

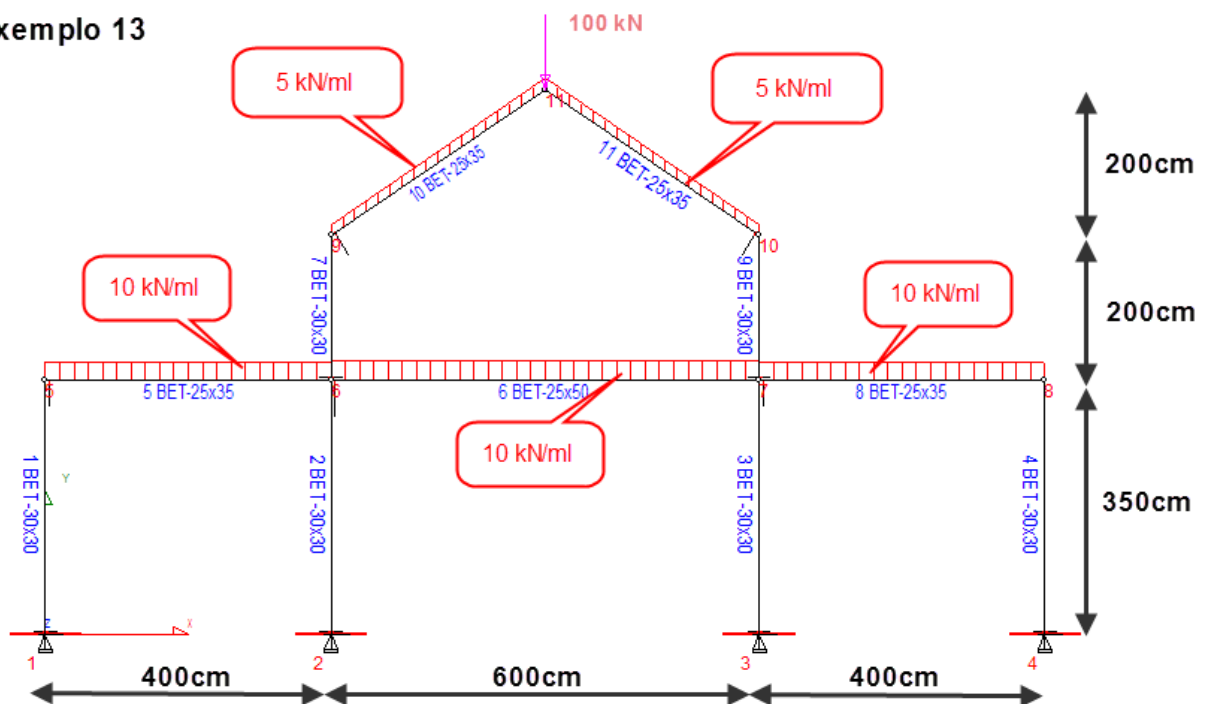
Nível básico - Exemplo 13

Pórtico: Lados inclinados e esforço axial

No **EXEMPLO 13** vamos modelar um pórtico bidimensional com barras inclinadas, cargas pontuais e contínuas. Após o cálculo iremos ver como as ferramentas de análise gráfica e numérica do Tricalc permitem rapidamente perceber o comportamento da estrutura e quantificar deslocamentos e esforços da estrutura. Vamos dar especial atenção ao esforço axial e à tendência que o pórtico vai ter para 'abrir' devido ao axial proveniente das barras inclinadas.

No final do exercício iremos analisar o que sucede a este pórtico quando retiramos a barra 11, que está a travar a 'abertura' do pórtico.

Exemplo 13



Abrir uma nova estrutura com o nome **EXEMPLO 13** em *Ficheiro / Abrir...*

Opções iniciais

Ao abrir a estrutura escolher a opção de trabalhar com a precisão de coordenadas em 'mm'.

Para termos uma situação inicial igual para todos vamos ativar as opções por defeito em **Ficheiro / Opções / Opções Por Defeito**

Pressionar [F6] para ativar a representação no ecrã do nome de seção.

Pressionar [Shift] + [F6] para ativar a representação no ecrã do corte da seção.

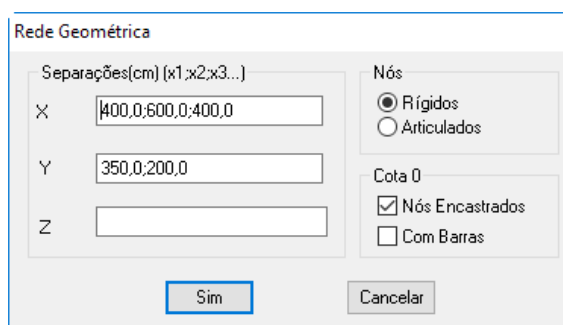
Pressionar [F5] para ativar a representação no ecrã das ações.

Pressionar [F1] para ativar a representação no ecrã do número das barras.

Pressionar [F2] para ativar a representação no ecrã do número dos nós.

Definição de Geometria

Vamos modelar o pórtico recorrendo à função **Geometria | Rede** onde introduzimos os valores dos vãos segundo Xg de 400;600;400 cm e as alturas segundo Yg de 350;200 cm, como ilustrado na imagem seguinte.



Terminar pressionando em 'Sim'.

Seguidamente vamos eliminar as barras que não são necessárias, utilizando a função **Geometria | Nó | Eliminar** e selecionando os nós 9 e 12. Eliminam-se assim as barras que concorrem nestes nós além dos próprios nós.

Para se dividir a viga do vão central em duas vigas vamos recorrer à função **Geometria | Barra | Dividir em n partes**. Escrevemos '2' (dividir em 2 partes iguais) e clicamos na barra 6. Surgirá a meio da barra o novo número 9.

Falta agora levantar o nó 9 de 200cm em Yg+ para se colocarem as barras inclinadas. Para o efeito utilizamos a função **Geometria | Nó | Translação** para realizar uma translação de 200cm segundo Yg+, com a opção de 'Cópia' desativada.

Clicamos no botão **Translação** e selecionamos com uma janela de seleção (botão direito do rato) o nó 9.

Temos assim definida a nossa estrutura. Caso pretendamos podemos introduzir as sapatas isoladas com a função **Geometria | Sapata | Introduzir isolada** e selecionando de seguida todos os apoios do modelo. No entanto este passo é irrelevante para o exercício.

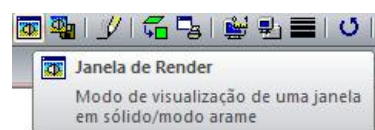
Finalmente, utilizamos a função **Geometria | Renumerar** e **Geometria | Reordenar**.

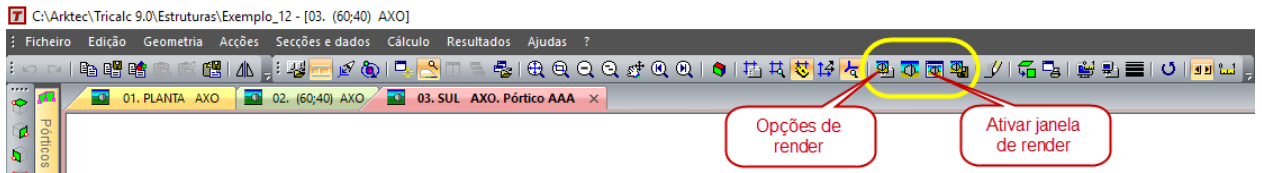
Visualização

Tricalc permite visualizar a estrutura em modelo 'arame', 'sólido' ou 'misto'.

Para ativar a opção de visualização do modelo em 'sólido' deve-se ativar o ícone 'Janela de Render'.

Para configurar os opções do 'Render' deve-se utilizar o ícone 'Opções de render' abaixo assinalado.





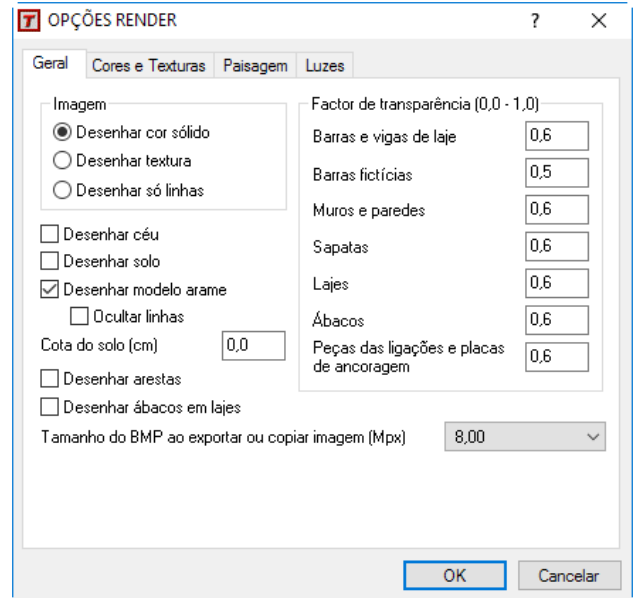
Na caixa de 'Opções de render' devem-se ativar as opções assinaladas na respetiva imagem.

Ao ativar-se 'Desenhar modelo arame' passar-se-á a visualizar o modelo sólido e arame em simultâneo. É a forma de trabalho preferencial.

Para representação sólido pode-se utilizar a opção 'Desenhar cor sólido' ou 'Desenhar textura'.

Normalmente colocam-se 'Factores de transparência' com o valor 0,6 para se poder visualizar através dos elementos estruturais e ter uma maior perceção da estrutura.

A opção 'Desenhar arestas' poderá estar ativa ou desativada, dependendo da preferência do utilizador ao nível da representação dos modelos,



Definição de Ações

Ao longo do exercício iremos introduzir vários tipos de ações no nosso modelo estrutural. Para o efeito utilizaremos a função **Ações / Definir / Em barras** e **Ações / Definir / Em nós** onde selecionaremos o tipo de ação a aplicar bem como as suas características. Seguidamente escolhemos o nó ou barra onde aplicar a ação utilizando o botão esquerdo do rato ou uma janela de seleção com o botão direito do rato.

Ação 01 'Ação Pontual em nó'

Ação Pontual de 100kN, aplicada no nó 11, com vetor de atuação Yg- (0;-1;0). Hipótese de 'Carga permanente'.

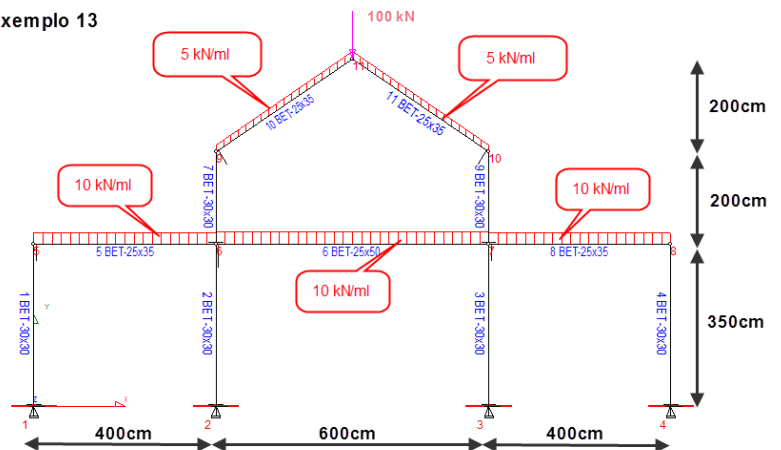
Ação 02 'Ação Contínua em barra'

Ação Contínua de 5kN/ml, aplicada nas barras 10 e 11, com vetor de atuação Yg- (0;-1;0). Hipótese de 'Carga permanente'.

Ação 02 'Ação Contínua em barra'

Ação Contínua de 10kN/ml, aplicada nas barras 5, 6 e 8, com vetor de atuação Yg- (0;-1;0). Hipótese de 'Carga permanente'.

Exemplo 13



Definição de Seções

O **Exemplo 13** recorre a seções diferenciadas para pilares, vigas e consolas.

Pilares
Bet 30x30

Vigas
Bet 25x35 (exceto viga da vão central, barra 6, com seção de 25x50)

Para atribuir as seções pretendidas aos respetivos elementos deve-se utilizar a função **Secções e dados / Definir seção...**

Pilares

Utilizar a função **Secções e dados / Definir seção...** pressionar *Procurar/ Betão/ BET/ 30x30* e pressionar *Aceitar*. Seguidamente, na janela deslizante do 'Filtro de visualização', pode-se desativar a representação das vigas. Seguidamente, só com os pilares no ecrã, pode-se abrir uma janela de seleção (com o botão direito do rato) e selecionar todos os pilares.

Após esta operação deve-se voltar a ativar a representação das vigas no 'Filtro de visualização'.

Vigas

Utilizar a função **Secções e dados / Definir seção...** pressionar *Procurar/ Betão/ BET/ 25x35* e pressionar *Aceitar*. Seguidamente, clicamos com o botão esquerdo do rato em cada uma das vigas a que pretendemos atribuir a seção 25x35. Repetir o procedimento para a barra 6 mas com a atribuição de uma seção de 25x50.

Opções de ações e cálculo

Ir a **Ações / Opções...** e confirmar que a ação do vento e sismo estão desativadas.

Ir à janela deslizante de 'Opções de Cálculo' e, em 'Esforços' desativar o cálculo de 2ª ordem.

Ir à janela deslizante de 'Opções de Cálculo' e, em 'Fogo\Gerais', desativar comprovação ao fogo.

Cálculo esforços

Selecionar o cálculo automático com a opção '1 vez' ativada, em **Cálculo / Cálculo automático...** Todas as restantes opções devem estar desativadas (só queremos realizar o cálculo de esforços).

Gráficos de Deslocamento e Esforços

Após o cálculo de esforços vamos estudar o comportamento da estrutura. Para o efeito podemos utilizar as listagens e os gráficos que o *Tricalc* disponibiliza.

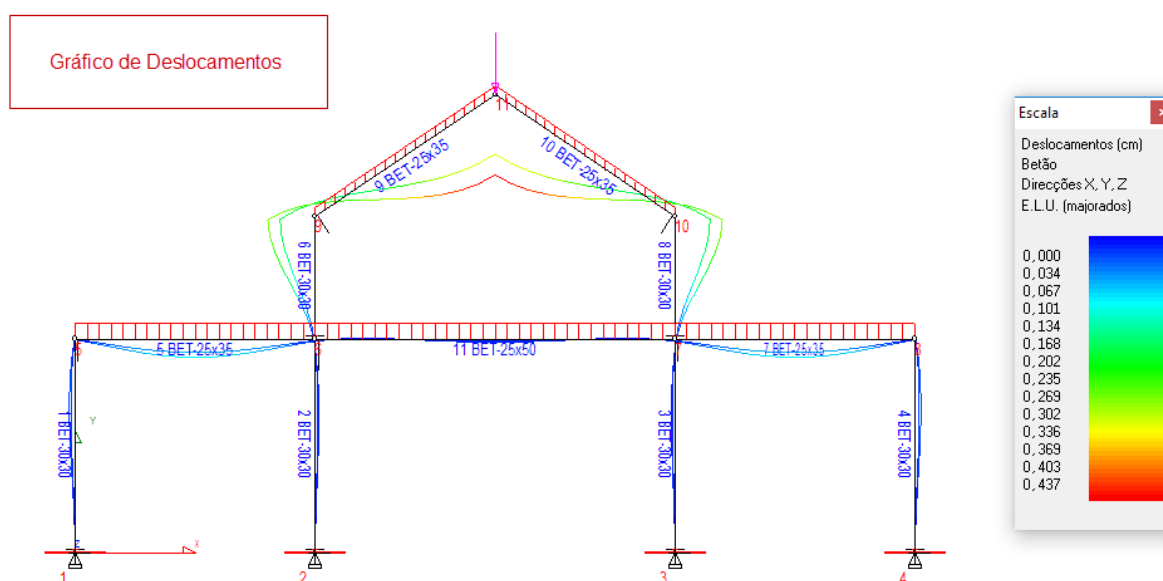
Neste exercício, para analisar o comportamento da estrutura vamos, por conveniência, utilizar os gráficos de deslocamentos e esforços bem como as etiquetas emergentes. Torna-se assim a análise mais prática e mais intuitiva.

Para ativar a informação das etiquetas emergentes devemos ir a **Ajudas / Preferências de ecrã / Etiquetas emergentes** e, após ativar a opção 'Etiquetas emergentes', clicar no botão 'Opções'. Devemos, dentro da caixa de diálogo que nos é apresentada, ativar as opções 'Resultados' e 'Deslocamentos'. Terminar clicando em 'Aceitar'.

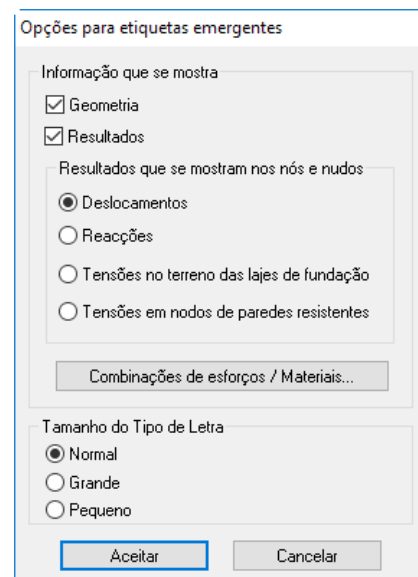
Nas opções dos gráficos, em **Resultados / Gráficos / Opções** podemos ativar a 'Envolverte' e a representação dos valores nos gráficos de esforços.

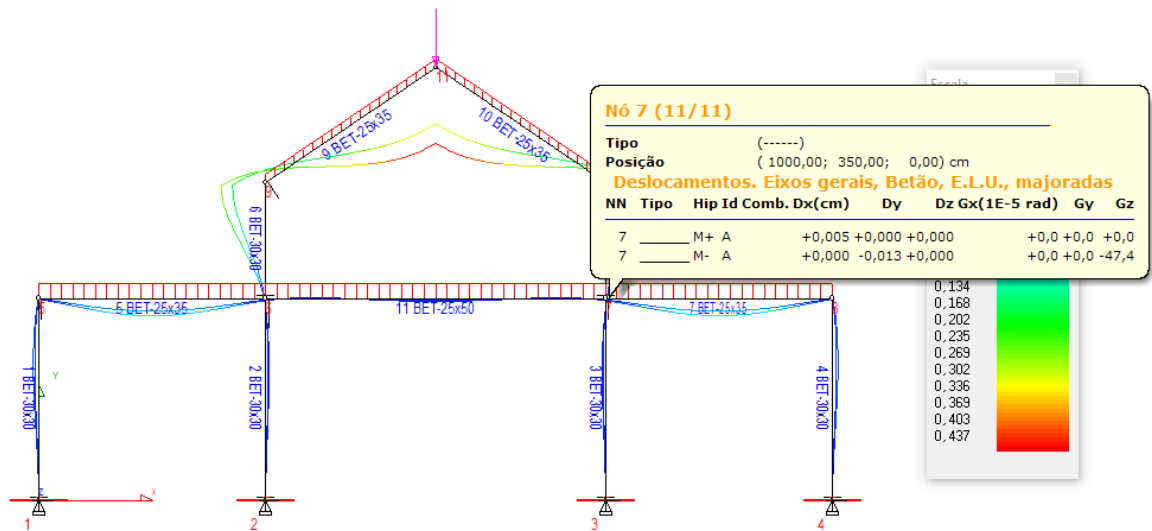
Resultados / Gráficos / Deslocamentos

Começamos por solicitar o gráfico de deslocamentos em **Resultados / Gráficos / Deslocamentos** e, surge-nos um gráfico com a apresentação abaixo representada:



Podemos constatar que o valor máximo do deslocamento em ELU é de 0,437cm segundo Yg- na cumeeira. Com o cursor do rato podemos posicionar-nos em qualquer nó da estrutura e obter o seu deslocamento e rotação. Por exemplo, no nó 7, a rotação do nó é de $-47,4 \times 10^{-5}$ rad (veremos que quando retirarmos a viga do vão central a rotação deste nó aumenta bastante).

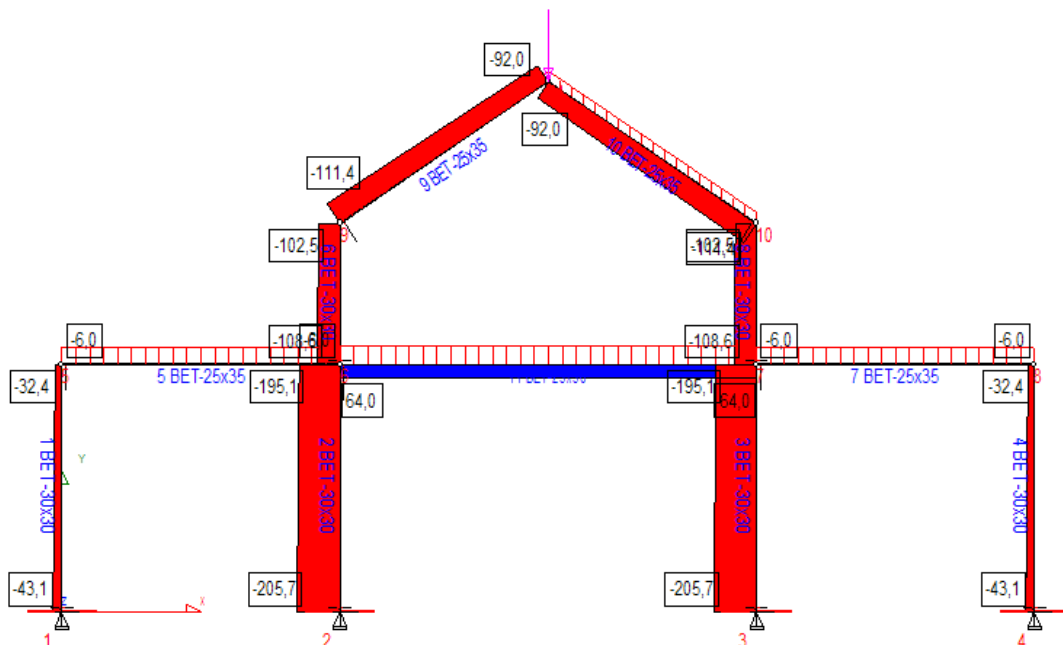




Também com o cursor do rato podemos posicionar-nos em qualquer barra da estrutura e obter os seus esforços.

Facilmente concluímos que o pórtico, devido ao esforço axial das barras inclinadas, tem tendência para 'abrir'. Verificamos igualmente, com o gráfico de esforços axiais, que a viga do vão central contraria a 'abertura' do pórtico e por esse motivo encontra-se tracionada (gráfico preenchido a azul). É também devido ao travamento exercido por esta viga que o

Gráfico de Esforços Axiais

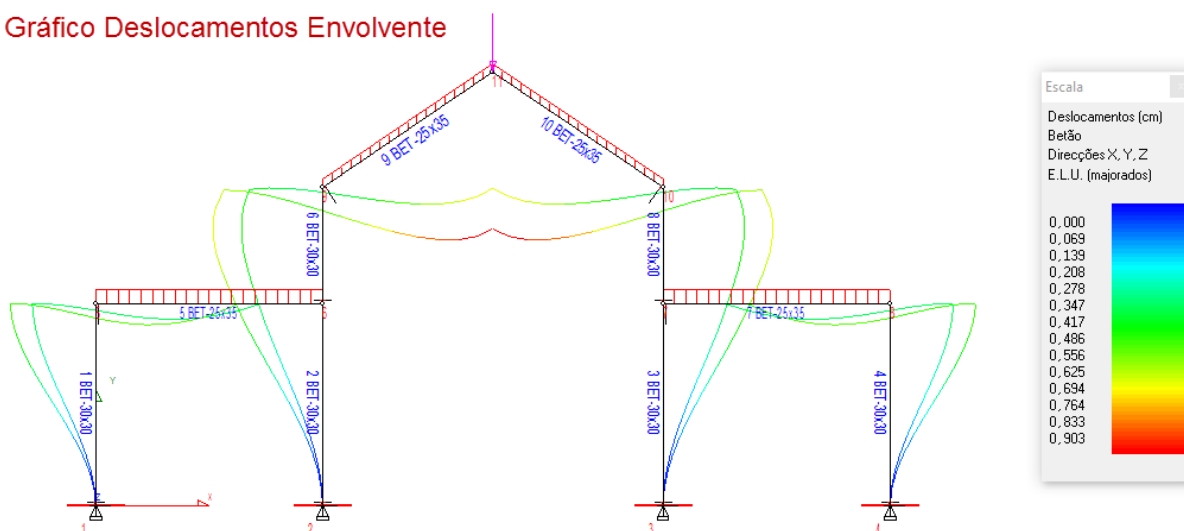


Com as funções gráficas do *Tricalc* é possível conferir rapidamente esforços e deslocamentos e constatar o comportamento simétrico da estrutura através do gráfico de deslocamentos, de axiais e de momentos.

Gráficos de Deslocamento e Esforços – variante à estrutura inicial

Se do nosso modelo retirarmos a viga do vão central (barra 6 do enunciado), o comportamento da estrutura varia imenso, demonstrando a importância da consideração dos esforços axiais de barras e lajes em estruturas tridimensionais e bidimensionais.

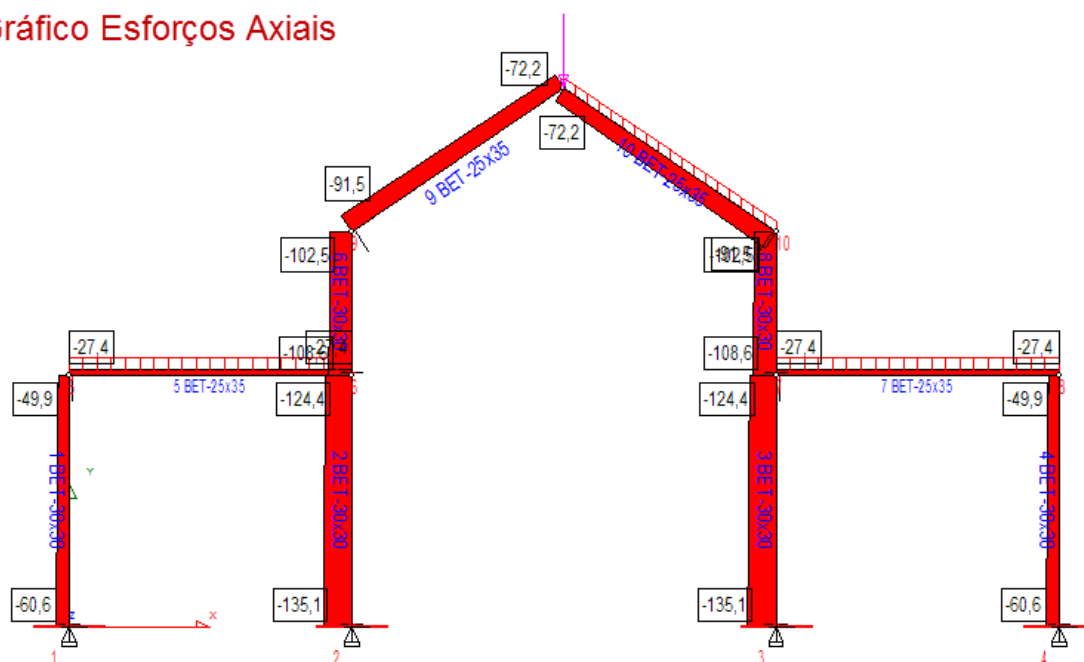
Gráfico Deslocamentos Envolvente



Resultados / Gráficos / Axiais

Vamos solicitar o gráfico de esforços axiais em **Resultados / Gráficos / Axiais**

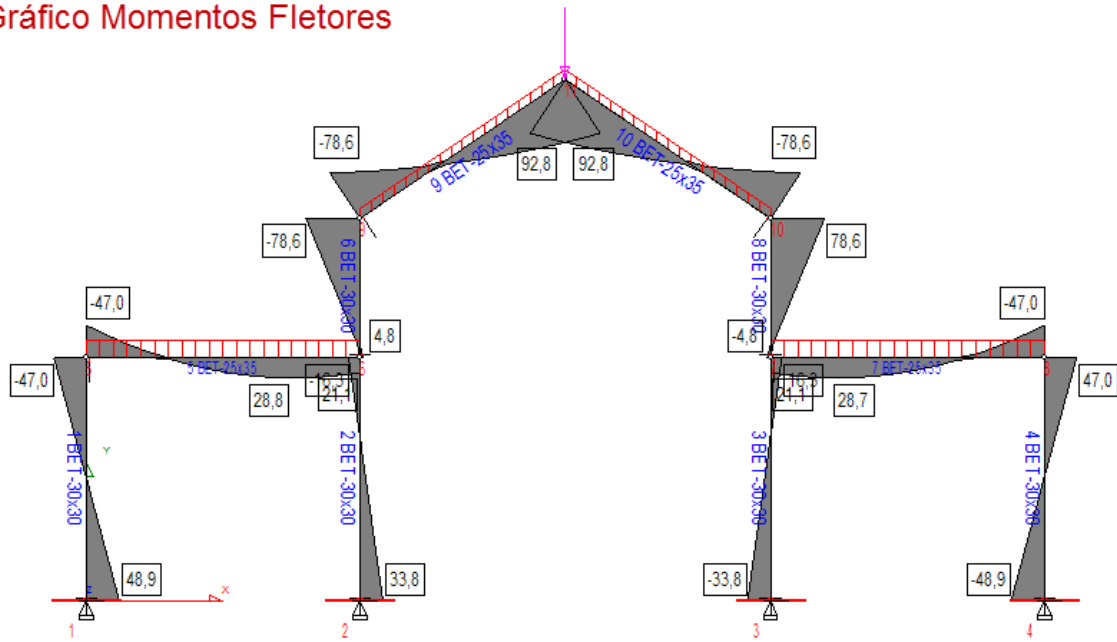
Gráfico Esforços Axiais



Resultados / Gráficos / M. Flectores Z

Vamos solicitar o gráfico de momentos flectores em Z_p com a função **Resultados / Gráficos / M. Flectores Z**

Gráfico Momentos Fletores



Com o cursor do rato podemos posicionar-nos em qualquer barra da estrutura e obter os seus esforços. Por exemplo, nos nós onde ligava a viga do vão central (barra 6 do enunciado), a rotação desse nó aumentou consideravelmente.