comissão Organizadora.

4 DADOS PARA O PROJETO

Os dados apresentados a seguir, se referem ao espaguete prescrito para esta competição:

- Marca: Barilla
- Tipo: Spaghettoni
- Número: 7
- Peso do pacote: 500g



4.1 DADOS GERAIS

- Número médio de fios de espaguete em cada pacote: 500

- Diâmetro médio: 1,8mm
- Raio médio: 0,9mm
- Área da seção transversal: $2,545 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$
- Momento de inércia da seção: $5,153 \times 10^{-5} \text{ cm}^4$
- Comprimento médio de cada fio: 25,4cm
- Peso médio de cada fio inteiro: 1g
- Peso linear: $3,937 \times 10^{-2} \text{ g/cm}$
- Módulo de Elasticidade Longitudinal: 36000 kgf/cm^2

4.2 DADOS SOBRE A RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A carga de ruptura por tração para um fio de espaguete, independe do comprimento do fio, foi determinada através do ensaio de 6 corpos de prova submetidos a tração até a ruptura.

A carga média de ruptura obtida nestes ensaios foi de 4,267kgf.

4.3 DADOS SOBRE A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A carga de ruptura por compressão dos fios de espaguete está relacionada com o fenômeno da flambagem, que depende do comprimento do fio de espaguete, das propriedades geométricas da sua seção transversal e das condições de vinculação das extremidades.

Para as turmas das disciplinas onde o estudo da flambagem está fora do escopo do conteúdo abordado nas aulas, a carga de ruptura por compressão para cada barra comprimida da treliça da ponte, pode ser determinada através de curvas que foram obtidas a partir dos resultados de 93 ensaios de compressão de corpos de prova de diferentes comprimentos e formados por diferentes números de fios de espaguete.

Destas curvas, apresentadas a seguir, pode ser obtida a carga de ruptura por compressão para barras de diferentes comprimentos, formadas por diferentes números de fios de espaguete.

- a) Curvas de Carga de Ruptura por Compressão x Comprimento da Barra, para barras formadas com diferentes números de fios de espaguete:
http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/dados_curvasfios.html
- b) Curvas de Carga de Ruptura por Compressão x Número de Fios de Espaguete da Barra, para barras com diferentes comprimentos:
http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/dados_curvascomprimentos.html

Para as turmas das disciplinas onde o estudo da flambagem forma parte do conteúdo abordado nas aulas, na determinação da carga de ruptura por compressão de cada barra comprimida da treliça da ponte, sugere-se a proposta de roteiro de cálculo com a utilização da curva de flambagem que foi obtida a partir dos resultados dos testes de compressão: http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/papo_roteiro.html

5 SOFTWARE PARA O PROJETO

Neste capítulo é apresentada uma lista de programas computacionais úteis para o cálculo da ponte treliçada, com links para os respectivos arquivos e para os sites dos autores dos programas.

Estão disponíveis os seguintes programas:

- **West Pont Bridge Designer 2004.** Um programa desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Civil e Mecânica da Academia Militar de West Point (Estados Unidos). O aplicativo é ótimo para estudar o comportamento dos elementos de uma treliça de ponte. É possível desenhar a ponte e simular a passagem de um veículo, mostrando em tempo real e através de cores diferentes, as barras que ficam tracionadas e comprimidas. O programa é Freeware e existem versões [para Windows 9x](#) e [para Windows XP](#). Visite também o [site](#) do programa.
- **FTool.** Um programa implementado pelo Prof. Luiz Fernando Martha do Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. O programa permite analisar estruturas de barras no plano, e fornece como resultados reações, diagramas de esforços e deslocamentos. O programa é

Freeware (limitado à análise de estruturas com até 96 barras) e existem versões [para Windows](#) e [para Linux](#). Está disponível também o [Manual do programa](#) em formato PDF. Não deixe de visitar o [site](#) do autor e conferir se existem versões novas.

- **MDSolids.** Um programa com diversos módulos para aprendizagem de Mecânica dos Sólidos. Desenvolvido pelo Prof. Timothy A. Philpot da Universidade de Missouri (Estados Unidos). Um dos módulos permite analisar treliças planas de maneira muito fácil e intuitiva (a treliça é desenhada com o mouse). O programa é Shareware, e uma versão [para Windows](#) totalmente funcional por 30 dias está disponível para avaliação (ao descompactar o arquivo, execute primeiro o Setup1.exe e depois o Setup2.exe). O [site](#) do programa é rico em recursos didáticos para acompanhar as aulas de Resistência dos Materiais e Mecânica Estrutural I. Ao visitar o site, não deixe de visitar o link MecMovies... os recursos disponíveis são imperdíveis.
- **Mathematic for Technology.** Um "pacote" desenvolvido por Eric Hiob do Departamento de Matemática do British Columbia Institute of Technology, com 9 programinhas muito úteis para qualquer estudante de engenharia. Um dos programas é o Truss Analysis Wizard para análise de treliças planas. O "pacote" é freeware e existe versão apenas [para Windows](#). No [site](#) do programa é possível obter informações sobre cada um dos módulos que compõem o "pacote".
- **Analysis for Windows.** Um programa para análise de estruturas de barras em 2D e 3D, desenvolvido pela empresa Cuylaerts Engineering. O programa é freeware e existe versão apenas [para Windows](#). Uma limitação importante é que a versão disponível permite analisar estruturas com até 10 nós. No [site da Cuylaerts Engineering](#) é possível obter mais informações sobre as potencialidades do programa e verificar se existe uma versão mais nova.
- **Outros programas para análise de estruturas em três dimensões.** Em geral, os programas para análise de estruturas em três dimensões são de utilização direcionada para aplicações profissionais. Uma busca na internet fornece algumas alternativas gratuitas, dentre as quais podem ser destacadas as que estão apresentadas a seguir.

- No [site do Engenheiro Dattaraj Jagdish Rao](#) está disponível uma ferramenta "online" em Java para análise de treliças tridimensionais.
- A [empresa que desenvolve o software AxisVM](#) disponibiliza também [uma versão para Windows exclusiva para estudantes](#) e limitada a estruturas com até 40 elementos.
- Outra alternativa é [a versão "trial" para Windows do software MATruss](#), disponibilizado pela empresa [MA Software](#).
- No site do [projeto FEMTA \(Finite Element Method for Truss Analyzer\)](#), está disponível também [a versão para Windows do programa FEMTA 0.71](#). Para utilizar este programa o arquivo ZIP deve ser descompactado em uma pasta e depois deve ser executado o arquivo gfemta.bat. O programa carece de instruções de uso, mas é bastante fácil de utilizar. A recomendação é que no período de aprendizagem os dados sejam gravados frequentemente, para que em caso de ocorrência de erro e travamento do programa, não sejam perdidos os dados já introduzidos.
- **Makaria.** Um programa desenvolvido por Andreas Paulus Scherdien Berwaldt, Fabiano Daniel Guzon e Vinícius Ioppi sob a orientação do Prof. Inácio Morsch do Departamento de Engenharia Civil da UFRGS. É um programa de projeto de pontes de espaguete do tipo viga treliçada que emprega o método da rigidez direta com elementos de treliça plana. Determina os esforços nas barras e calcula o número de fios de espaguete em cada barra, apresentando uma tabela com os quantitativos. O arquivo compactado contém o executável do programa (arquivo Makaria.exe), o manual em formato PDF (arquivo ManualMakaria.pdf), o arquivo com a entrada de dados de um exemplo (arquivo EntradaTeste.txt) e o arquivo com a saída de resultados de um exemplo (arquivo SaidaTeste.rtf). [O programa é freeware](#) e roda em uma janelinha DOS do Windows.

Como ninguém é de ferro e para incentivar a imaginação no projeto da ponte de espaguete, estão disponíveis também algumas versões de demonstração de jogos que tratam da construção de pontes e outros tipos de estruturas:

- A empresa [CronicLogic](#) disponibiliza em seu site vários demos de jogos cuja temática é a construção de pontes. Entre eles o [Bridge Builder](#), o [Bridge Building Game](#), o [Pontifex I](#), o [Pontifex II](#) e o [Bridge Construction Set](#). Estão disponíveis apenas versões para Windows.
- A empresa [Armadillo Run](#) disponibiliza em seu site uma versão de demonstração de um divertido jogo onde as leis da física são as peças fundamentais para solucionar o desafio de transportar um tatu (em inglês, "armadillo"), de um ponto para outro do espaço. Para realizar a tarefa proposta devem ser considerados de forma divertida conceitos de tensão, gravidade, resistência e impulso. Está disponível apenas uma versão para Windows do jogo [Armadillo Run](#).
- A empresa [Valusoft](#) disponibiliza a versão de demonstração de um jogo onde o objetivo é destruir e construir estruturas. Está disponível apenas uma versão para Windows do jogo [Construction Destruction](#). Atenção: o arquivo tem 83 MB e o jogo exige um computador com boa placa gráfica.

REFERÊNCIAS

GONZALEZ, L. A. S.; MORSCH, I. B.; MASUERO, J. R. **Didactic games in engineering teaching – case: spaghetti bridges design and building contest**. 18th International Congress of Mechanical Engineering. Ouro Preto, MG: 2005

Competição de Pontes de Espaguete (UFRGS), sob a coordenação do prof. Luis Alberto Segovia González (Departamento de Engenharia Civil): acesso no link <http://www.ppgec.ufrgs.br/segovia/espaguete/index.html>

Não deixe de visitar o site acima mencionado, onde você encontra informações adicionais nos links “*Papo de Engenheiro(a)*”, “*Dicas e Curiosidades*”, “*Outras competições*”, entre outros.

6 COMISSÃO ORGANIZADORA

Prof. Paulo Fernando Salvador

Prof. Carlos Henrique Lagemann

Prof. Ronaldo César Tremarim

Acad. Diandra Tainá Rockenbach

7 DICAS ÚTEIS

Os alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo que cursaram a disciplina *Resistência dos Materiais Estruturais* em 2013-A, ministrada pelo professor Paulo Fernando Salvador, participaram de uma competição, restrita aos alunos da disciplina, e, gentilmente prepararam um material de apoio para a construção das pontes.

- Os alunos Lucas, Karina e Daniele produziram um vídeo mostrando a construção da ponte projetada para a competição:

<http://youtu.be/wQhtyc9phxY>

- Apresenta-se, resumidamente, algumas dicas e fotos das alunas Alissa, Karla e Lisiane:

A ProEpoxy 6 min pode ser adquirida no Biruta Hobby (<http://www.birutahobby.com.br/loja/>) - Ponta Grossa – PR. Telefones (42)9101-3346 ou (42)8408-6263.

É aconselhável usar luvas de látex quando se usa epóxi, para evitar que ele entre em contato com as mãos.

Usar pincel pequeno velho (porque depois é inutilizado - usamos um pincel número 6), pano, álcool, liguetas, máscara (pois a cola tem um cheiro forte e ruim), papel toalha para limpeza e vestir roupas velhas. A cola pode demorar mais de 6 minutos pra secar. Não passe a mão no rosto, pois pode causar reação alérgica.



- Apresenta-se, resumidamente, algumas dicas e fotos das alunas Bruna F., Bruna Z. e Marina:

A massa foi encontrada no Supermercado STR (Lajeado). Aconselha-se procurar e tentar encomendar a massa no supermercado com antecedência. A cola ProEpoxy foi comprada através da internet, pelo site: www.audiottechobby.com.br – Aeromodelismo de Caxias do Sul/RS. A cola Epoxy tipo massa (Durepoxi) foi comprada em lojas de materiais de construção e ferragens.

Antes do início da construção, foi feito um desenho em tamanho real da ponte com o objetivo principal de visualizar a forma como as barras tubulares se encontram nos nós. Os fios de espagete foram colocados em uma tábua de madeira com fita adesiva

medidos, cortados com uma faca, nos comprimentos pré-determinados, e separados para colagem.



Barras tracionadas:

- Por apresentarem comprimento maior que um fio de espaguete, as barras em tração foram feitas a partir da união de 2 dois segmentos de igual comprimento;
- Os fios de cada segmento de barra foram amarrados nas duas extremidades com barbante (pode ser qualquer tipo de fio: barbante, nylon, linha de costura etc);
- Com uma luva, passou-se cola ProEpoxy (6 minutos) em todos os segmentos de barras, que ficaram secando para que, a seguir, fosse cortada a linha;
- Para a união dos segmentos das barras tracionadas foi utilizada Durepoxi, que foram enroladas nas junções dos segmentos. Lixou-se os segmentos para que houvesse um melhor encontro entre as barras;
- As extremidades das barras em tração foram colocadas sobre bases de papelão para permitir que as barras secassem retas mesmo tendo uma junta grossa no centro.



Barras comprimidas:

- As barras tubulares foram construídas, algumas com 34 e outras com 12 fios de espaguete, sendo presos internamente a um tubo de PVC com 17 milímetros de diâmetro;
- Foram usados barbantes para manter os fios unidos nas extremidades inferior e superior da barra. Em seguida foi passado cola ProEpoxy em toda a superfície dos segmentos;
- Após o secagem da cola, foram retirados os barbantes e passou-se cola nos locais em estavam os mesmos.

Montagem final: após a secagem dos segmentos de tração e compressão, foi constituído um desenho em escala real (1:1), colocando-se as barras sobrepostas ao mesmo, para que conseguíssemos finalizar a montagem da ponte treliçada, conforme os ângulos e dimensões estipuladas no projeto da mesma.



- Apresenta-se, resumidamente, algumas dicas e fotos das alunas Júlia, Ester e Ana:

A cola ProEpoxi (6 minutos) foi adquirida na Aero Sport www.aerosport.com.br (Av. São Pedro, 1453 – Porto Alegre - Telefone 51-3024.2595).

Corte dos fios: antes de cortar, marcar o fio conforme o tamanho necessário. Utilize estilete ou cortador de unha. Não se recomenda a utilização de tesoura, pois quebra o fio de espaguete. Ao usar o estilete, é recomendado o uso de uma tábua para não causar danos ao móvel.



Colagem das barras: os dois componentes da cola epóxi foram misturados. Cada fio de espaguete foi colado.



Para que cada barra de fios de espaguete fique na forma circular, indica-se o uso de borrachinhas de cabelo ou borrachinhas que os dentistas utilizam (quando se usa aparelho dentário). Estes, possuindo a forma circular, pressionam os fios para que possam adquirir a mesma forma. Utilizou-se fio dental e barbantes para segurar a forma da barra de espaguete.



Acabamento e união das barras: para um melhor encaixe durante a colagem, as pontas das barras foram lixadas e limpas com pincel, tirando-se o excesso do pó para a fixação da cola. Para melhor união das barras, foi colocada uma camada de fios.



Nós das barras: os nós foram colados com Durepoxi. Faça o molde da ponte para se basear na hora da colagem das barras.





- Apresenta-se, resumidamente, algumas dicas e fotos das alunas Marla, Nathalie e Thais:

Colas utilizadas:



Montagem da ponte:





----- X -----

Visite nossa página com frequência. Sempre que surgir alguma dica ou fato interessante, estaremos disponibilizando a todos os competidores.

Bom desafio a todos!

Comissão Organizadora