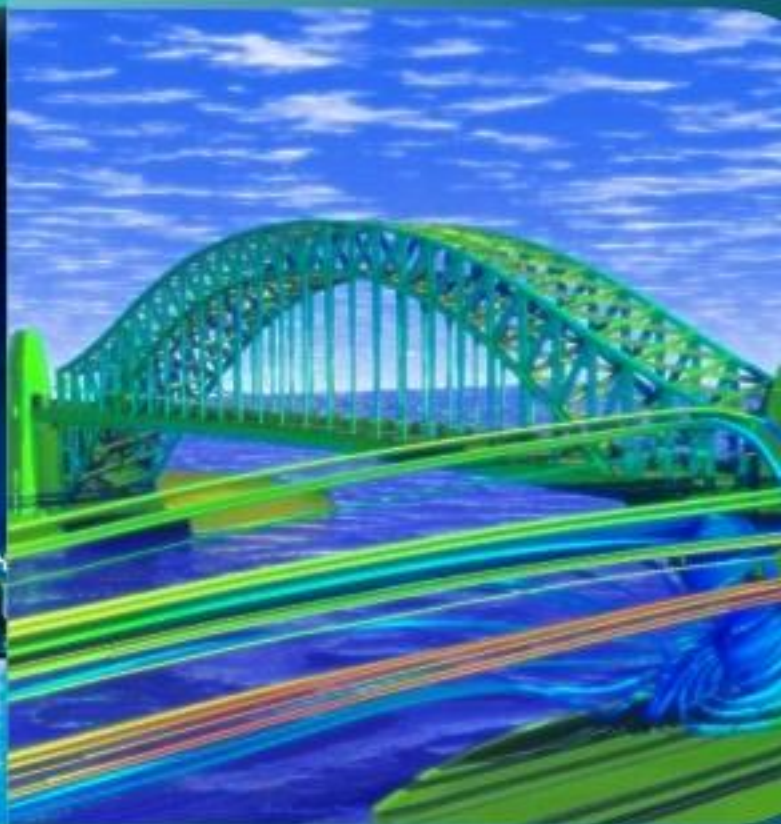


2010



Método dos Elementos Finitos Aplicados à Engenharia de Estruturas



Prof^a. Mildred B. Hecke
Universidade Federal do Paraná
Versão 1.0.0.0



ESTUDO DE UM BANCO DE CAPACITORES SOB AÇÃO DO VENTO

ESTUDO DE UM BANCO DE CAPACITORES SOB AÇÃO DO VENTO

INTRODUÇÃO

O objetivo deste exemplo é a verificação da capacidade resistente dos elementos estruturais de um Banco de Capacitores, quando submetido à ação do vento. Os elementos metálicos que o compõe possuem propriedades geométricas relativas às cantoneiras 3"x 1/4" e 2 1/2" x 3/16". O carregamento é constituído das cargas permanentes e das cargas de vento. O carregamento devido ao vento segue as determinações da NBR-6123/87.

Na análise do banco de capacitores deste exemplo vamos utilizar o elemento de viga tridimensional – BEAM 4 do ANSYS. Antes de iniciar a análise da estrutura, descrevemos as características deste exemplo.

A) BEAM 4 – Elemento de viga tridimensional elástica.

i. Descrição do elemento BEAM 4:

BEAM4 é um elemento uniaxial, tridimensional, linear com capacidades de atuar na tração, compressão, torção e flexão. O elemento tem 6 graus de liberdade por nó, sendo elas, 3 translações segundo os eixos x y e z, e 3 rotações em torno de tais eixos.

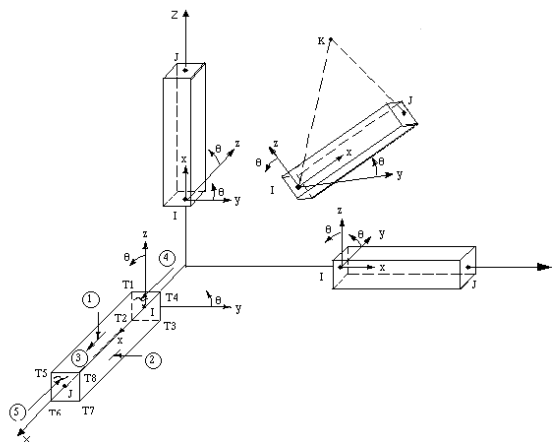


Figura 3 – Elemento BEAM 4.

ii. Características do elemento BEAM 4:

- Nome na biblioteca do ANSYS ED 9.0:** BEAM 4;
- KEYOPT (9) = N**, usado para informar o número N de pontos intermediários entre os nós i e j que se solicitam os resultados;
- Nós:** 3 (i – j – k), sendo o nó k opcional;
- Graus de liberdade:** 6 DOF - UX, UY, UZ, ROTX, ROTY e ROTZ, três translações segundo os eixos x y e z e três rotações ao redor dos eixos x, y e z, respectivamente;

e. **Propriedades dos Materiais:** Comando MP, label, NSET, valor onde label é:

- i. EX = Módulo de Elasticidade Longitudinal ou de Young E_{xx} ;
- ii. G = Módulo de Elasticidade Transversal;
- iii. ALPX = Coeficiente de dilatação térmica;
- iv. DENS = Densidade;

f. **Constantes Geométricas:**

- i. R_1 = área da seção transversal A;
- ii. R_2 = momento de inércia I_z ;
- iii. R_3 = momento de inércia I_y ;
- iv. R_4 = espessura na direção z;
- v. R_5 = espessura na direção y;
- vi. R_6 = ângulo θ de orientação;

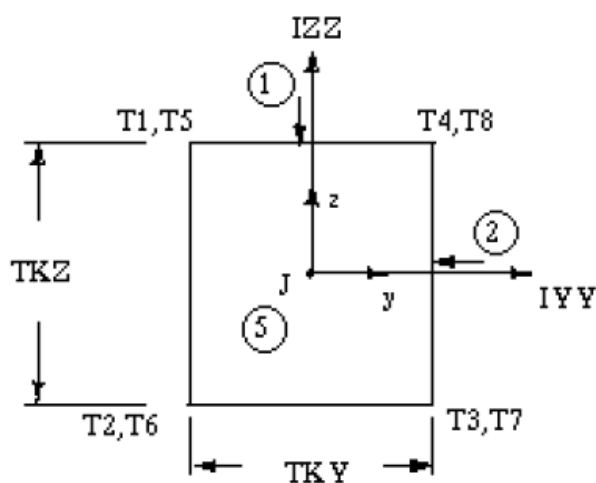


Figura 4 – Seção transversal.

g. **Cargas:**

- i. Admite prescrição nos deslocamentos: comandos D, DSYM, DK;
- ii. Admite cargas concentradas nos nós: comandos F, FK;
- iii. Cargas distribuídas nos elementos: comando SFBEAM, label PRESS;
 1. Load Key: 1 - sentido ij; direção $-z$ normal;
 2. Load Key: 2 - sentido ij; direção $-y$ normal;
 3. Load Key: 3 - sentido ij; direção $+x$ tangente;
 4. Load Key: 4 - sentido i; direção $+x$ axial;
 5. Load Key: 5 - sentido j; direção $-x$ axial;
- iv. Para inserção de cargas de inércia (por exemplo, peso próprio) utilizar ACEL;

h. **Orientação dos Elementos:** eixo x_L é orientado do nó i para o nó j. Quando o elemento é fornecido utilizando-se a opção de 2 nós (isto é, não é fornecido o nó k), o ângulo q é medido no sentido anti-horário a partir do plano XG-YG. Portanto, a

orientação default do eixo y_L (para $q=0$) é automaticamente calculada como sendo paralela ao plano XG-YG. Para o caso onde o elemento é paralelo ao eixo ZG, o eixo y_L é orientado paralelo ao eixo YG. Para o controle do usuário da orientação dos eixos, deve-se usar ou o ângulo q ou a opção do terceiro nó k . Se ambos forem definidos, a opção pelo terceiro nó terá preferência. O terceiro nó k , se usado, define um plano (com i e j) que conterá os eixos x_L e z_L . Este terceiro nó não necessariamente faz parte da estrutura.

i. Resultados: (os mais importantes fornecidos pelo programa):

i. Deslocamentos e deformações: Para o KEYOPT(9)=0

1. Esforço normal nas barras;
 - a. Nó inicial NXI=SMISC(1)
 - b. Nó final NXJ=SMISC(7)
2. Esforço cortante;
 - a. Nó inicial QYI=SMISC(2)
 - b. Nó final QYJ=SMISC(8)
 - c. Nó inicial QZI=SMISC(3)
 - d. Nó final QZJ=SMISC(9)
3. Momento torçor;
 - a. Nó inicial MTI=SMISC(4)
 - b. Nó final MTJ=SMISC(10)
4. Momentos Fletores;
 - a. Nó inicial MYI=SMISC(5)
 - b. Nó final MYJ=SMISC(11)
 - c. Nó inicial MZI=SMISC(6)
 - d. Nó final MZJ=SMISC(12)

ii. Deslocamentos e deformações: Para o KEYOPT(9)=1

1. Esforço normal nas barras;
 - a. Nó inicial NXI=SMISC(1)
 - b. Nó IL intermediário: NX1=SMISC(7)
 - c. Nó final NXJ=SMISC(13)
2. Esforço cortante direção y_i ;
 - a. Nó inicial QYI=SMISC(2)
 - b. Nó IL intermediário: QY1=SMISC(8)
 - c. Nó final QYJ=SMISC(14)
3. Esforço cortante direção z_i ;
 - a. Nó inicial QZI=SMISC(3)
 - b. Nó IL intermediário: QZ1=SMISC(9)
 - c. Nó final QZJ=SMISC(15)
4. Momento torçor;
 - a. Nó inicial MTI=SMISC(4)
 - b. Nó IL intermediário: MT1=SMISC(10)
 - c. Nó final MTJ=SMISC(16)

5. Momentos Fletores em torno do eixo y_i ;
 - a. Nó inicial $MYI=SMISC(5)$
 - b. Nó IL intermediário: $MY1=SMISC(11)$
 - c. Nó final $MYJ=SMISC(16)$
 6. Momentos Fletores em torno do eixo z_i ;
 - a. Nó inicial $MZI=SMISC(6)$
 - b. Nó IL intermediário: $MZ1=SMISC(12)$
 - c. Nó final $MYJ=SMISC(17)$
- iii. E assim por diante para o $KEYOPT(9)=3, 5, 7$ e 9
- j. Restrições:**
- i. Comprimento do elemento deve ser positivo.
 - ii. Área da seção transversal não deve ser negativa;

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

- Cantoneiras 3" x ¼" cm.
 - R1 = área da seção transversal $A = 0.875E-3 \text{ m}^2$.
 - R2 = momento de inércia $I_z = 0.456E-6 \text{ m}^4$;
 - R3 = momento de inércia $I_y = 0.456E-6 \text{ m}^4$;
 - R4 = espessura na direção z $h = 0.762E-1 \text{ m}$;
- Cantoneiras 2 ½" x 3/16" cm.
 - R1 = área da seção transversal $A = 0.582E-3 \text{ m}^2$.
 - R2 = momento de inércia $I_z = 0.194E-6 \text{ m}^4$;
 - R3 = momento de inércia $I_y = 0.194E-6 \text{ m}^4$;
 - R4 = espessura na direção z $h = 0.635E-1 \text{ m}$;
- Elementos cerâmicos.
 - R1 = área da seção transversal $A = 0.63617E-2 \text{ m}^2$.
 - R2 = momento de inércia $I_z = 0.32206E-5 \text{ m}^4$;
 - R3 = momento de inércia $I_y = 0.32206E-5 \text{ m}^4$;
 - R4 = espessura na direção z $h = 0.900E-1 \text{ m}$;

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

- Cantoneiras metálicas:
 - Módulo de elasticidade longitudinal = $E: 2.058E11 \text{ Pa}$;
 - Coeficiente de Poisson = 0.25
 - Massa específica = 7580 N
- Elementos Cerâmicos
 - Módulo de elasticidade longitudinal = $E: 1.1176E11 \text{ Pa}$;
 - Coeficiente de Poisson = 0.23

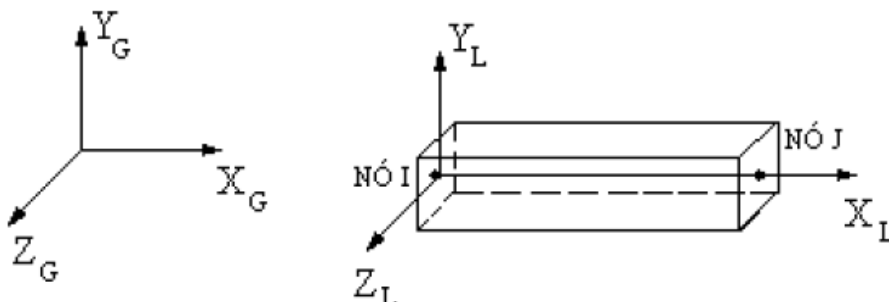
CARGAS CONSIDERADAS

- Peso Próprio;
- Componentes elétricos;
- Vento;
 - Vento: a velocidade básica do vento, V_0 é de 185 Km/h. A velocidade característica do vento, V_k , foi determinada com a NBR599/78, adotando-se: $V_k = V_0.S1.S2.S3$;
 - Foram considerados os seguintes coeficientes;
 - Fator topográfico: $S1 = 1.1$;
 - Fator de rugosidade: considerando Classe A e supondo terreno aberto, sem obstruções:
 - $H < 3m$ = $S2 = 0.83$;
 - $3m < h < 5m$ = $S2 = 0.88$;
 - $5m < h < 10m$ = $S2 = 1.00$;
 - Força de arrasto: para o perfil de velocidades correspondentes aos fatores acima estabelecidos, calculou-se a pressão de obstrução e as ações nodais equivalentes, tomando-se como coeficiente de arrasto $C_a = 2.1$. Este é um coeficiente compatível com a norma americana ANSI-A58.1/1982, no valor de $C_a = 2.07$.

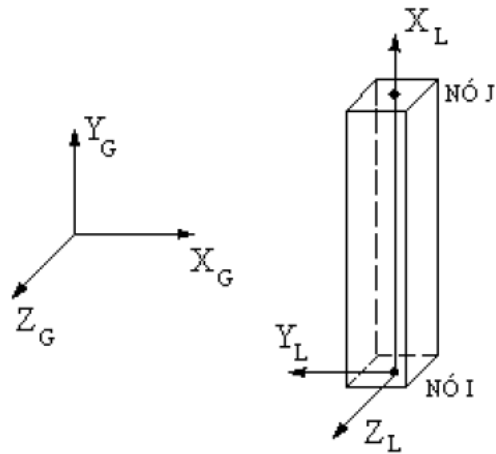
COMENTÁRIOS

Eixos Locais:

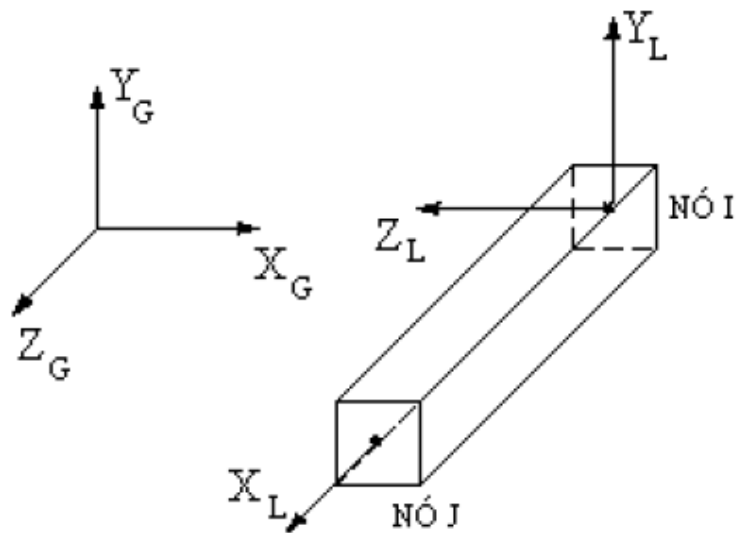
- Barras na direção X_g – Para ângulo igual a zero e Y_l paralelo ao plano X_gY_g :



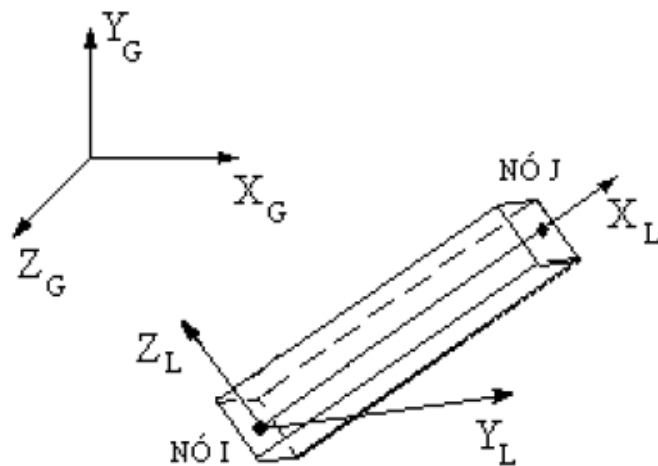
- Barras na direção Y_g – Para ângulo igual a zero e Y_l paralelo ao plano X_gY_g :



- Barras na direção Z_g – Para ângulo igual a zero e Y_l paralelo ao plano Y_g :



- Barras inclinadas – Para ângulo igual a zero e Y_l paralelo ao plano $X_g Y_g$:



A

1. INÍCIO DA ANÁLISE

1.1. *Introduz o título do problema a ser resolvido:*

- ✓ No ANSYS Utility Menu clicar em “File” e acessar a opção “Change Title...”;
- ✓ Na nova janela que aparecer, digitar novo título: “**Banco de Capacitores**”;
- ✓ Clicar em OK.

1.2. *Altera o nome dos arquivos:*

- ✓ No ANSYS Utility Menu clicar em file e acessar a opção “Change Jobname...”;
- Na nova janela que aparecer, digitar novo nome do arquivo: “**capacitores**”;
- ✓ Clicar em OK.

1.3. *Escolhe o tipo de análise que se pretende executar, visando filtrar comandos a serem apresentados na telas de entrada:*

- ✓ No ANSYS Main Menu clicar em “Preferences”;
- ✓ Na nova janela que aparecer, em “Discipline for filtering GUI Topics”, selecionar a opção “Structural”;
- ✓ Clicar em OK.

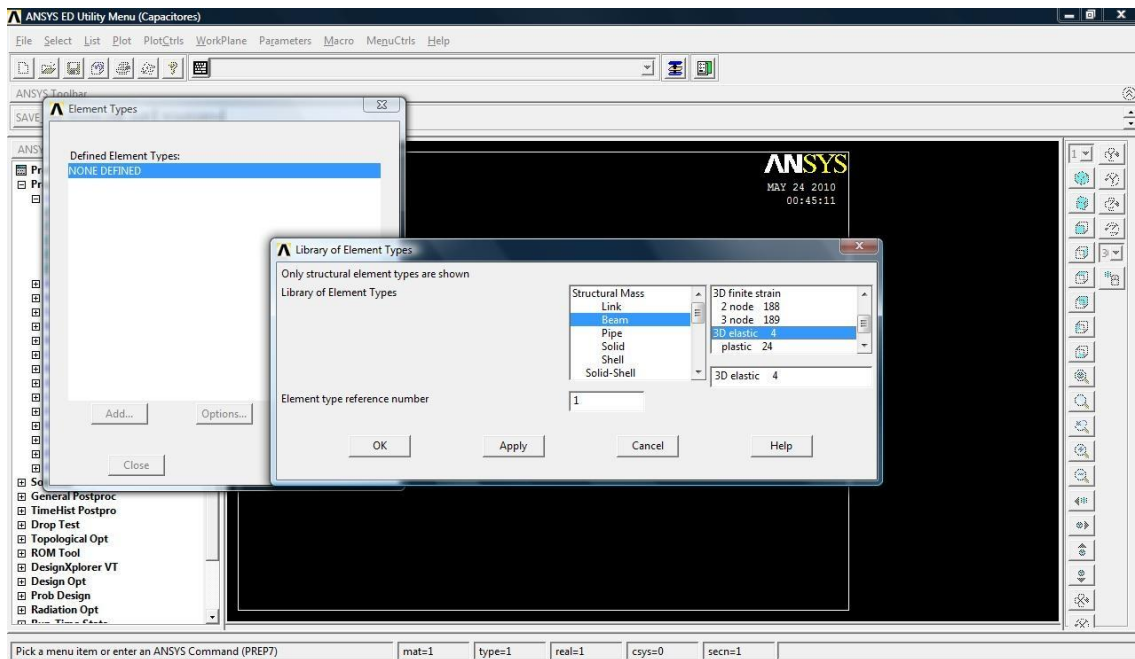
2. ENTRA NA FASE DE PRÉ-PROCESSAMENTO

- ✓ No ANSYS Main Menu, clicar em “Preprocessor”.

B

2.1. *Escolhe o tipo de elemento finito que será usado:*

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Element Type”;
- ✓ Dentro do “Element Type”, selecionar “ Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para selecionar um novo elemento.
- ✓ Outra janela se abrirá, então no “Library of Element Types” selecionar o elemento “**BEAM**”, “**3D ELASTIC 4**” e clicar em “OK”.
- ✓ Clicar em “OK”;
- ✓ Fechar a janela do “Element Types”;

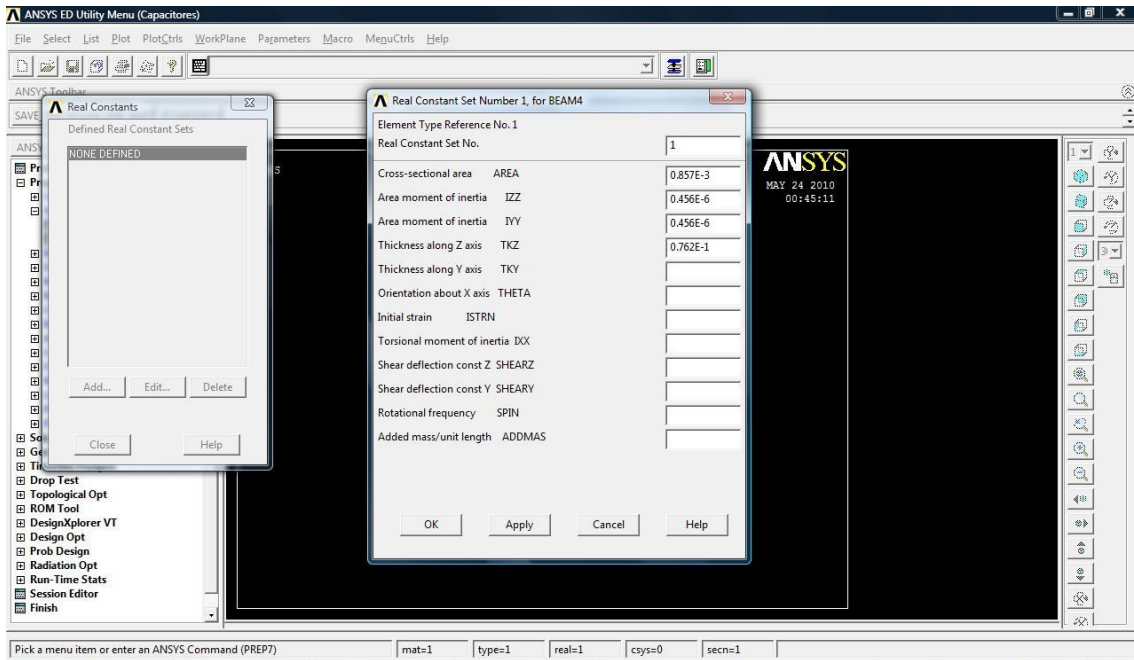


C

2.2. **Define as constantes geométricas da seção das barras que compõe o modelo:**

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Real Constants”;
- ✓ Dentro do “Real Constants”, selecionar “Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para adicionar novas constantes geométricas;
- ✓ Uma nova janela se abrirá então selecionar o tipo de elemento em “Choose element type” e clicar em OK;
- ✓ A janela “Real Constants Set Number 1, for “BEAM 4” irá aparecer. Deve-se inserir:

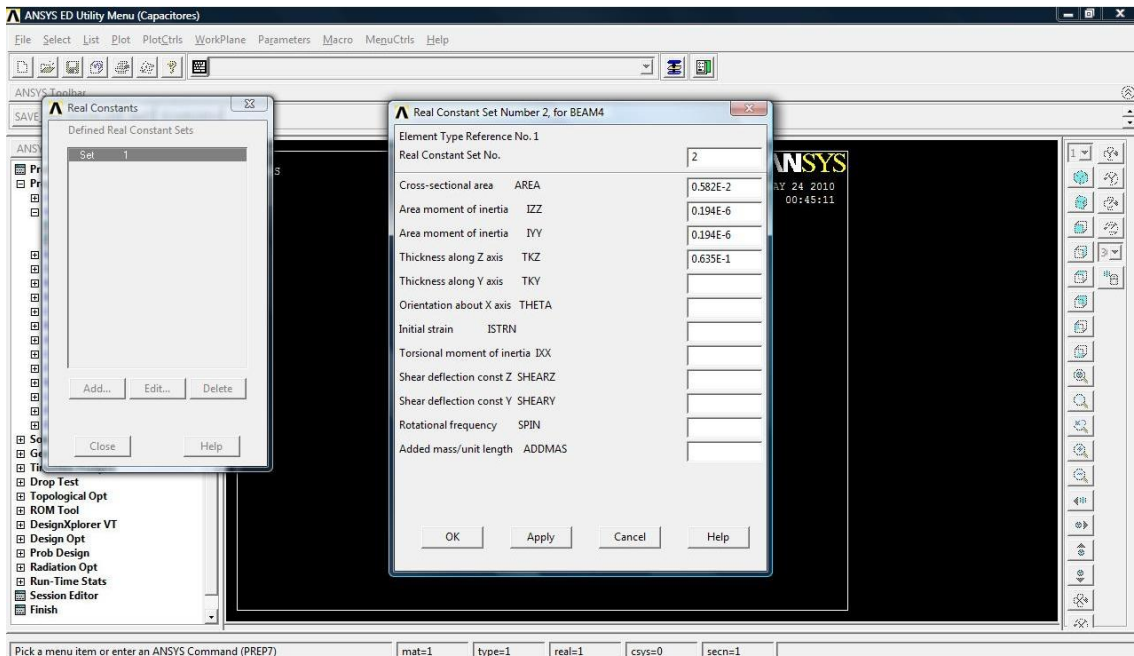
○ Real Constant Set No.		= 1
○ Cross-sectional Area	AREA	= 0.857E-3
○ Area moment of inertia	IZZ	= 0.456E-6
○ Area moment of inertia	IYY	= 0.456E-6
○ Thickness along Z axis	TKZ	= 0.762E-1
- ✓ Clicar em “APPLY”;



✓ A janela “Real Constants Set Number 2, for “BEAM 4” irá aparecer. Deve-se inserir:

- Real Constant Set No. = 2
- Cross-sectional Area AREA = 0.582E-3
- Area moment of inertia IZZ = 0.194E-6
- Area moment of inertia IYY = 0.194E-6
- Thickness along Z axis TKZ = 0.635E-1

✓ Clicar em “APPLY”;

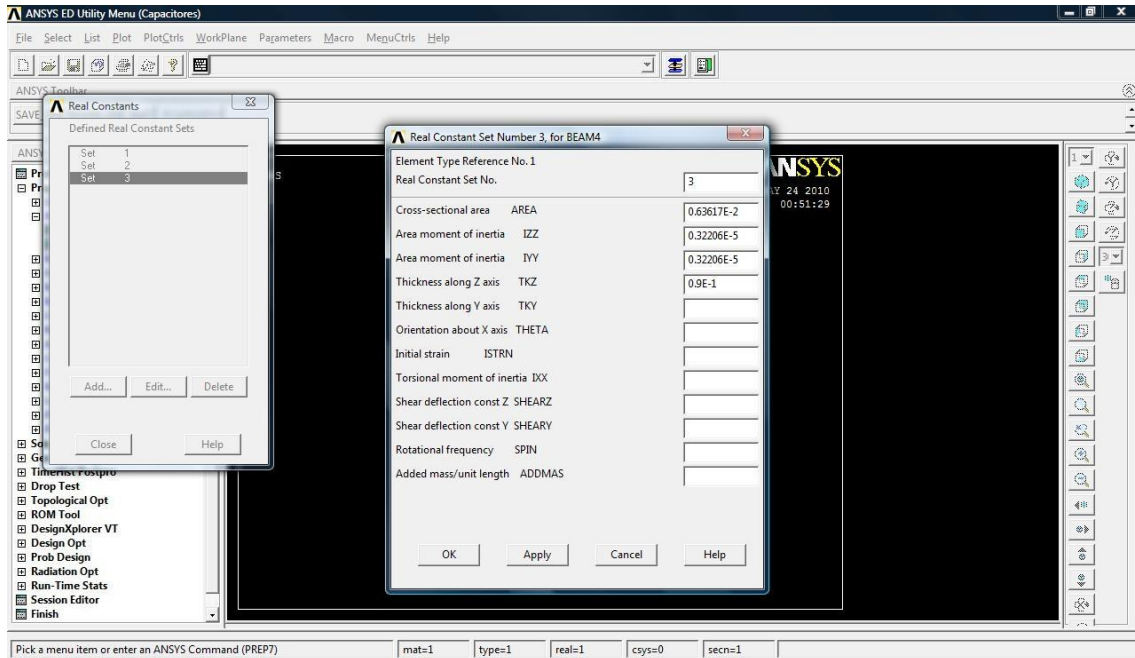


✓ A janela “Real Constants Set Number 3, for “BEAM 4” irá aparecer. Deve-se inserir:

- Real Constant Set No. = 3

- Cross-sectional Area AREA = **0.63617E-2**
- Area moment of inertia IZZ = **0.32206E-5**
- Area moment of inertia IYY = **0.32206E-5**
- Thickness along Z axis TKZ = **0.900E-1**

✓ Clicar em “OK”.



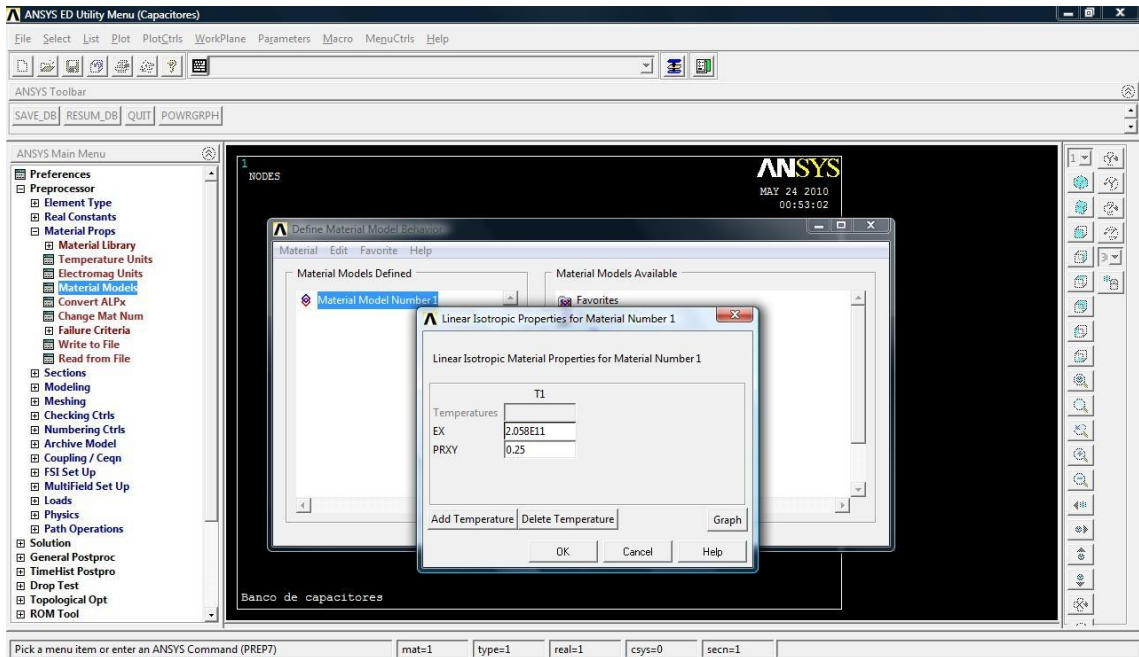
✓ Clicar em “CLOSE”.

✓ Fechar a janela do “Element Types”;

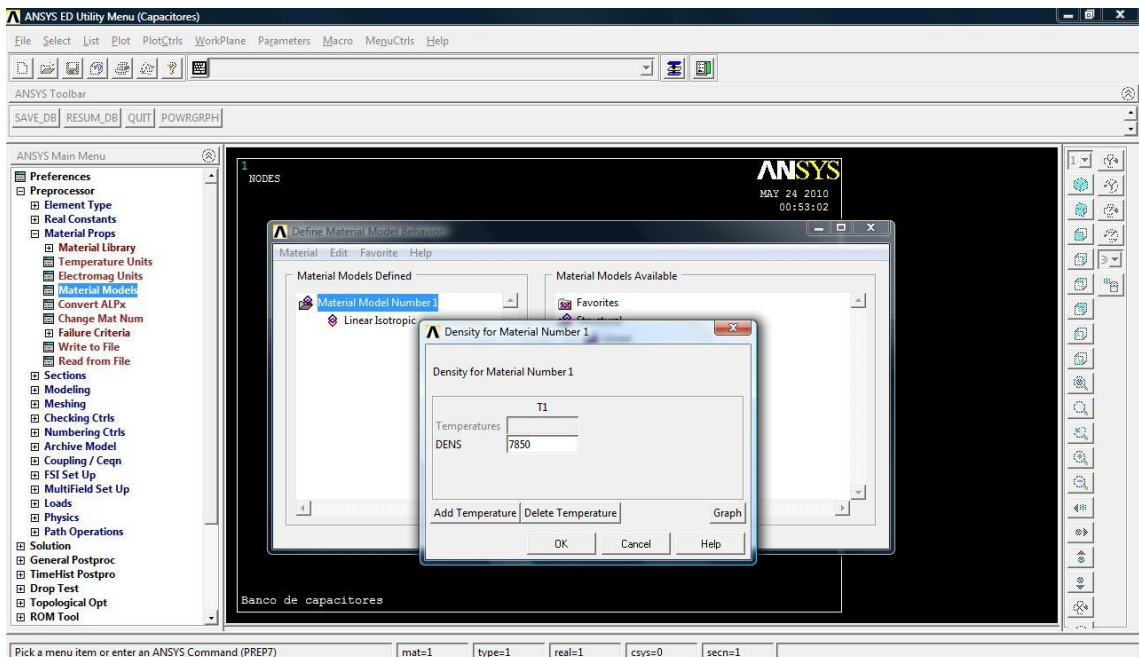
C

2.3. **Define as propriedades do material:**

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Material Props”, “Material Models”;
- ✓ Na nova janela que abrir, para o “Material Model Number 1”, no quadro “Material Models Available” selecionar: “Structural>Linear>Elastic>Isotropic”;
- ✓ Dar um duplo clique em “Isotropic”;
- ✓ A janela “Linear Isotropic Material Properties for Material Number 1” irá abrir. Inserir na lacuna “EX” o valor referente ao Módulo de Elasticidade do material e clicar em “OK”:
 - EX = **2.058E11**;
 - PRXY = **0.25**

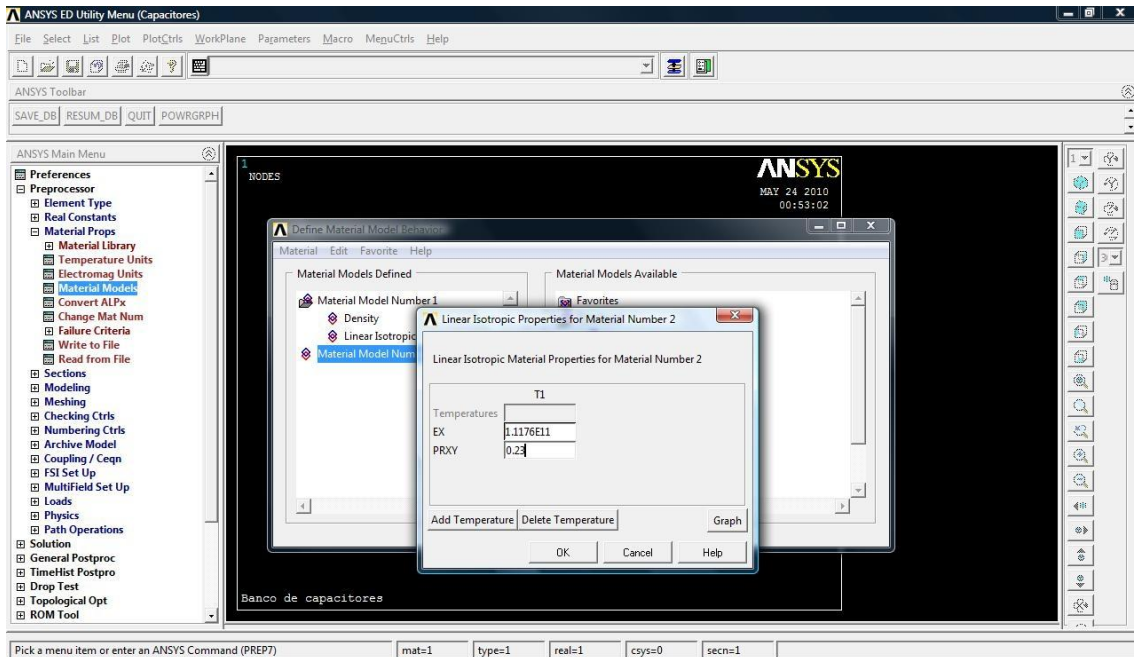


- ✓ Na nova janela que abrir, para o “Material Model Number 1”, no quadro “Material Models Available” selecionar: “Structural>Density”;
- ✓ Dar um duplo clique em “Density” e inserir:
 - DENS = 7850
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Clicar em “Material”, “New Model”;
- ✓ Inserir:
 - 2;
- ✓ Clicar em “OK”;

- ✓ Na nova janela que abrir, para o “Material Model Number 2”, no quadro “Material Models Available” seleccionar: “Structural>Linear>Elastic>Isotropic”;
 - ✓ Dar um duplo clique em “Isotropic”;
 - ✓ A janela “Linear Isotropic Material Properties for Material Number 1 irá abrir. Inserir na lacuna “EX” o valor referente ao Módulo de Elasticidade do material e clicar em “OK”:
- EX = **1.1176E11**;
 - PRXY = **0.23**



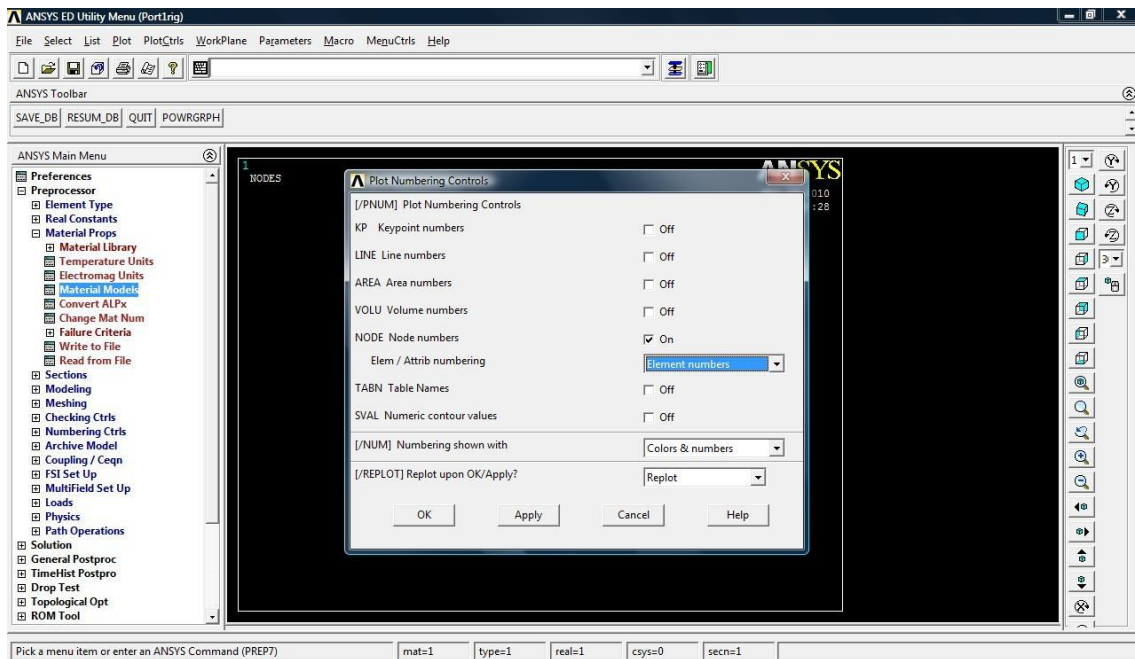
- ✓ Fechar a janela “Define Material Model Behavior”.

D

2.4. Cria o modelo geométrico:

2.4.1. Numera os nós e elementos:

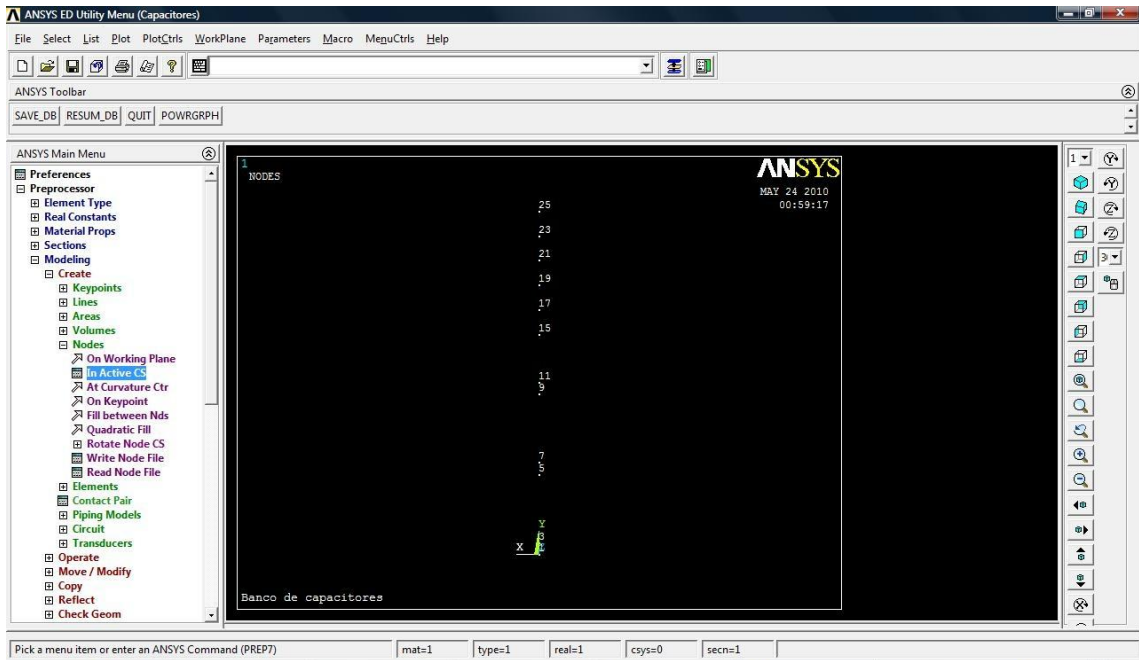
- ✓ No ANSYS Utility Menu clicar em “PlotCtrls” e acessar a opção “Numbering”;
- ✓ Na nova janela que aparecer, seleccionar:
 - NODE Node Numbers **ON**
 - Elem-Attrib numbering **Element Numbers**
- ✓ Clicar em “OK”.



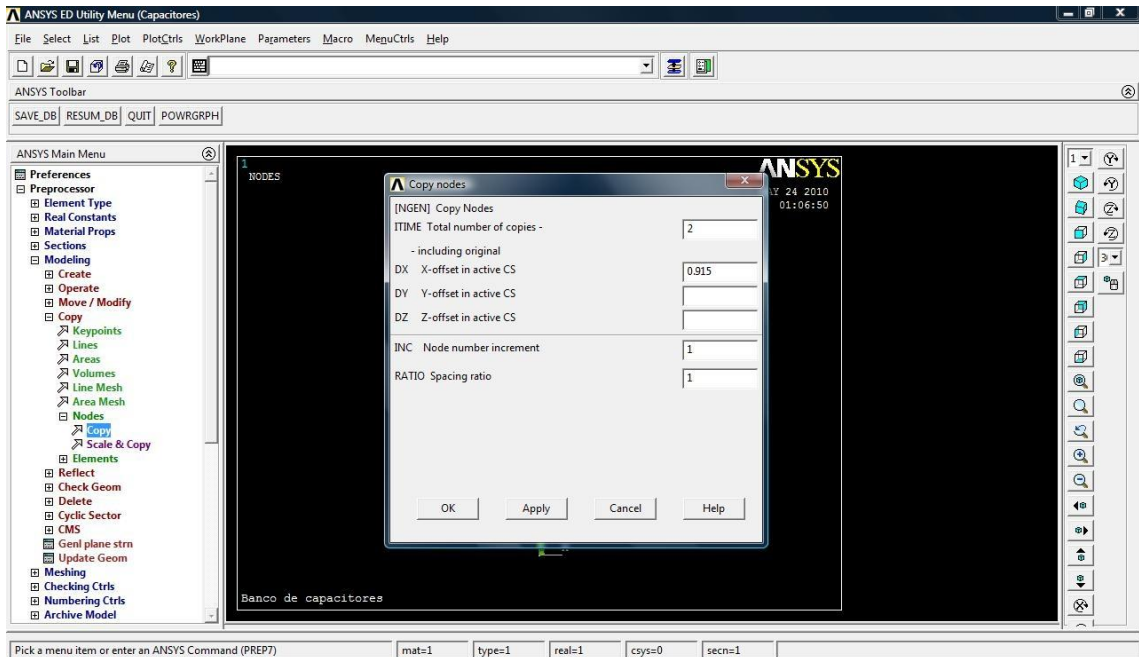
2.4.2. Cria os nós que compõe a malha de elementos finitos no sistema de coordenadas ativo:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Nodes”, “In Active CS”;
- ✓ Na nova janela que abrir, inserir um número para o nó que será criado em “NODE Node Number” e as coordenadas X e Y;
- ✓ Para criar o primeiro nó:
 - NODE Node Number : **1;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 0;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **3;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 0.2;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **5;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 1.38095;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **7;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 1.58095;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **9;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 2.7619;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **11;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 2.9619;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **15;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 3.7938;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **17;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 4.2202;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **19;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 4.6393;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **21;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 5.0657;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **23;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 5.4848;**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o nó:
 - NODE Node Number : **25;**
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 5.9112;**
- ✓ Clicar em “OK”;

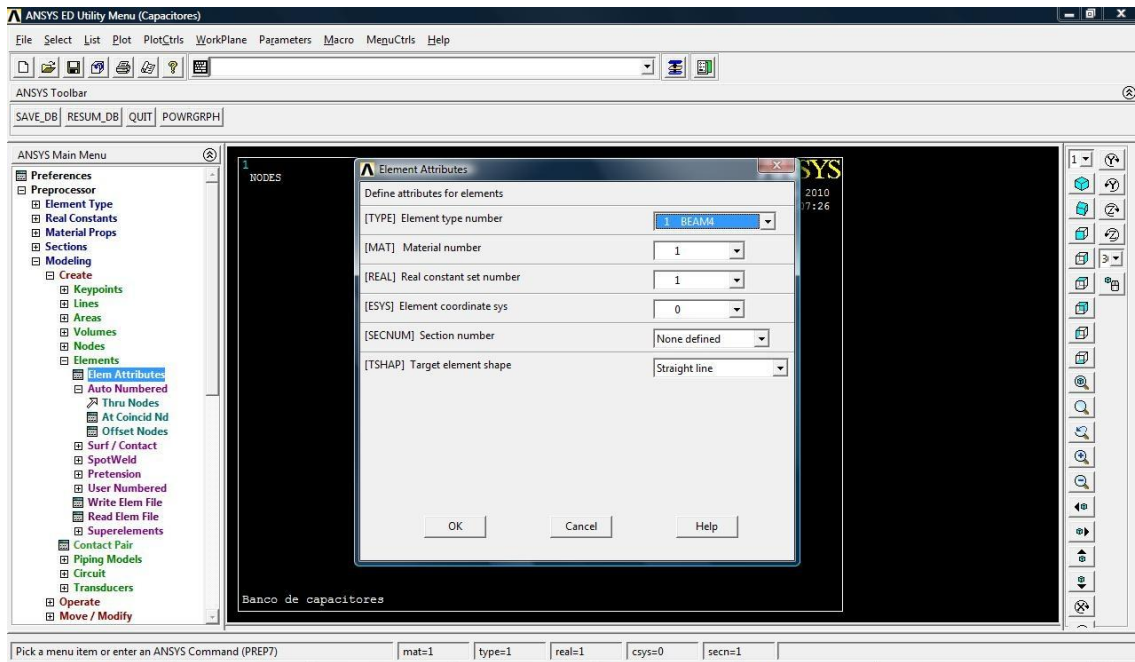


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Nodes”;
- ✓ Clicar em “Copy”
- ✓ Na nova janela, clicar em “PICK ALL”;
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
 - ITIME = **10**
 - DX = **0.915**
 - INC = **2**
- ✓ Clicar em “OK”;

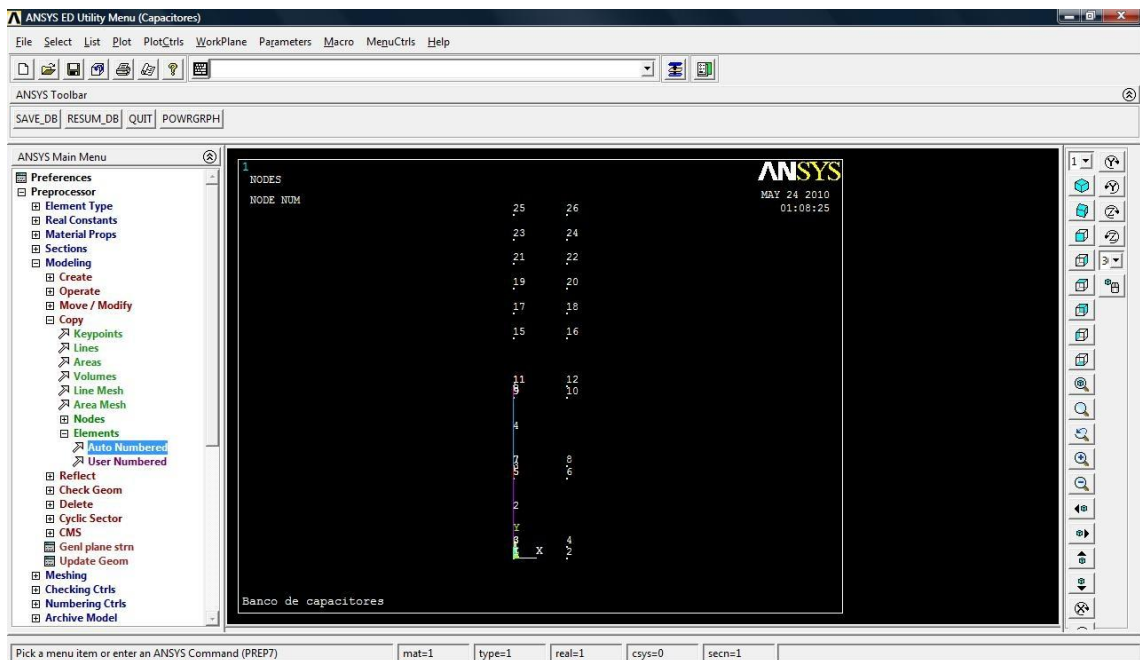
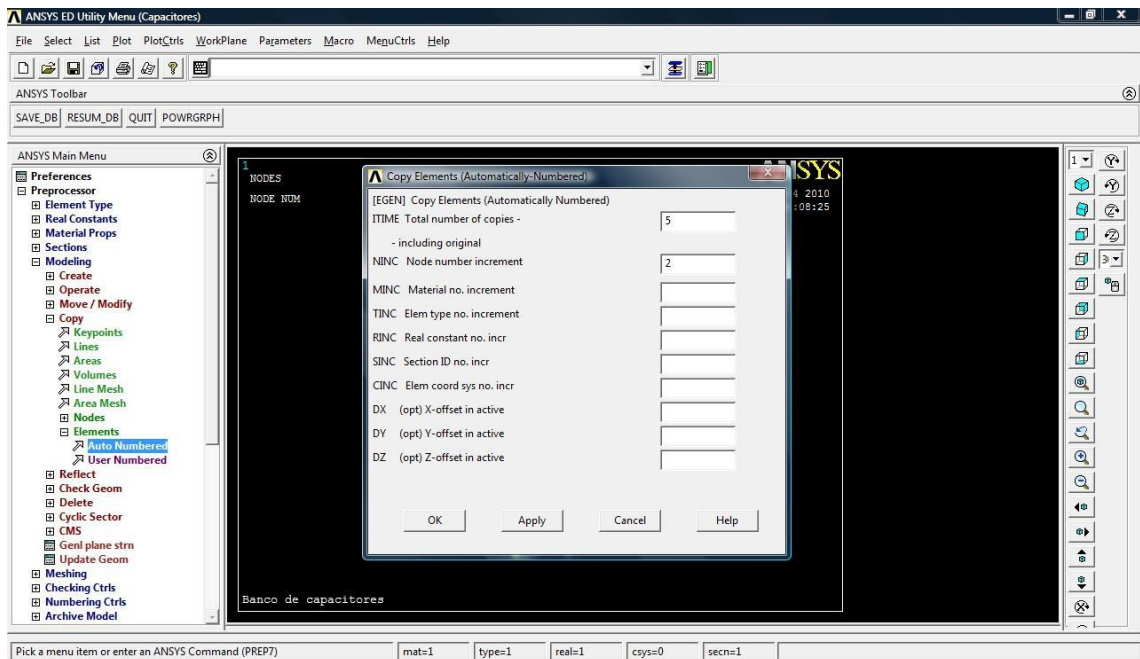


2.4.3. Cria os elementos:

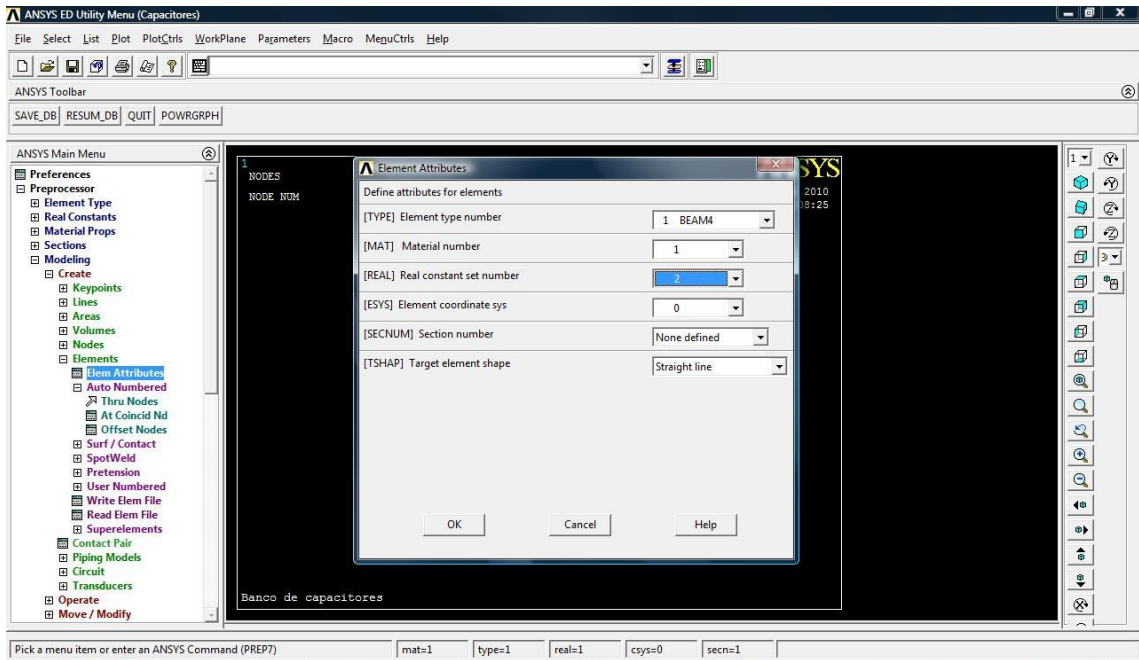
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
 - TYPE **1**
 - MAT **1**
 - REAL **1**
- ✓ Clicar em “OK”.



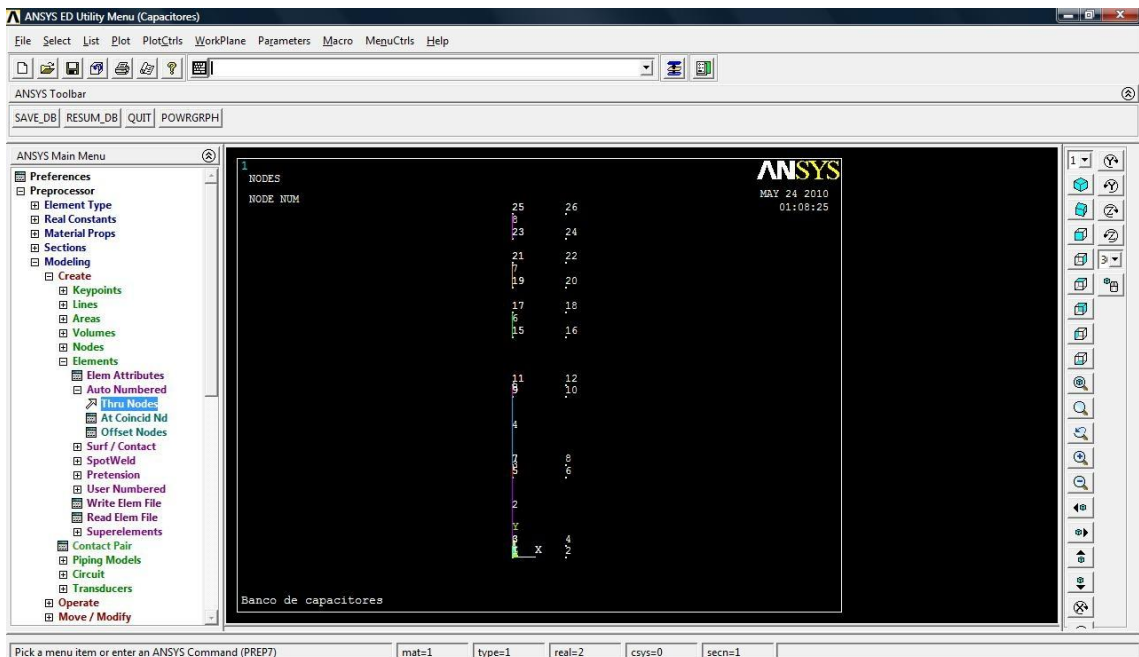
- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós **1 e 3** e clicar em “OK”;
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Elements”, “Auto Numbered”;
- ✓ Clicar em “PICK ALL”;
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
 - ITIME = **5**
 - NINC = **2**
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
 - TYPE 1
 - MAT 1
 - REAL 2
- ✓ Clicar em “OK”.

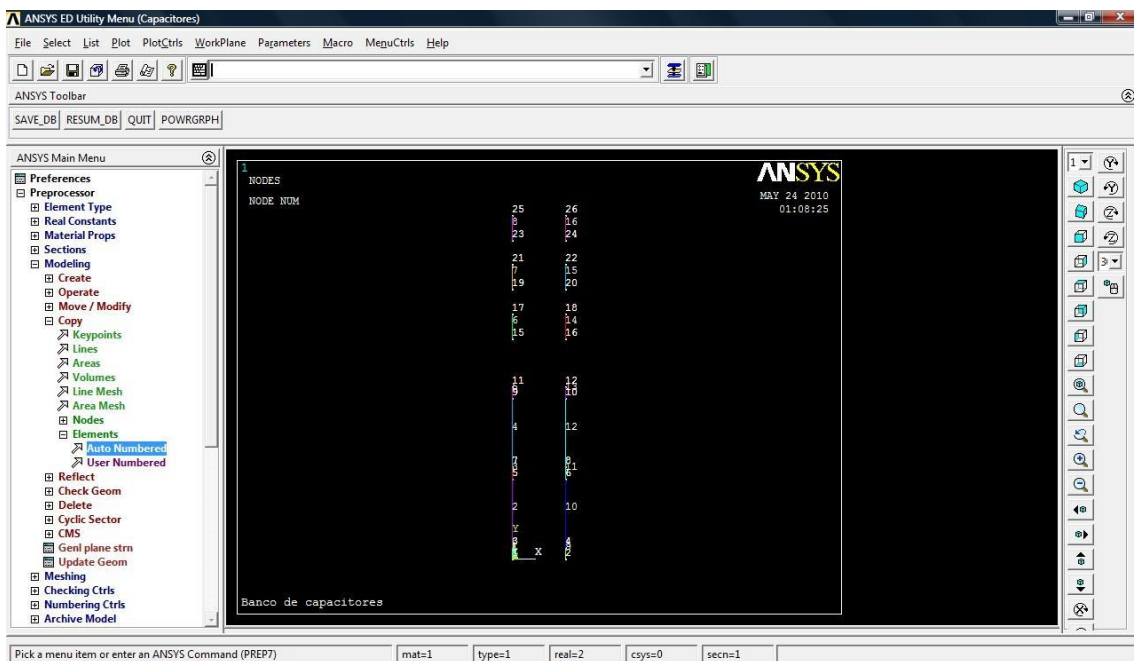
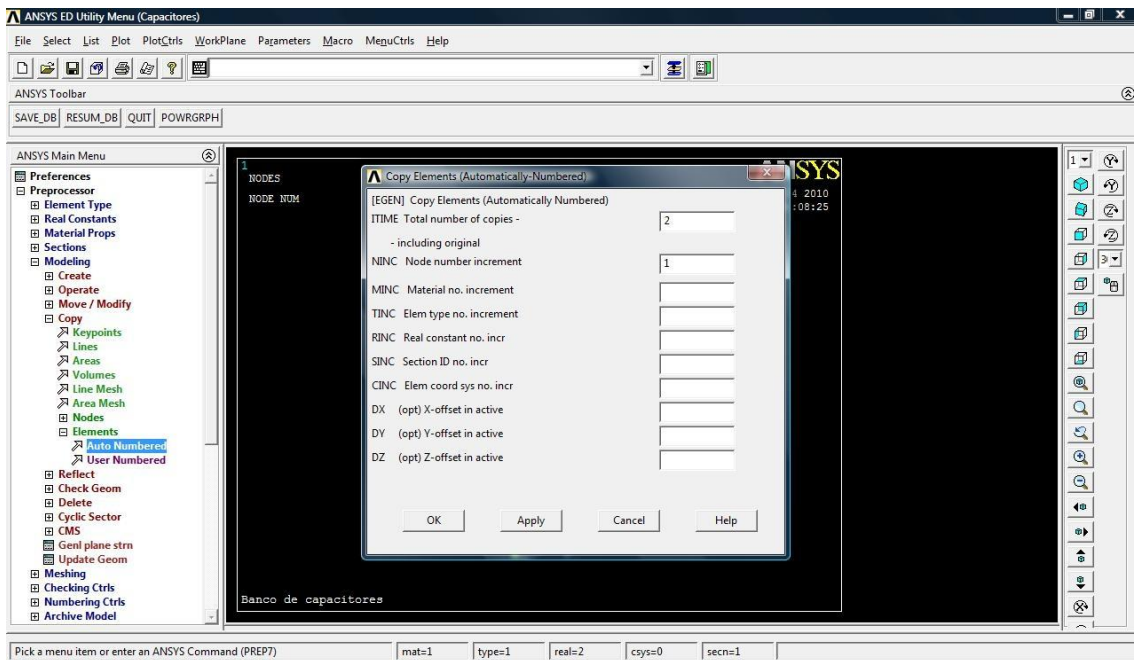


- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós 15 e 17 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós 19 e 21 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós 23 e 25 e clicar em “OK”;

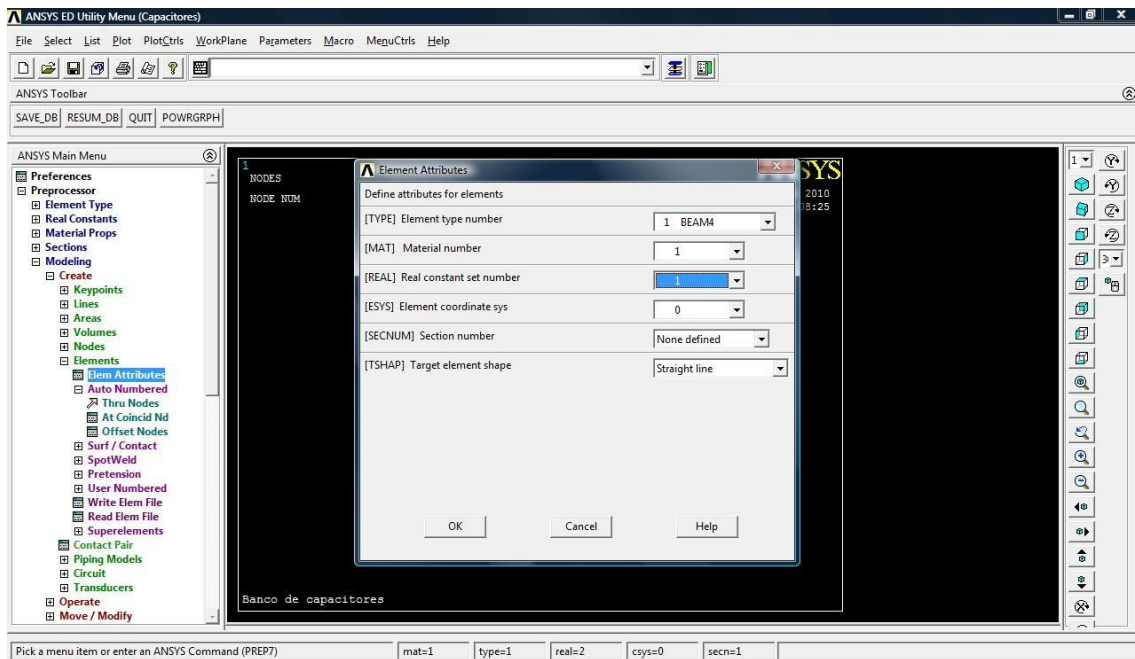


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Elements”, “Auto Numbered”;
- ✓ Clicar em “PICK ALL”;
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
 - ITIME = 2
 - NINC = 1

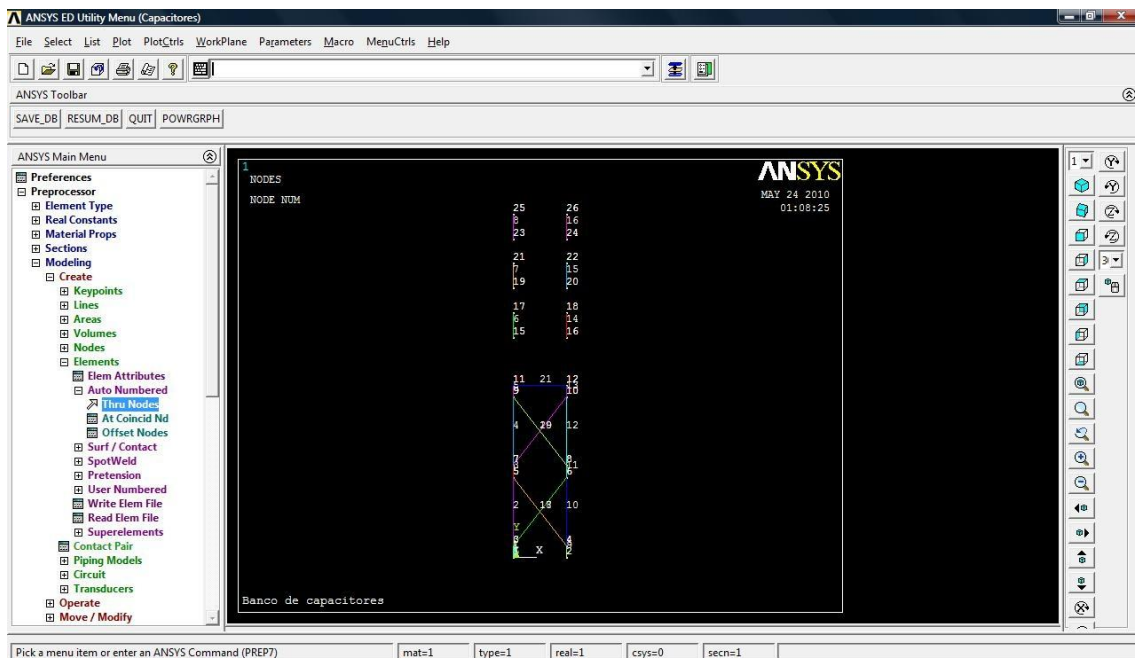
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
 - TYPE 1
 - MAT 1
 - REAL 1
- ✓ Clicar em “OK”.

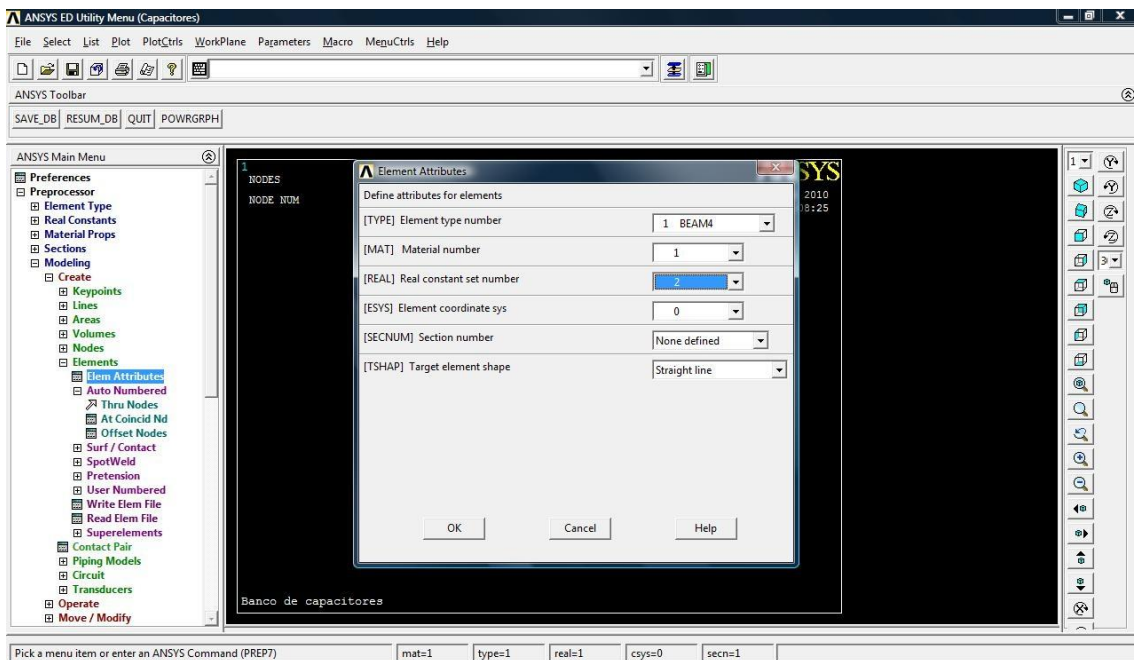


- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós **3 e 6** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **4 e 5** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **7 e 10** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **8 e 9** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **11 e 12** e clicar em “OK”;

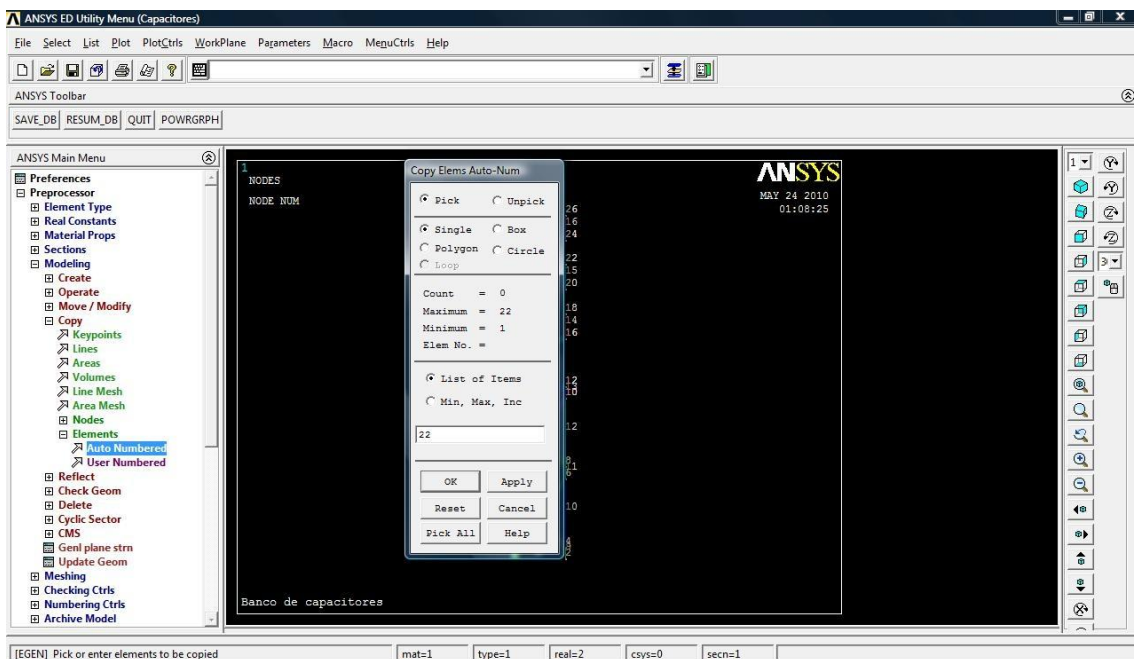


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
 - TYPE **1**

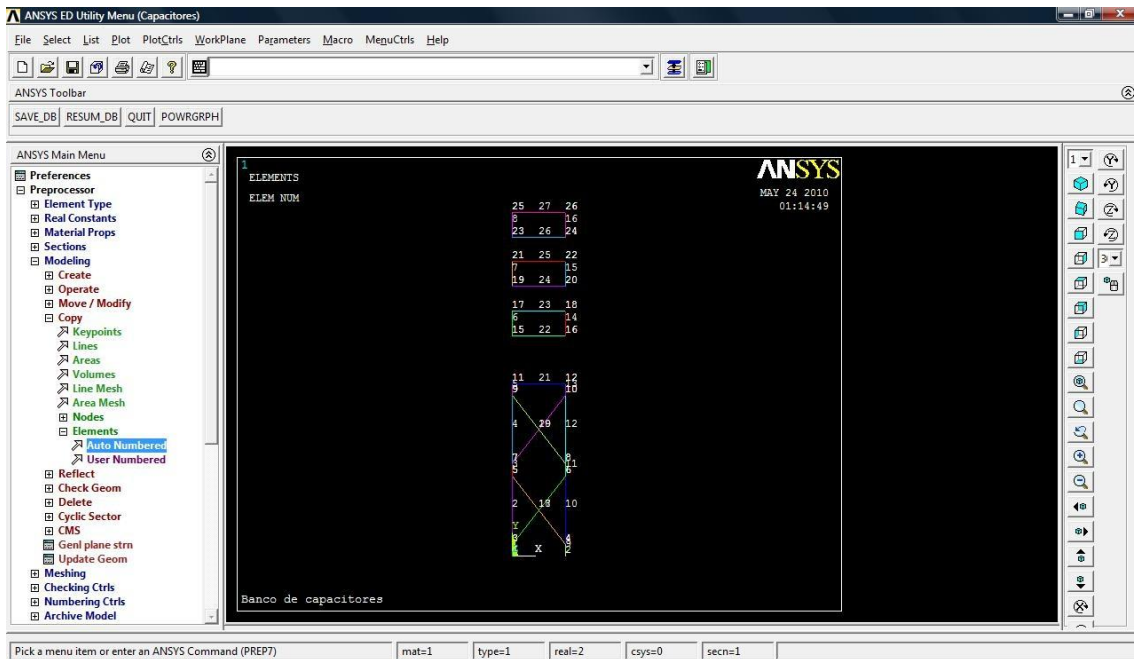
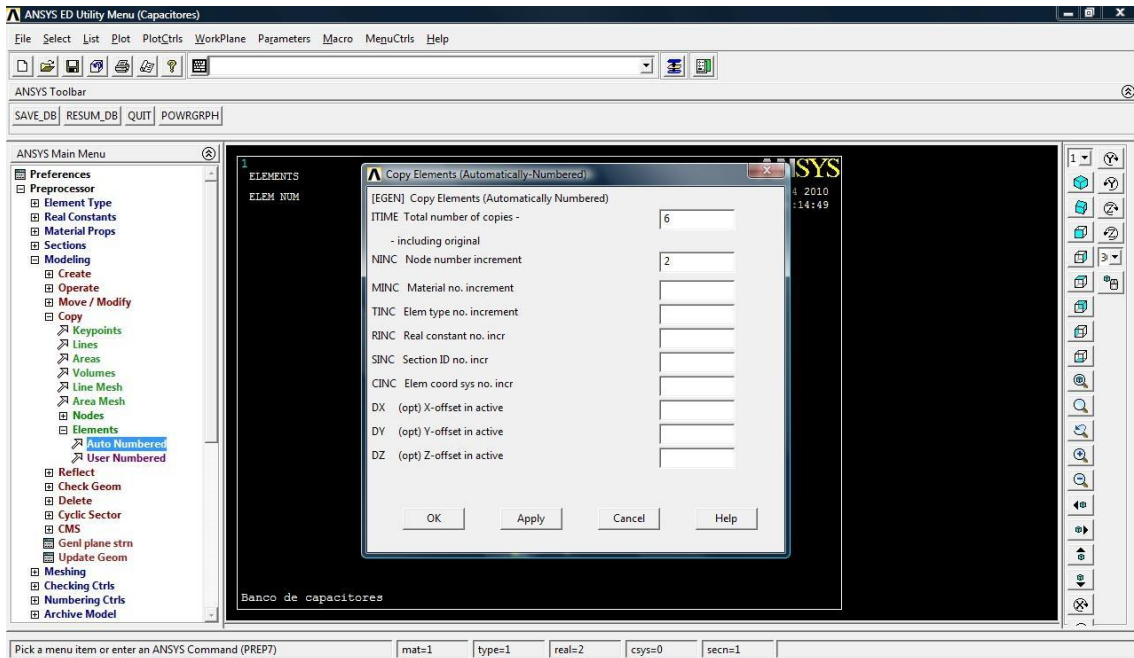
- MAT 1
- REAL 2
- ✓ Clicar em “OK”.



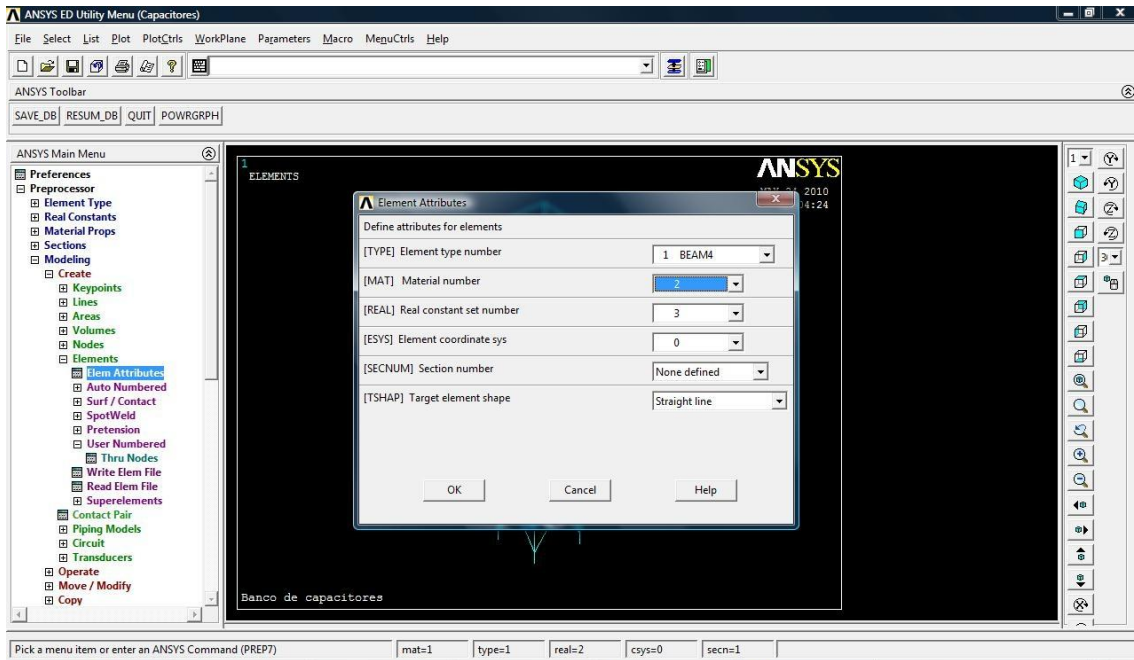
- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Apontar nós 15 e 16 e clicar em “OK”;
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Elements”, “Auto Numbered”;
- ✓ Na nova janela, selecionar o elemento 22 e clicar em “OK”;



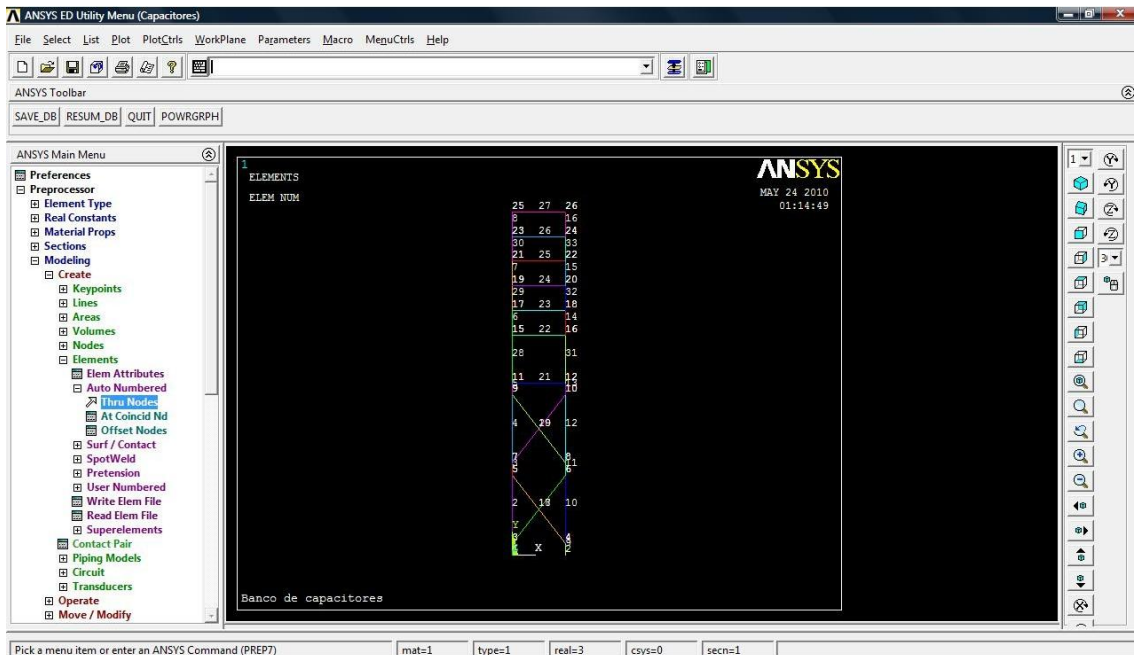
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
 - ITIME = 6
 - NINC = 1
- ✓ Clicar em “OK”;

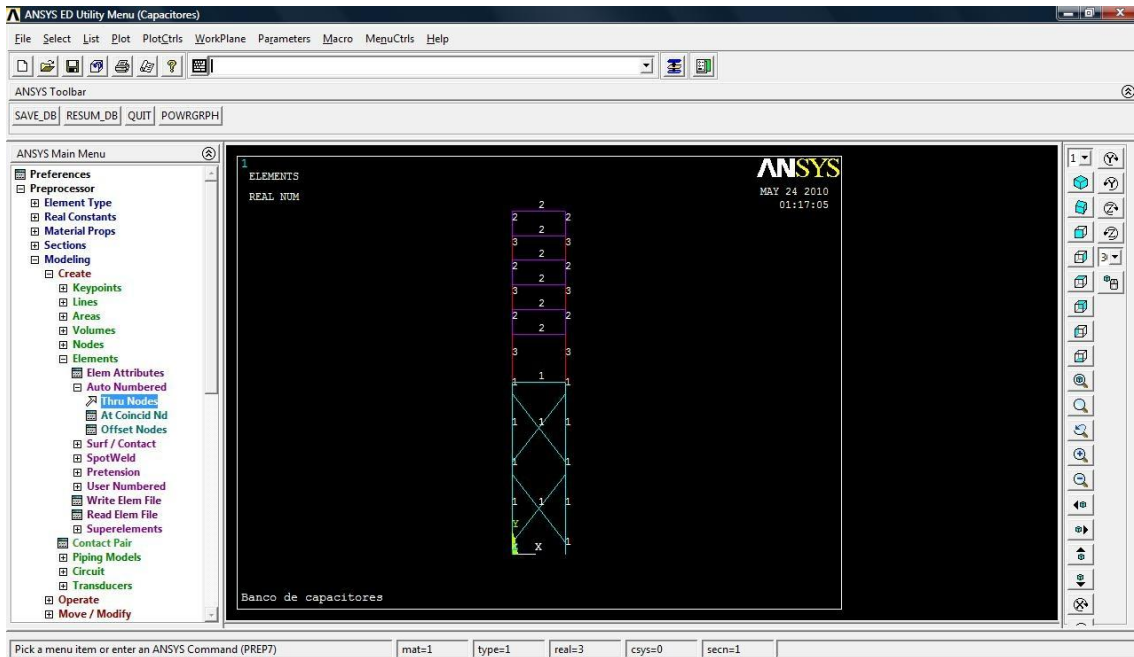


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes”;
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
 - TYPE 1
 - MAT 2
 - REAL 3
- ✓ Clicar em “OK”.



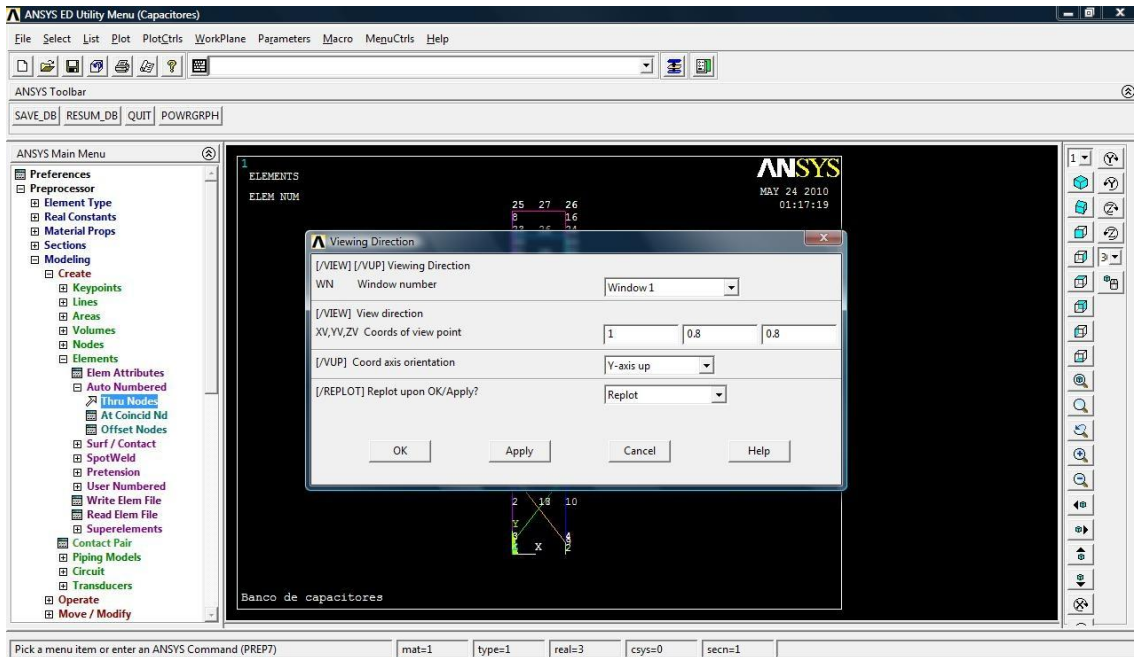
- ✓ Para criar os elementos: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os nós **11 e 15** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **17 e 19** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **21 e 23** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **12 e 16** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **18 e 20** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar nós **22 e 24** e clicar em “OK”;

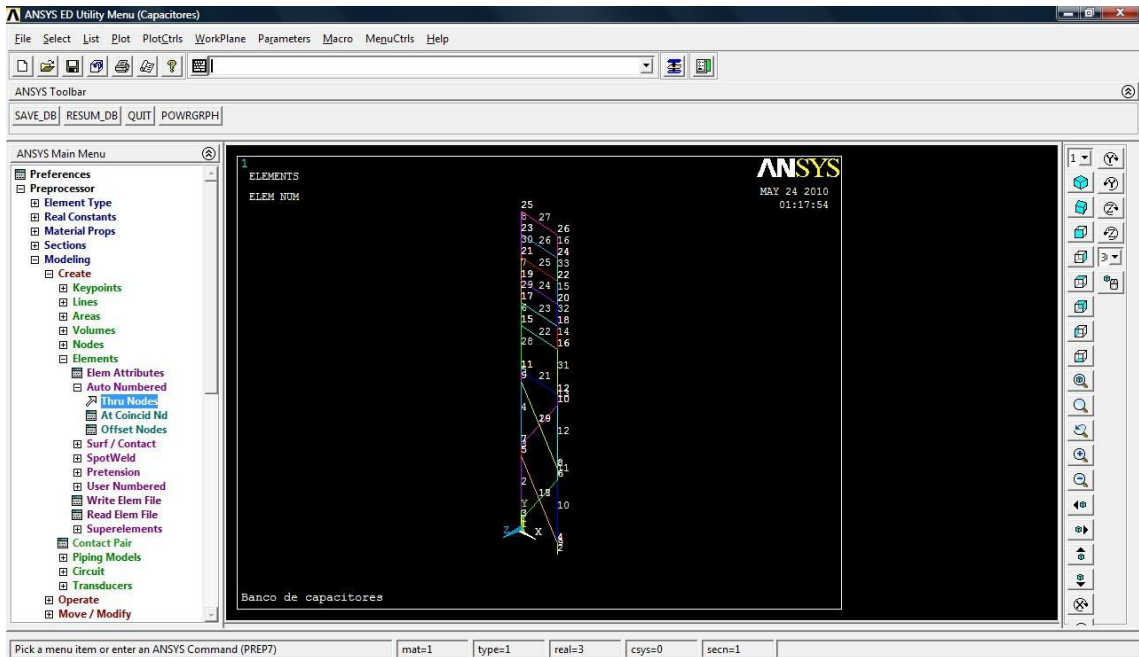




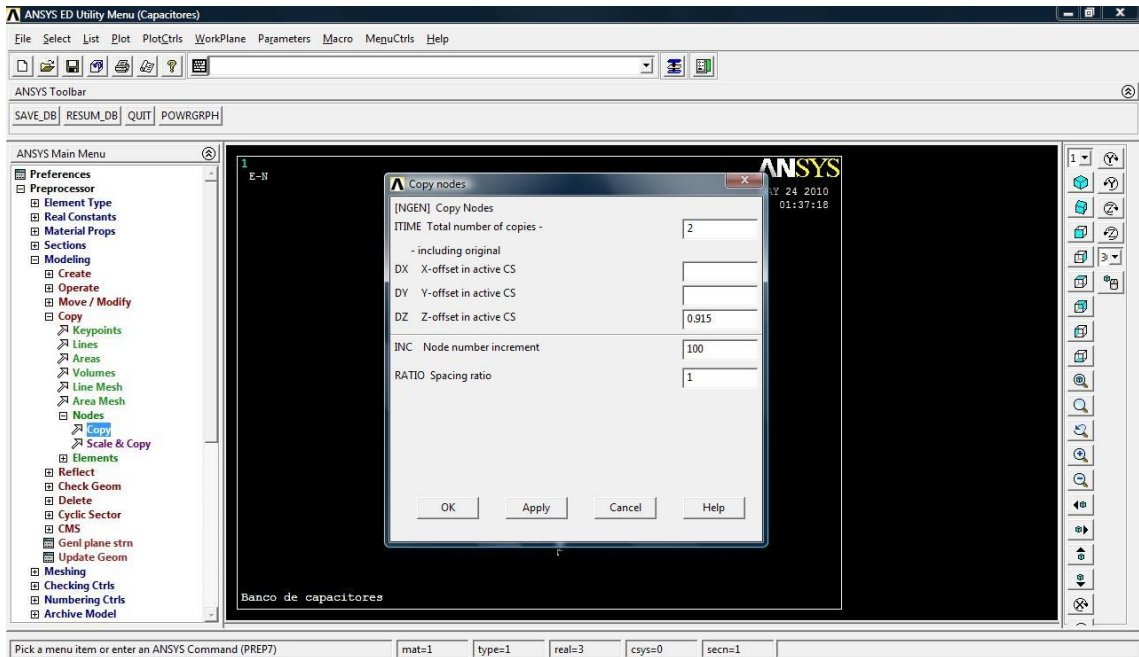
2.4.4. Direção da visualização:

- ✓ Para mudar a direção da visualização ir no “Utility Menu”, “PlotCtrls”, “View Settings”, “View Direction”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - [/VIEW] View direction:
 - XV, YV, ZV Coords of view point **1 0.8 0.8**
 - [/VUP] Coord axis orientation **Y-Axis up**
- ✓ Clicar em “OK”



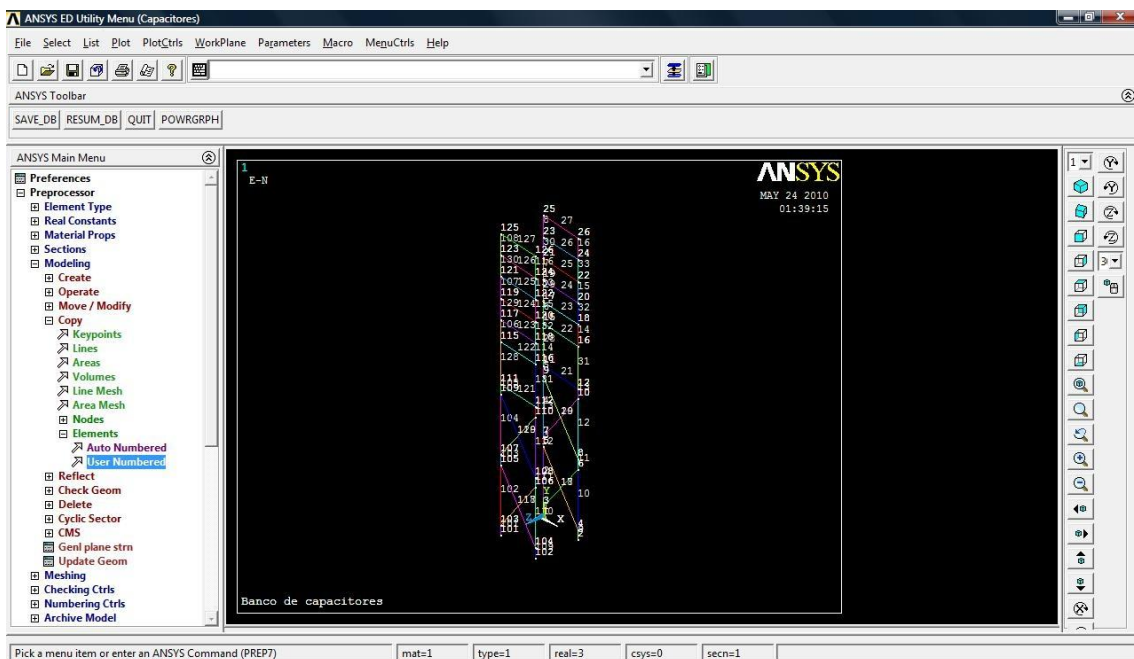
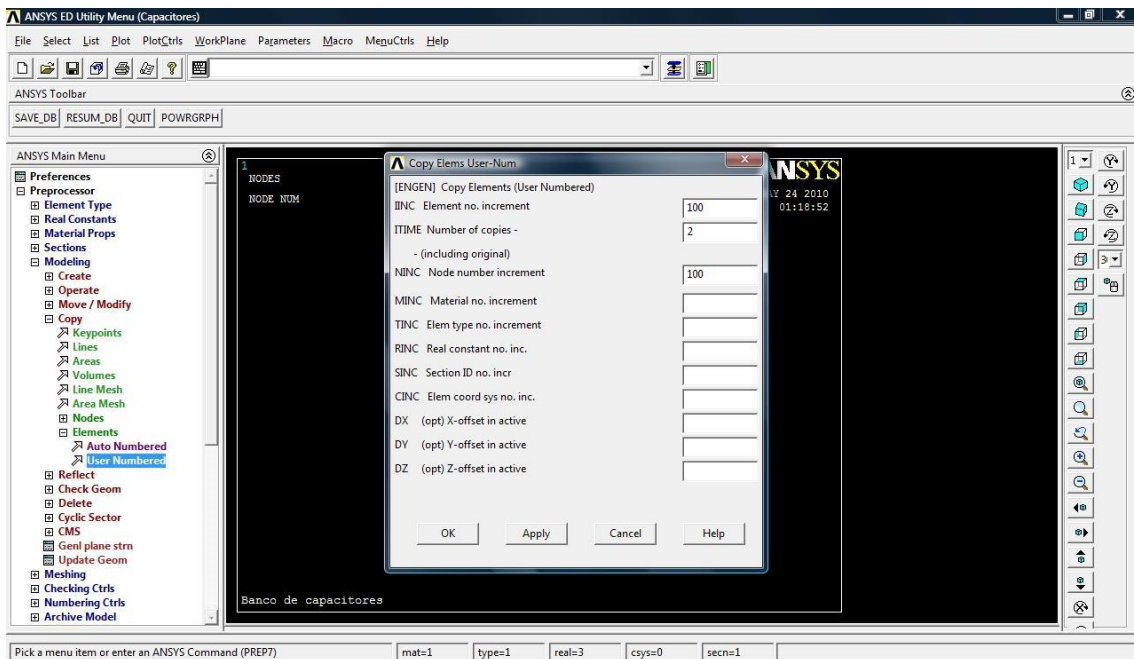


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Nodes”;
- ✓ Clicar em “Copy”
- ✓ Na nova janela, clicar em “PICK ALL”;
- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
 - ITIME = 2
 - DZ = 0.915
 - INC = 100
- ✓ Clicar em “OK”;



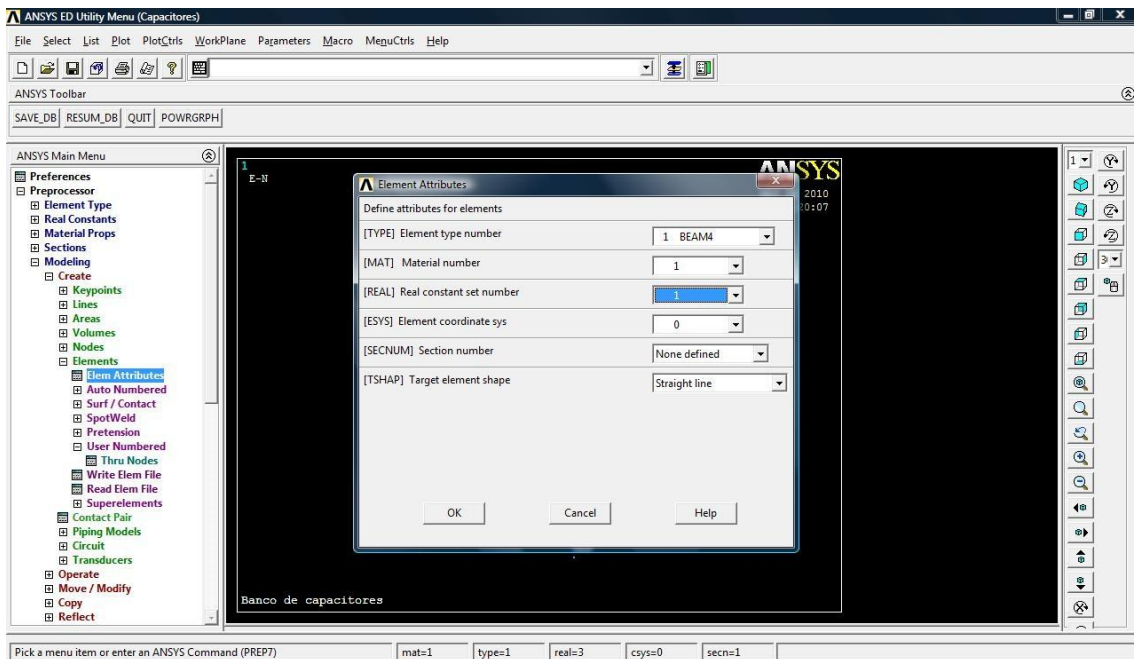
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Elements”, “User Numbered”;
- ✓ Clicar em “PICK ALL”;

- ✓ Na nova janela [EGEN], que copia os elementos, numerando-os:
 - IINC = 100
 - ITIME = 2
 - NINC = 100
- ✓ Clicar em “OK”;



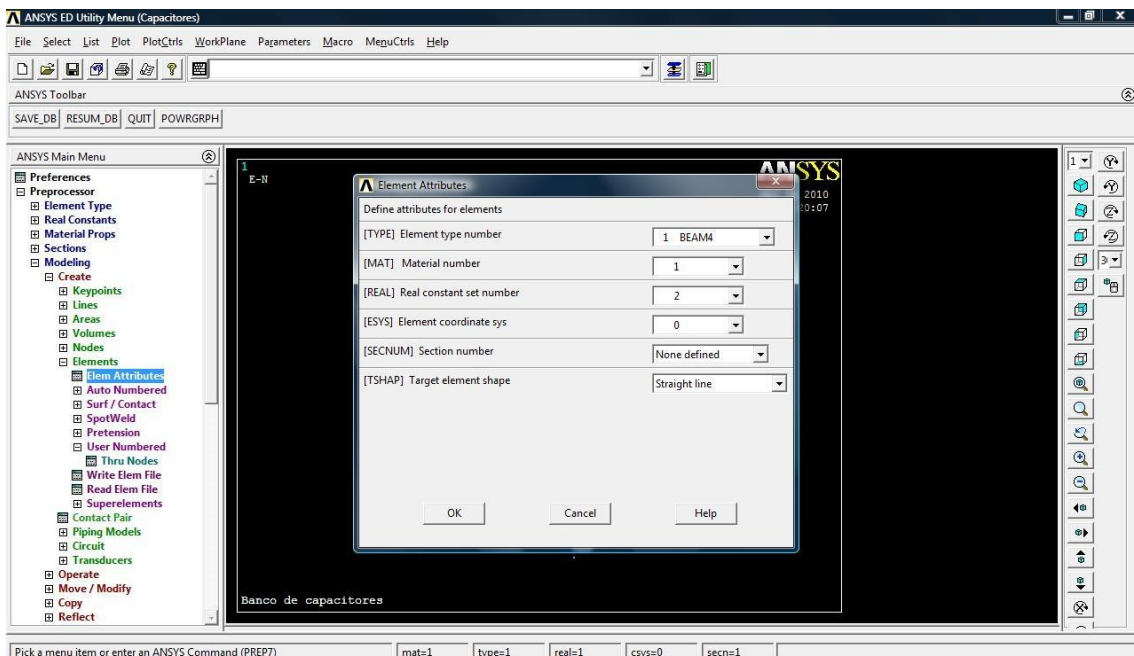
- ✓ Para criar os elementos que compõe as diagonais da torre: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “User Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: 71 e clicar em “OK”;
 - Apontar nós 4 e 106 e clicar em “OK”;

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes” para modificar os atributos dos elementos a serem criados na seqüência (as diagonais da torre);
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
 - TYPE **1**
 - MAT **1**
 - REAL **1**
- ✓ Clicar em “OK”.



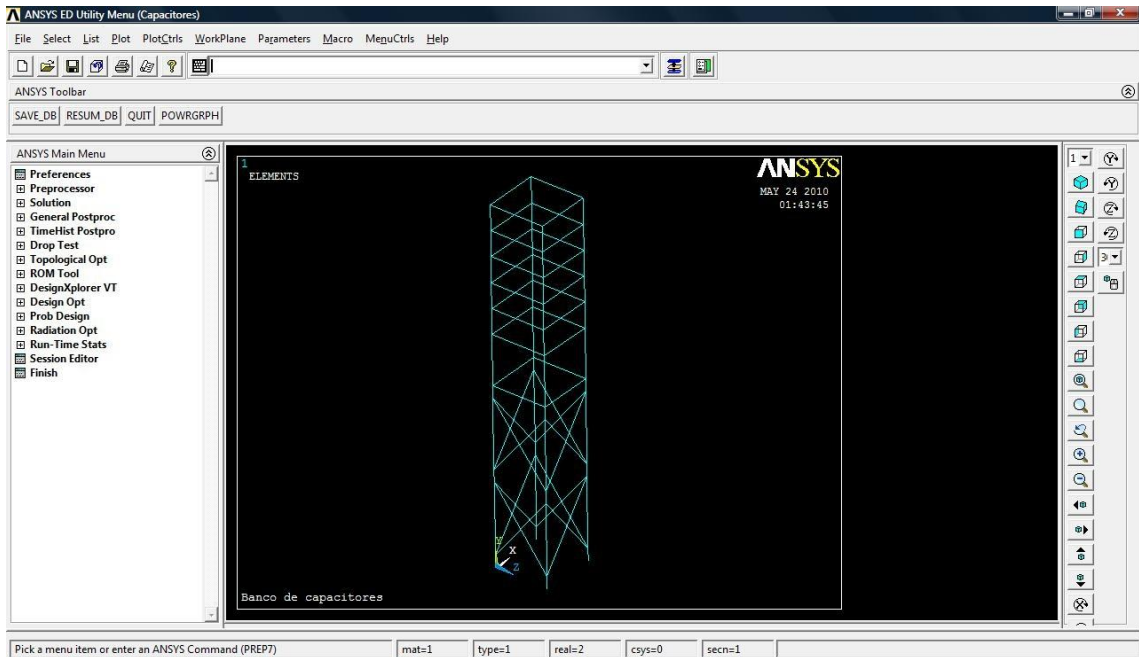
- ✓ Para criar os elementos que compõe as diagonais da torre: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “User Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **72** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **6 e 104** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **73** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **8 e 110** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **74** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **108 e 10** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **75** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **3 e 105** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:

- Inserir: **76** e clicar em “APPLY”;
- Apontar nós **103 e 5** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **77** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **7 e 109** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **78** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **107 e 9** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **79** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **12 e 112** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **80** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **11 e 111** e clicar em “OK”;
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes” para modificar os atributos dos elementos a serem criados na seqüência (as diagonais da torre);
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
 - TYPE **1**
 - MAT **1**
 - REAL **2**
- ✓ Clicar em “OK”.



- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **81** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **16 e 116** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **82** e clicar em “APPLY”;

- Apontar nós **15 e 115** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **83** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **18 e 118** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **84** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **17 e 117** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **85** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **20 e 120** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **86** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **19 e 119** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **87** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **22 e 122** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **88** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **21 e 121** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **89** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **24 e 124** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **90** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **23 e 123** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **91** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **26 e 126** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela “Enter number to be assigned to element”:
 - Inserir: **92** e clicar em “APPLY”;
 - Apontar nós **25 e 125** e clicar em “OK”;

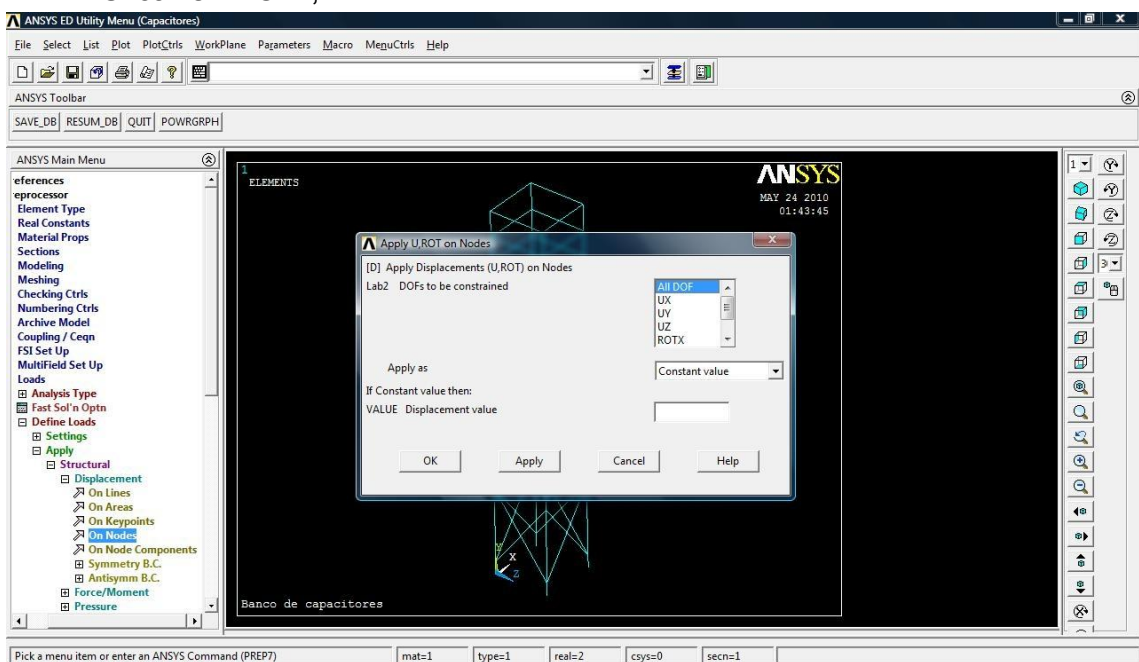


E

2.5. Aplicar as condições de contorno na modelagem sólida:

2.5.1. Fornece apoios:

- ✓ Dentro do “Solution” selecionar “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Nodes”;
- ✓ Apontar os nós 1, 2, 101 e 102 e clicar em “OK”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “ALLDOF”;
- ✓ Clicar em “OK”;



2.5.2. Aplicar as cargas:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Force/Moment”, “On Nodes”;
- ✓ Apontar os nós **3,5,7 e 9** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FX**
 - VALUE Force/moment value **700.06**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós **3,5,7 e 9** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FZ**
 - VALUE Force/moment value **-700.06**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Apontar o nó **11** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FX**
 - VALUE Force/moment value **633.30**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar o nó **11** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FZ**
 - VALUE Force/moment value **-633.30**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Apontar o nó **15** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FX**
 - VALUE Force/moment value **1337.44**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar o nó **15** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FZ**
 - VALUE Force/moment value **-1337.44**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Apontar o nó **17** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FX**
 - VALUE Force/moment value **448.54**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Apontar o nó **17** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FZ**
 - VALUE Force/moment value **-448.54**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Apontar o nó **19** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FX**
 - VALUE Force/moment value **1134.10**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar o nó **19** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FZ**
 - VALUE Force/moment value **-1134.10**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Apontar o nó **21** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FX**
 - VALUE Force/moment value **500.14**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar o nó **21** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FZ**
 - VALUE Force/moment value **-500.14**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

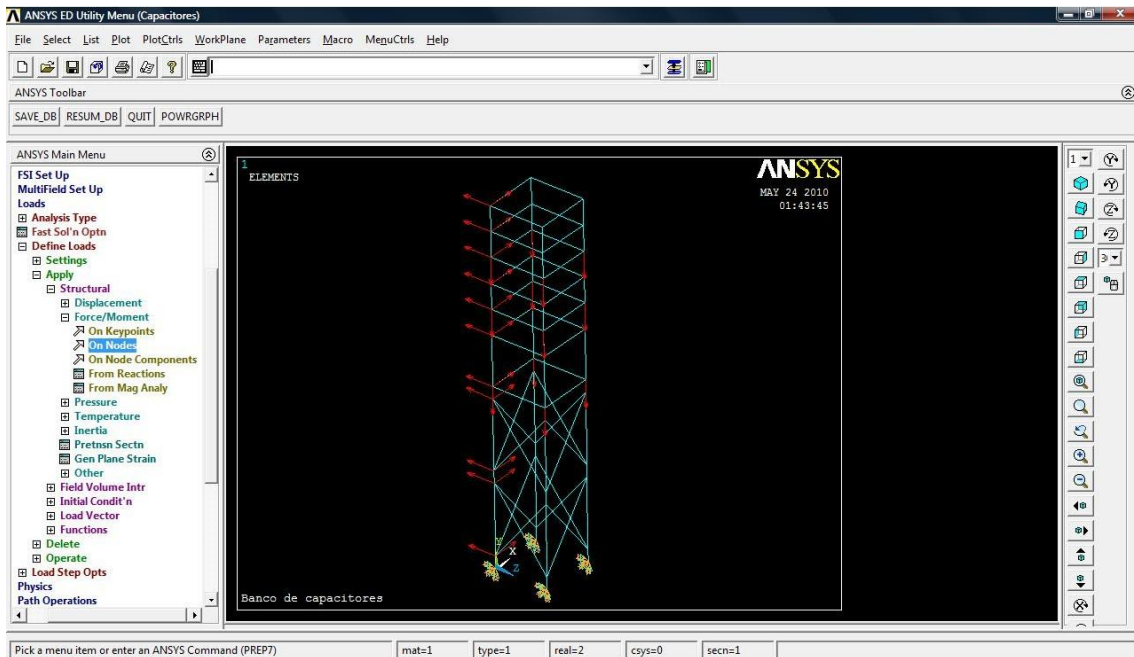
- ✓ Apontar o nó **23** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FX**
 - VALUE Force/moment value **575.80**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar o nó **23** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FZ**
 - VALUE Force/moment value **-575.80**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Apontar o nó **25** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FX**
 - VALUE Force/moment value **349.38**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar o nó **25** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FZ**
 - VALUE Force/moment value **-349.38**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

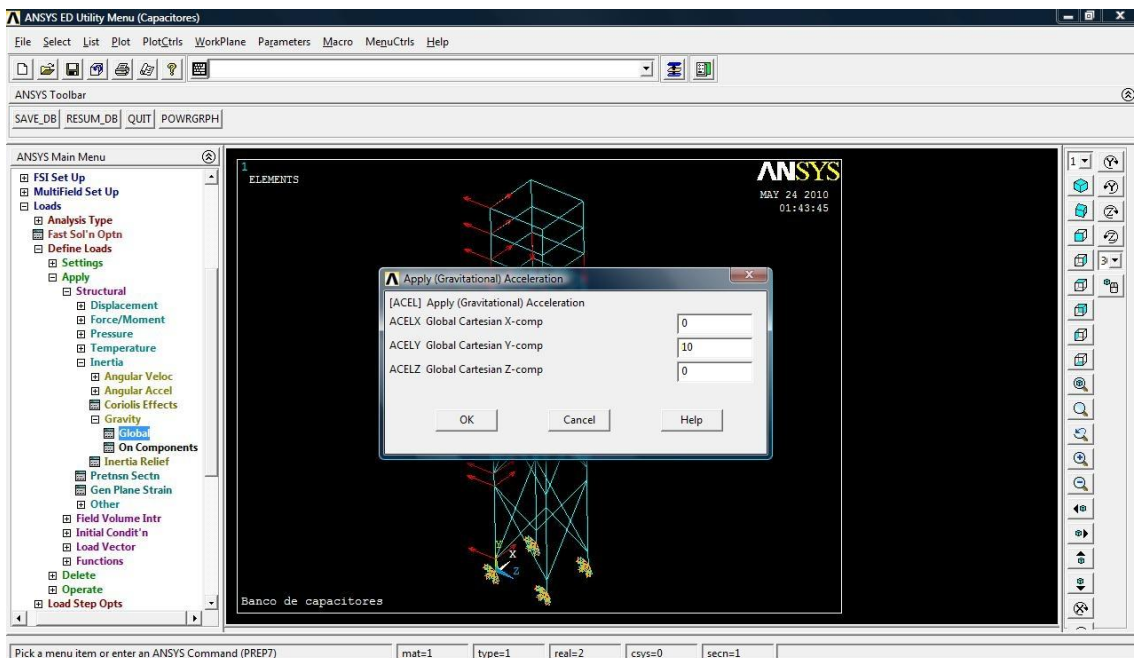
- ✓ Apontar os nós **11, 12, 111 e 112** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FY**
 - VALUE Force/moment value **-284.49**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Apontar os nós **17, 18, 117 e 118** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FY**
 - VALUE Force/moment value **-147.15**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

- ✓ Apontar os nós **21, 22, 121 e 122** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FY**
 - VALUE Force/moment value **-147.15**
- ✓ Clicar em “APPLY”;



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Inertia”, “Gravity”, “Global”. (Insere a aceleração da gravidade)
- ✓ Na nova janela [ACEL] inserir:
 - ACELY 10
- ✓ Clicar em “OK”.



2.5.3. Salvando dados no arquivo capacitores.db

- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE_DB”.

F

3. SOLUÇÃO

- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “Solution” clicar em “Solve”, “Current LS”;
- ✓ Clicar em “OK”.
- ✓ Na janela “Information: Solution is done” clicar em “CLOSE”.

- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE_DB”.

G

4. PÓS PROCESSAMENTO

4.1. *Gera, lista e plota os resultados:*

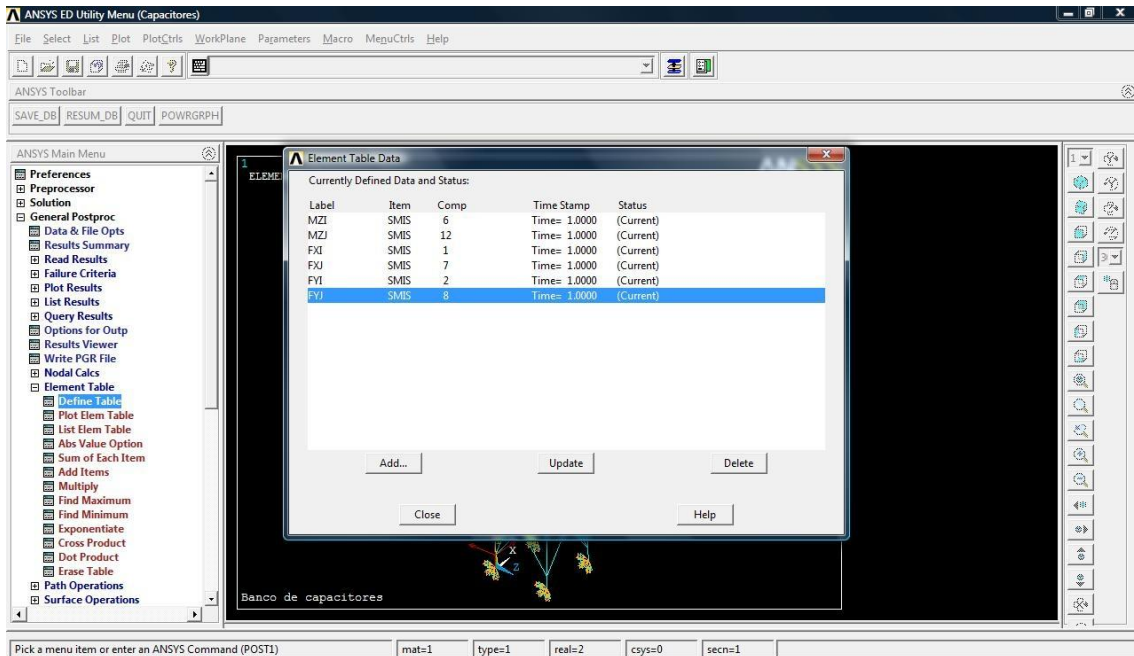
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Element Table”, “Define Table”, “Add”;
- ✓ Na nova janela, definir:
 - LAB **MZI**
 - Item, comp By sequence number **SMISC SMISC,6**
- ✓ Clicar em “APPLY”.
- ✓ Na nova janela, definir:
 - LAB **MZJ**
 - Item, comp By sequence number **SMISC SMISC,12**
- ✓ Clicar em “APPLY”.
- ✓ Na nova janela, definir:
 - LAB **FXI**
 - Item, comp By sequence number **SMISC SMISC,1**
- ✓ Clicar em “APPLY”.
- ✓ Na nova janela, definir:
 - LAB **FXJ**
 - Item, comp By sequence number **SMISC SMISC,7**
- ✓ Clicar em “APPLY”.
- ✓ Na nova janela, definir:
 - LAB **FYI**
 - Item, comp By sequence number **SMISC SMISC,2**
- ✓ Clicar em “APPLY”.
- ✓ Na nova janela, definir:

- LAB
- Item, comp

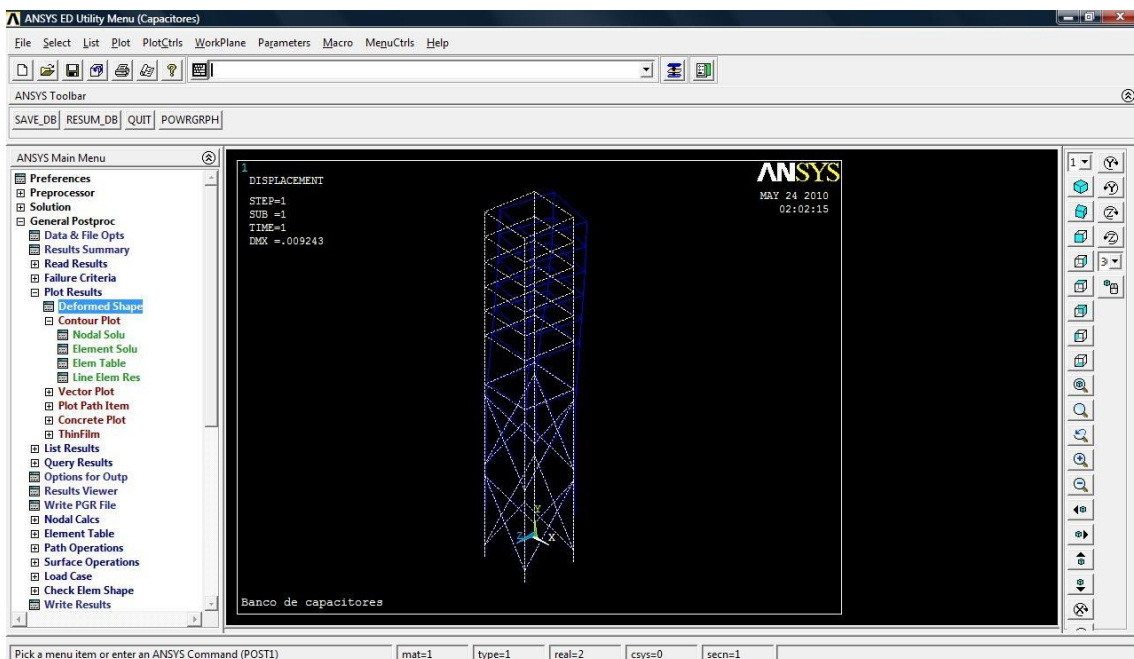
FYJ
By sequence number

SMISC
SMISC,8

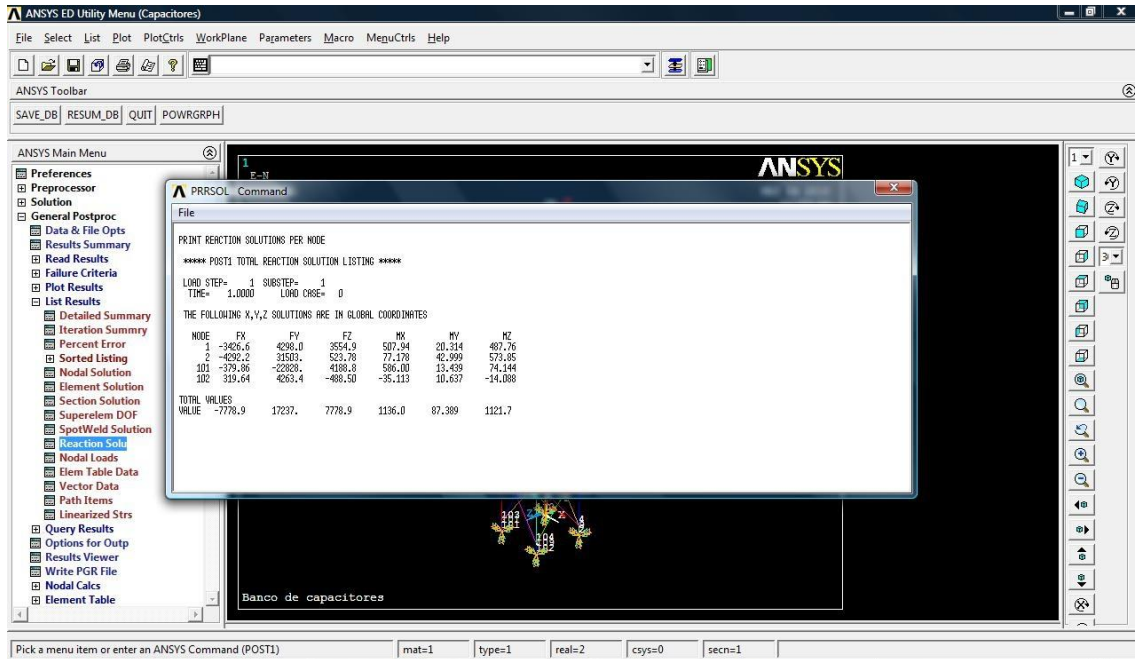
✓ Clicar em “OK”.



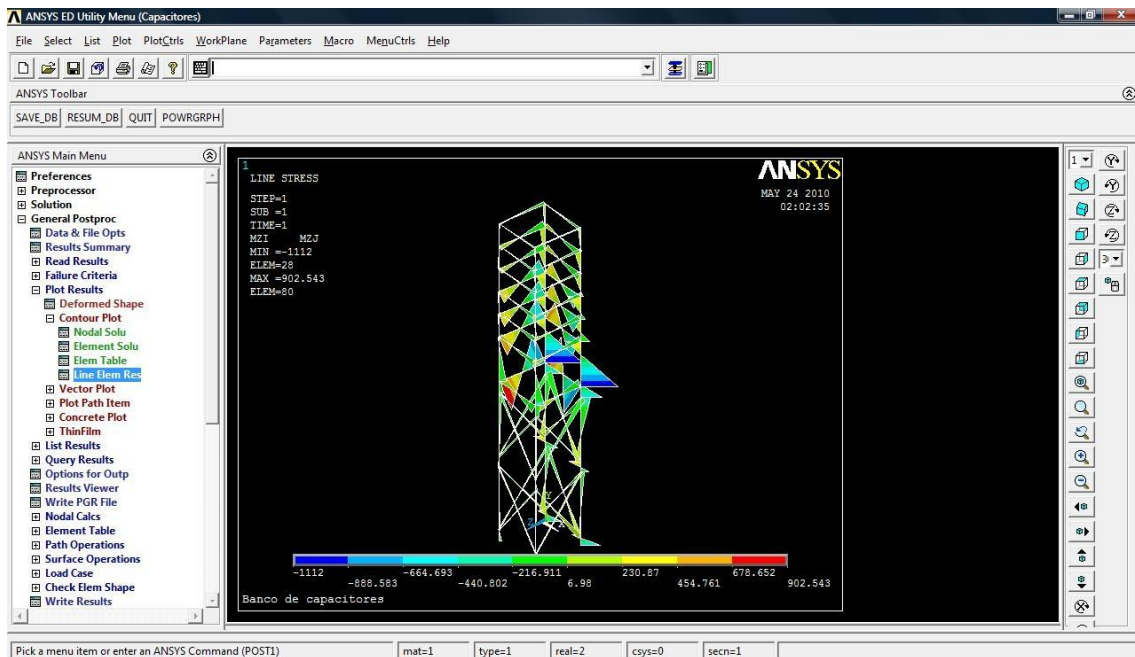
- ✓ Fecha a janela;
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Deformed Shape” para visualizar a configuração deformada da estrutura;
- ✓ Na janela “Plot Deformed Shape”, seleccionar a opção “Def+undeformed” e clicar em “OK”;



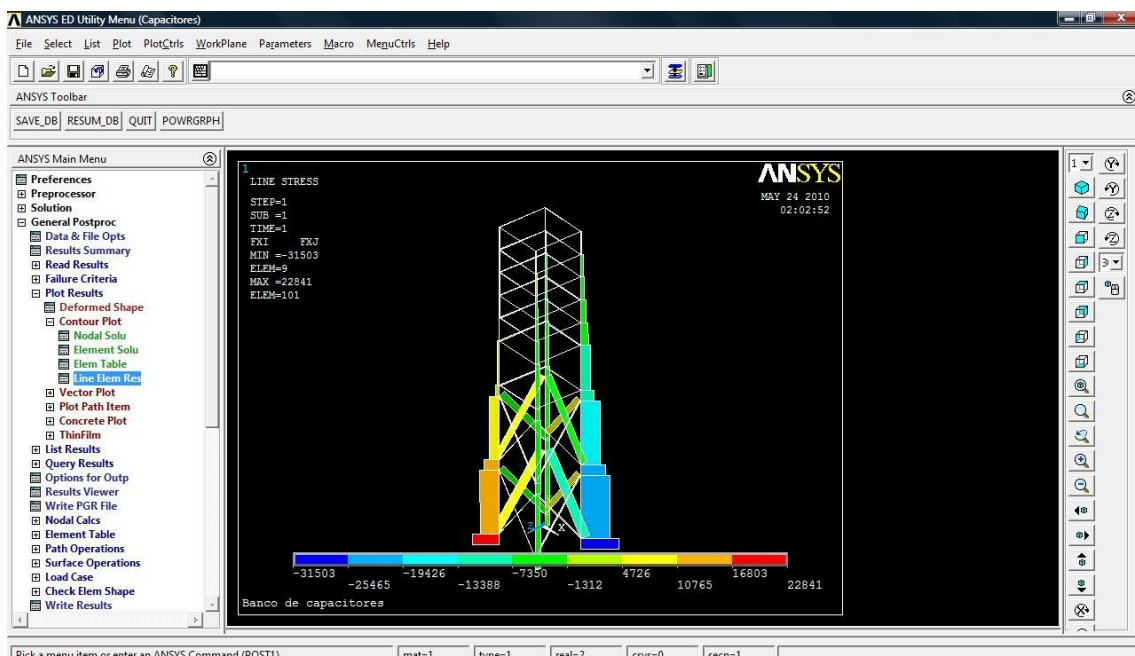
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “List Results”, “Reaction Solution” para listar as reações nodais;
- ✓ Inserir na janela que abrir:
 - Lab **All Items**
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Line Elem Res” para plotar os resultados do elemento;
- ✓ Na janela “Plot Line-Element Results, selecionar:
 - LABI **MZI**
 - LABJ **MZJ**
- ✓ Clicar em “OK”;

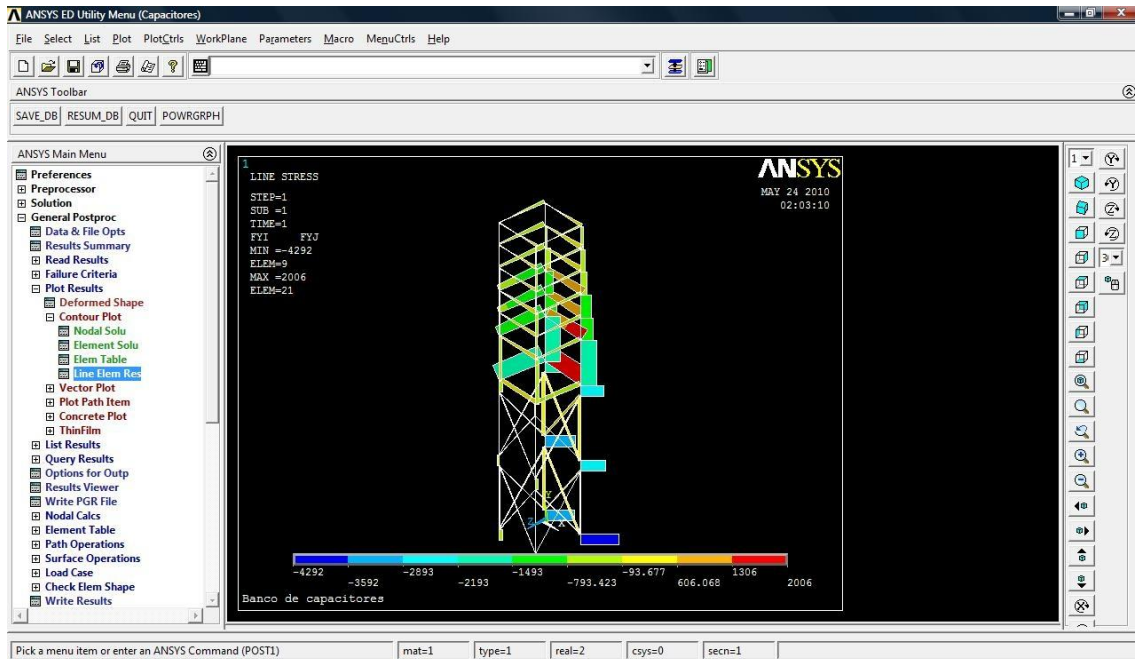


- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Line Elem Res” para plotar os resultados do elemento;
- ✓ Na janela “Plot Line-Element Results, selecionar:
 - LABI **FXI**
 - LABJ **FXJ**
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Line Elem Res” para plotar os resultados do elemento;
- ✓ Na janela “Plot Line-Element Results, selecionar:

- LABI
 - LABJ
 - ✓ Clicar em “OK”;
- FYI
FYJ



- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE_DB”.

5. SALVANDO ARQUIVOS E SAINDO DO PROGRAMA:

- ✓ No ANSYS Tollbar, clicar em “SAVE_DB” para salvar no Data Base;
- ✓ Ainda no ANSYS Toolbar, clicar em “QUIT”;
- ✓ Na nova janela, selecionar a opção “Save everything” e clicar em “OK”.