

CONSTRUINDO UMA PONTE TRELIÇADA DE PALITOS DE PICOLÉ

Objetivo do projeto.

Neste projeto, você irá construir um modelo de ponte treliçada que já estará previamente projetada. Quando terminada a etapa construção, iremos testar a ponte para determinar se realmente atende as especificações do projeto, suportando a carga previamente estabelecida. Durante a construção e teste 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 peso estabelecido.

Porquê?

Design é a essência da engenharia. Nenhuma estrutura é eficiente se o *design* não o for. 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 construir estruturas que foram projetadas por outras pessoas.

Objetivos de aprendizado:

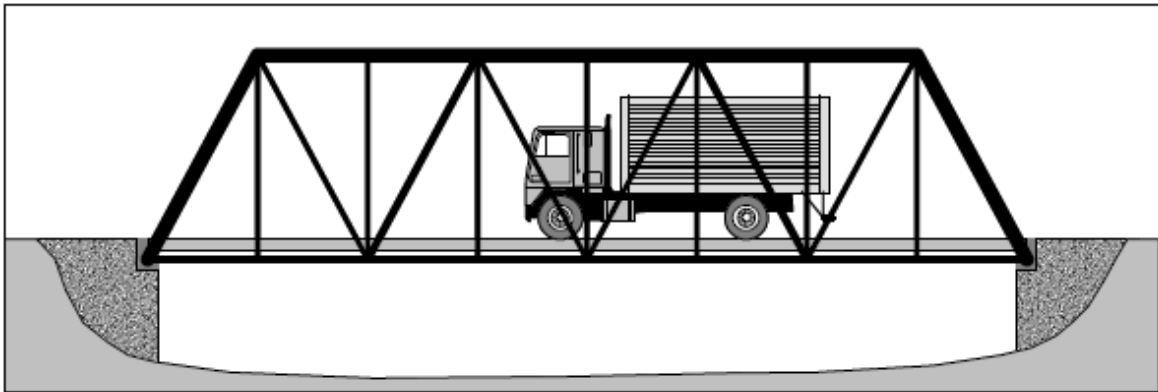
Como resultados das atividades propostas, você estará apto à:

- Elucidar o que é uma *treliça*.
- Identificar os principais componentes de uma ponte treliçada.
- Identificar os vários tipos de pontes treliçadas.
- Explicar 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. Partes Componentes de Uma Ponte Treliçada.

O quê 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 suportarão 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 distancias. As treliças vêm sendo usadas extensivamente em pontes desde o século XIX. Hoje em dia o uso de treliças se estende a construções de tetos, torres, guindastes de construção e diversas outras máquinas e estruturas.



2. 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:

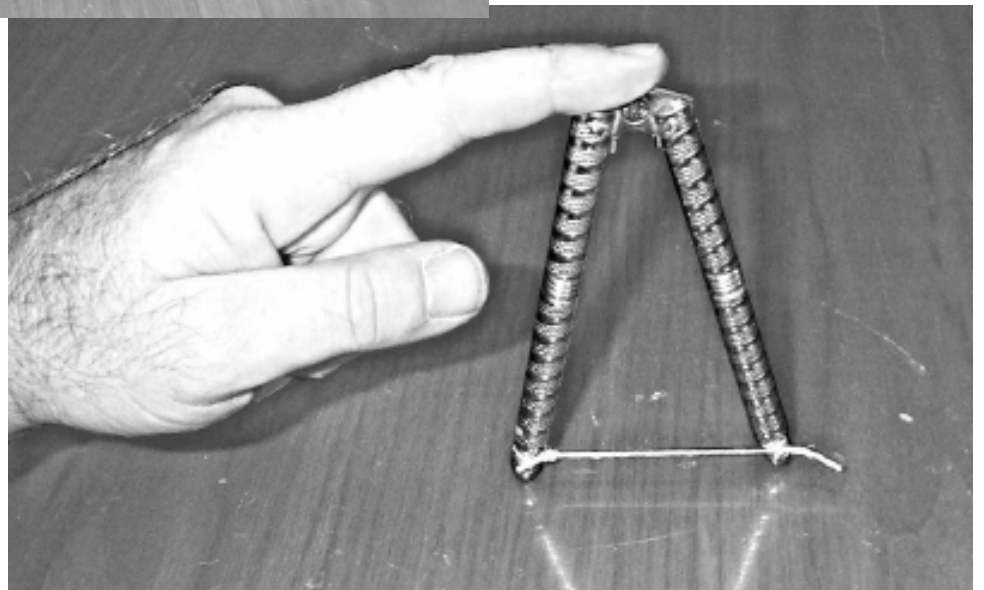
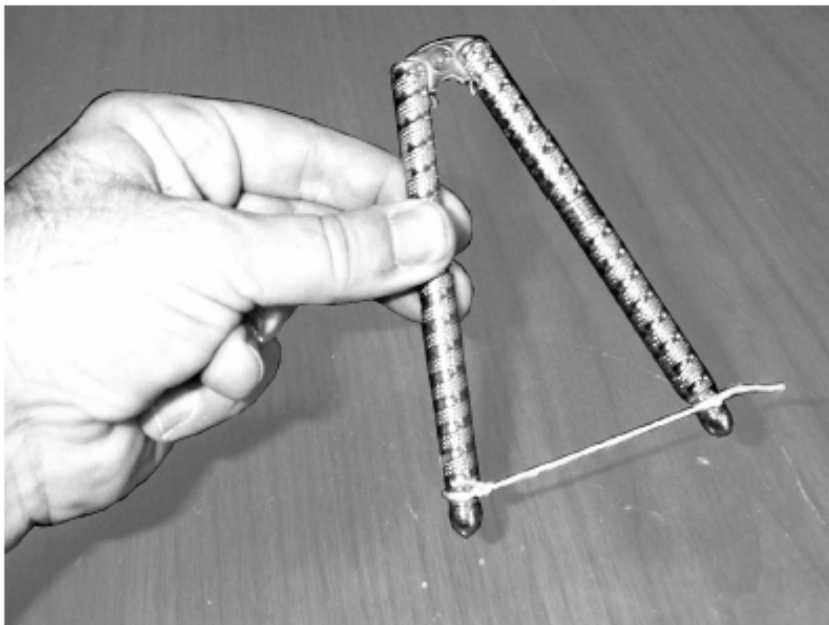
Força é simplesmente tração ou compressão aplicada a um objeto. Uma força sempre tem tanto magnitude quanto direção. Quando um caminhão atravessa uma ponte, ele exerce uma força sobre a ponte. A magnitude da força é o peso do caminhão, e a direção da força é para baixo. Matematicamente, nós representamos 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 libras ou newtons), como mostrado a seguir:



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.



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.

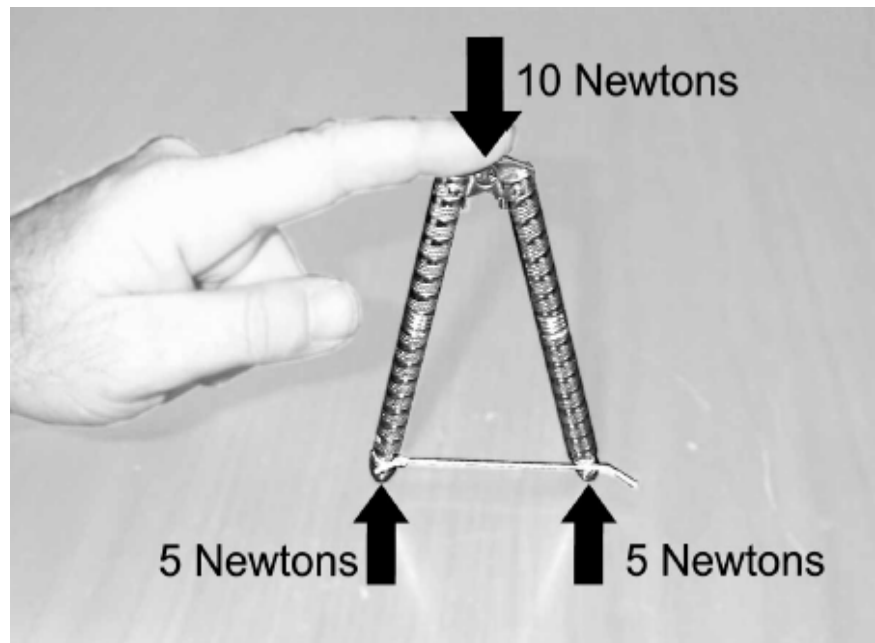
Na concepção de uma ponte, o engenheiro estrutural deve considerar os efeitos de todas essas cargas, incluindo os casos em que dois ou mais tipos de cargas possam ocorrer ao mesmo tempo.

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:

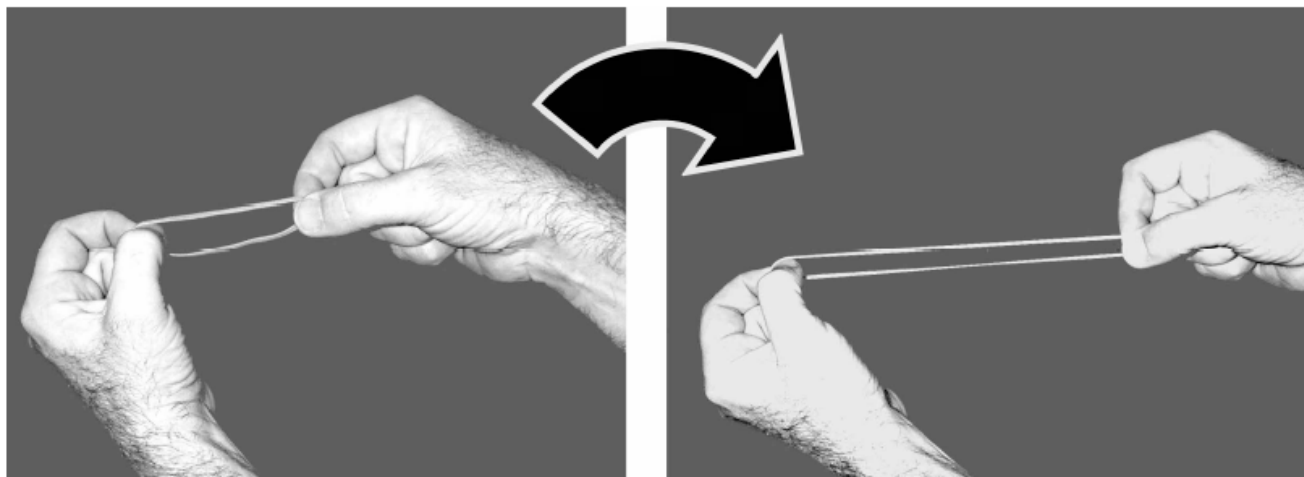
$$+5 + 5 - 10 = 0$$



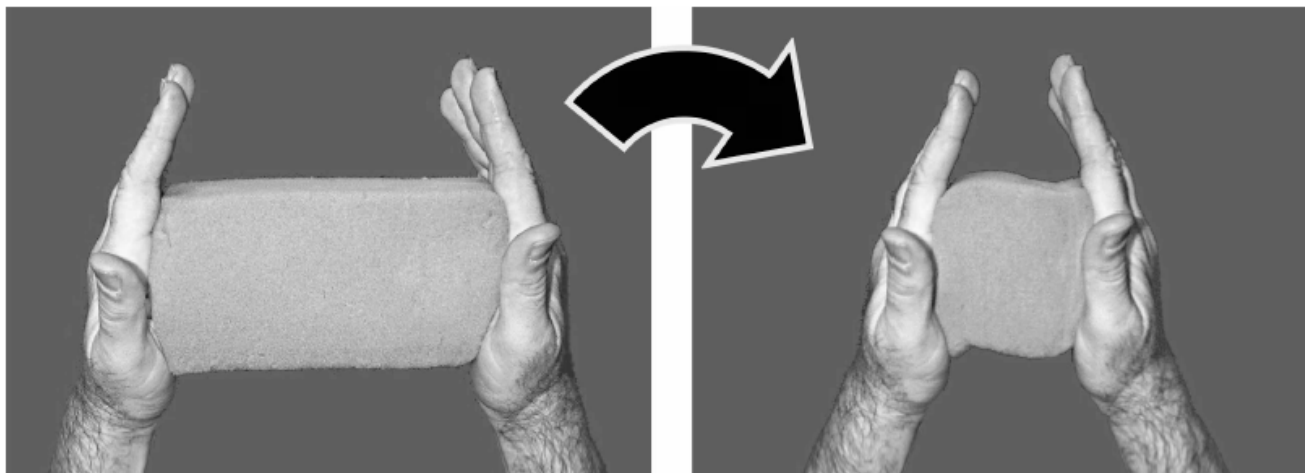
No nosso exemplo, as duas forças para cima são chamadas reações. Reações são forças desenvolvidas nos apoios de uma estrutura, para mantê-la em equilíbrio. **Suportes** são os pontos onde a estrutura está fisicamente em contato com o que a cerca. Em nosso quebra-nozes, os suportes estão localizados nas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



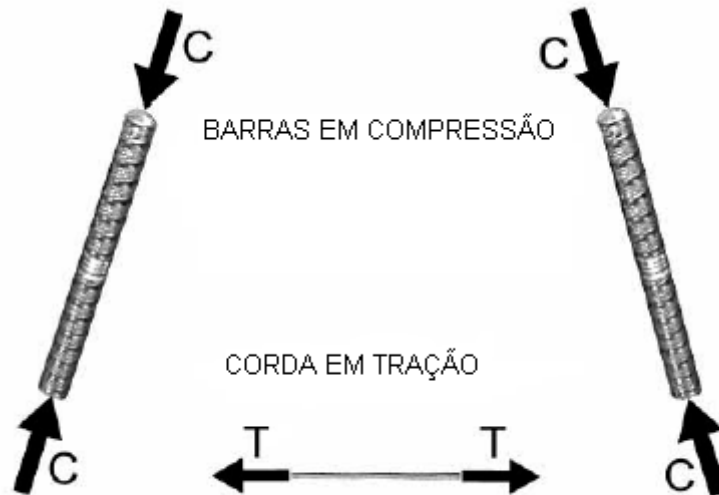
Um membro de compressão está sendo achatado, como o bloco de espuma na figura abaixo. Força de compressão torna um membro mais curto.



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.



Como uma estrutura suporta carga?

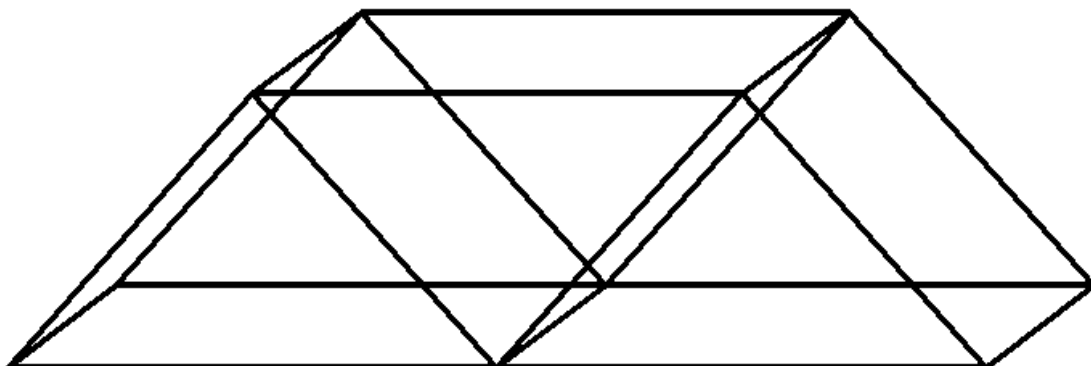
Após ter discutido cargas, reações, e componentes de forças internas, e força, podemos agora responder a importante pergunta formulada anteriormente: *O que significa para uma estrutura o suporte de carga?*

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.

Seu projeto:

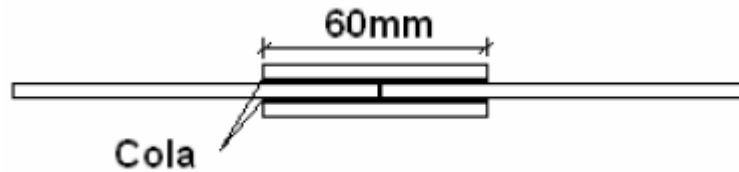
Você construirá um modelo de ponte treliçada como o da figura a seguir:



A construção deverá ser realizada utilizando apenas palitos de picolé e cola de madeira.

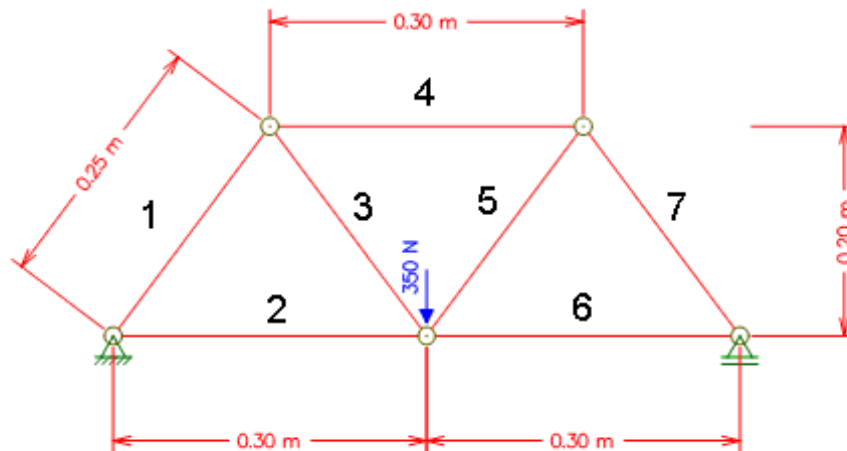
Recomendações e dados:

- 1) As dimensões dos palitos de picolé são aproximadamente : 115mm de comprimento;
2 mm de espessura;
8,4mm de largura.
- 2) A resistência à tração do palito é de 90kgf ou 882,9N.
- 3) A resistência à compressão de um palito de 110mm de comprimento é de 4,9kgf ou 48,07N.
- 4) A resistência à compressão de uma composição formada por dois palitos de 110mm é de 27kgf ou 264,87N.
- 5) As juntas para as barras deverão ser feitas com emenda por superposição de palitos. Recomenda-se o esquema da figura que segue, principalmente nas barras tracionadas:

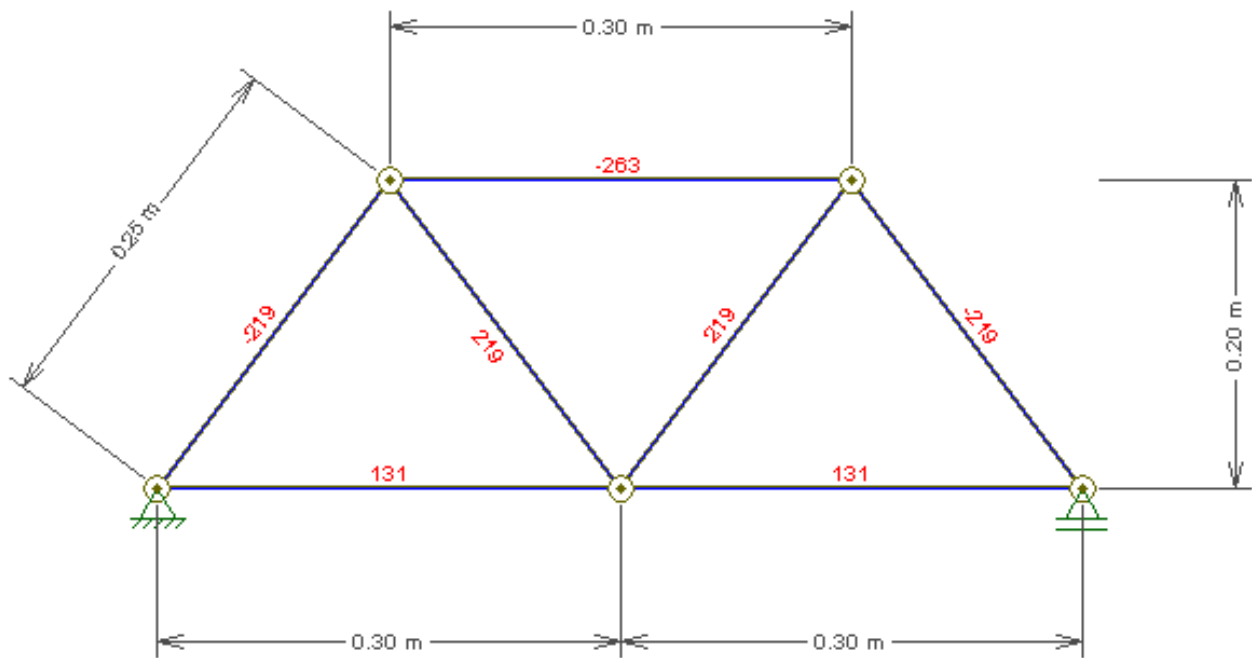


- 6) Como em todo projeto, há um coeficiente de segurança. Por isso a ponte foi calculada para suportar uma carga de 70kgf, mas a expectativa é que a ruptura ocorra em 50kgf.

Seguem alguns esquemas com dados e cálculos para o projeto:



Obs.: Como a ponte possuirá duas faces como visto na figura acima, a carga será dividida igualmente para cada face, logo o cálculo da carga deve ser dividido por dois, metade em cada face: $75\text{Kg} = 750\text{N}$ $750\text{N}/2 = 350\text{N}$.



Nesta imagem podemos ver as dimensões da ponte e o valor da carga sobre cada barra. Os valores negativos indicam que a barra sofre compressão, e os valores positivos indicam que haverá tração agindo sobre a barra.

Barra	Esforço	Tamanho	Número de Palitos
1	Compressão: 219N	25cm	2 + emenda
2	Tração: 131N	30cm	1 + emenda
3	Tração: 219N	25cm	1 + emenda
4	Compressão: 263N	30cm	2 + emenda
5	Tração: 219N	25cm	1 + emenda
6	Tração: 131N	30cm	1 + emenda
7	Compressão: 219N	25cm	2 + emenda