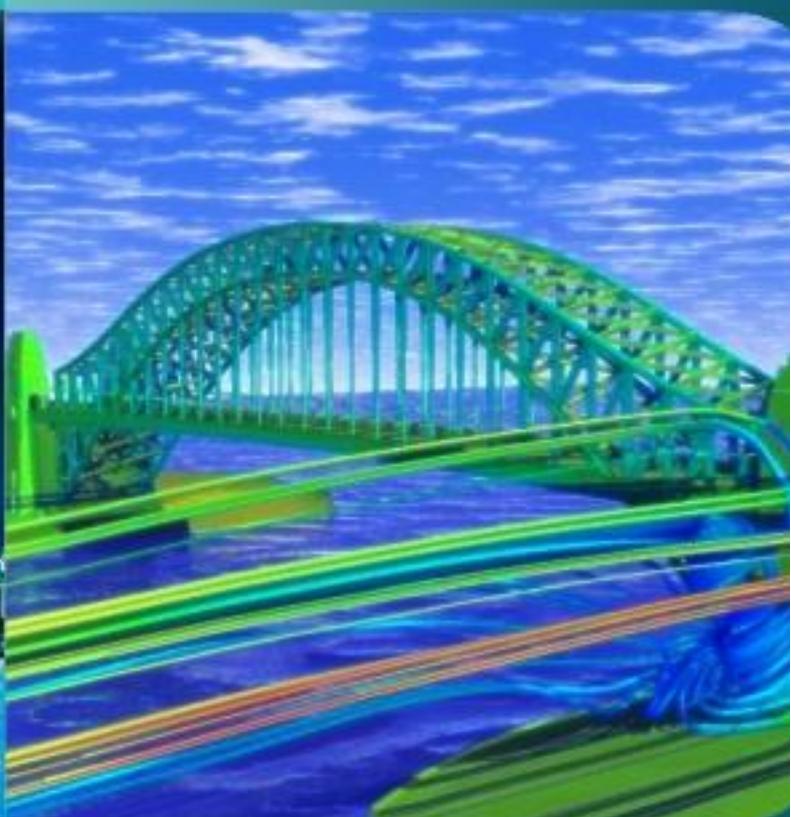




2010

# Método dos Elementos Finitos Aplicados à Engenharia de Estruturas



Prof<sup>a</sup>. Mildred B. Hecke  
Universidade Federal do Paraná  
Versão 1.0.0.0



ESCADA EM BALANÇO



### **PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS**

- As dimensões estão descritas na figura acima;

### **PROPRIEDADES DOS MATERIAIS**

- $E_X = 1.5E6 \text{ tf/m}^2$ ;
- $\nu_{XY} = 0.2$ .

### **CARGA**

- Carregamento nos lances:  $P_1 = 0.962 \text{ tf/m}^2$ ;
- Carregamento no patamar:  $P_2 = 1 \text{ tf/m}^2$ .

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: “**Escada - Malha 1**”;
- ✓ 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: “**ESCADA**”;
- ✓ 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.

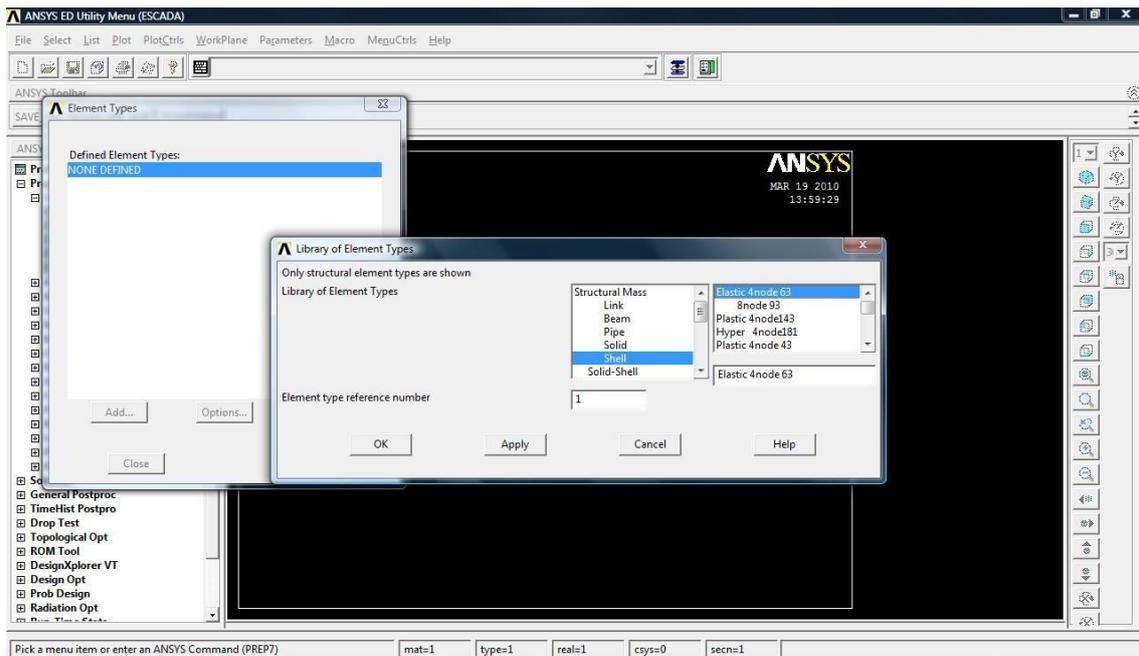
## 2. ENTRA NA FASE DE PRÉ-PROCESSAMENTO

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

B

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

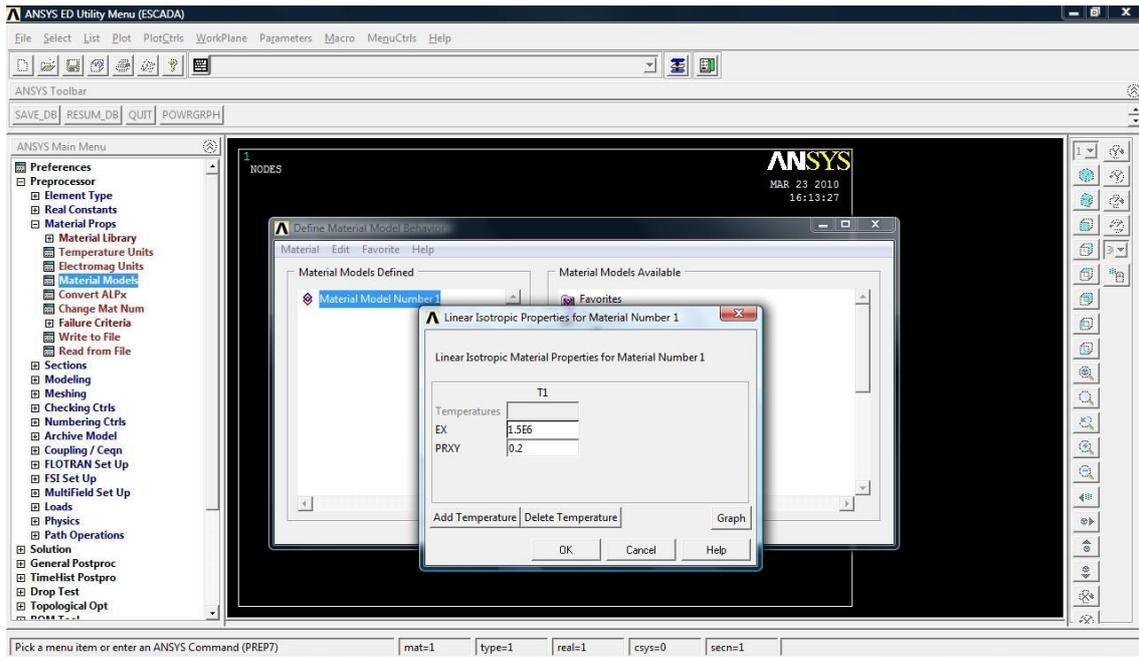
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Element Type”;
- ✓ Dentro do “Element Type”, selecionar “Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para selecionar um novo elemento.
- ✓ Outra janela se abrirá, então no “Library of Element Types” selecionar o elemento “**Structural Shell**”, “**Elastic 4node63**” e clicar em “OK”;
- ✓ Fechar a janela “Element Types”.



C

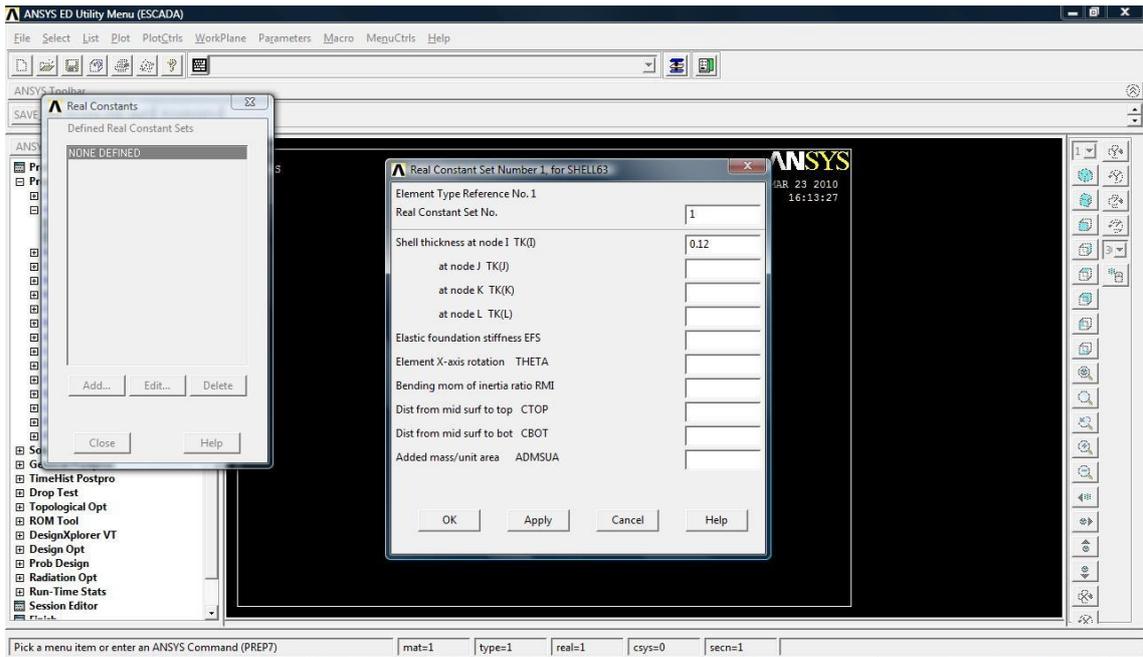
## 2.2. **Defina as propriedades do material:**

- ✓ 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 na lacuna PRXY o valor do Coeficiente de Poisson e clicar em “OK”:
  - EX = **1.5E6**;
  - PRXY = **0.2**;
- ✓ Fechar a janela “Define Material Model Behavior”.



### 2.3. Define Constantes Geométricas:

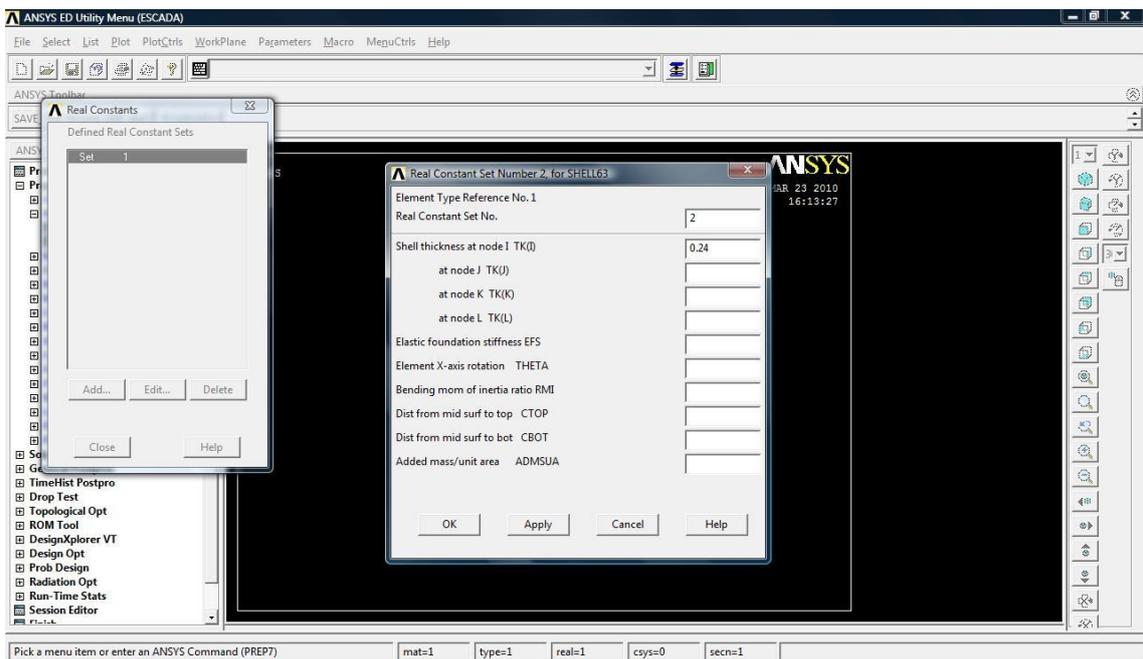
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Real Constants”;
- ✓ Dentro do “Real Constants”, selecionar “Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para adicionar novas constantes geométricas;
- ✓ Uma nova janela se abrirá então selecionar o tipo de elemento em “Choose element type” e clicar em OK;
- ✓ A janela “Real Constants Set Number 1, for “SHELL 63” irá aparecer. Deve-se inserir:
  - Real Constant Set No. = 1
  - Shell Thickness TK(I) = 0.12
- ✓ Clicar em “APPLY”.



✓ A janela “Real Constants Set Number 2, for “SHELL 63” irá aparecer. Deve-se inserir:

- Real Constant Set No. = 2
- Shell Thickness TK(I) = 0.24

✓ Clicar em “OK”.



D

## 2.4. Cria o modelo geométrico:

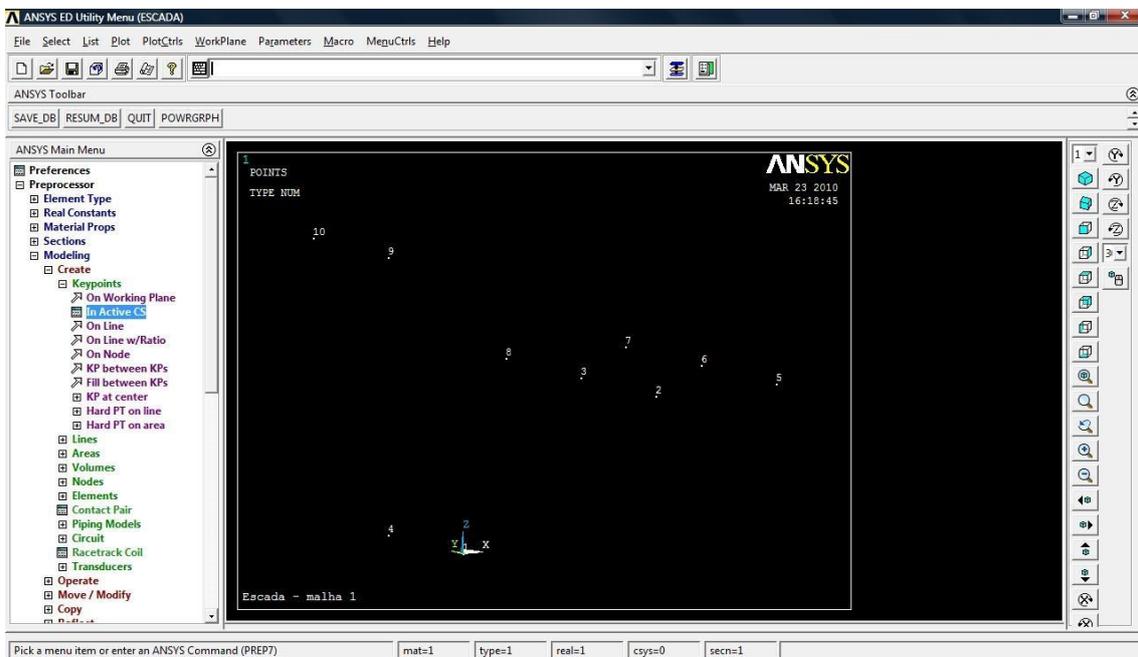
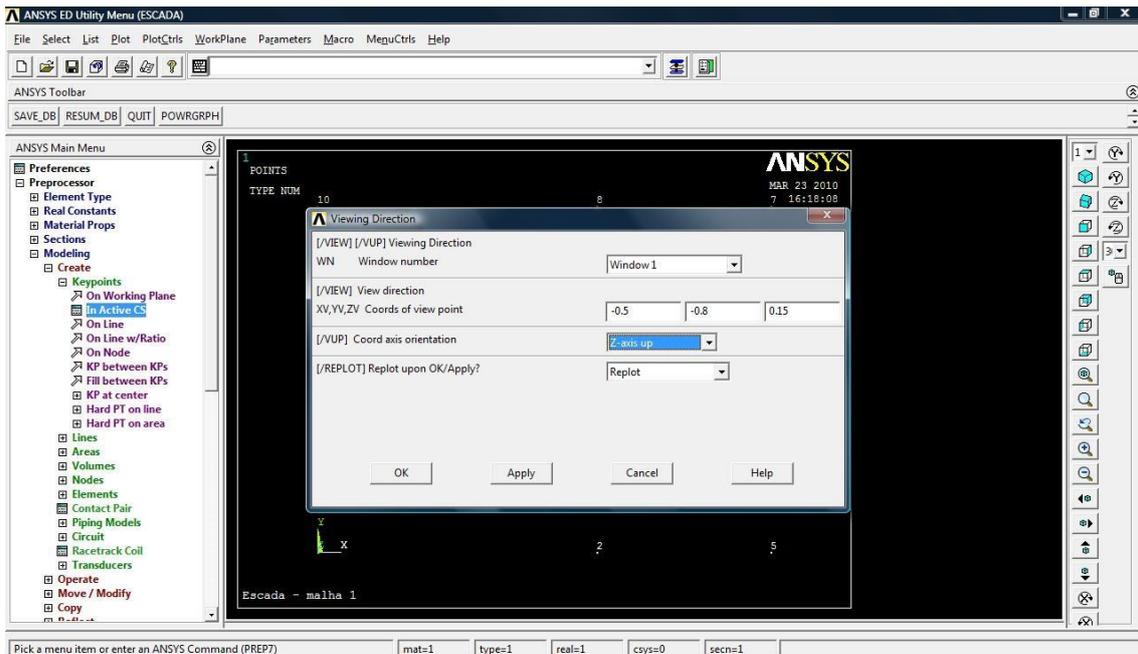
### 2.4.1. Cria o modelo geométrico:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Keypoints”, “In Active CS”;

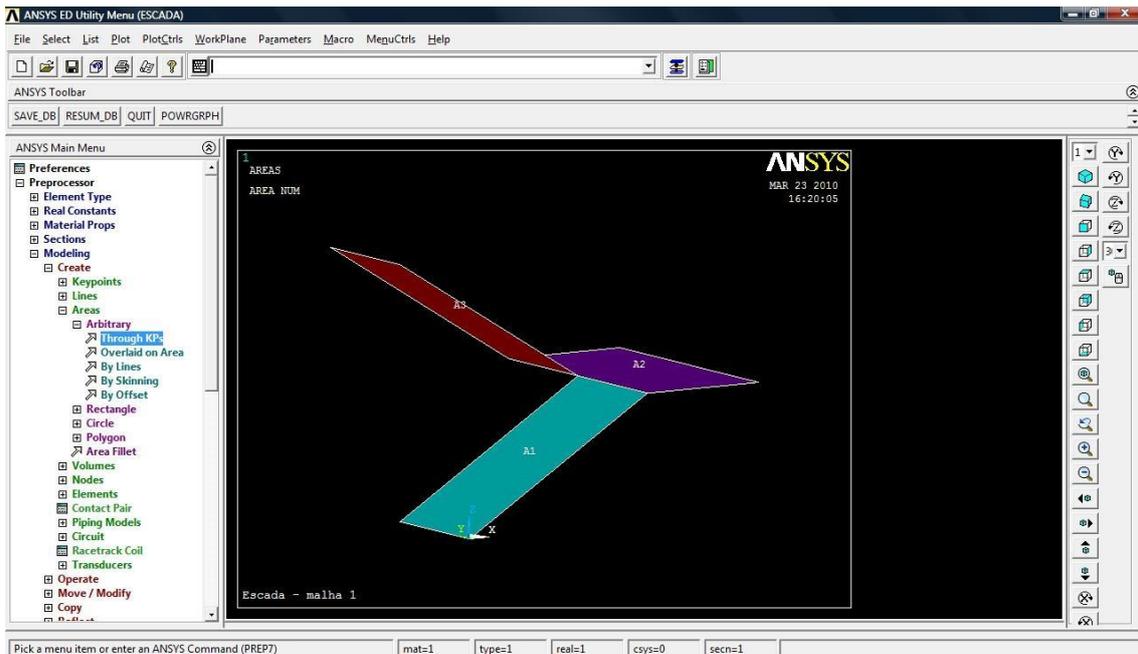
- ✓ Na nova janela que abrir, inserir um número para o keypoint que será criado em “NPT” e as coordenadas X e Y;
- ✓ Para criar o primeiro keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **1**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0          Y = 0          Z = 0**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **2**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 2.4          Y = 0          Z = 1.5**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **3**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 2.4          Y = 1.5          Z = 1.5**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **4**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0          Y = 1.5          Z = 0**
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **5**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 3.9          Y = 0          Z = 1.5**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **6**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 3.9          Y = 1.5          Z = 1.5**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **7**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 3.9          Y = 3          Z = 1.5**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **8**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 2.4          Y = 3          Z = 1.5**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **9**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0          Y = 1.5          Z = 3**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo keypoint:
  - NPT Keypoint Number: **10**;
  - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0          Y = 3          Z = 3**;
- ✓ Clicar em “OK”;

### 2.4.2. 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      **-0.5   -0.8   0.15**
  - [/VUP] Coord axis orientation      **Z-Axis up**
- ✓ Clicar em “OK”

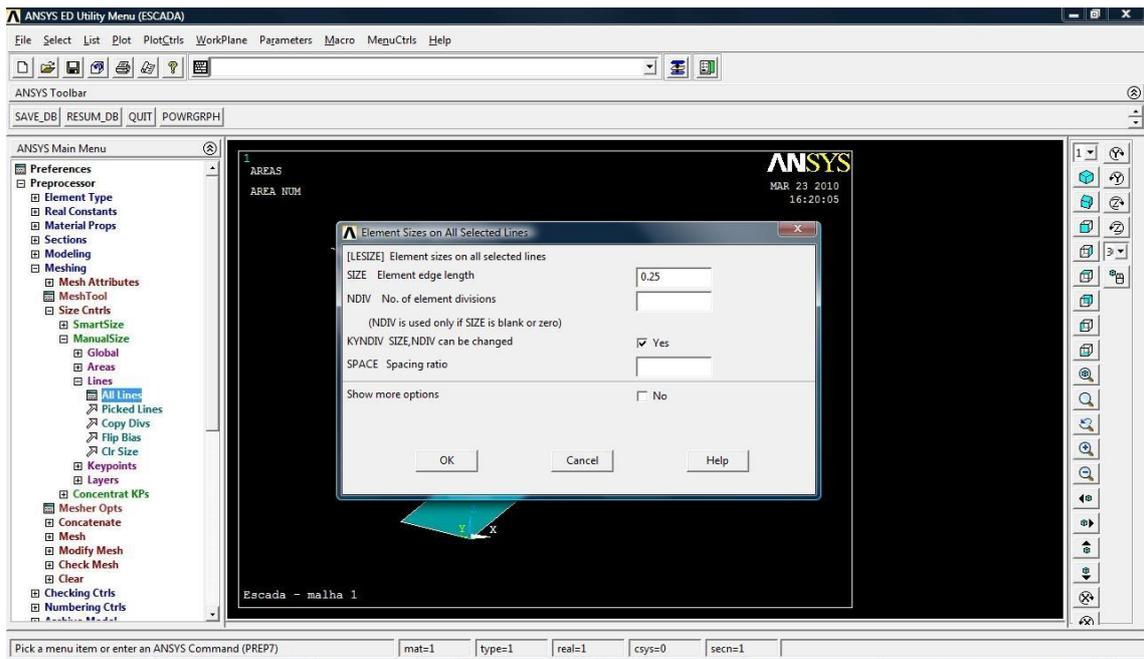


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Area”, “Arbitrary”, “Through KPs”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os keypoints 1, 2, 3 e 4;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os keypoints 2, 5, 6, 7, 8 e 3;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela que abrir, apontar os keypoints 9, 3, 8 e 10;
- ✓ Clicar em “OK”.

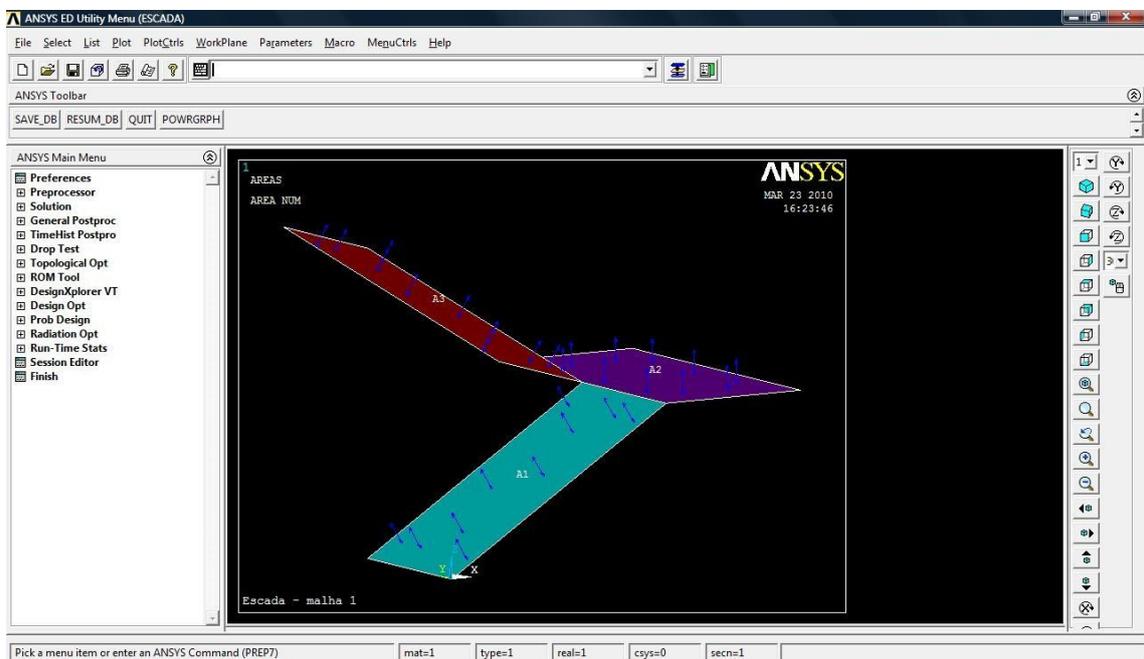


#### 2.4.3. Define tamanho dos elementos da malha:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “SizeCtrls”, “Manual Size”, “Lines”, “All Lines”;
- ✓ Na nova janela inserir:
  - SIZE Element edge length **0.25**
- ✓ Clicar em “OK”.



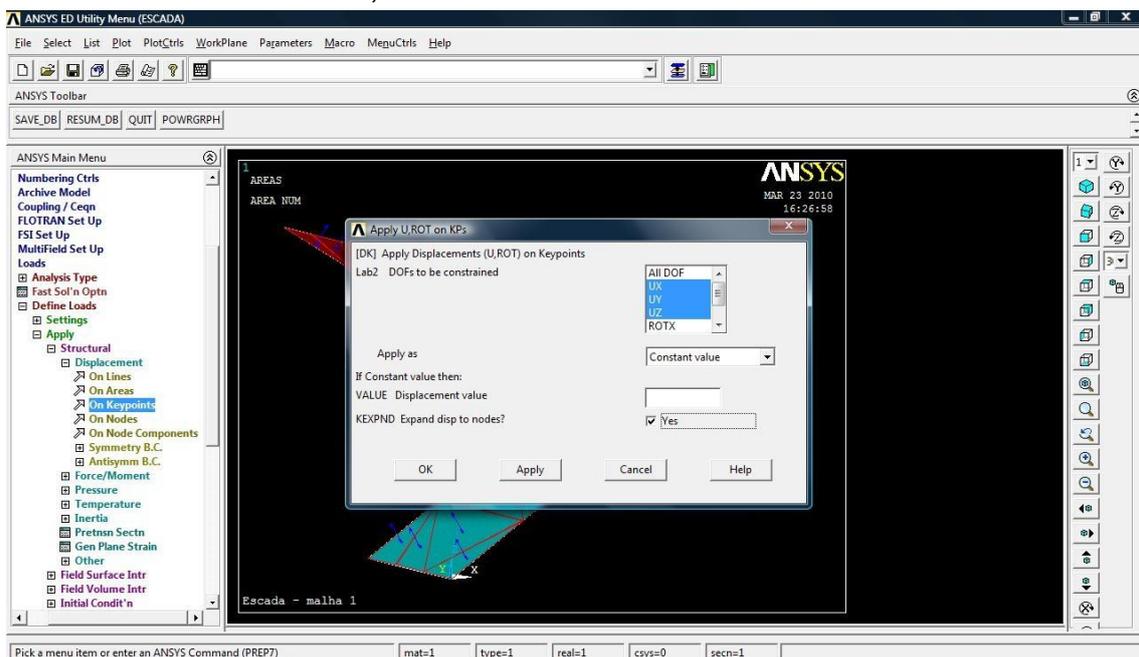
- ✓ Para plotar a direção das áreas, ir no “Utility Menu” e selecionar “PlotCtrls”, “Symbols”;
- ✓ Na nova janela selecionar a opção:
  - ADIR Area direction **ON**;
- ✓ Clicar em “OK”.



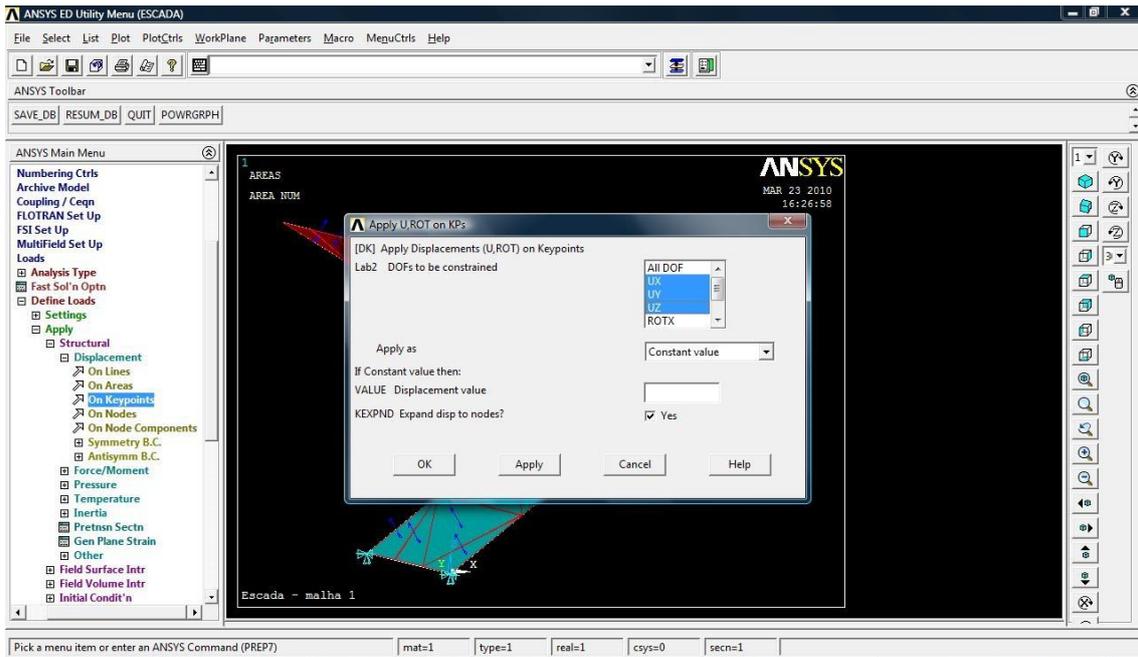
## 2.5. Aplicar as condições de contorno na modelagem sólida:

### 2.5.1. Fornece condição de contorno:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Keypoints”;
- ✓ Apontar os Keypoints **1 e 4** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “**UX, UY e UZ**”;
- ✓ Não esquecer de ligar o comando KEXPND:
  - KEXPND **Yes**
- ✓ Clicar em “APPLY”;

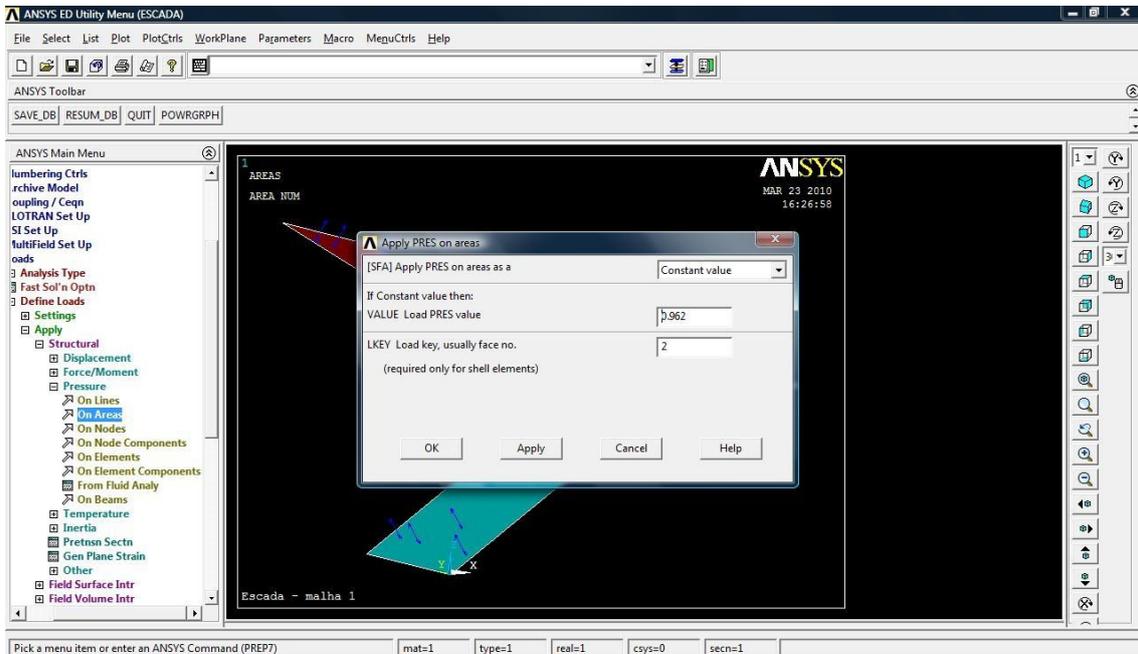


- ✓ Apontar os Keypoints **9 e 10** e clicar em “OK”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “**UX, UY e UZ**”;
- ✓ Não esquecer de ligar o comando KEXPND:
  - KEXPND **Yes**
- ✓ Clicar em “OK”;



### 2.5.2. Aplicar as cargas:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Pressure”, “On Areas”;
- ✓ Apontar as áreas **1 e 3** e clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela inserir o valor da carga a ser distribuída na área:
  - VALUE **0.962**;
  - LKEY **2**
- ✓ Clicar em “APPLY”;



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Pressure”, “On Areas”;
- ✓ Apontar a área **2** e clicar em “OK”;



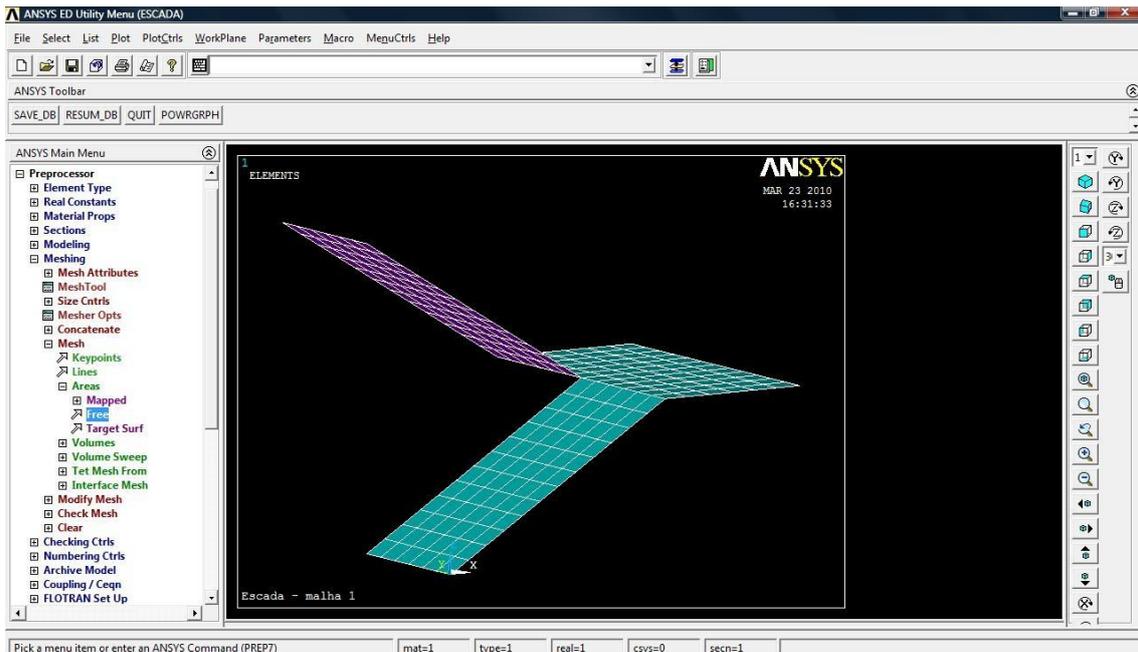
#### 2.5.4. Salvando dados no arquivo ESCADA.db

- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE\_DB”.

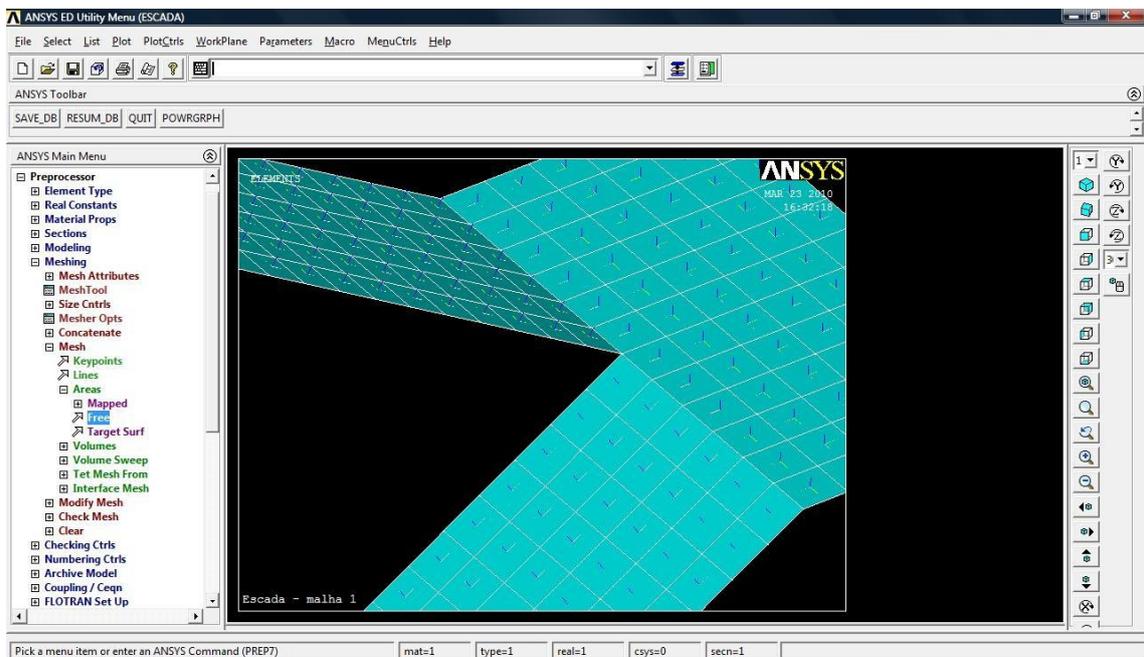
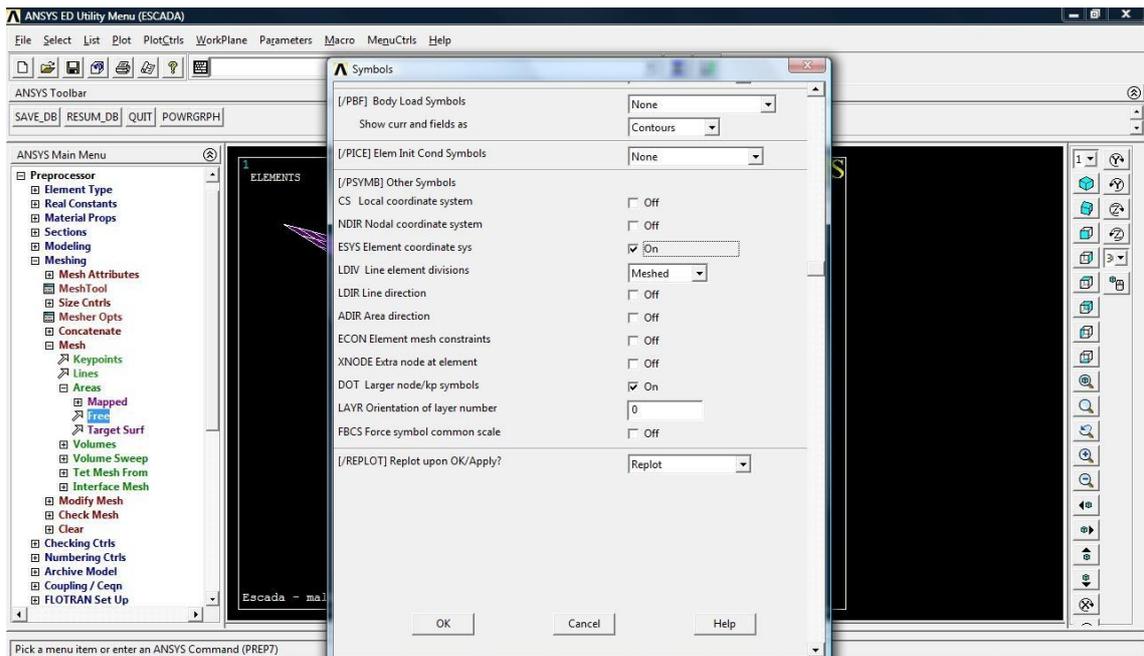
F

#### 2.6. Gera a malha de elementos finitos:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh”, “Areas”, “Free +”;
- ✓ Selecionar “PICK ALL”;



- ✓ Para plotar a direção dos elementos, ir no “Utility Menu” e selecionar “Plot Ctrls”, “Symbols”;
- ✓ Na nova janela selecionar a opção:
  - ESYS Element Coordinate Sys **ON**;
- ✓ Clicar em “OK”.



- ✓ Na malha (malha 1) com eixos locais, ficam evidentes as diferentes direções destes eixos para os elementos;

## 2.7. **Limpa memória:**

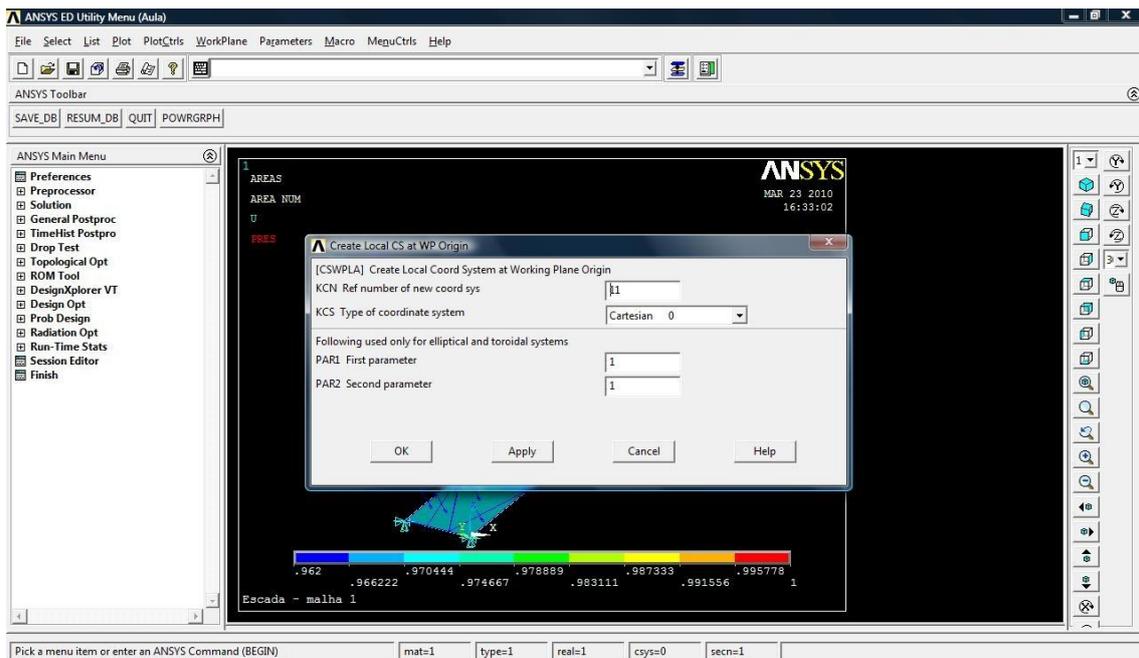
- ✓ No “ANSYS Utility Menu”, clicar em “File”, “Clear and Start New”;
- ✓ Na nova janela, selecionar “Do Not Read File” e clicar em “OK”;
- ✓ Uma nova janela aparecerá, então confirmar clicando em “Yes”

## 2.8. **Carrega arquivo previamente salvo:**

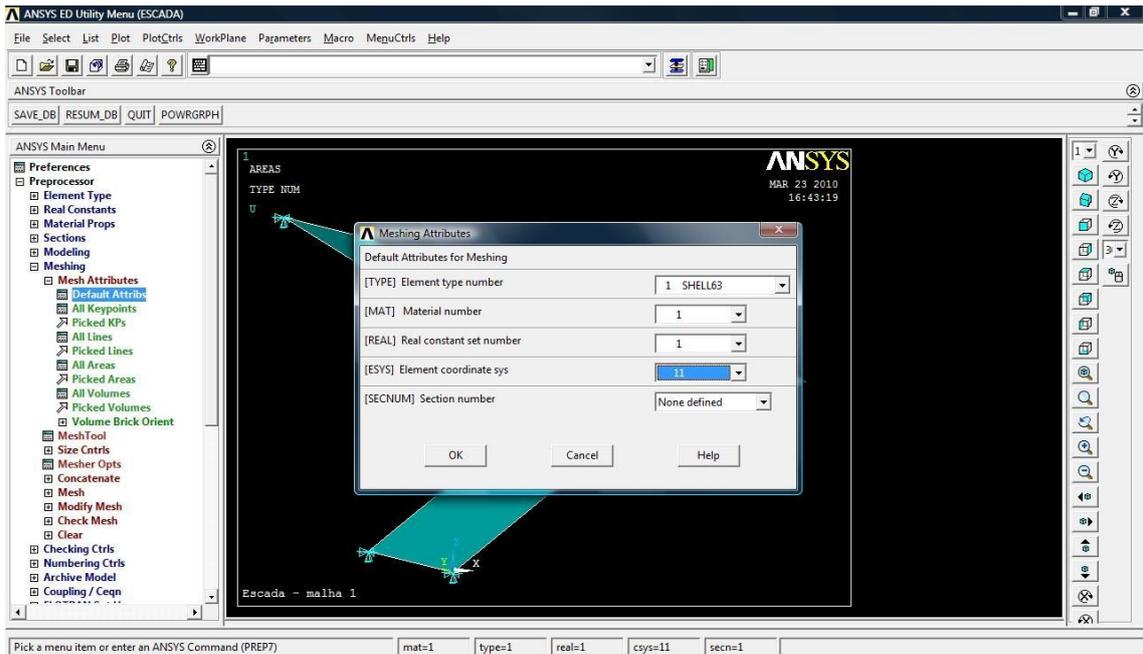
- ✓ No “ANSYS Utility Menu”, clicar em “File”, “Resume from...”;
- ✓ Abrir o arquivo “ESCADA.db”.

## 2.9. Forçar a geração de elementos no sistema de eixos global:

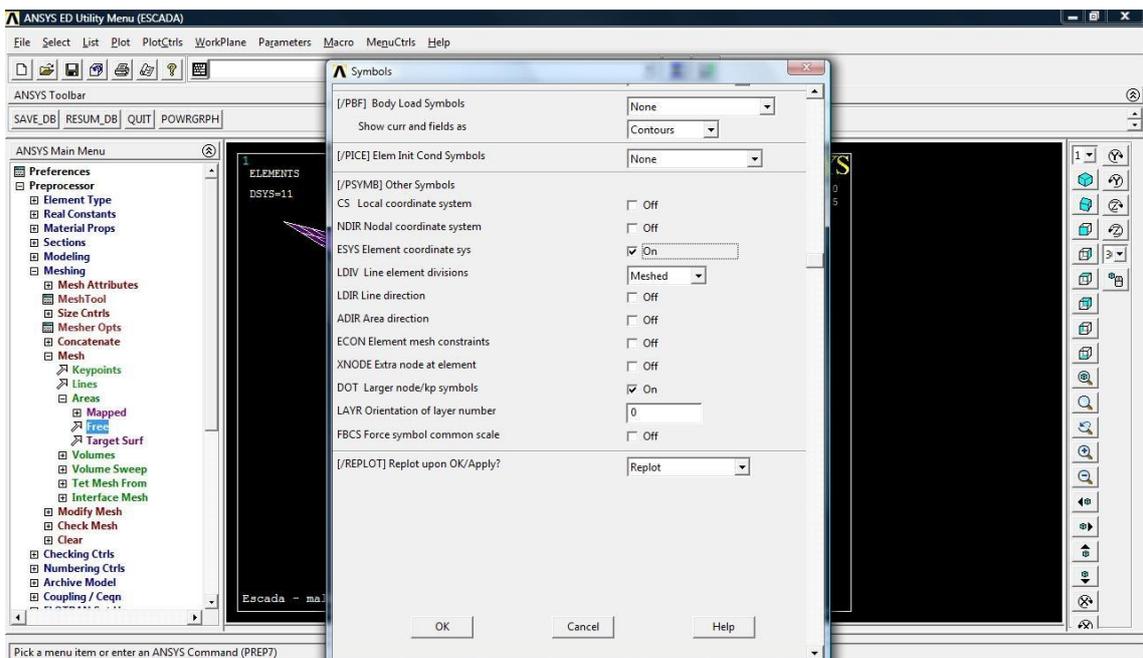
- ✓ No “Utility Menu”, ir em “Work Plane”, “Local Coordinate System”, “Create Local CS”, “at WP Origin” para criar um sistema de coordenadas;
- ✓ Na nova janela, inserir:
  - KCN Ref Number of new coord sys **11**
  - KCS Type of coordinate system **Cartesian 0**
- ✓ Clicar em “OK”



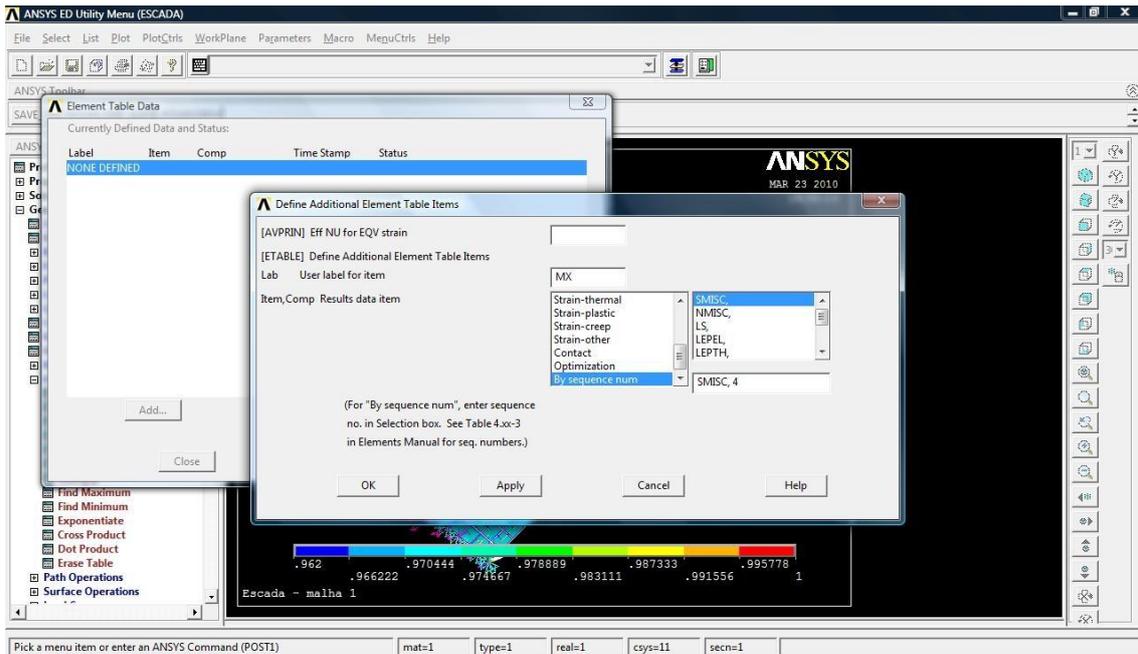
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh Attributes”, “Defaut Attribs”;
- ✓ Selecionar:
  - ESYS Element coordinate sys **11**
- ✓ Clicar em “OK”



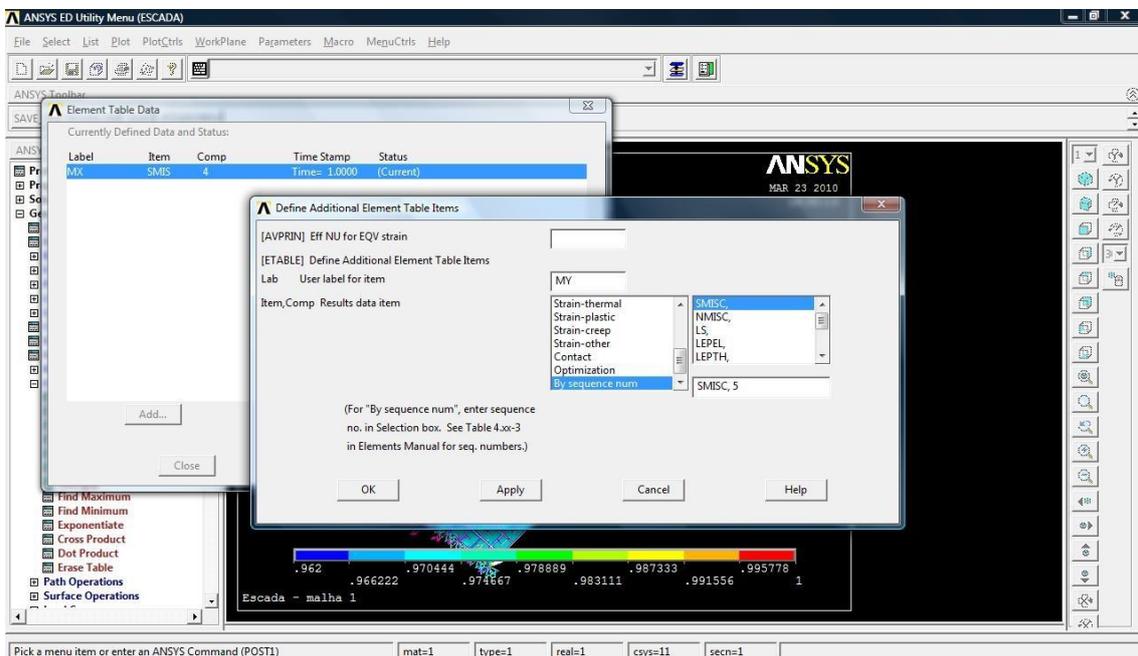
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh”, “Areas”, “Free +”;
- ✓ Selecionar “PICK ALL”;
- ✓ Para plotar a direção dos elementos, ir no “Utility Menu” e selecionar “PlotCtrls”, “Symbols”;
- ✓ Na nova janela selecionar a opção:
  - ESYS Element Coordinate Sys                    **ON**;
- ✓ Clicar em “OK”.



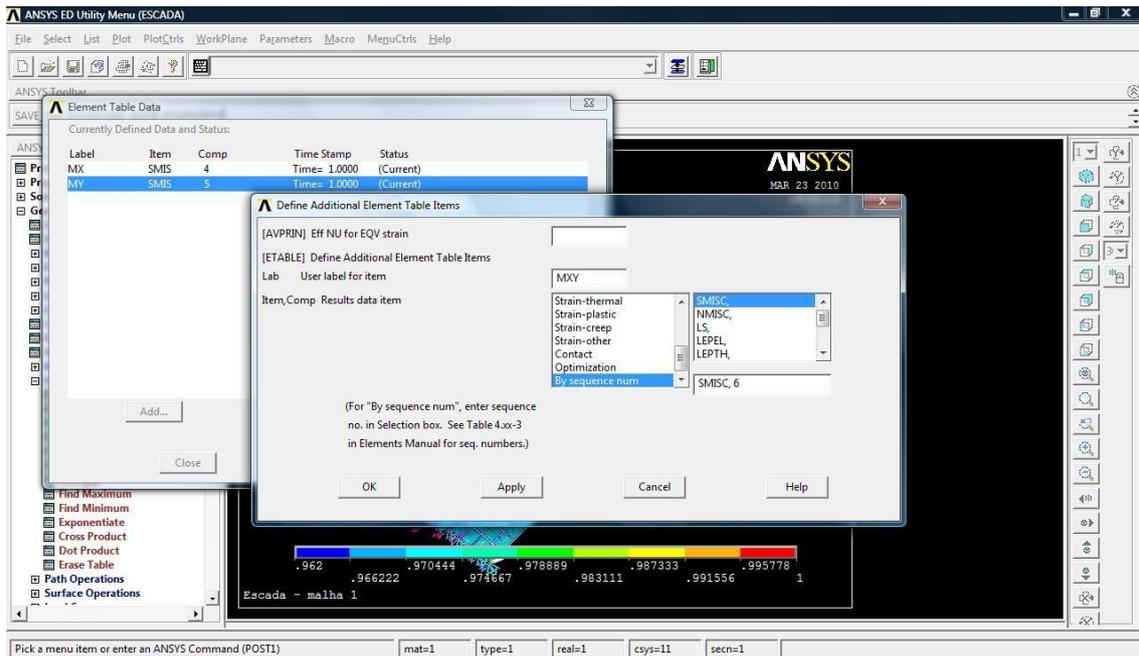




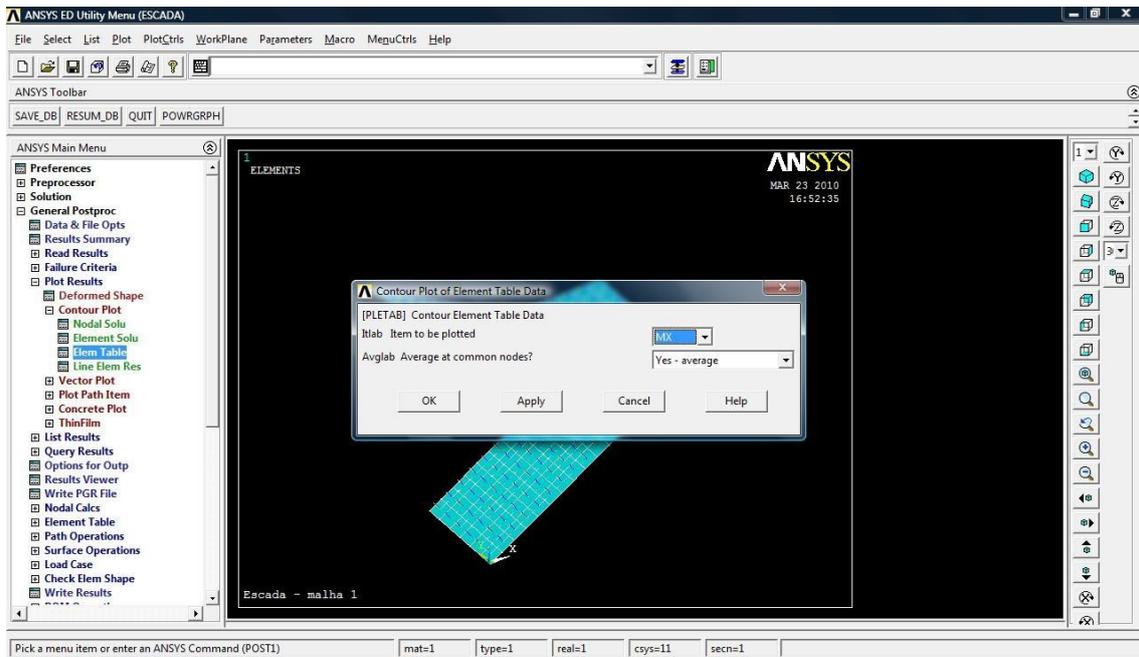
- ✓ Na nova janela, definir (momentos em Y):
  - LAB **MY**
  - Item, comp **By sequence number** **SMISC**  
**SMISC,5**
- ✓ Clicar em “APPLY”.

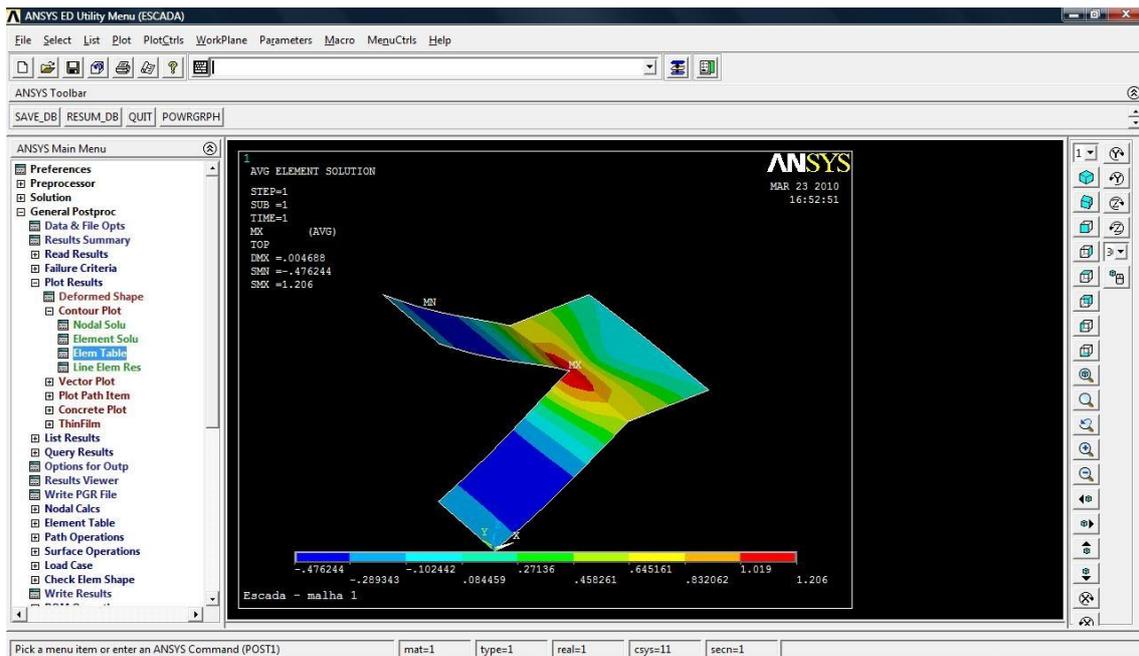


- ✓ Na nova janela, definir:
  - LAB **MY**
  - Item, comp **By sequence number** **SMISC**  
**SMISC,6**
- ✓ Clicar em “OK”.
- ✓

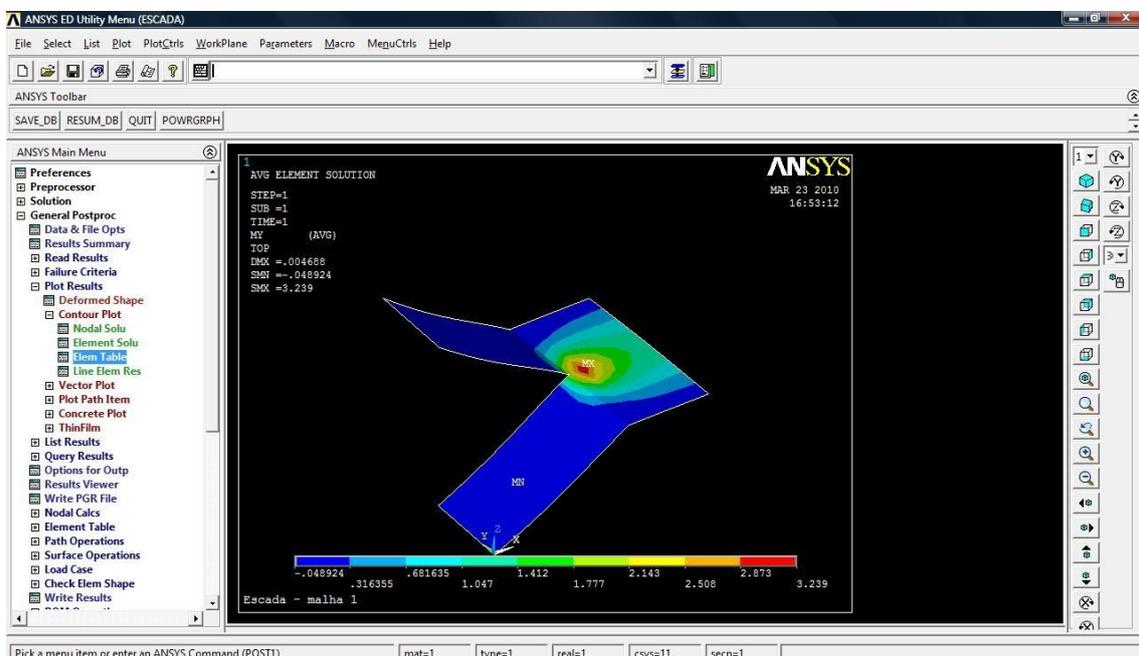


- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Element Table”;
- ✓ Na nova janela selecionar:
  - Itable **MX**
  - Avglab **Yes - average**
- ✓ Clicar em “OK”;



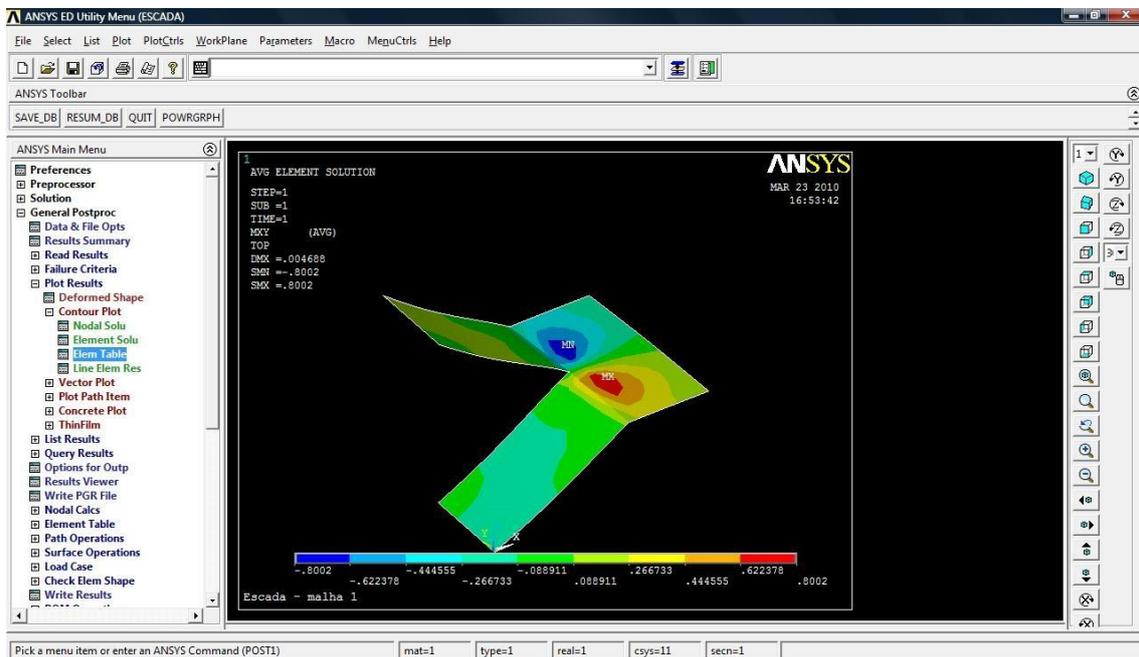


- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Element Table”;
- ✓ Na nova janela selecionar:
  - Itable **MY**
  - Avglab **Yes - average**
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Element Table”;
- ✓ Na nova janela selecionar:

- Itable
  - Avglab
  - ✓ Clicar em “OK”;
- MXY**  
**Yes - average**



## 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”.