

CONSTRUINDO UMA PONTE TRELIÇADA DE BARRAS DE ALUMÍNIO

Objetivo do projeto.

Neste projeto, você, aluno, irá construir um modelo de ponte treliçada que já estará previamente definida. Durante a construção de sua ponte, você poderá observar como uma estrutura trabalha, como cada um dos vários membros componentes da ponte age sob pressão ou compressão, e a função de cada cálculo para que a ponte suporte eficientemente o todas as cargas com a qual está sendo submetida. Além disso, iremos buscar alguns conceitos importantes que estão envolvidos em uma construção deste tipo. Este trabalho segue modelo utilizado na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) destinado a competição de pontes treliçada de palitos de picolé e sofreu algumas alterações visando maior compressão.

Porquê?

Então por que construiremos uma ponte que já foi desenhada por outra pessoa? É verdade que construindo uma ponte já desenhada não irá despertar no estudante a criatividade necessária para desenhar uma ponte por conta própria, mas irá familiarizá-lo com vários aspectos e componentes estruturais que precisam ser levados em consideração quando se constrói uma ponte.

Construindo uma ponte previamente desenhada, o estudante estará apto a:

- Aprender vários conceitos chave sobre treliças e cuidados estruturais que deverão estar presentes quando desenhar uma ponte por conta própria.
- Aprender algumas técnicas de construção especiais apropriadas para o tipo de material
- Trabalhar com confiança, sabendo que sua ponte irá suportar a carga estabelecida com sucesso, desde que se construa a estrutura cautelosamente.
- Aprender sobre os desafios enfrentados pelos construtores de verdade, os quais muitas vezes são requisitados para construírem estruturas que foram projetadas por outras pessoas.

Objetivos de aprendizado:

Como resultados das atividades propostas, você estará apto à:

- Elucidar o que é uma *treliça*.
- Identificar os principais componentes de uma ponte treliçada.
- Identificar os vários tipos de pontes treliçadas.
- Ter a capacidade de identificar os seguintes conceitos fundamentais de engenharia estrutural: *força, carga, reação, equilíbrio, tração e compressão*.
- Explorar como uma ponte treliçada trabalha (como cada componente individual contribui para que toda a estrutura trabalhe bem e possa suportar o carga.).
- Ver como a qualidade de construção afeta o desempenho da estrutura.

1. Pré-requisitos

Para que você e qualquer estudante, sendo ou não de engenharia, possa trabalhar com a treliça, é necessário, inicialmente, ter noções de conceitos físico e matemáticos básicos, tais como:

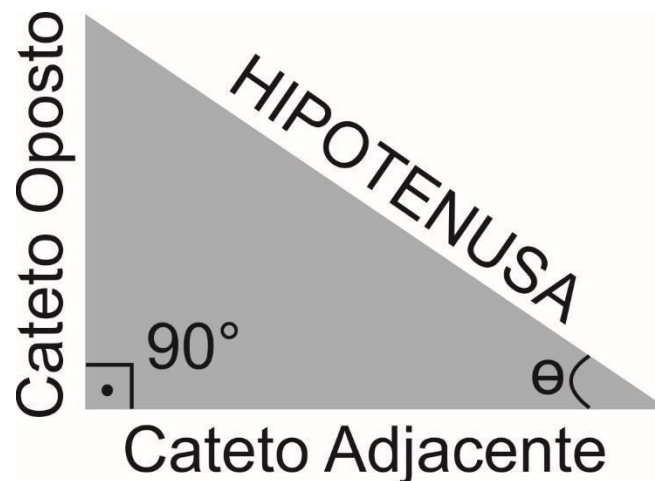
- Análise vetorial;
- Trigonometria e
- Estática.

O aluno tem que ter conhecimento dos conceitos supracitados para que o entendimento sobre treliças seja elucidado. Assim, saber lidar com problemas que envolvam treliças, significa saber aplicar de maneira eficiente e eficaz tais conceitos básicos. O profissional responsável por projetar esse elemento estrutural é o engenheiro, haja vista que a sua grade curricular torna-o apto para tal responsabilidade.

Funções Trigonômicas Básicas

A trigonometria é uma área da matemática muito aplicada na física, sobretudo nos tipos de problemas tratados pela mecânica. Em especial, três funções trigonométricas básicas são mais utilizadas. São essas: o seno, o cosseno e a tangente de um determinado ângulo. Vamos definir essas funções a seguir a partir do triângulo retângulo abaixo:

Figura 1 - Triângulo Retângulo



Pelo teorema de Pitágoras, determina-se que:

$$h^2 = h_o^2 + h_a^2$$

h = comprimento da hipotenusa de um triângulo retângulo

h_o = comprimento do cateto oposto ao ângulo θ

h_a = comprimento do cateto adjacente ao ângulo θ

Em que:

$$\text{sen } \theta = \frac{h_o}{h}, \text{cos } \theta = \frac{h_a}{h} \text{ e } \text{tan } \theta = \frac{h_a}{h_o}$$

O seno, o cosseno e a tangente são números sem unidades (nem dimensões) porque cada um é a razão entre os comprimentos de dois lados de um triângulo retângulo.

2. Partes Componentes de Uma Ponte Treliçada.

O que é uma treliça?

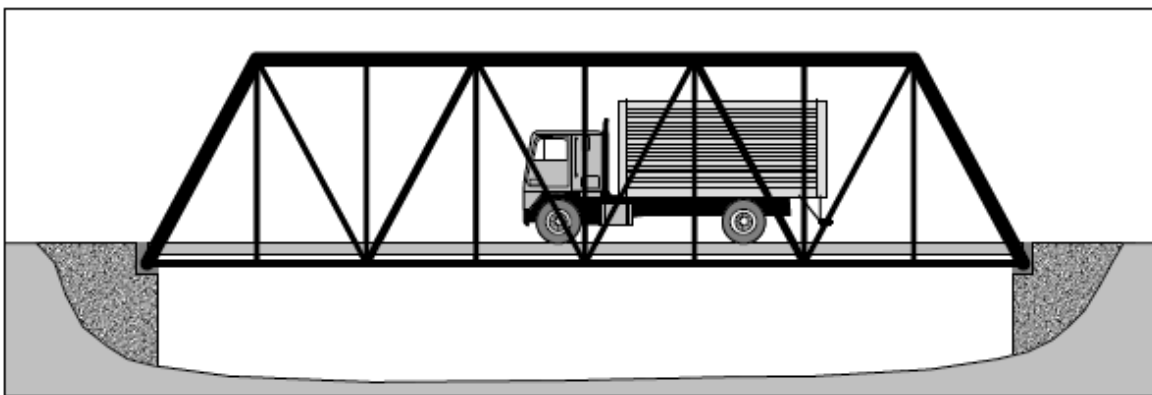
Treliça é uma estrutura composta de membros conectados com a finalidade de desenvolver resistência a uma certa força resultante aplicada. Tais membros são os componentes que suportam a carga da estrutura. Na maioria das treliças, os membros são dispostos em triângulos interconectados, como mostrado na figura a seguir. Devido a sua configuração, os membros da treliça estão sujeitos a tração e compressão por parte da carga. Pelo fato de as treliças serem bastante resistentes e terem um peso proporcionalmente pequeno, elas são também usadas em longas distâncias. As treliças vêm sendo usadas extensivamente em pontes desde o século XIX. Hoje em dia o uso de treliças se estende a construção de tetos, torres, guindastes de construção e diversas outras máquinas e estruturas.

Tração: ato ou efeito de puxar;

Compressão: ocorre quando a força axial aplicada estiver atuando com o sentido dirigido para o interior da peça

Pelo fato de as treliças serem bastante resistentes e terem um peso proporcionalmente pequeno, elas são também usadas em longas distâncias. As treliças vêm sendo usadas extensivamente em pontes desde o século XIX. Hoje em dia o uso de treliças se estende a construção de tetos, torres, guindastes de construção e diversas outras máquinas e estruturas.

Figura 2 - Exemplo de ponte treliçada



Disponível em: <<http://www.ufjf.br/lrm/files/2009/06/concurso-de-estruturas-apostila.pdf>> acesso em Out. 2016.

3. Como uma estrutura suporta carga.

Um dos mais importantes objetivos de aprendizagem deste projeto é o de compreender como uma ponte treliçada suporta carga. Mas o que é exatamente uma "carga", e o que significa exatamente para uma estrutura "suportar uma carga?" Para responder a estas perguntas, devemos introduzir (ou talvez rever) alguns conceitos básicos de física:

Forças:

Força é simplesmente tração ou compressão aplicada a um objeto. Uma força sempre tem tanto magnitude quanto direção. Quando um caminhão atravessa uma ponte, ele exerce uma força sobre a ponte. A magnitude da força é o peso do caminhão, e a direção da força é para baixo. Matematicamente, nós representamos uma força como um vetor. Por definição, um vetor é uma quantidade que tem tanto magnitude quanto direção. Para mostrar uma força sobre uma imagem ou diagrama, nós normalmente o representamos como uma seta(que mostra a direção) e uma amplitude (em unidades de força, como newtons), como mostrado a seguir.

Figura 3: Representação de uma força

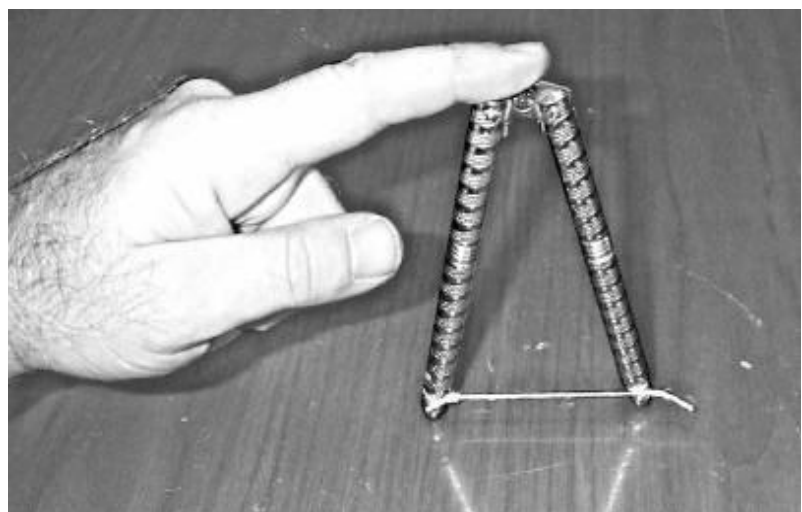
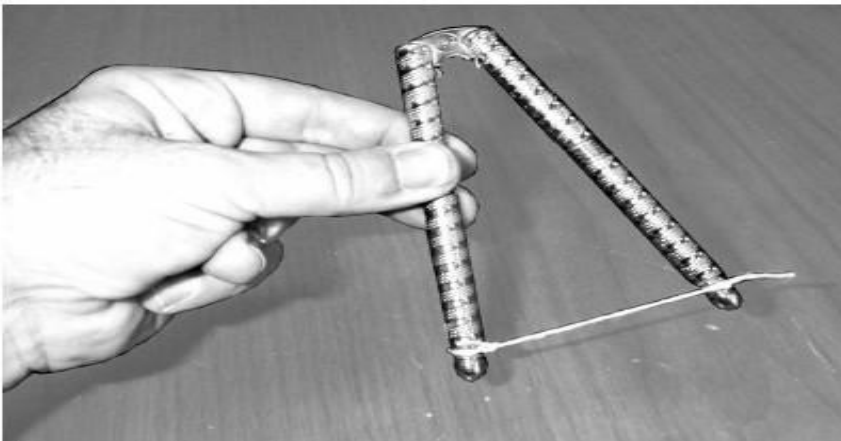


Disponível em: <<http://www.ufjf.br/lrm/files/2009/06/concurso-de-estruturas-apostila.pdf>> acesso em Out. 2016

Cargas:

Para ilustrar o que é carga, reações, e membros de forças internas, vamos fazer uma experiência simples: Pegue um quebra-nozes como o mostrado abaixo, amarre as extremidades do quebra-nozes em conjunto com um pedaço de corda. Você acabou de construir uma simples treliça composta por três membros, os dois puxadores e a corda. Agora, coloque as extremidades do quebra-nozes sobre uma superfície plana e pressione para baixo sobre o centro dobradiça. Você está aplicando uma *carga* para o quebra-nozes. A carga é simplesmente uma força aplicada a uma estrutura.

Figura 4 e 5: Treliça compostas por três membros, exemplo simples.



Disponível em: <<http://www.ufjf.br/lrm/files/2009/06/concurso-de-estruturas-apostila.pdf>> acesso em Out. 2016

Pontes reais estão sujeitos a diferentes tipos de cargas, como por exemplo:

Peso dos veículos e pedestres que atravessam a ponte;

Peso da própria ponte;

Peso do asfalto ou pavimento de concreto;

Vento empurrando os lados sobre a estrutura;

Forças causados por terremotos, entre outros.

Na concepção de uma ponte, o engenheiro estrutural deve considerar os efeitos de todas essas cargas, incluindo os casos em que dois ou mais tipos de cargas possam ocorrer ao mesmo tempo.

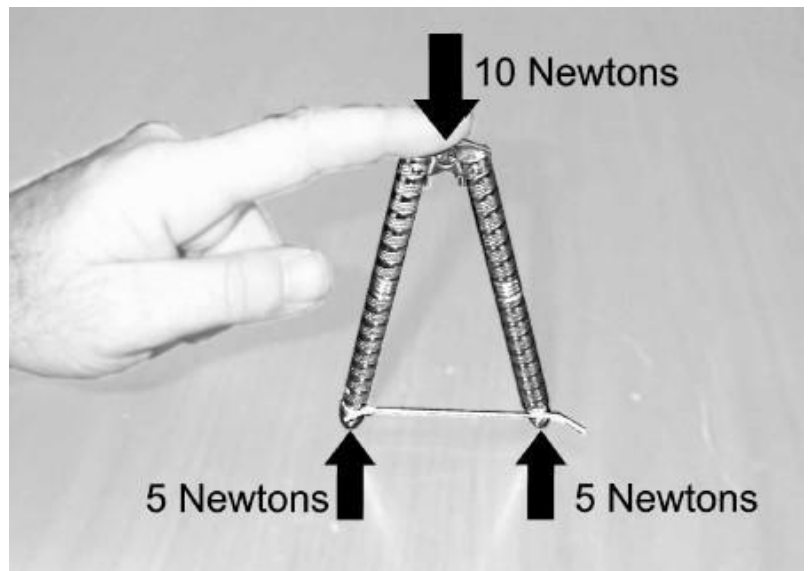
Reações:

A Primeira Lei de Newton, um dos princípios fundamentais da física, afirma que um objeto em repouso permanecerá em repouso desde que não seja submetido a uma força que provoque desequilíbrio. Em outras palavras, se um objeto não está se movendo, o total de forças agindo sobre ele deve ser zero. Quando você aplica uma força descendente ao seu quebra-nozes, ele não se move, assim, de acordo com a Primeira Lei de Newton, a força resultante sobre a treliça deve ser zero. Mas como isso é possível? Suponha que você empurre o quebra-nozes para baixo com uma força de 10 newtons. O quebra-nozes não se move, porque a mesa empurra de volta para cima com uma força de 10 newtons. Neste exemplo, como a estrutura toca a mesa em dois pontos, a mesa empurra para cima com duas forças, cada uma

com uma magnitude de 5 newtons, como mostrado abaixo. A estrutura está numa condição chamada de equilíbrio, pois a força total para cima

equivale à força total para baixo. Uma estrutura que não está se movendo deve estar em equilíbrio.

Matematicamente, o vetor soma de todas as forças atuando sobre a estrutura é zero. Se assumirmos que o sentido ascendente é positivo e, em seguida:



$$+5 + 5 - 10 = 0$$

Figura 6: Exemplo de ponte treliçada com suas reações

Disponível em: <<http://www.ufjf.br/lrm/files/2009/06/concurso-de-estruturas-apostila.pdf>> acesso em Out. 2016

No nosso exemplo, as duas forças para cima são chamadas reações. Reações são forças desenvolvidas nos apoios de uma estrutura, para mantê-la em equilíbrio. Suportes são os pontos onde a estrutura está fisicamente em contato com o que a cerca. Em nosso quebra-nozes, os suportes estão localizados nas extremidades das alças, onde o quebra-nozes toca a mesa. Em uma ponte real, os suportes estão localizados nas extremidades.

Componentes das forças internas:

Quando você aplica cargas *externas* a uma estrutura, reações *externas* ocorrem nos apoios. Mas forças *internas* também são desenvolvidas dentro de cada membro estrutural. Em uma treliça, estes membros internos de forças serão sempre tração ou compressão. Um membro de tração está sendo esticado, tal como o elástico na imagem abaixo. A força de tração tende a tornar o corpo mais longo.

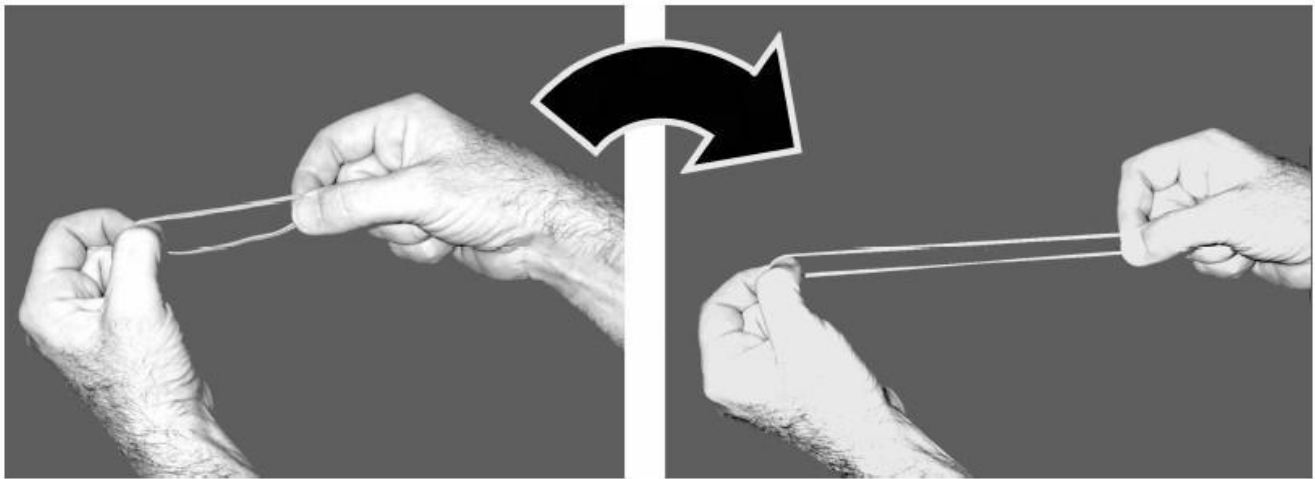


Figura 7: Exemplo de corpo sofrendo tração

Disponível em: <<http://www.ufjf.br/lrm/files/2009/06/concurso-de-estruturas-apostila.pdf>> acesso em Out. 2016

Um membro de compressão está sendo achatado, como o bloco de espuma na figura abaixo. Força de compressão torna um membro mais curto.

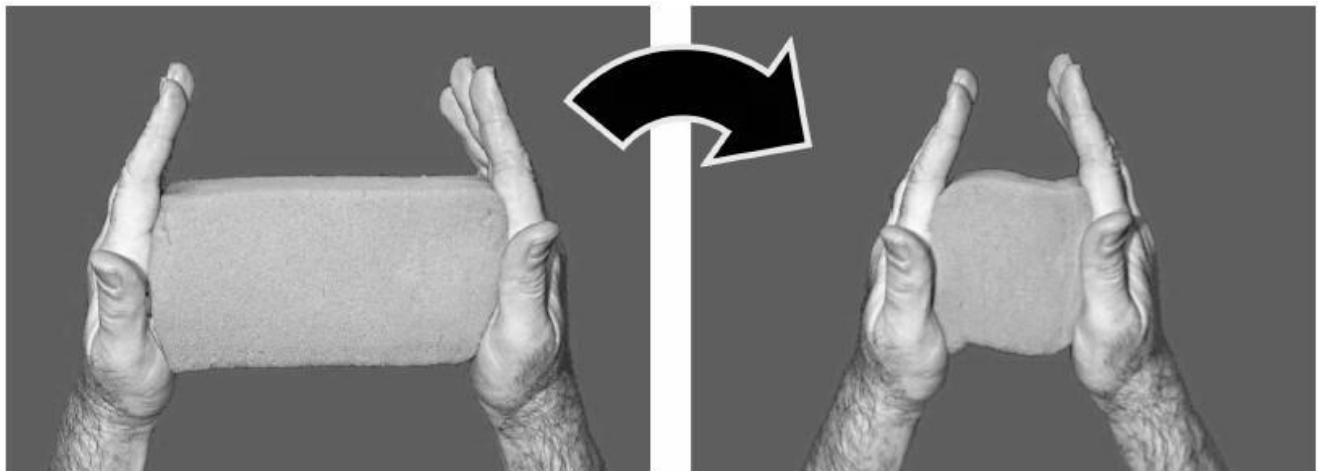


Figura 8: Exemplo de corpo sofrendo compressão

Disponível em: <<http://www.ufjf.br/lrm/files/2009/06/concurso-de-estruturas-apostila.pdf>> acesso em Out. 2016

No nosso exemplo com o quebra-nozes, as duas extremidades estão em compressão, enquanto que a corda está em tração, como mostrado anteriormente. Se você empurrar para baixo forte o suficiente o quebra-nozes, você pode realmente ver o alongamento na corda em tração.

Assim como cargas e reações, as forças internas devem obedecer as leis da física. Elas devem estar em equilíbrio entre si e com as cargas e reações. Ao aplicar o conceito de

Equilíbrio e de alguns conceitos simples de matemática, podemos calcular a força interna de cada membro de uma treliça.

Figura 9: Exemplo de corpo sofrendo tração e compressão

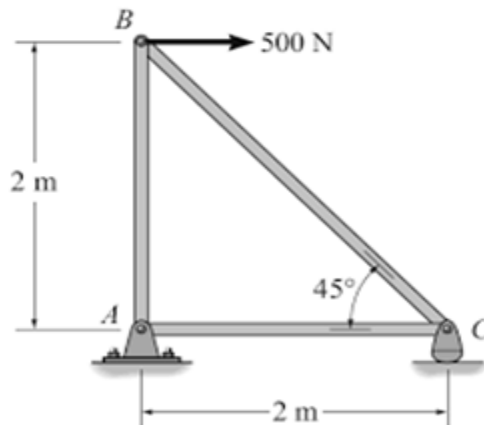


Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/1863744/> acesso em Out. 2016

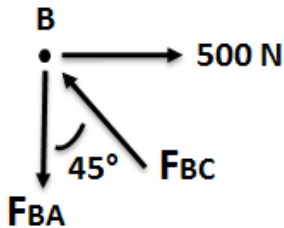
Como uma estrutura suporta carga?

Após ter discutido cargas, reações, e componentes de forças internas, e força, podemos agora responder a importante pergunta formulada anteriormente: *O que significa para uma estrutura o suporte de carga?* Neste concurso, você irá construir e testar um modelo de ponte. Se você construir bem a ponte, ele irá suportar a carga com sucesso, e você terá uma oportunidade para observar a forma como a estrutura funciona. Quando você aplica uma carga a uma estrutura, forças internas de tração e compressão ocorrerão em cada membro. Se a resistência é maior do que a força interna existente em cada membro da estrutura, então seu projeto suportará a carga com êxito.

Figura 10: Exemplo cálculo treliça simples



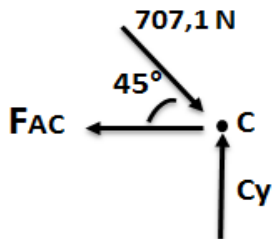
a) Identificar as incógnitas em cada nó



1a) Equações de equilíbrio:

$$\begin{aligned} \rightarrow \sum F_x = 0; & \quad 500 \text{ N} - F_{BC} \sin 45^\circ = 0 \quad \therefore F_{BC} = 707,1 \text{ N} \\ +\uparrow \sum F_y = 0; & \quad F_{BC} \cos 45^\circ - F_{BA} = 0 \quad \therefore F_{BA} = 500 \text{ N} \end{aligned}$$

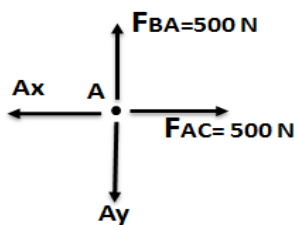
b) Identificar as incógnitas em cada nó



1b) Equações de equilíbrio:

$$\begin{aligned} \rightarrow \sum F_x = 0; & \quad -F_{CA} + 707,1 \cos 45^\circ = 0 \quad \therefore F_{CA} = 500 \text{ N} \\ +\uparrow \sum F_y = 0; & \quad C_y - 707,1 \sin 45^\circ = 0 \quad \therefore C_y = 500 \text{ N} \end{aligned}$$

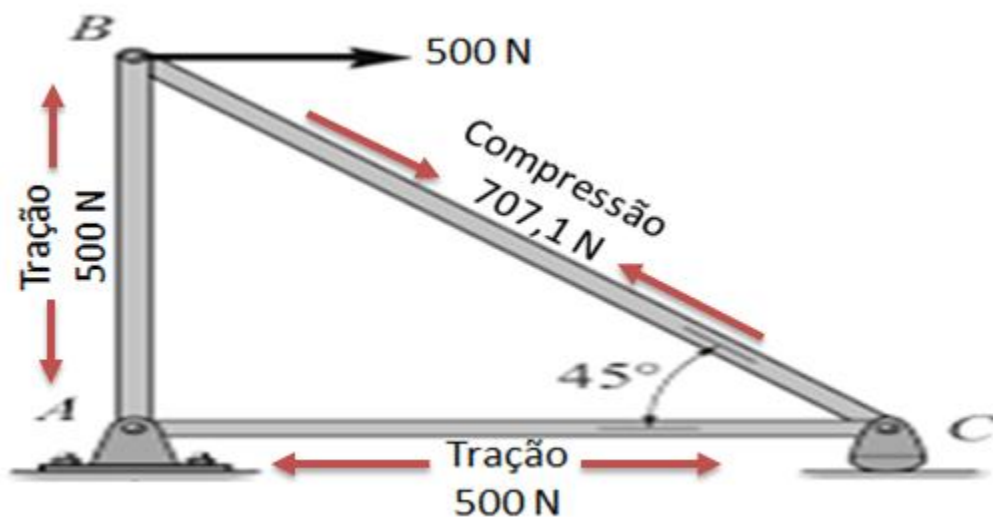
c) Identificar as incógnitas em cada nó



1c) Equações de equilíbrio:

$$\begin{aligned} \rightarrow \sum F_x = 0; & \quad 500 \text{ N} - A_x = 0 \quad \therefore A_x = 500 \text{ N} \\ +\uparrow \sum F_y = 0; & \quad 500 \text{ N} - A_y = 0 \quad \therefore A_y = 500 \text{ N} \end{aligned}$$

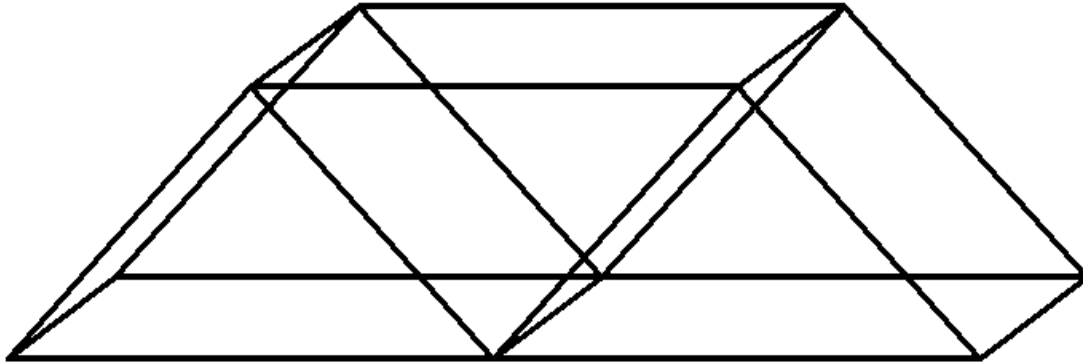
Assim temos:



Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/1863744/> acesso em Out. 2016

Seu projeto:

Você construirá um modelo de ponte treliçada como o da figura a seguir:



A construção deverá ser realizada utilizando apenas barras e rótulas de alumínio.

Recomendações e dados:

Referências

Universidade Federal de Juiz de fora. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/lrm/files/2009/06/concurso-de-estruturas-apostila.pdf>> acesso em Out. 2016.

R .C. Hibbeler. Resistência dos Materiais, 7º edição. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/1863744/> acesso em Out. 2016.