6- Análise Estrutural

6.1- Treliças Simples

Treliça é uma estrutura formada por barras ligadas entre si pelas extremidades por meio de pinos, parafusos ou até soldados.

Treliças Planas

São aquelas cujas barras se distribuem num único plano e ao mesmo tempo as forças externas atuam nesse plano

Por exemplo:

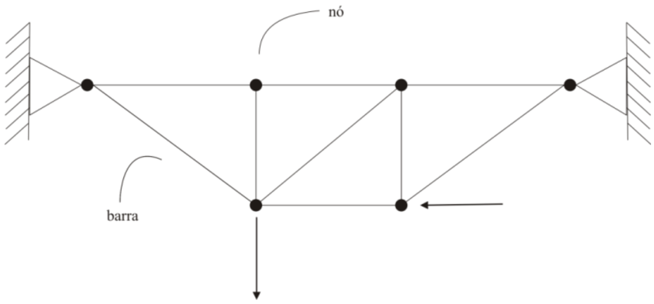

Figura 6. 1

Estabilidade de Treliças

Veja-se os exemplos:

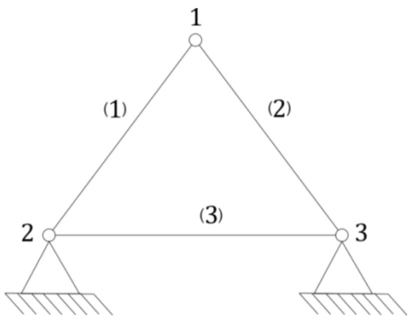

Figura 6. 2

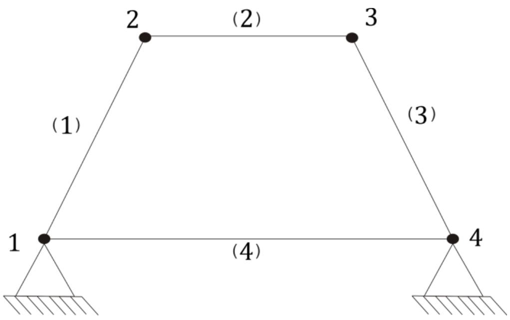

Figura 6. 3

Para que uma treliça seja estável é necessário que cada "espaço vazio" da treliça seja circundado por 3 barras.

Hipóteses para o Cálculo de Treliças

1. Todas as cargas são aplicadas aos nós: I

Isto vale tanto a forças ativas como reativas. Em geral despreza-se o peso das barras. Quando não, o peso é distribuído igualmente nas extremidades

2. Os elementos são ligados entre si por pinos lisos: mesmo que a união seja por chapas perfuradas ou por solda.
Tendo em conta as hipóteses acima, a barra de treliça terá sempre apenas 2 forças aplicadas nas extremidades, quer seja de tração como de compressão.

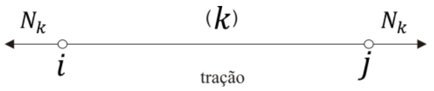

Figura 6. 4

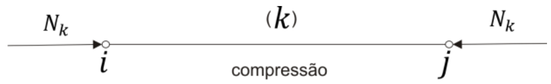

Figura 6. 5

Convenção:

- Tração: (+)
- Compressão: (-)

6.2- O Método dos Nós

No projeto de uma treliça interessa conhecer a força transmitida ao longo de cada barra. Por se tratarem de forças internas, elas não podem ser determinadas a partir da análise do equilíbrio da treliça como um todo. Sendo assim, um método para determinar as forças consiste em isolar CAD nó(ou pino) da treliça e analisar o seu equilíbrio.

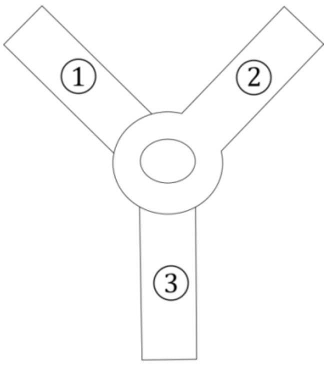

Figura 6. 6

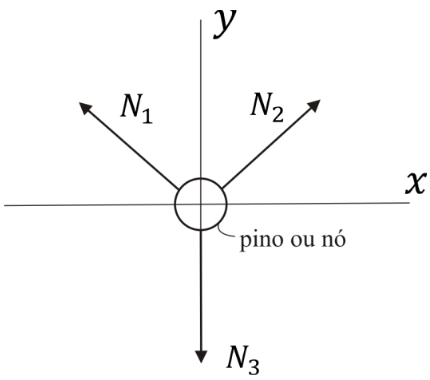

Figura 6. 7

Equilíbrio do nó: $\vec{R} = 0$ ou $R_x = 0$
$R_y = 0$

Alguns Procedimentos Úteis

- Arbitrar as forças nas barras como sendo de tração.
- Começar os cálculos pelo nó que tenha no máximo 2 forças desconhecidas.

Grau de Indeterminação Estática de uma Treliça

Sejam:
r - o número de forças reativas
b – o número de barras
n – o número de nós
Define-se o grau de indeterminação estática para uma treliça plana:
$G = r + b - 2n$ **(Equação 6.1)**
Se G > 0, então a treliça é estaticamente indeterminada

- Exemplos 6.1 – 6.3→ pág.224 – 227

6.3- Barras de Força Nula

Algumas barras não estão sujeitas a carregamento. Elas são chamadas barras de força nula, elas garantem maior estabilidade à treliça.

1. Como regra geral, se somente duas barras não colineares se ligam num nó, então ambas são barras de força nula

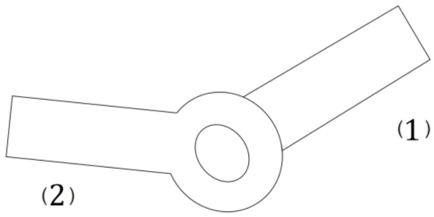

Figura 6. 8

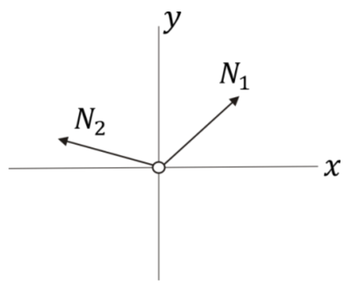

Figura 6. 9

$$N_1 = N_2 = 0 \quad \textbf{(Equação 6.2)}$$

2. Se três barras se unem num nó para o qual duas delas são colineares e nenhuma força externa é aplicada nesse nó, então a terceira barra é de força nula.

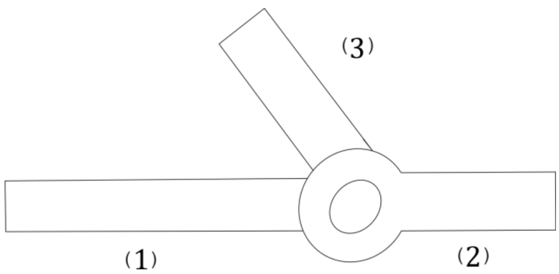

Figura 6. 10

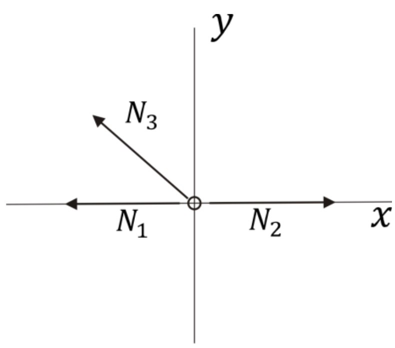

Figura 6. 11

- Exemplo 6.4→ pág. 229 – 230

6.4- O Método das Seções

Considere inicialmente uma barra de treliça em repouso:

Figura 6. 12

Fazendo um corte transversal na barra de modo a desmembrá-la sem, contudo, alterar a solicitação externa, resulta:

Figura 6. 13

Figura 6. 14

Nesse processo, as forças internas em S tornam-se forças externas para cada uma das partes. Como a barra está em repouso, logo as partes também estão, e o sistema de forças sobre cada uma delas está equilibrado. Em cada parte o sistema equilibrado é formado por duas forças, do que se pode concluir que as forças internas tem intensidade N_k.

Figura 6. 15

Figura 6. 16

Observe que, qualquer que seja a seção S, a força interna é sempre N para a barra de treliça.
Este mesmo procedimento pode ser usado para seccionar a treliça interna. Assim em cada barra(b) seccionada "aflora" a força interna N_k. Como as duas partes da treliça estão em repouso, os sistemas de forças em ambas as partes são equilibrados, podendo-se aplicar as equações de equilíbrio de forças

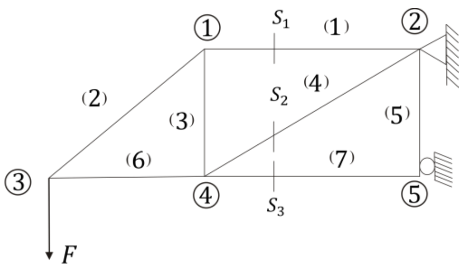

Figura 6. 17

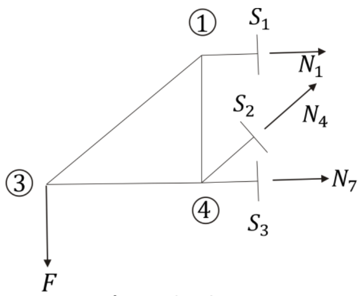

Figura 6. 18

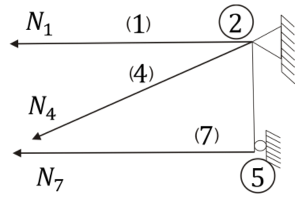

Figura 6. 19

<u>Dica:</u>
Ao seccionar a treliça, fazê-lo de tal forma que não seccione mais que 3 barras.
Observe no exemplo acima que ao formar momentos em relação a 4, obtêm-se
N_1, ao tomar momentos em relação a 2 obtêm-se N_7, ao tomar a componente vertical da resultante, obtêm-se N_4.

- Exemplos 6.5 – 6.7→ págs 235 – 238

6.5- Treliças Espaciais

Barras ligadas entre si pelas extremidades e dispostas no espaço tridimensional.
A treliça espacial mais simples é formada pelas arestas de um tetraedro ligando os três nós numa face desse tetraedro a um novo nó por meio de 3 novas barras forma uma treliça. E assim por diante. Assim, uma treliça espacial pode ser concebida como "tetraedros" interligados.

<u>Hipóteses para o Cálculo de Treliças Espaciais</u>
- As barras sofrem ação axial dos nós.
- Os nós são tratados como rótulas.
- Ao considerar o peso da barra, este é distribuído igualmente nos nós

Procedimento para Análise

Método dos Nós

O equilíbrio do nó leva agora a 3 equações escalares:

$\vec{R} = \vec{0}$

$$R_x = 0$$
$$R_y = 0$$
$$R_z = 0$$

Grau de Indeterminação Estática de uma Treliça Espacial

$G = r + b - 3n$ **(Equação 6.3)**

Método das Seções

Após seccionar a treliça, aplicam-se as 6 equações escalares do equilíbrio a uma das partes:

$\vec{R} = \vec{0}$

$\vec{M}_A = (\vec{M}_x)_A + (\vec{M}_y)_A + (\vec{M}_z)_A = \vec{0}$

$$R_x = 0$$
$$R_y = 0$$
$$R_z = 0$$
$$(M_x)_a = 0$$
$$(M_y)_a = 0$$
$$(M_z)_a = 0$$

- Exemplo 6.8→ págs 243-244

6.6- Estruturas e Máquinas

Estruturas e máquinas são em geral formados por múltiplos corpos um entre si.

Estrutura:

Tem um caráter estacionário. Sua função é de suportar outros corpos(por exemplo máquinas).

Máquinas:

Forma um conjunto de corpos passível de movimento. São projetadas para ter um efeito para ampliar ou reduzir as forças motrizes. Por exemplo:

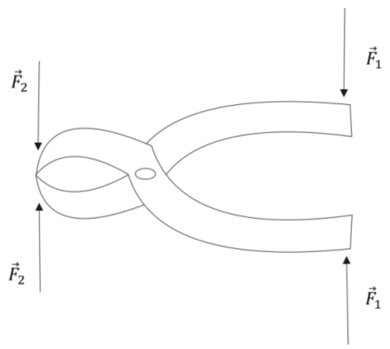

Figura 6. 20

Diagramas de Corpo Livre (dicas)

1. Desmembre o sistema multi-corpos em seus membros elementares e represente os respectivos DCL.

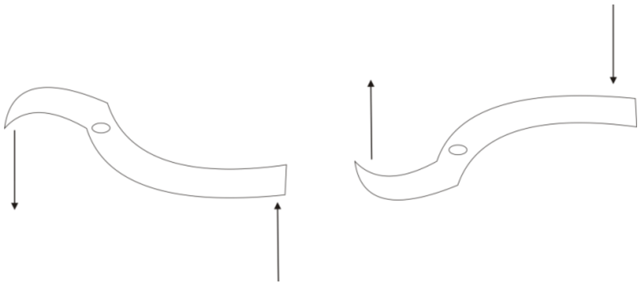

Figura 6. 21

2. Identifique os elementos de 2 forças
3. Nos pontos de contato as partes trocam forças de ação e reação

Equações de Equilíbrio

Num sistema de multi-corpos, as equações de equilíbrio podem se aplicadas a cada membro.

$\vec{R} = \vec{0}$ e $\vec{M}_0 = \vec{0}$

Os pontos de contato e os apoios duram sem cuidados a mente assim ligados visando identificar as reações no movimento impostas, para assim identificar as forças ou movimentos presentes nos apoios ou pontos de contato.

Observa-se em casos particulares, o sistema de multi-corpos para ser analisado em conjunto.

- Exemplos 6.9 – 6.13→ págs 246 – 251 e 6.14 – 6.21→ págs 252 – 259