CERBERUS

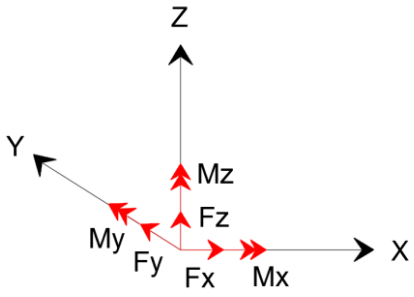
MANUAL DO USUÁRIO

CÁLCULO ESTRUTURAL DE PÓRTICOS RETICULADOS ESPACIAIS

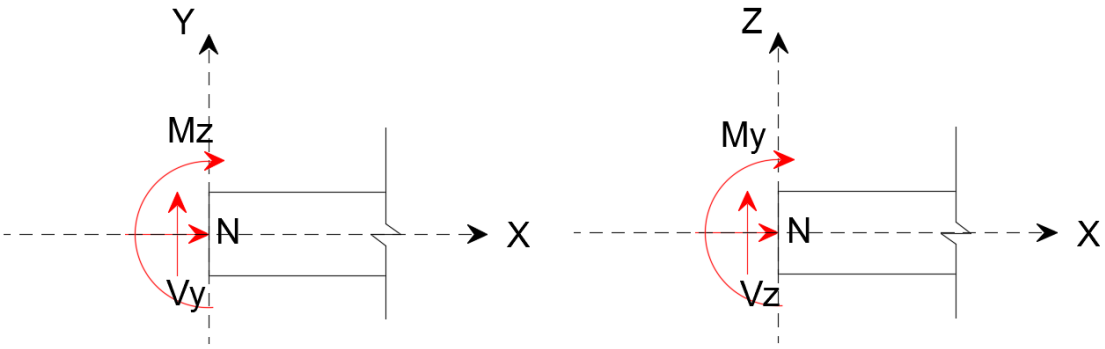
Este documento tem como objetivo apresentar a sequência de passos para o uso correto do software CERBERUS, que foi desenvolvido como trabalho de conclusão de curso, no ano de 2018, na Universidade Positivo.

1. CONVENÇÃO DE SINAIS

É imprescindível adotar uma convenção de sinais para orientar as forças e os deslocamentos, gerando assim resultados claros e facilitando o entendimento e a comunicação entre os engenheiros. A convenção adotada pelo programa está ilustrada a seguir:

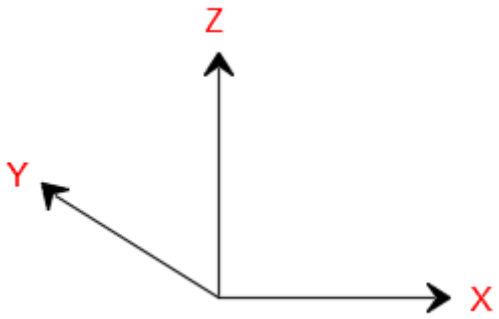


A convenção para esforções internos está associada ao sistema de eixos locais das barras. Para isso, toma-se a barra, orientada em seu eixo de coordenadas locais e analisa-se onde se encontra a posição da fibra inferior da barra, que estará situada na parte de baixo da barra se o sistema analisado for o destrógeno, definido pela locação dos nós da barra e sua incidência. Quando o ponto inicial da barra se situar a esquerda do ponto final tem-se um sistema destrógeno, caso contrário, será um sistema levógeno, neste caso a fibra inferior da barra estará situada na sua parte superior.

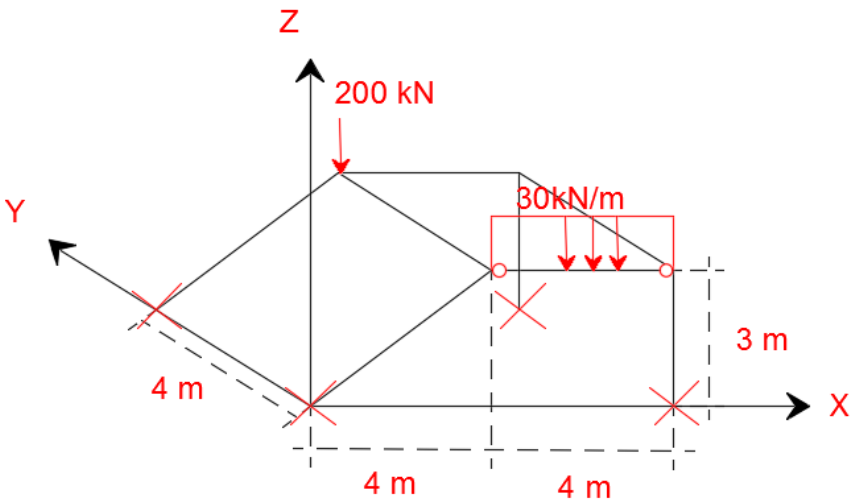


2. ENTRADA DE DADOS

Para efetuar a entrada de dados no CERBERUS é necessária conhecer o seu eixo de coordenadas global, que é ilustrado pela figura abaixo.

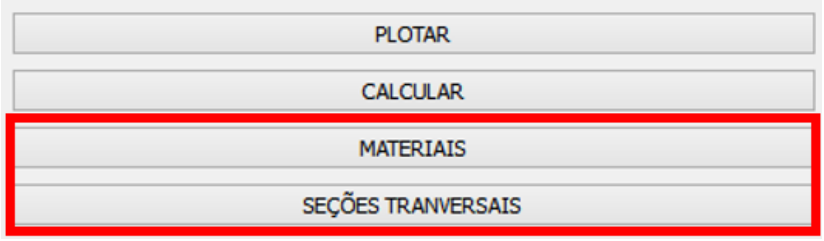


Para facilitar o entendimento, toma-se como exemplo o pórtico abaixo, que servira como exemplo para efetuarmos a entrada de dados no software.



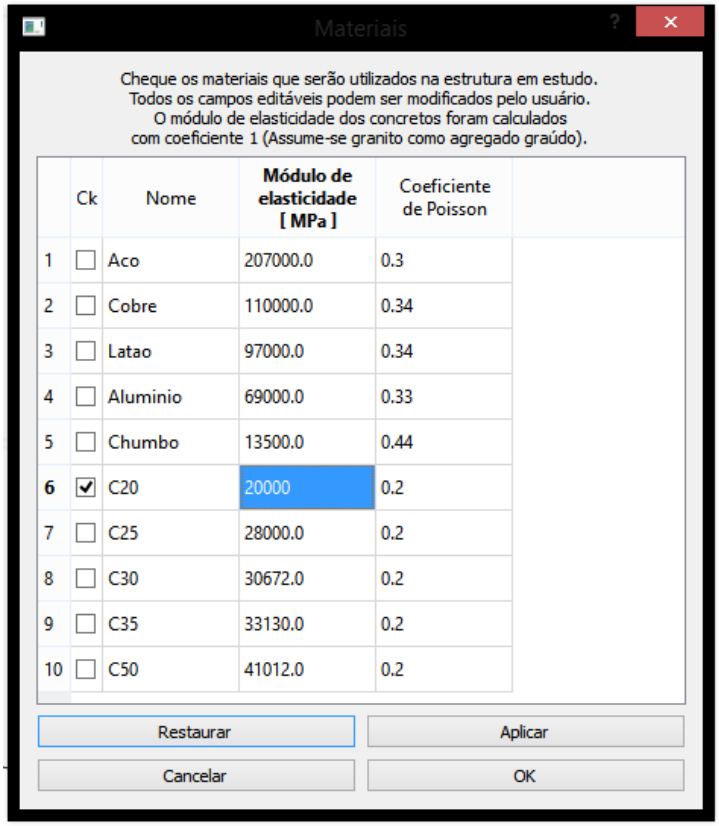
2.1. PROPRIEDADES DAS BARRAS

As propriedades das barras são de suma importância para determinar a rigidez e as deformações que ocorrem nas barras. Logo, deverão ser informados polo usuário através dos botões de materiais e de seções.



2.1.1. Propriedades dos materiais

Ao clicar no botão de materiais o usuário poderá especificar o material que será utilizado na estrutura em estudo. O programa apresenta alguns materiais pré-definidos, mas o usuário pode modificar os campos editáveis. O software permite que mais de um material seja selecionado.

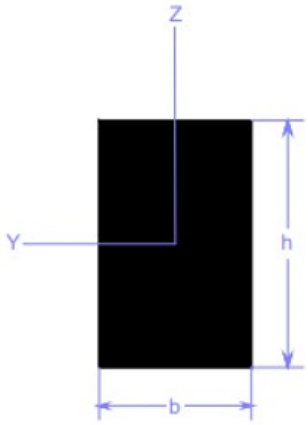
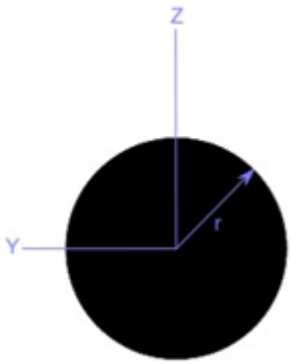
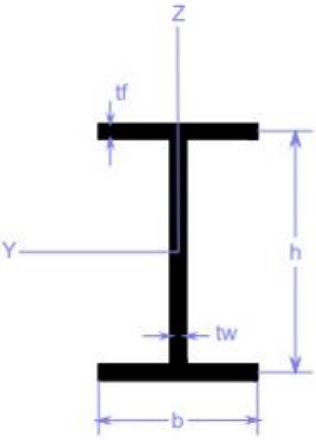


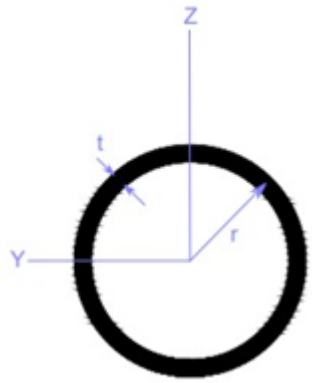
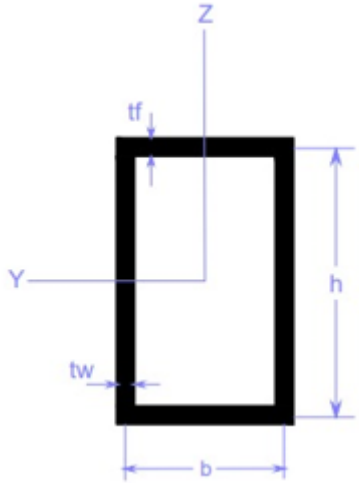
	Ck	Nome	Módulo de elasticidade [MPa]	Coeficiente de Poisson
1	☐	Aco	207000.0	0.3
2	☐	Cobre	110000.0	0.34
3	☐	Latao	97000.0	0.34
4	☐	Aluminio	69000.0	0.33
5	☐	Chumbo	13500.0	0.44
6	☑	C20	20000	0.2
7	☐	C25	28000.0	0.2
8	☐	C30	30672.0	0.2
9	☐	C35	33130.0	0.2
10	☐	C50	41012.0	0.2

2.1.2. Propriedades geométricas

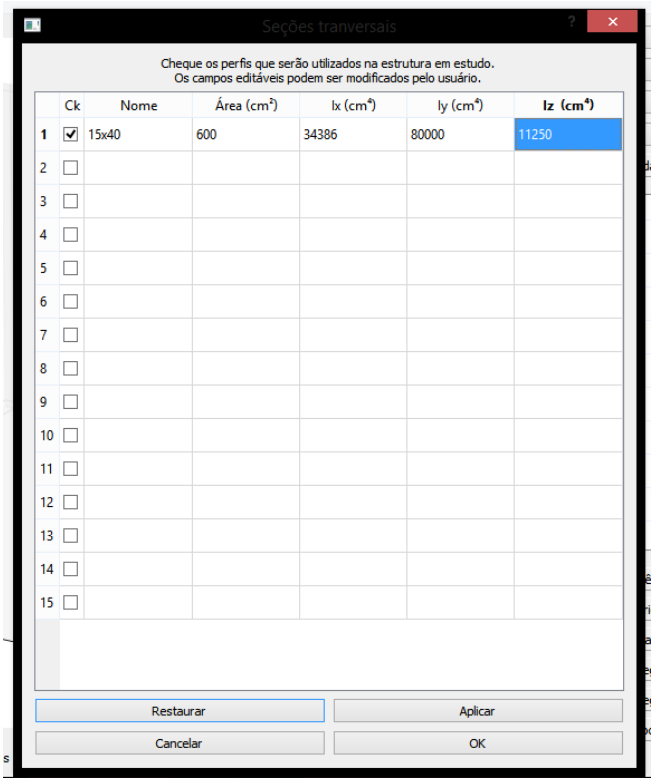
Ao clicar no botão de Seção Transversais o usuário poderá informar os perfis que serão utilizados na estrutura em estudo. Para possibilitar a utilização de qualquer tipo de seção,

e evitar simplificações indesejáveis pelo usuário, a entrada de dados referente as seções é feita através dos valores de áreas e de momentos de inercia. Abaixo serão indicados algumas fórmulas para determinação dessas propriedades.

	$A = b * h \qquad I_x = \beta * h * b^3$ $I_y = \frac{b * h^3}{12}$ $I_z = \frac{h * b^3}{12}$ $\beta \approx \frac{1}{3} - 0{,}21 * \frac{b}{h} * (1 - \frac{b^4}{12 * h^4})$
	$A = \pi * r^2$ $I_y = I_z = \frac{\pi * r^4}{4}$ $I_x = \frac{\pi * r^4}{2}$
	$A \approx h * t_w + a * b * t_f$ $I_y \approx \frac{h^2}{12} * (h * t_w + 6 * b * t_f)$ $I_z \approx \frac{h^3 * t_f}{6}$ $I_x \approx \frac{1}{3} * (h * t_w^3 + 2 * b * t_f)$

	$A \approx 2 * \pi * r * t$ $I_y = I_z = \pi * r^3 * t$ $I_x = 2 * \pi * r^3 * t$
	$A \approx 2 * (b * t_f + h * t_w)$ $I_y \approx \frac{h^2}{6} * (h * t_w + 3 * b * t_f)$ $I_y \approx \frac{b^2}{6} * (b * t_f + 3 * h * t_w)$ $I_x = 2 * b^2 * h^2 * \frac{t_f * t_w}{b * t_w + h * t_f}$

A janela para informar as seções da estrutura estudada, diferente da janela de materiais, não apresenta valores pré-definidos. O software permite que mais de uma seção seja selecionada.

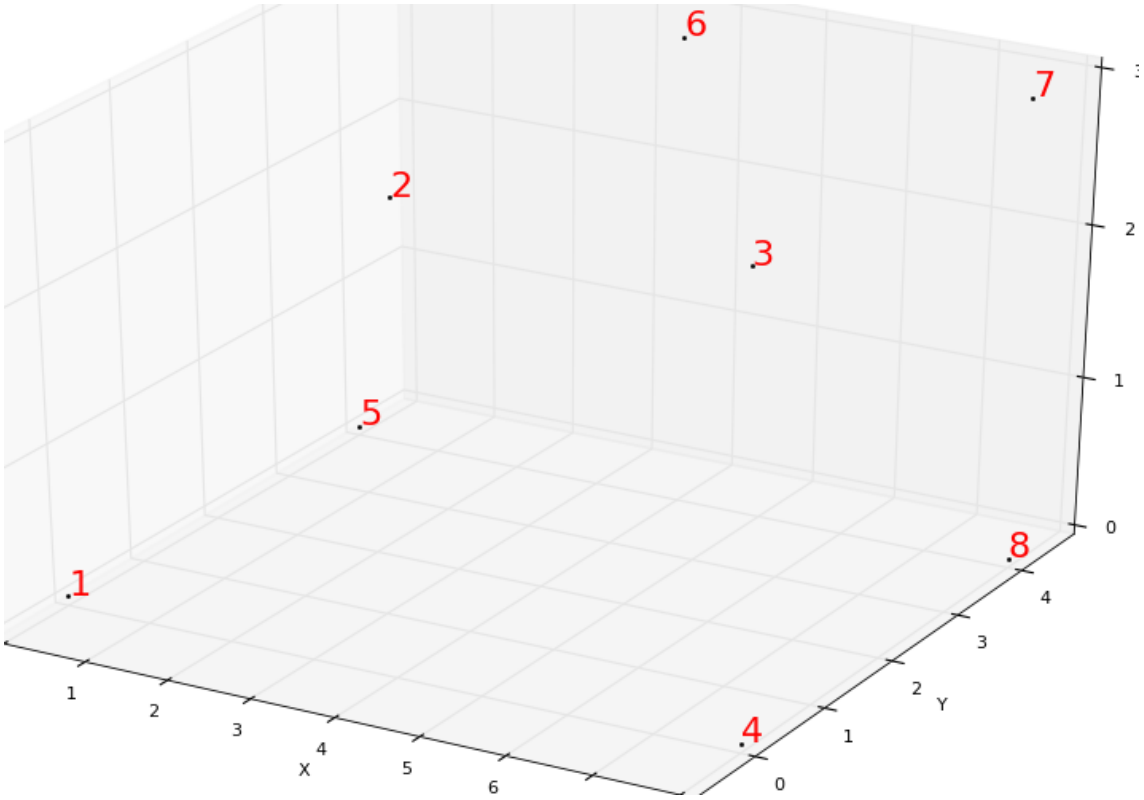


2.2. NÓS DA ESTRUTURA

Para informar os nós o usuário tem que orientar através do seu eixo de coordenadas global. As coordenadas devem ser expressas em m (metros), e em caso de números não inteiros, separar os algarismos utilizando ponto.



Ao listar as coordenadas, para visualizar o usuário poderá selecionar o botão plotar, e se orientar através das marcações dos nós.



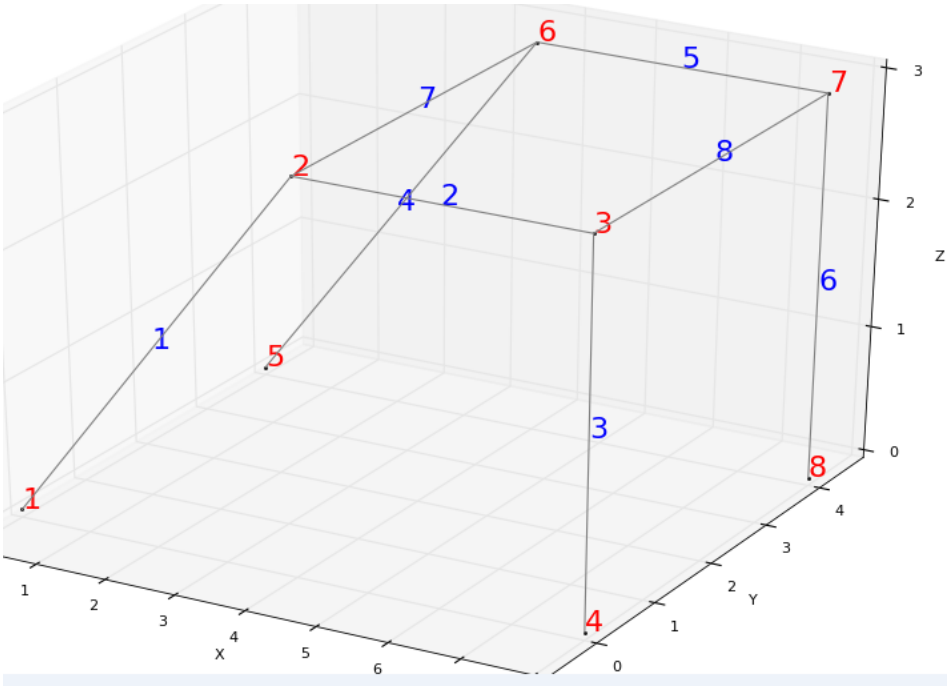
2.3. INCIDÊNCIAS DAS BARRAS

Neste campo serão informados o início e o fim das barras e suas respectivas propriedades que foram previamente selecionadas nas janelas especificas.

Incidências das barras

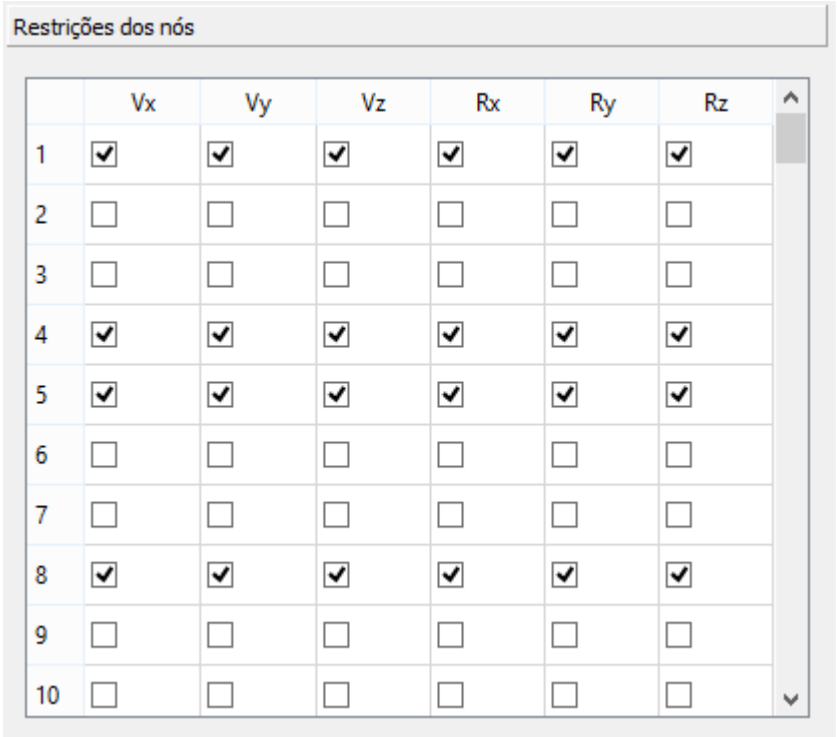
	Nó inicial	**Nó final**	Seção	Material
1	1	2	15X40	C20
2	2	3	15X40	C20
3	3	4	15X40	C20
4	5	6	15X40	C20
5	6	7	15X40	C20
6	7	8	15X40	C20
7	2	6	15X40	C20
8	3	7	15X40	C20
9				
10				

Ao listar as incidências das barras, para visualizar o usuário poderá selecionar o botão plotar e visualizar as barras.



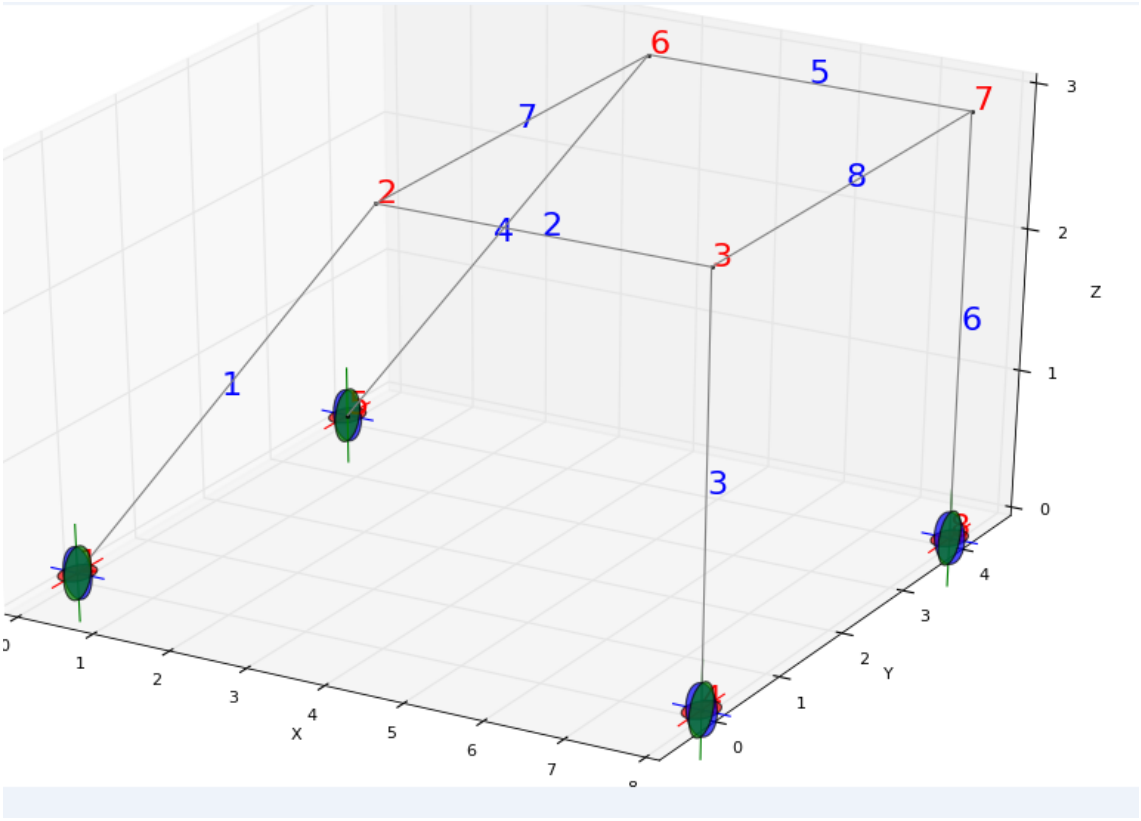
2.4. RESTRIÇÕES DOS NÓS

Este campo se refere aos vínculos dos nós com meio exterior (apoios), onde ao selecionar um campo o programa irá considerar que o deslocamento na direção indicada está restringido.



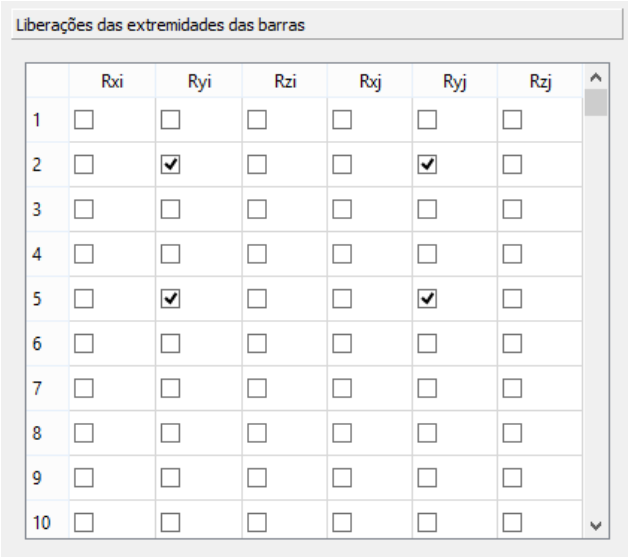
Depois de especificado as restrições dos nós, ao se clicar no botão plotar elas serão representadas nos respectivos nós. O programa representa as restrições de translação

como linhas, e as rotações como círculos. A cor verde está relacionada com o eixo x, vermelho com o y e azul com z.



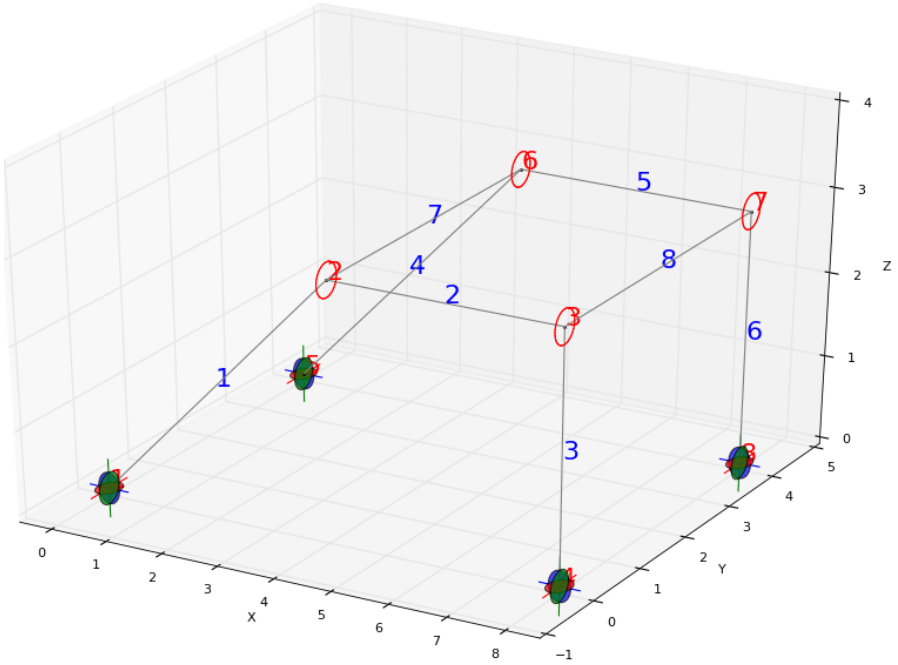
2.5. LIBERAÇÃO NAS EXTREMIDADES DAS BARRAS

Este campo se refere a vinculação entre as barras, onde ao selecionar o programa irá considerar que o deslocamento na direção indicada esta livre.



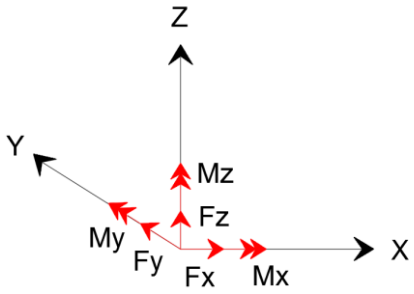
Depois de especificado as liberações nas extremidades das barras, ao se clicar no botão plotar elas serão representadas nas respectivas extremidades das barras. O programa

permite a liberação somente de rotação, onde os três primeiros campos se referem as rotações no início da barra, e os últimos ao ponto final da barra. O programa representa a liberação como anel. A cor verde está relacionada com o eixo x, vermelho com o y e azul com z.



2.6. CARREGAMENTOS NODAIS

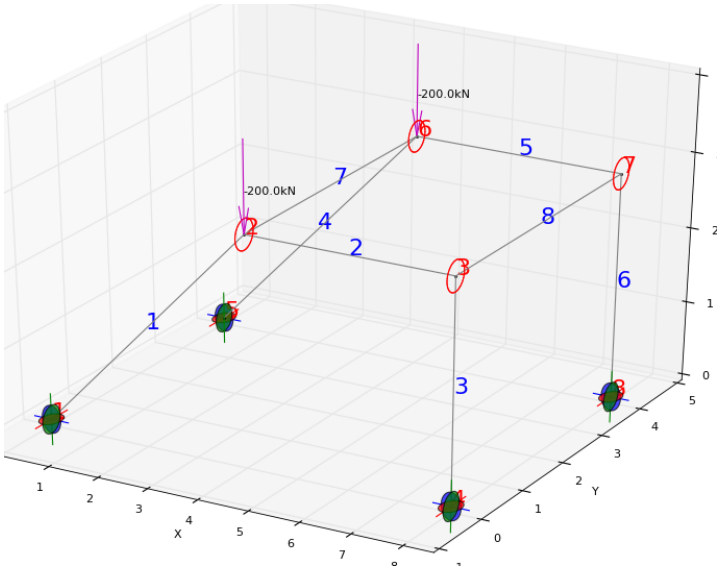
A entrada de carregamentos nodais é feita segundo o eixo de coordenada, onde cada nó poderá conter seis carregamentos nodais, como indicado nas figuras abaixo.



Carregamentos nodais

	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	-200	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	-200	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Depois de especificado os carregamentos nodais, ao se clicar no botão plotar eles serão representados, onde os carregamentos de forças estão representados na cor magenta, e os carregamentos de momentos estão representados na cor ciano.



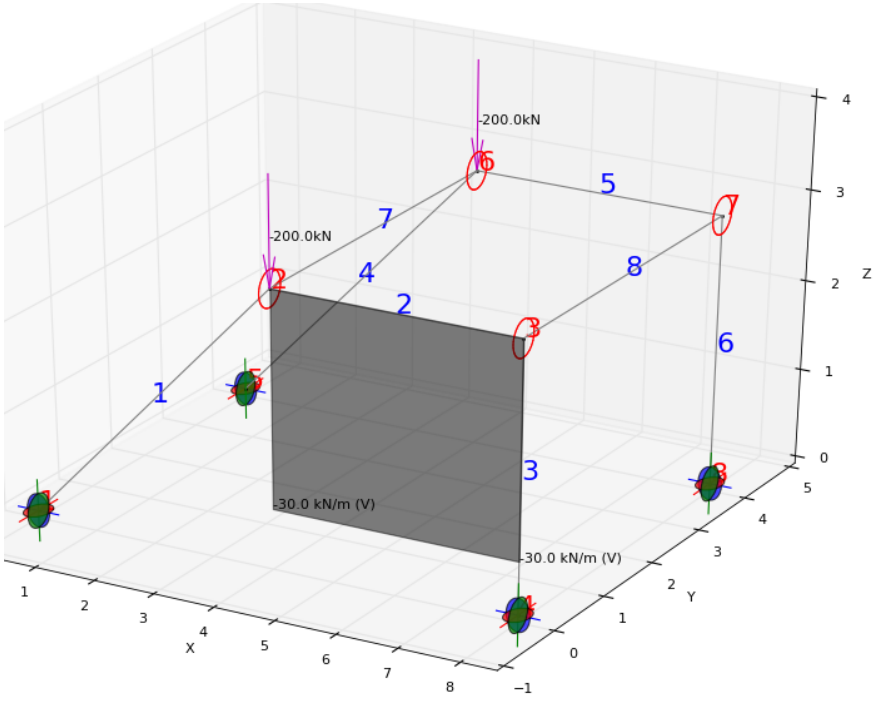
2.7. CARREGAMENTOS DISTRIBUÍDOS

A entrada de carregamentos distribuídos é feita seguindo o eixo de coordenadas, onde cada barra poderá conter carregamentos no plano xy, xz e axial. Os carregamentos podem ser indicados através da intercidade nas duas extremidades da barra (carregamento linear) ou através de uma função (carregamento qualquer). Para dar entrada em um carregamento em forma de função, o usuário devera selecionar o campo f(x) e indicar a carregamento, respeitando as indicações de operações (x(*), ^(**), +(+) e –(-)).

Carregamentos distribuídos

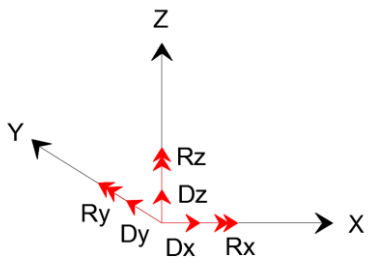
	Plano XY	f(x)	Plano XZ	f(x)	Axial	f(x)
1	0,0	☐	0,0	☐	0,0	☐
2	0,0	☐	-30,-30	☐	0,0	☐
3	0,0	☐	0,0	☐	0,0	☐
4	0,0	☐	0,0	☐	0,0	☐
5	0,0	☐	0,0	☐	0,0	☐
6	0,0	☐	0,0	☐	0,0	☐
7	0,0	☐	0,0	☐	0,0	☐
8	0,0	☐	0,0	☐	0,0	☐
9	0,0	☐	0,0	☐	0,0	☐
10	0,0	☐	0,0	☐	0,0	☐

Os carregamentos distribuídos são orientados através do eixo de coordenada local. Ao se clicar no botão plotar os carregamentos distribuídos serão representados.



2.8. DESLOCAMENTOS PRESCRITOS

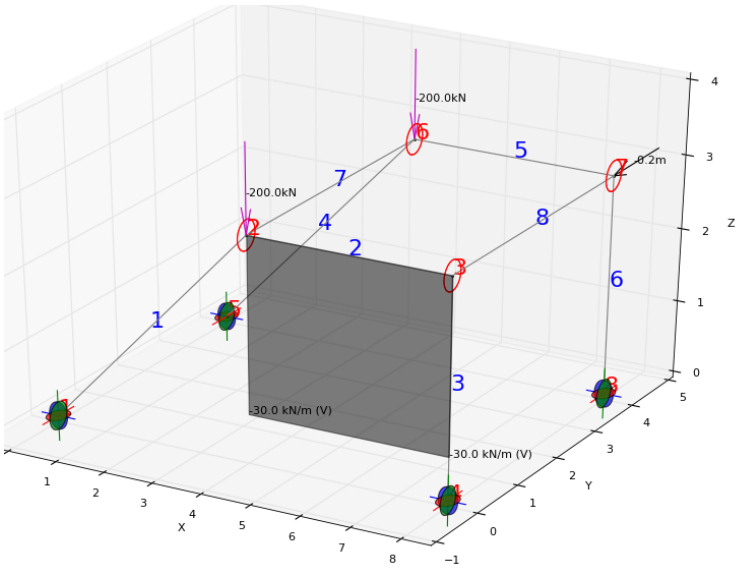
A entrada de deslocamentos prescritos é feita seguindo o eixo de coordenadas, onde em cada nó poderá conter 6 tipos de deslocamentos, como indicado nas figuras abaixo.



Deslocamentos prescritos

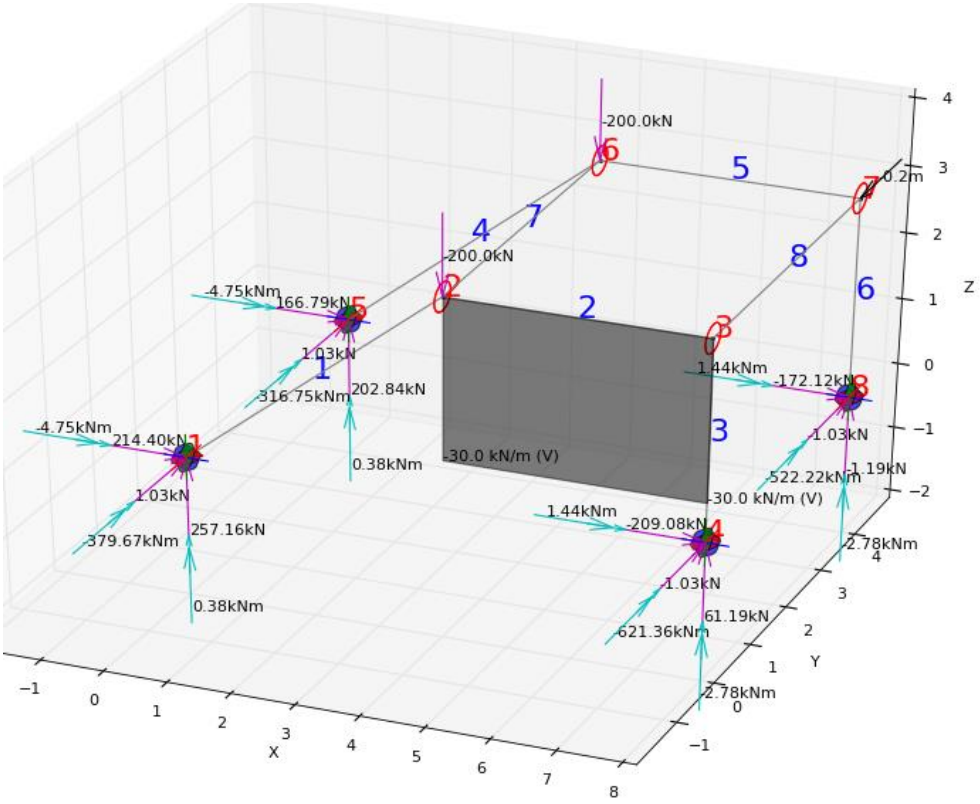
	Dx	Dy	Dz	Rx	Ry	Rz
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Depois de especificado os deslocamentos prescritos, ao se clicar no botão plotar eles serão representados, todos representados pela cor preta.



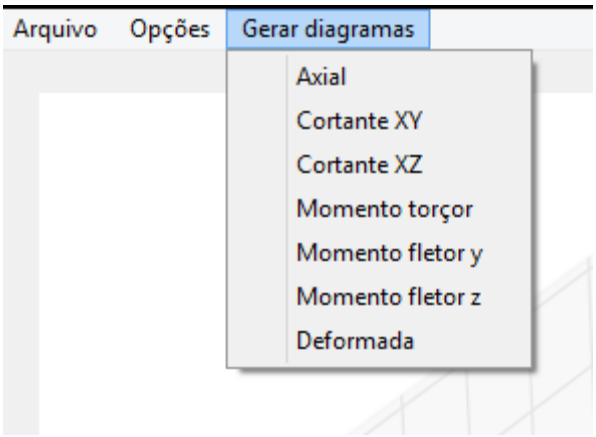
3. BOTÃO CALCULAR

Após finalizar a entrada de dados da estrutura ela poderá ser calculada, clicando no botão calcular. Ao clicar no botão, poderá ser visualizado as reações de apoio na estrutura e executar a visualização de diagramas.



4. GERAR DIAGRAMAS

Ao lodo do menu opção, existe a o menu gerar diagramas, que possui a função de visualizar os diagramas de esforços cortantes (plano xy e xz), o diagrama de axial, os diagramas de momentos e a deformada da estrutura.



Essas opções só podem ser selecionadas após o cálculo da estrutura. E ao selecionar essas opções poderá ser visualizado os diagramas.

5. GERAR RELATÓRIO

Ao lodo da opção arquivo, existe o menu opção, dentro desse menu pode-se gerar o relatório, onde é apresentado os resultados dos esforços solicitantes e dos deslocamentos

da estrutura em estudo, além de detalhar o procedimento de cálculo. O relatório em PDF apresenta a entrada de dados em forma de tabelas, seguido de determinações das propriedades geométricas das seções transversais e a identificação dos graus de liberdade da estrutura. Em seguida, para cada barra é apresentado o cálculo do comprimento, dos cossenos diretores, montagem da matriz de rotação, matriz de rigidez elementar, determinação das cargas nodais devido carregamento distribuído e o cálculo das equações de esforços internos e deslocamentos. Como as matrizes utilizadas pelo método são extensas, todas são apresentadas em um arquivo TXT.

