



2010

Método dos Elementos Finitos Aplicados à Engenharia de Estruturas



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



TRELIÇA ESPACIAL COMPOSTA POR 6 NÓS E 12 BARRAS – UM MÓDULO DE TORRES DE TELECOMUNICAÇÕES

TRELIÇA ESPACIAL COMPOSTA POR 6 NÓS E 12 BARRAS – UM MÓDULO DE TORRES DE TELECOMUNICAÇÕES

INTRODUÇÃO

Pretende-se, exemplificar o uso do elemento de treliça espacial. Para tal, utilizaremos um módulo apenas de uma torre de telecomunicações, esquematizado na figura abaixo, considerando-se tal módulo submetido à força de arrasto provocado pelo vento.

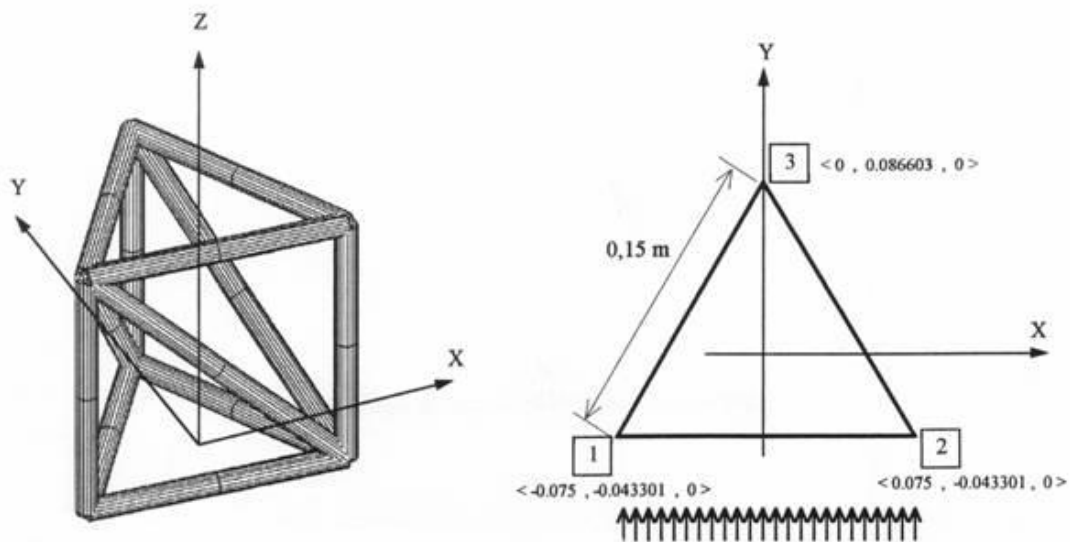


Figura 1 – Esquema de um módulo de torre a ser analisado.

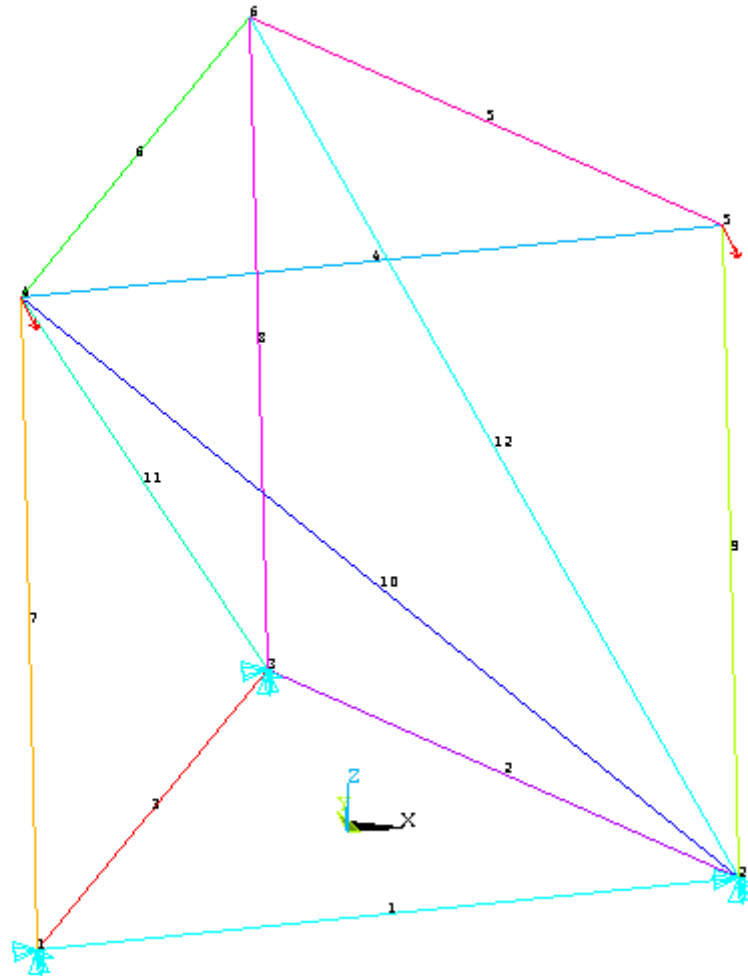


Figura 2 – Malha de elementos finitos. Numeração dos nós e elementos.

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

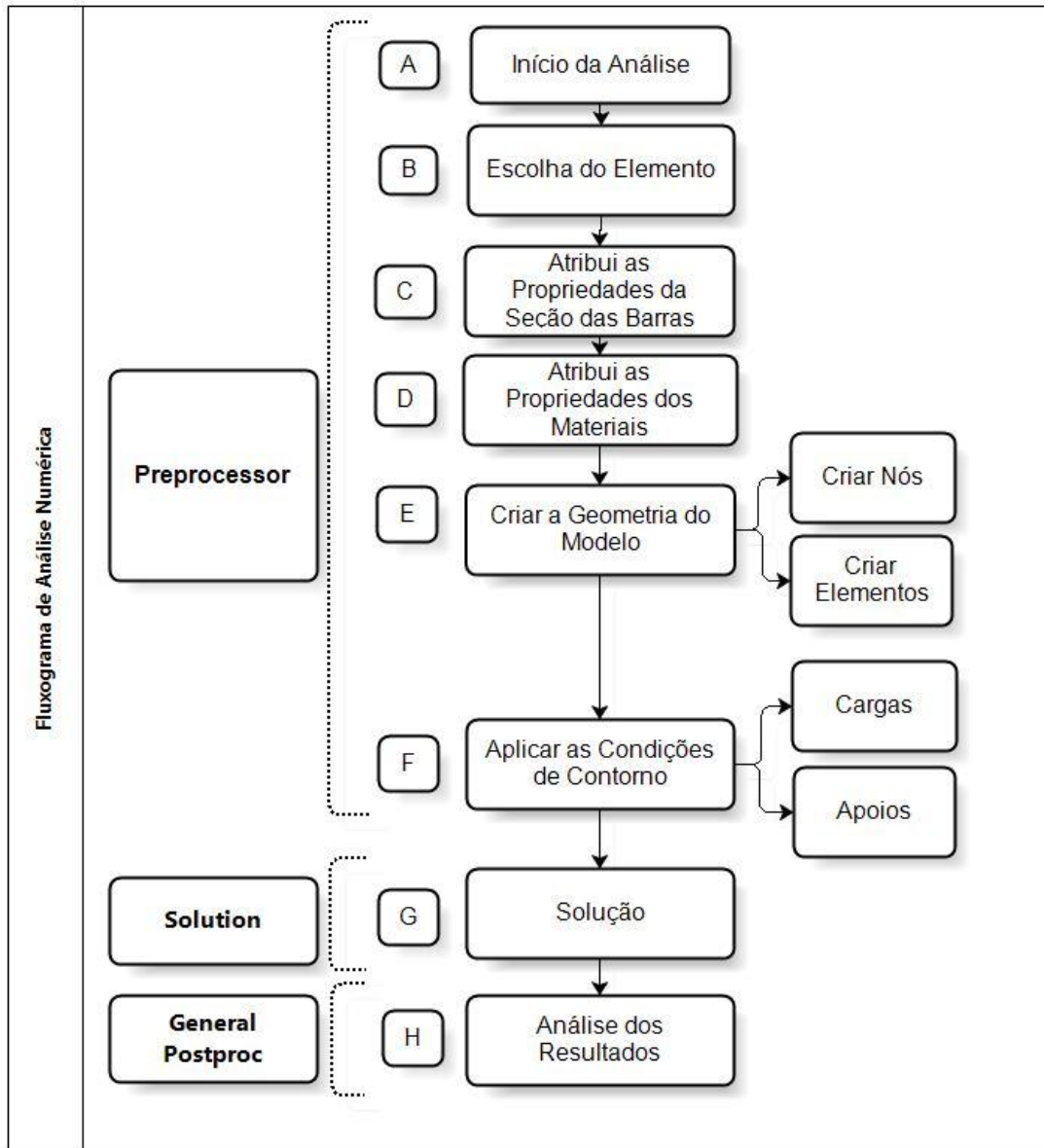
- Tubos de diâmetro igual 0.01 m e espessura $e = 0.002$ m, resultando para área da seção transversal $S = 5.02654E-5$.

PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

- Módulo de elasticidade do material das barras: $2.07E11$ Pa (aço ASTM A36).

RESOLUÇÃO

O procedimento de resolução pode ser demonstrado no seguinte fluxograma:



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: “**Torre 3D de telecomunicações – análise de um módulo**”;
- ✓ 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: “**Torre 3D**”;
- ✓ 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.

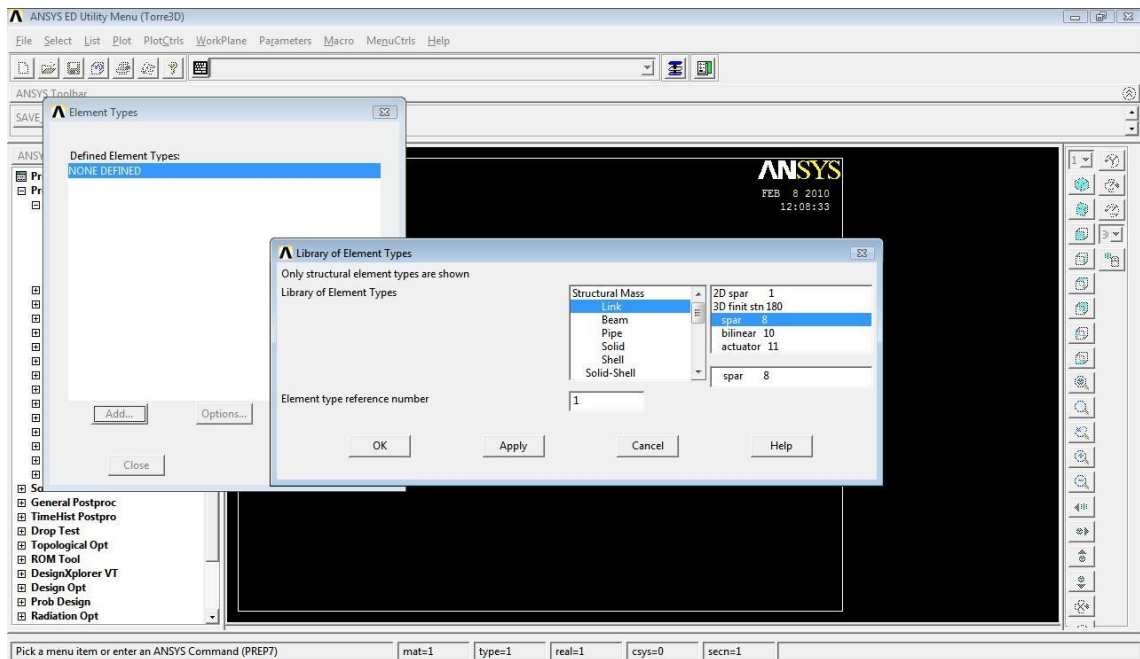
2. ENTRA NA FASE DE PRÉ-PROCESSAMENTO

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

B

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

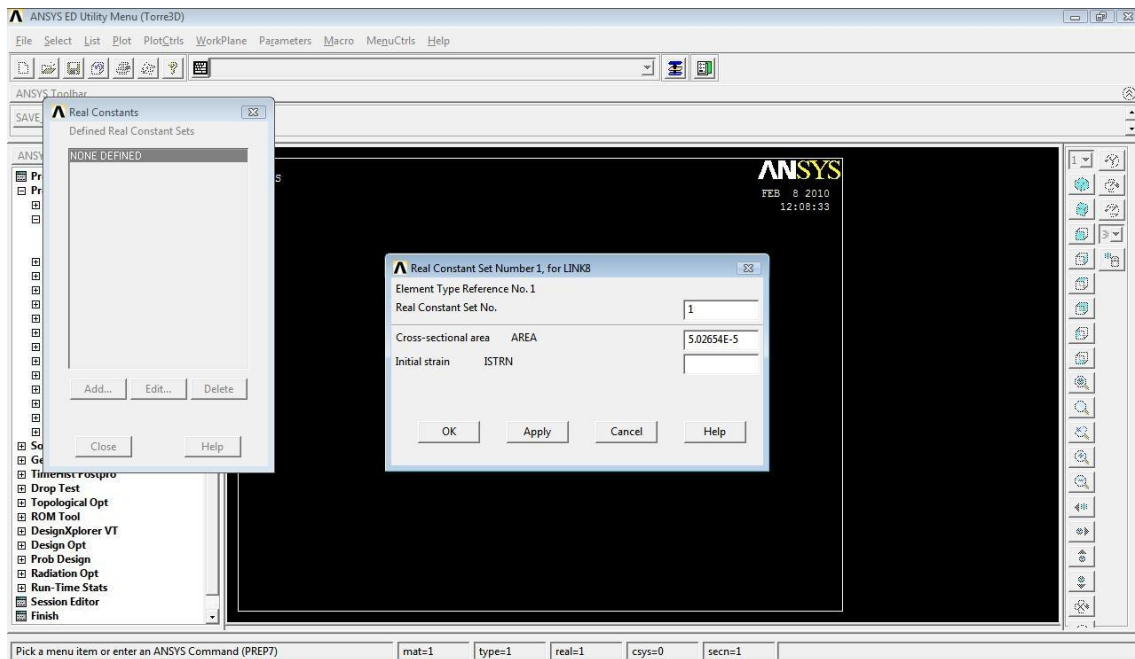
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Element Type”;
- ✓ Dentro do “Element Type”, selecionar “ Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para selecionar um novo elemento.
- ✓ Outra janela se abrirá, então no “Library of Element Types” selecionar o elemento “**Link**”, “**3D spar 8**” e clicar em “OK”.



C

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

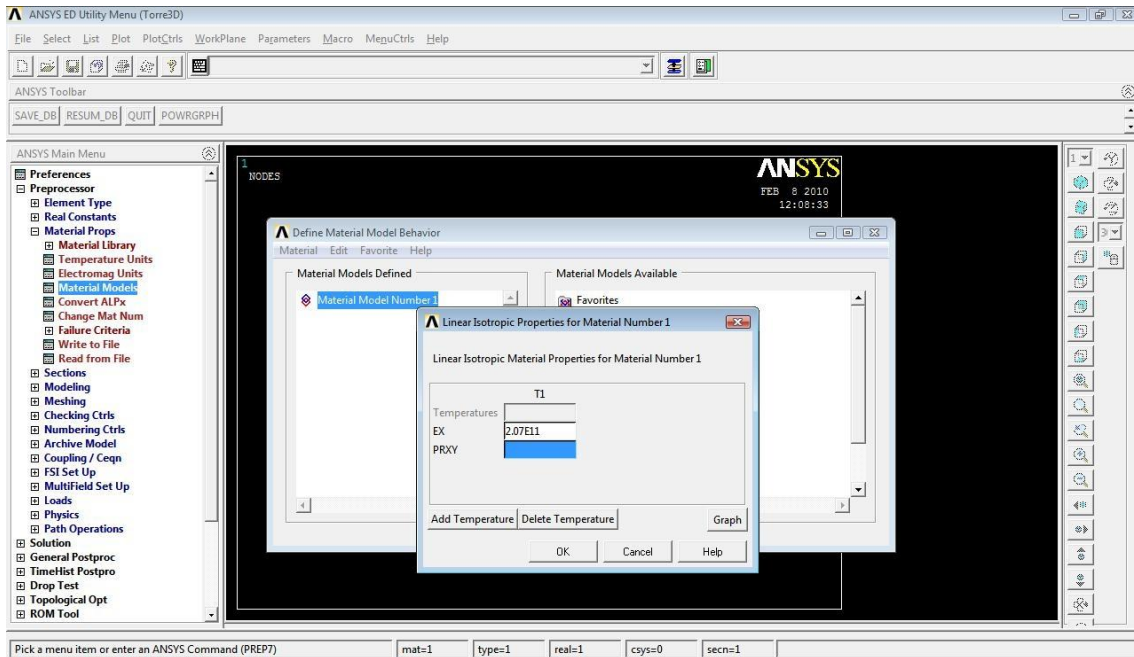
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Real Constants”;
- ✓ Dentro do “Real Constants”, selecionar “Add/Edit/Delete”;
- ✓ Na nova janela que abrir, clicar em “Add...” para adicionar uma nova área de seção transversal;
- ✓ Uma nova janela se abrirá então selecionar o tipo de elemento em “Choose element type” e clicar em OK;
- ✓ A janela “Real Constants Set Number 1, for LINK 8” irá aparecer. Deve-se inserir:
 - Real Constant Set No. = 1
 - Cross-sectional Area **AREA = 5.02654E-5**
- ✓ Clicar em “OK”.
- ✓ Clicar em “CLOSE”.



D

2.3. **Define as propriedades do material que compõe as barras:**

- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Material Props”;
- ✓ Dentro do “Material Props”, selecionar “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 = **2.07E11**;
- ✓ Fechar a janela “Define Material Model Behavior”.

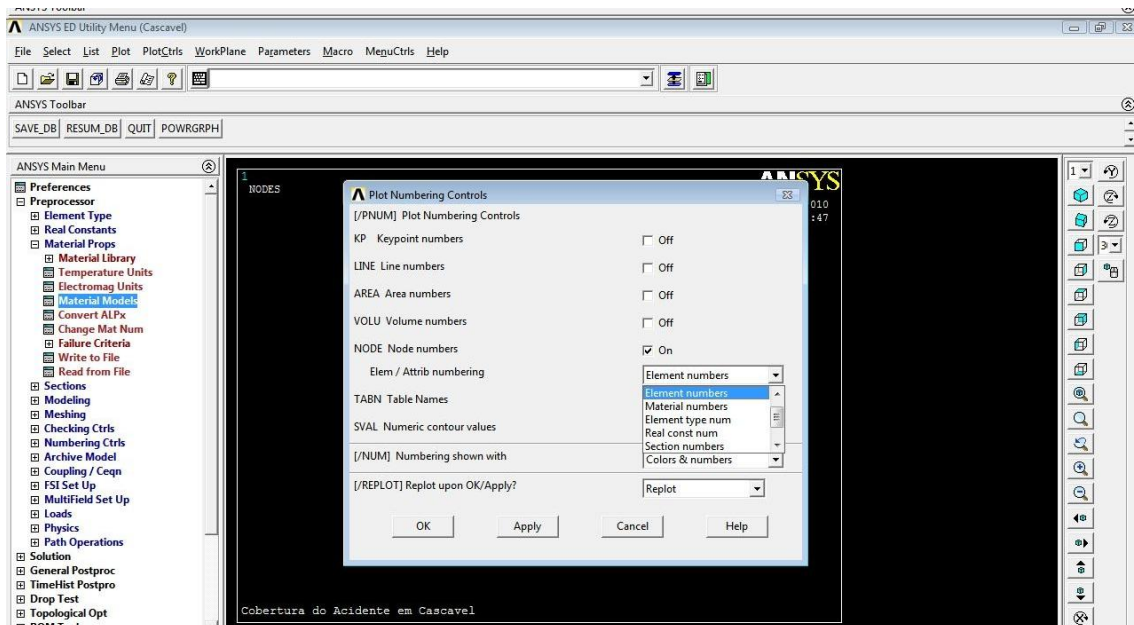


E

2.4. Cria o modelo geométrico:

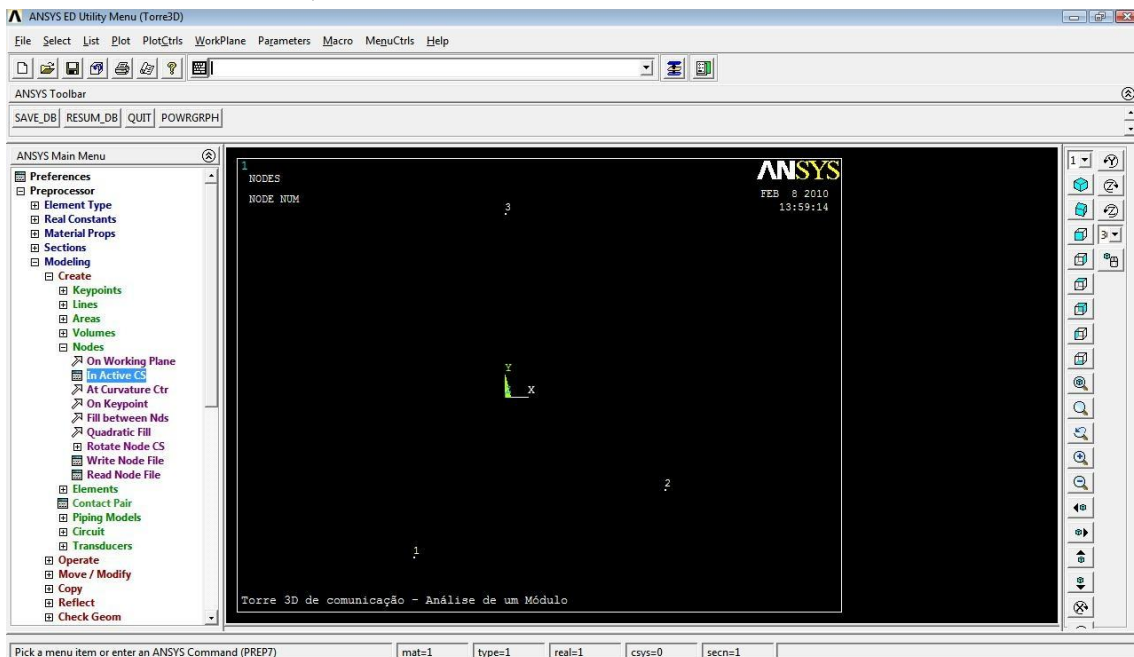
2.4.1. Numera nós e elementos:

- ✓ 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”.

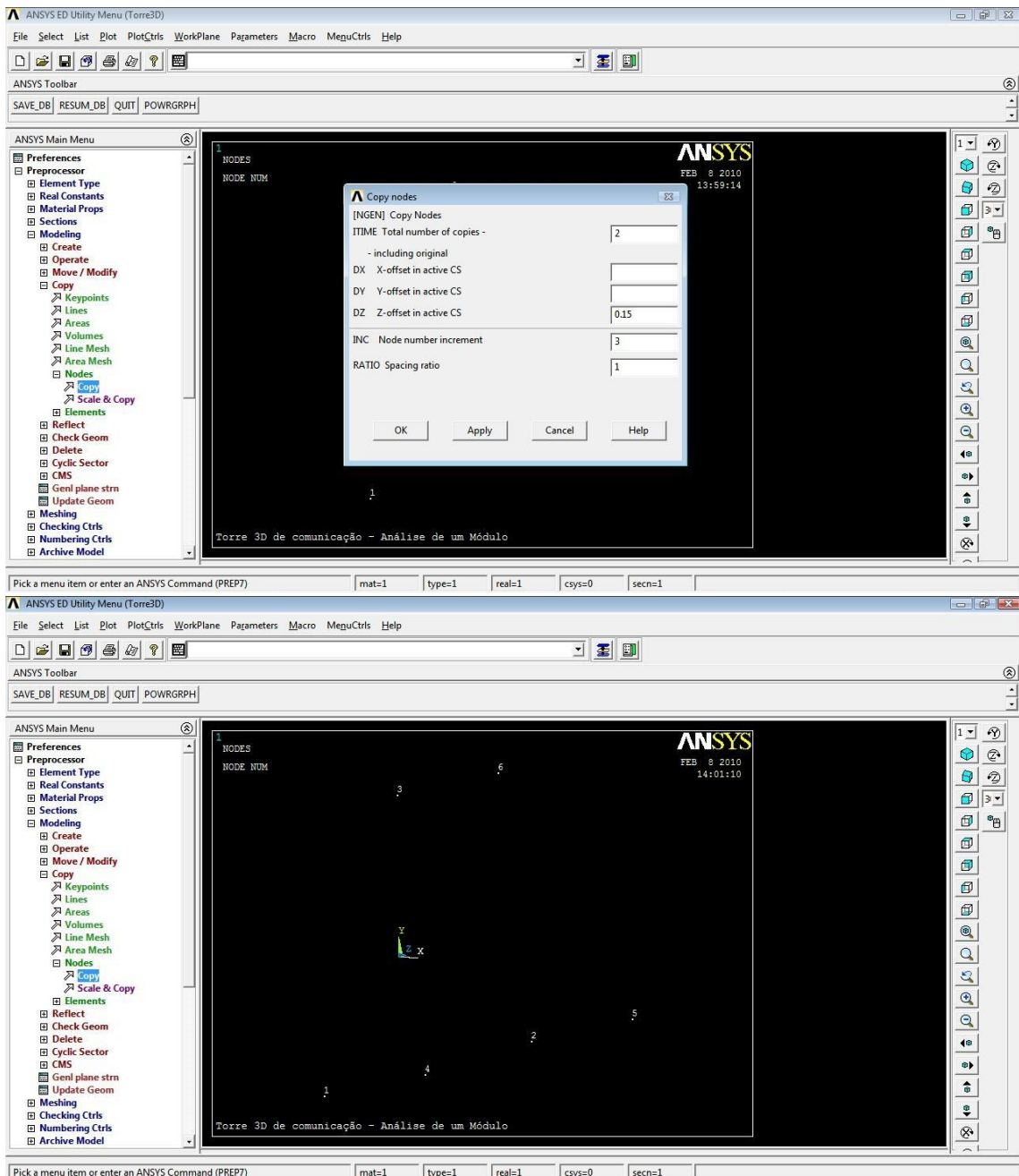


2.4.2. Cria os nós que compõe a malha de elementos finitos no sistema de coordenadas ativo:

- ✓ 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 = -0.043301 Y = -0.075**;
- ✓ Clicar em “APLY”;
- ✓ Para criar o próximo nó:
 - NODE Node Number : **2**;
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0.075 Y = -0.043301**;
- ✓ Clicar em “APPLY”;
- ✓ Para criar o próximo nó:
 - NODE Node Number : **3**;
 - X,Y,Z Location in active CS : **X = 0 Y = 0.086603**;
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Para gerar os nós 4, 5 e 6 usaremos o comando de geração (funciona como um “OFFSET”):
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Copy”, “Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir clicar em “PICK ALL”;
- ✓ Na janela “Copy nodes” [NGEN] determinar:
 - ITIME (número de cópias incluindo o modelo) = **2**;
 - DZ (Incremento na coordenadas z) = **0.15**;
 - NINC (Incremento no número do nó) = **3**;
- ✓ Clicar em “OK” e os nós 4, 5 e 6 serão criados.



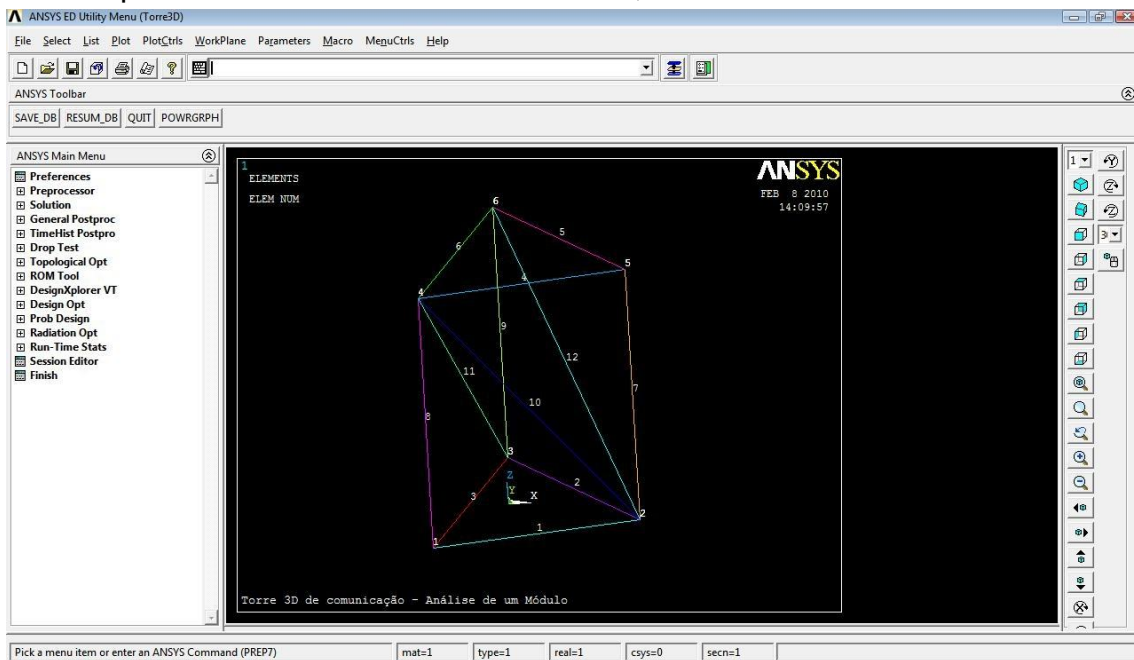
2.4.3. Muda a direção da plotagem:

- ✓ No ANSYS Utility Menu selecionar “PlotCtrls”, “Plot, Zoom, Rotate”;
 - Dynamic Mode;
 - Apertando o botão direito do mouse para girar.

2.4.4. Cria os elementos:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Elements Attributes” para selecionar qual dos atributos definidos serão introduzidos nos elementos a serem criados:
- ✓ Na nova janela que abrir escolher:
 - TYPE **1**
 - MAT **1**

- REAL 1
- ✓ Clicar em “OK”.
- ✓ Para criar os elementos que compõe o banzo inferior da treliça: dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Elements”, “Auto Numbered”, “Thru Nodes”;
- ✓ Apontar os nós 1 e 2 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 2 e 3 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 3 e 1 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 4 e 5 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 5 e 6 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 6 e 4 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 2 e 5 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 1 e 4 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 3 e 6 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 2 e 4 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 3 e 4 e clicar em “APPLY”;
- ✓ Apontar os nós 2 e 6 e clicar em “OK”;



F

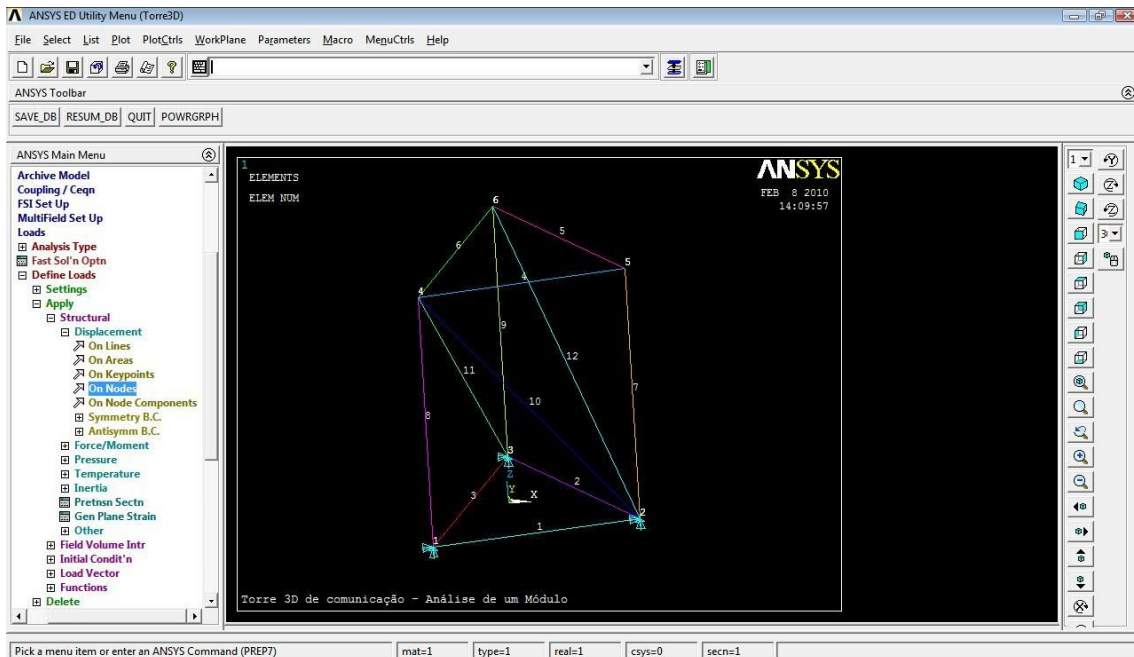
2.5. Aplicar as condições de contorno:

2.5.1. Aplicar apoios para o primeiro step de carga:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Nodes”;
- ✓ Na nova janela que abrir apontar os nós 1, 2 e 3 e clicar em “OK”;
- ✓ Outra janela irá aparecer então selecionar no campo “DOFs to be constrained” a opção “ALLDOF” (irá restringir o movimento dos nós 1, 2 e 3 em todas as direções) e 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 **4 e 5** e clicar em “APPLY”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - Direction of força/mom **FY**
 - VALUE Force/moment value **10.3762**
- ✓ Clicar em “OK”.



2.5.3. Salvando dados no arquivo Torre3D.db

- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE_DB”.

G

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”.

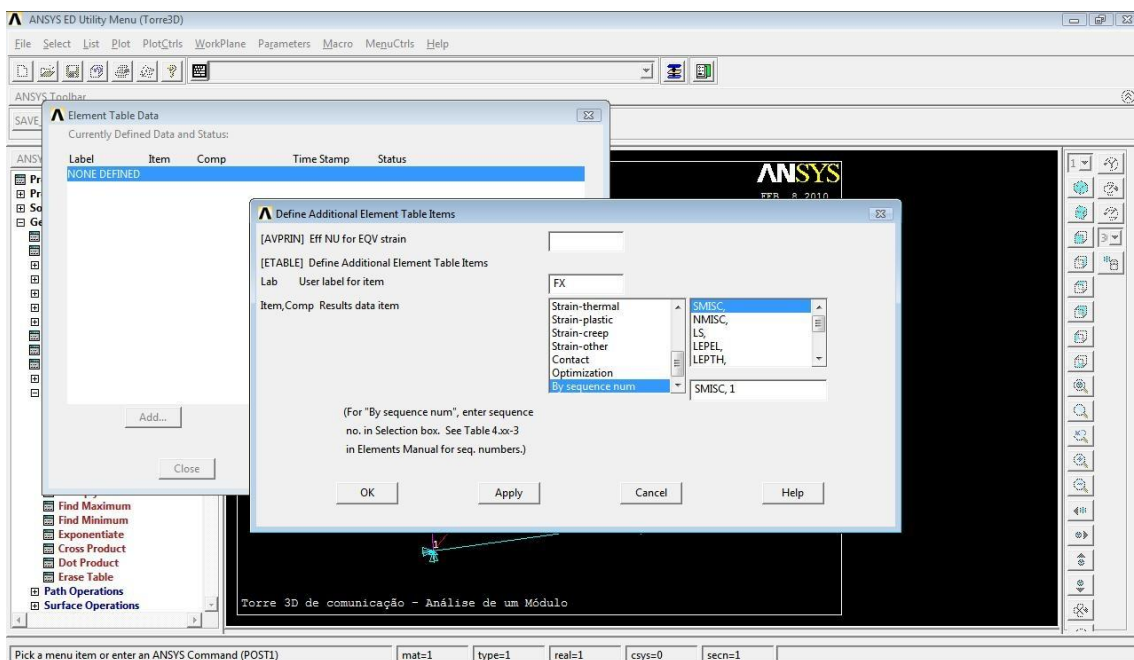
- ✓ No ANSYS Toolbar clicar em “SAVE_DB” para salvar os dados mais a solução no arquivo.

H

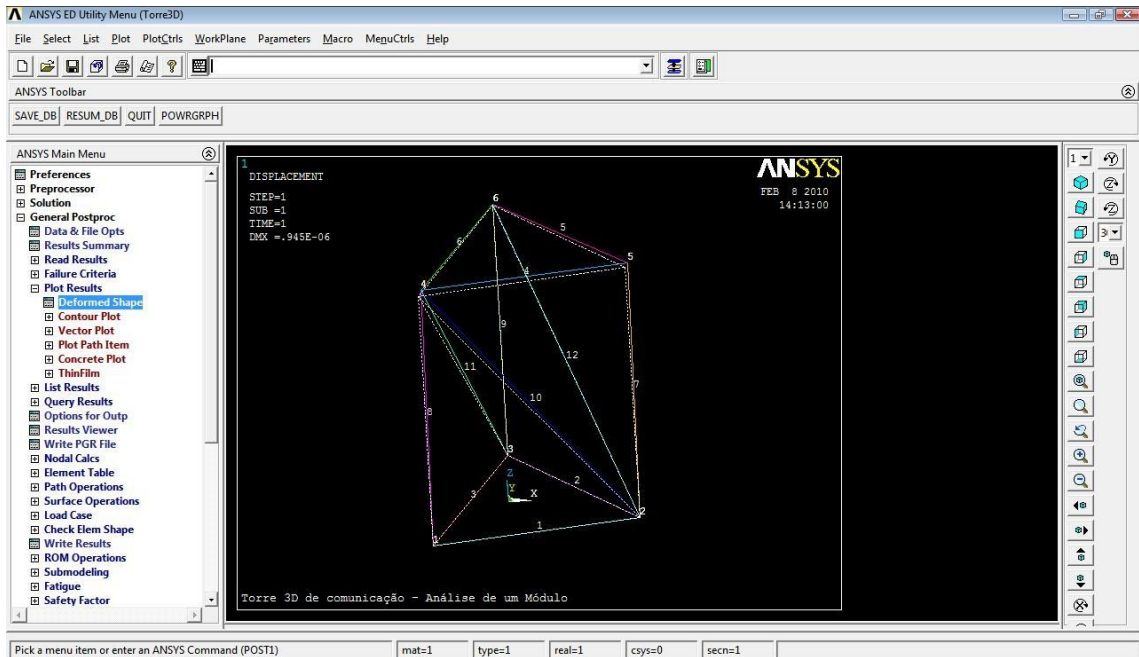
4. PÓS PROCESSAMENTO

4.1. Gera, lista e plota os resultados:

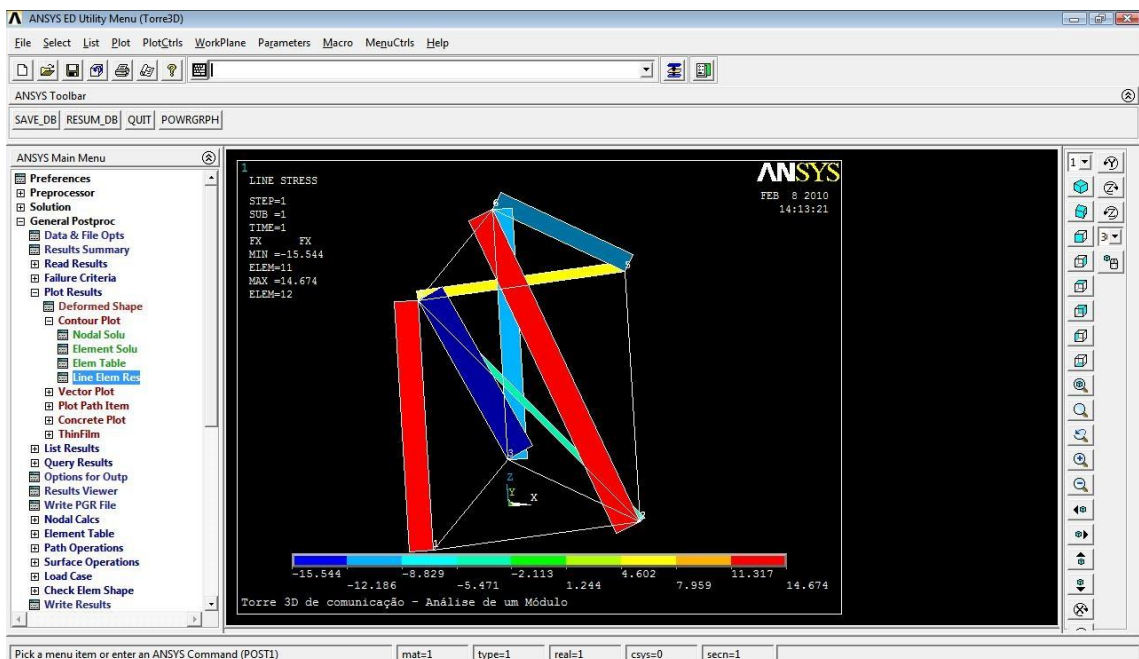
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Read Results”, “First Set” para recuperar, plotar e listar os resultados para o primeiro STEP de carga;
- ✓ Então, ainda dentro do “General Postproc” clicar em “Element Table”, “Define Table”, “Add”;
- ✓ Na nova janela, definir:
 - LAB **FX**
 - Item, comp **By sequence number** **SMISC**
SMISC,1
- ✓ Clicar em “OK” (Define itens adicionais para a tabela de resultados).
- ✓ Após, verificar a listagem da tabela e clicar em “CLOSE”.



- ✓ 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”, selecionar a opção “Def+undeformed” e clicar em “OK”;

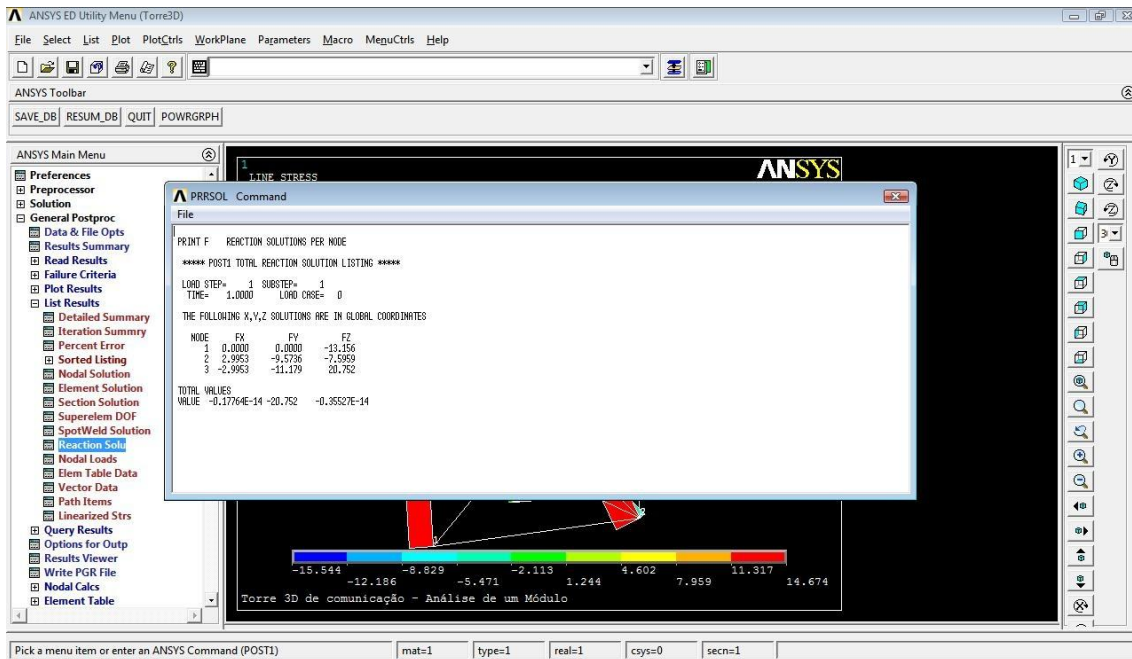


- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Contour Plot”, “Line Elem Res” para plotar os resultados do elemento;
- ✓ Na janela “Plot Line-Element Results, selecionar:
 - LABI **FX**
 - LABJ **FX**
- ✓ Clicar em “OK”;

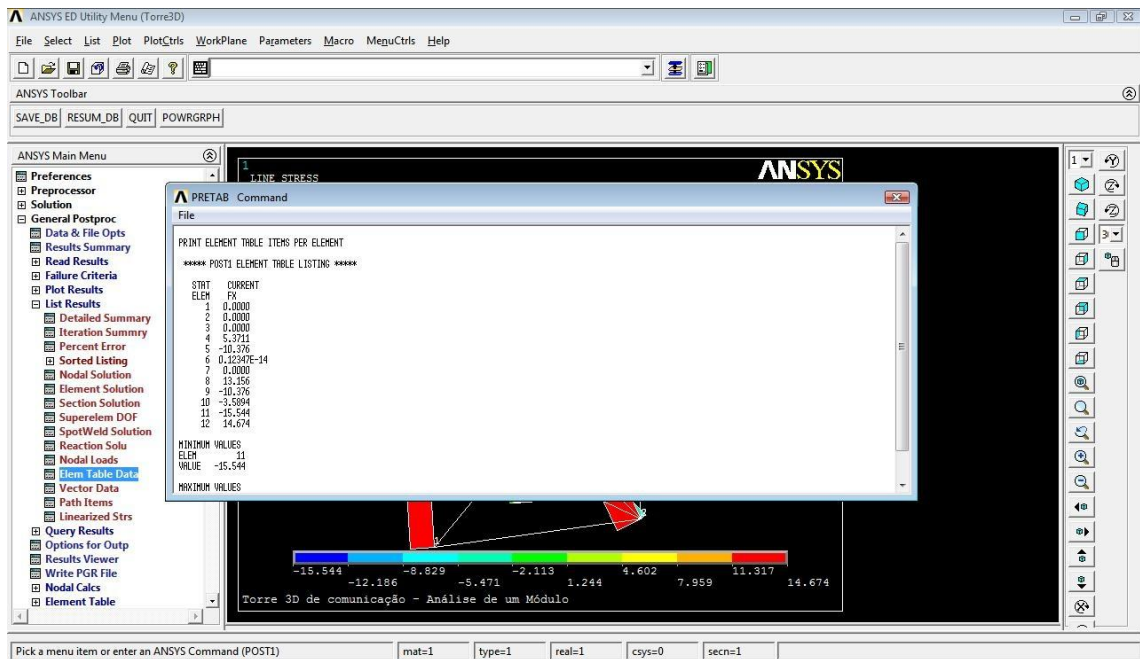


- ✓ Os resultados aparecerão em uma escala de cores;
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “List Results”, “Nodal Solution” para listar os deslocamentos dos nós;
- ✓ Inserir na janela que abrir:

- Item, comp DOF solution All U's UCOMP
- ✓ 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 Struc Forc F
- ✓ Clicar em “OK”;



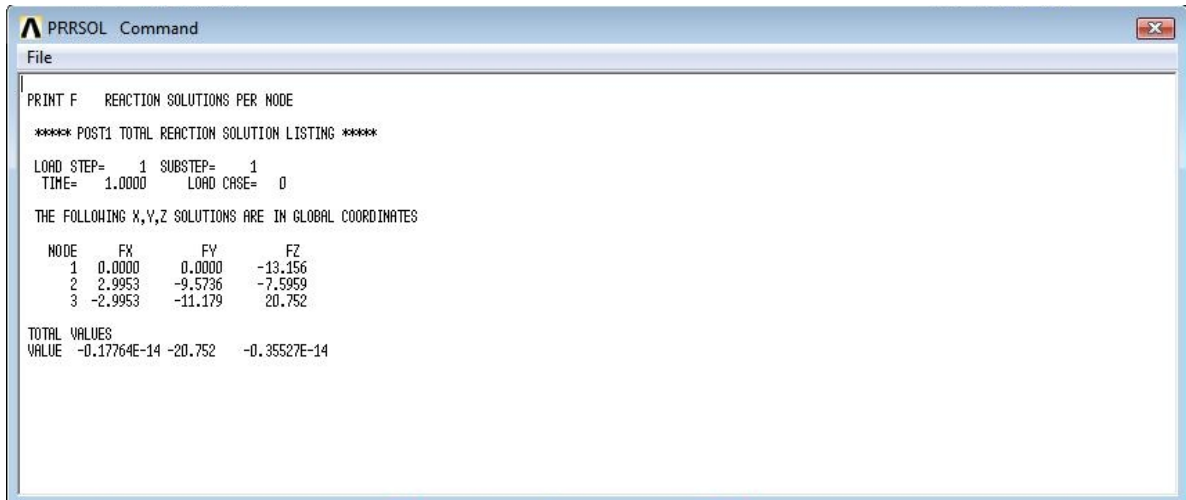
- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “List Results”, “Element Table Data” para listar o conteúdo da tabela obtida como comando “ETABLE” (“Element Table”, definido no início do pós processamento);
- ✓ Na janela “List Element Table Data”, seleccionar:
 - Lab 1-9 **FX**
- ✓ Clicar em “OK”.



5.0 SALVANDO ARQUIVOS E SAINDO DO PROGRAMA:

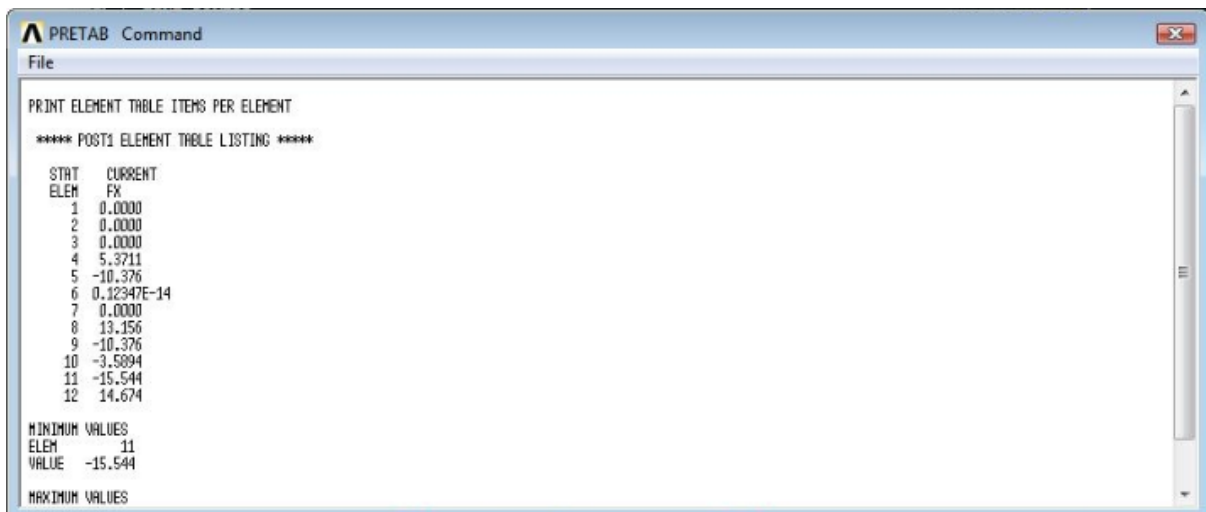
- ✓ No ANSYS Tollbar, clicar em “SAVE_DB” para salvar no Data Base;
- ✓ Ainda no ANSYS Toolbar, clicar em “QUIT”;
- ✓ Na nova janela, selecionar a opção “Save everything” e clicar em “OK”.

RESULTADOS



```
PRRSOL Command
File
PRINT F REACTION SOLUTIONS PER NODE
***** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING *****
LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0
THE FOLLOWING X,Y,Z SOLUTIONS ARE IN GLOBAL COORDINATES
NODE    FX      FY      FZ
  1    0.0000  0.0000 -13.156
  2    2.9953 -9.5736 -7.5959
  3   -2.9953 -11.179  20.752
TOTAL VALUES
VALUE -0.17764E-14 -20.752 -0.35527E-14
```

Figura 1 – Reações de apoio.



```
PRETAB Command
File
PRINT ELEMENT TABLE ITEMS PER ELEMENT
***** POST1 ELEMENT TABLE LISTING *****
STAT    CURRENT
ELEM    FX
  1    0.0000
  2    0.0000
  3    0.0000
  4    5.3711
  5   -10.376
  6    0.12347E-14
  7    0.0000
  8    13.156
  9   -10.376
 10   -3.5894
 11   -15.544
 12    14.674
MINIMUM VALUES
ELEM     11
VALUE  -15.544
MAXIMUM VALUES
```

Figura 2 – Esforço normal nas barras.