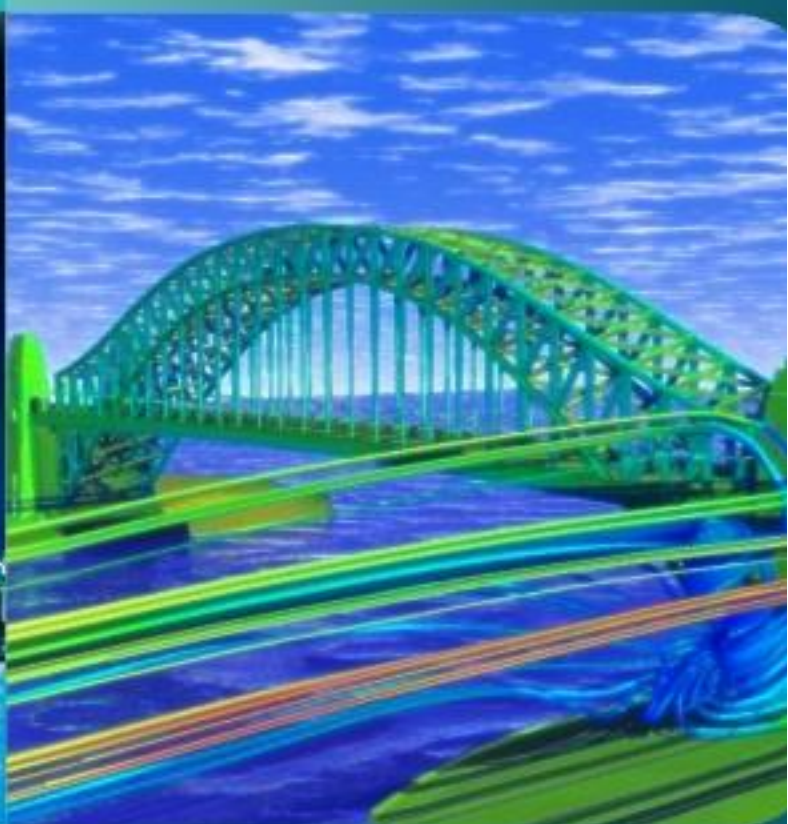




2010

**Método dos
Elementos
Finitos Aplicados à
Engenharia de
Estruturas**



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



**TRANSFERÊNCIA DE CALOR -
VIGA BI-METÁLICA
SUBMETIDA A UMA VARIAÇÃO
DE TEMPERATURA**

VIGA BI-METÁLICA SUBMETIDA A UMA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

INTRODUÇÃO

A) INTRODUÇÃO:

Muitas vezes o problema que desejamos solucionar é altamente não-linear, ou seja, a variação do campo térmico interfere na variação do campo de tensões e vice-versa ou ainda ocorrem grandes deformações no corpo devido a variação do campo de temperaturas e é necessário a utilização de um procedimento não-linear. Para tal, o programa ANSYS dispõe de elementos de acoplamento de campos (magnético, térmico, elétrico, piezoeletrico e estrutural) que nos permite diretamente resolver o problema acoplado.

B) ELEMENTOS FINITOS DISPONÍVEIS NA BIBLIOTECA DO PROGRAMA ANSYS PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE CAMPO:

Elemento quadrilateral de 4 nós: PLANE 13

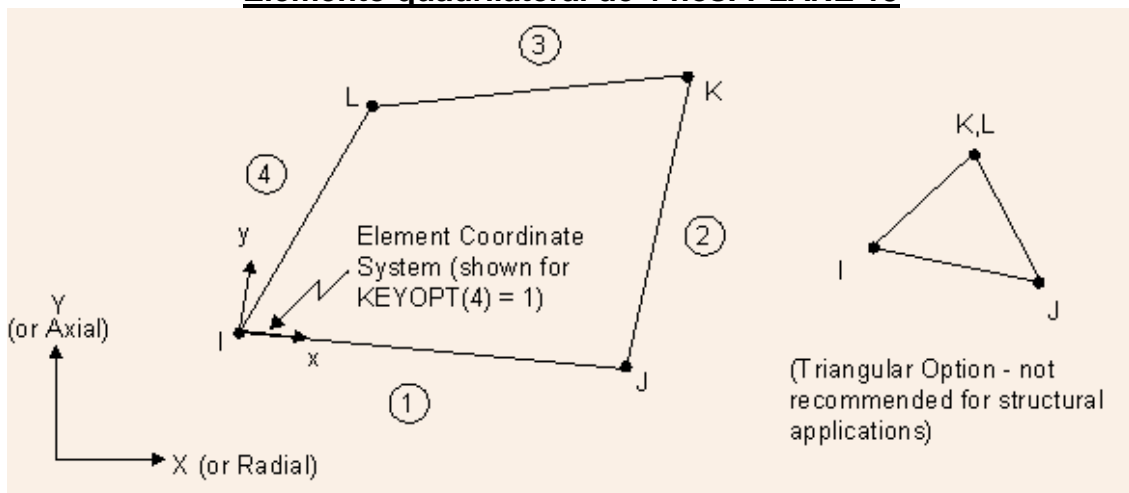


Figura 1 – PLANE13. 2-D Coupled-Field Solid.

- i. **Características do elemento PLANE 13:**
 - a. **Nome na biblioteca do ANSYS ED 9.0:** PLANE 13;
 - b. **KEYOPT (3)**
 - i. 0 - (default) plano – plane strain para variáveis estruturais;
 - ii. 1 - problema axissimétrico;
 - iii. 2 - problema plano: plane stress para variáveis estruturais;
 - c. **Nós:** 4 (i – j – k – l);
 - d. **Graus de liberdade:** conforme seleção:
 - i. AZ se KEYOPT(1) = 0;
 - ii. TEMP se KEYOPT(1) = 2;
 - iii. UX,UY se KEYOPT(1) = 3;
 - iv. UX, UY, UZ, TEMP, AZ se KEYOPT(1) = 4;

- v. VOLT, AZ, se KEYOPT(1) = 6;
- vi. UX, UY, VOLT, se KEYOPT(1) = 7
- vii. Como nos interessa o problema termo-elástico:
 1. 4 DOF's: UX, UY, TEMP, AZ - deslocamentos nodais UX e UY, TEMP temperatura nodal e funções de interpolação quadráticas (o label AZ representa o grau de liberdade de fluxo de problemas elétricos e é expresso em Weber (volt-secs) no sistema MKS);
- e. **Propriedades dos Materiais:** EX, NUXY, ALPX, KXX, KYY
- f. **Cargas:**
 - i. Admite prescrição de deslocamentos nodais
 - ii. Cargas de superfície: pressão, convecção, fluxo de calor;
 - iii. Cargas de corpo: temperatura e geração de calor;
- g. **Resultados:** Temperaturas, fluxo de calor, deslocamentos, deformações, tensões, etc.

C) PROBLEMA DE CAMPO A SER RESOLVIDO:

VIGA BI-METÁLICA COM VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

Este problema é apresentado por Boley and Weiner, [Theory of Thermal Stress], pg. 429. A viga apresentada na figura abaixo é composta por dois materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica e inicialmente estão a uma temperatura de referência 0° F. A viga é simplesmente apoiada e uma temperatura uniforme é aplicada em ambas as superfícies. A viga estará sujeita a grandes deformações. Desejamos além da deformada, determinar o campo de temperaturas e de tensões a que o corpo está submetido.

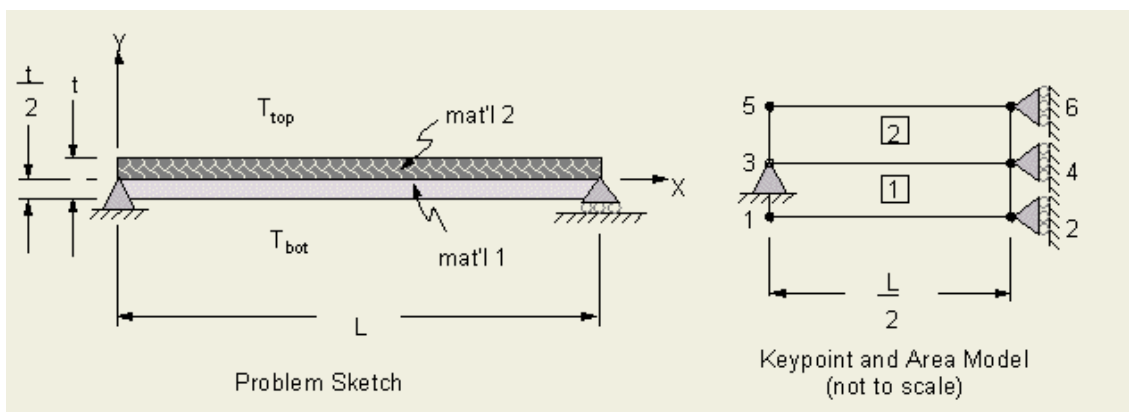


Figura 2 – Esquema do problema proposto.

PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

- $l = 10$ in;
- $t = 0.1$ in.

PROPRIEDADES DO MATERIAL

- Para cada tira de material:
 - $K1 = K2 = 5$ BTU/hr-in-°F;
- Para o material 1:
 - $E1 = 10E6$ psi;
 - $\alpha1 = 14.5E-6$ in/in°F
- Para o material 2
 - $E2 = 10E6$ psi;
 - $\alpha2 = 2.5E-6$ in/in°F

CARREGAMENTO

- Temperatura do topo de do fundo = 400 °F

OBS: Já que o problema é simétrico, somente metade do problema será resolvido:

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: “**viga bi-metálica**”;
- ✓ 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: “**viga bimetalica**”;
- ✓ Clicar em OK.

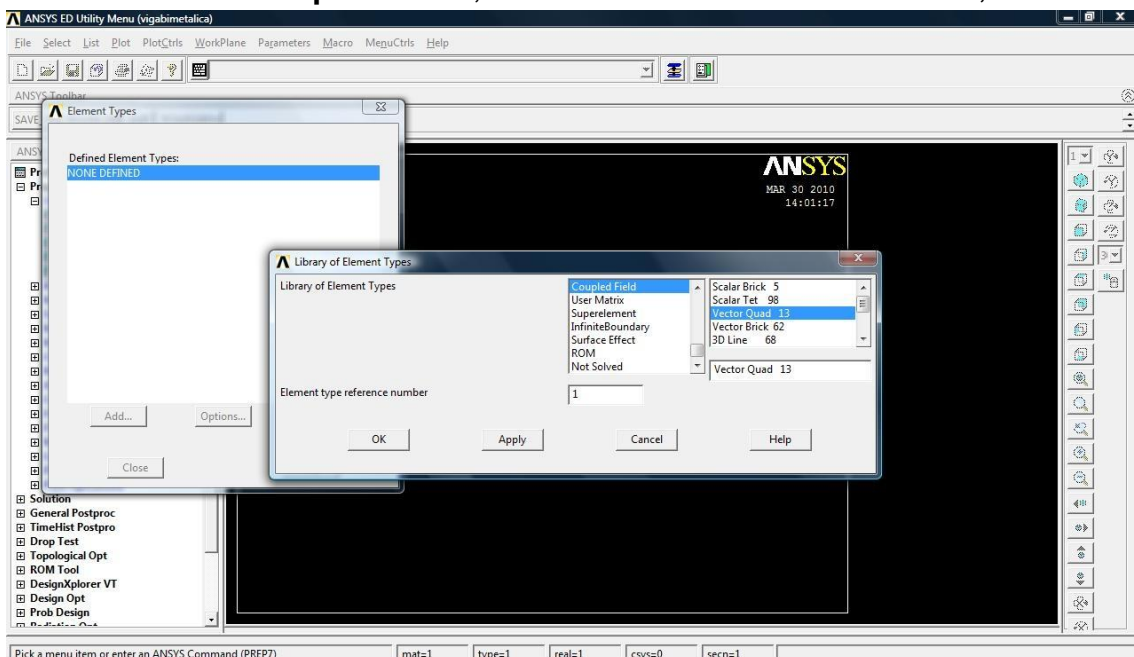
2. ENTRA NA FASE DE PRÉ-PROCESSAMENTO

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

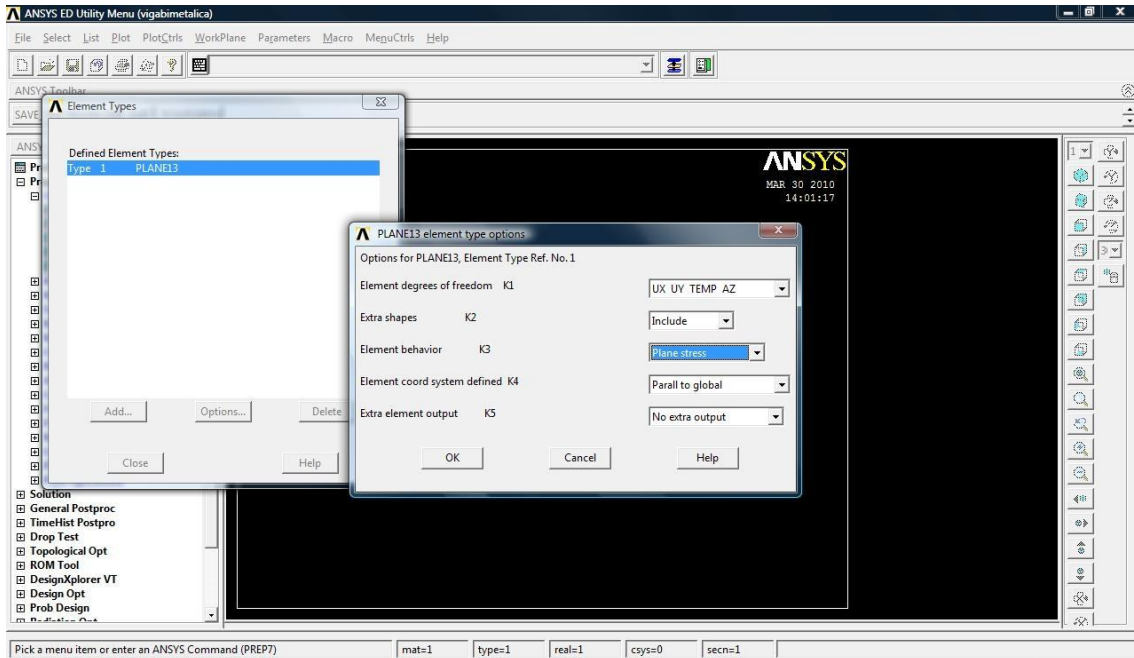
B

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 “**Coupled Field**”, “**Vector Quad13**” e clicar em “OK”;



- ✓ Selecionar “Options”, na janela “Element Types”;
- ✓ Na nova janela escolher:
 - Element Degree of Freedom UX, UY, TEMP AZ
 - Element Behavior Plane Stress
- ✓ Clicar em “OK”;



C

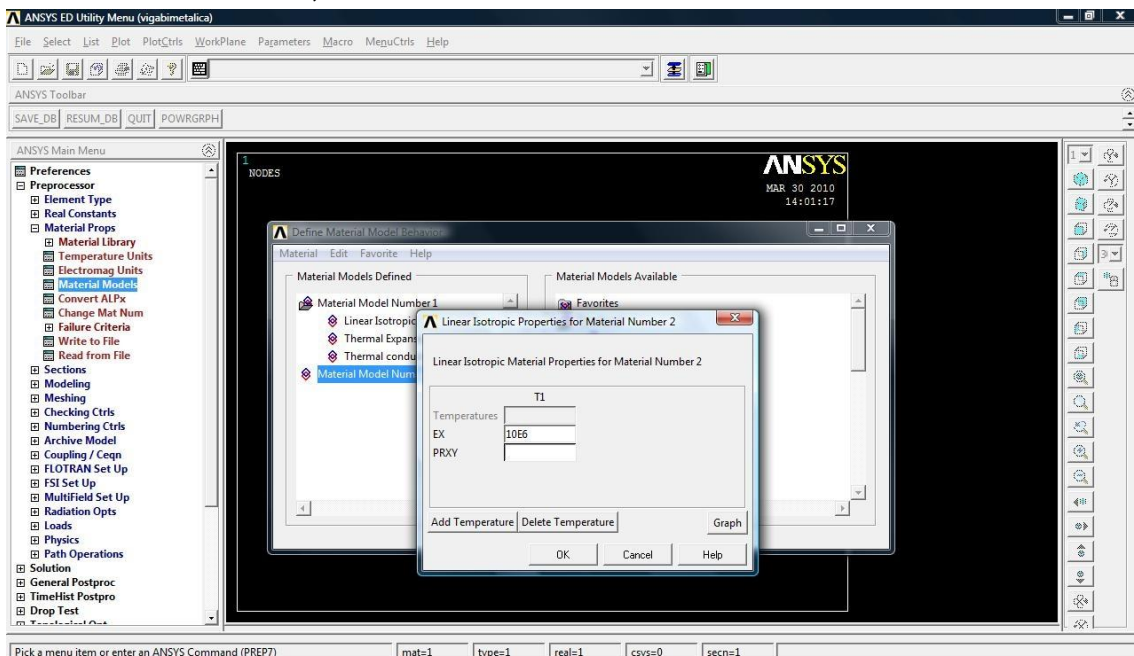
2.2. **Define as propriedades do material:**

- ✓ 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”;
- ✓ Inserir na nova janela
 - EX = **10E6**;
- ✓ Clicar em “OK”;

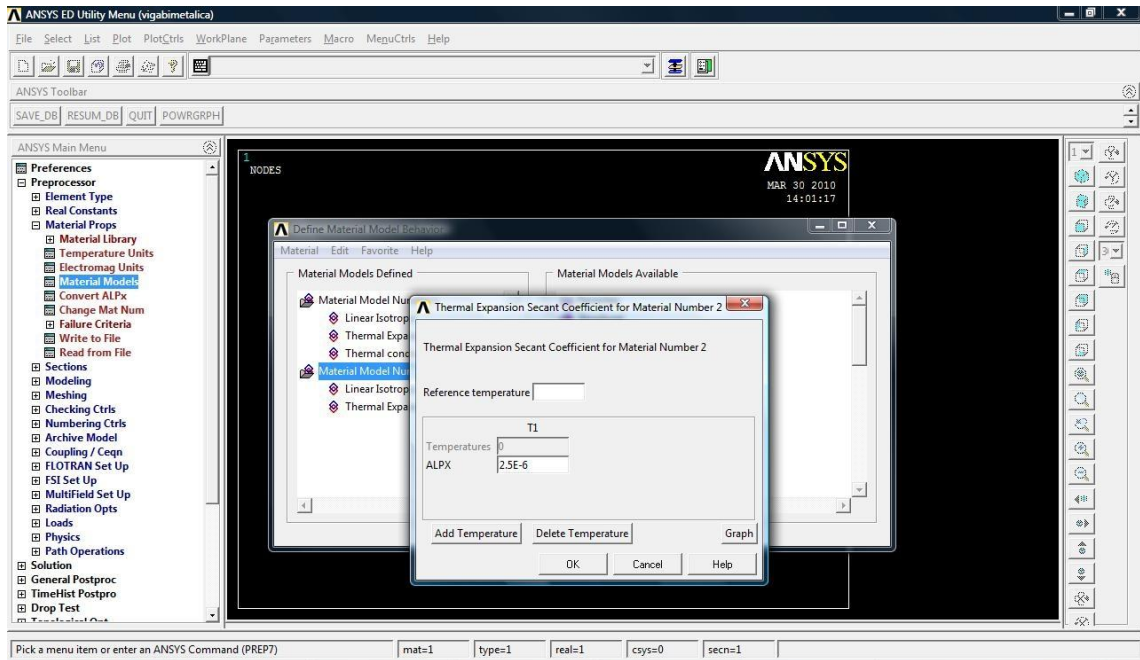
- ✓ Selecionar: “Structural>Thermal Expansion>SecantCoefficient”;
- ✓ Dar um duplo clique em “Isotropic”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - ALPX = **14.5E-6**
- ✓ Clicar em “OK”;

- ✓ Selecionar: “Thermal>Conductivity>Isotropic”;
- ✓ Dar um duplo clique em “Isotropic”;

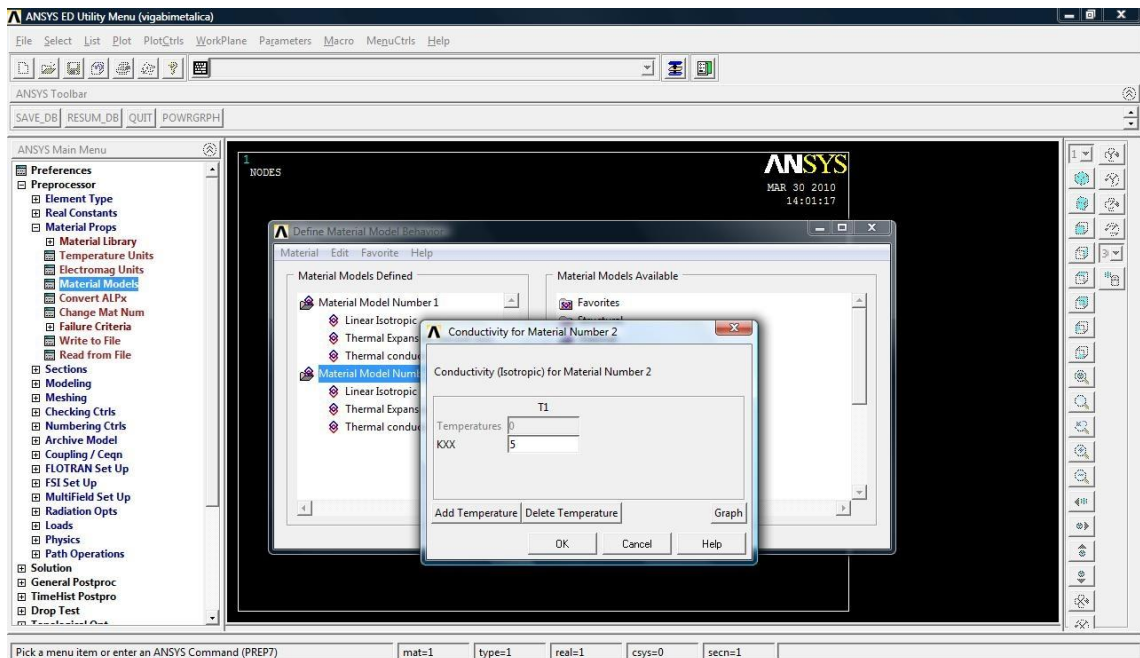
- ✓ Na nova janela inserir:
 - KXX = 5
 - ✓ Clicar em “OK”;
 - ✓ Fechar a janela “Define Material Model Behavior”.
-
- ✓ Dentro do “Preprocessor”, selecionar “Material Props”;
 - ✓ Dentro do “Material Props”, selecionar “Material Models”;
 - ✓ Na nova janela que abrir, para o “Material Model Number 2”, no quadro “Material Models Available” selecionar:
 - “Structural>Linear>Elastic>Isotropic”;
 - ✓ Dar um duplo clique em “Isotropic”;
 - ✓ Inserir na nova janela
 - EX = 10E6;
 - ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Selecionar: “Structural>Thermal Expansion>SecantCoefficient”;
- ✓ Dar um duplo clique em “Isotropic”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - ALPX = 2.5E-6
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Selecionar: “Thermal>Conductivity>Isotropic”;
- ✓ Dar um duplo clique em “Isotropic”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - KXX = 5
- ✓ Clicar em “OK”;
- ✓ Fechar a janela “Define Material Model Behavior”.

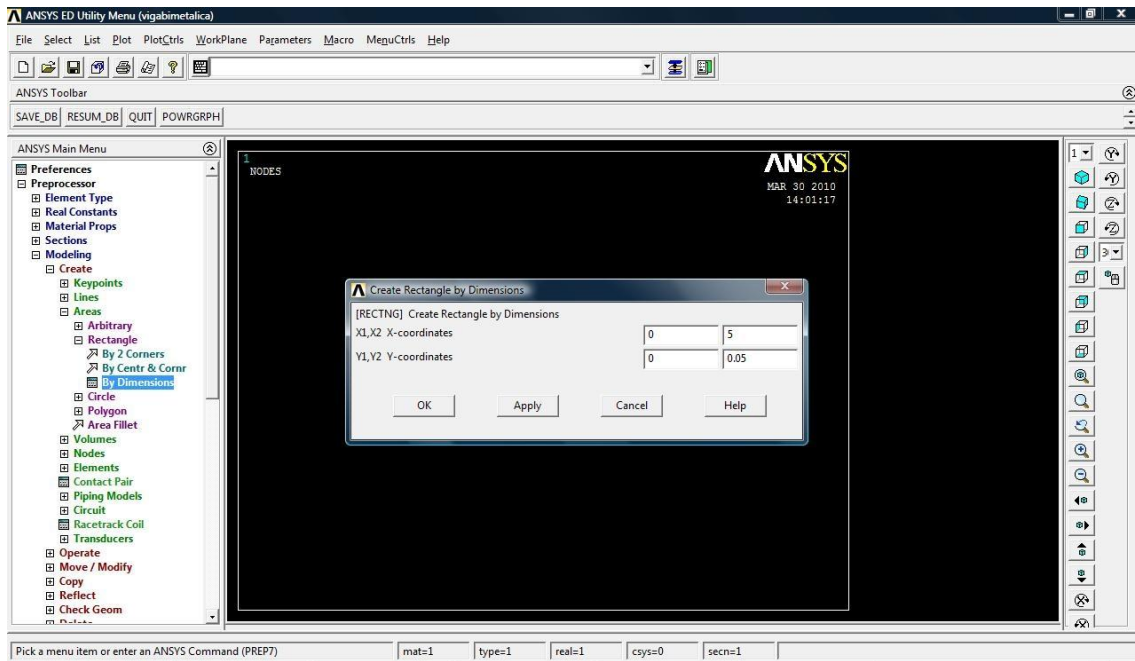


D

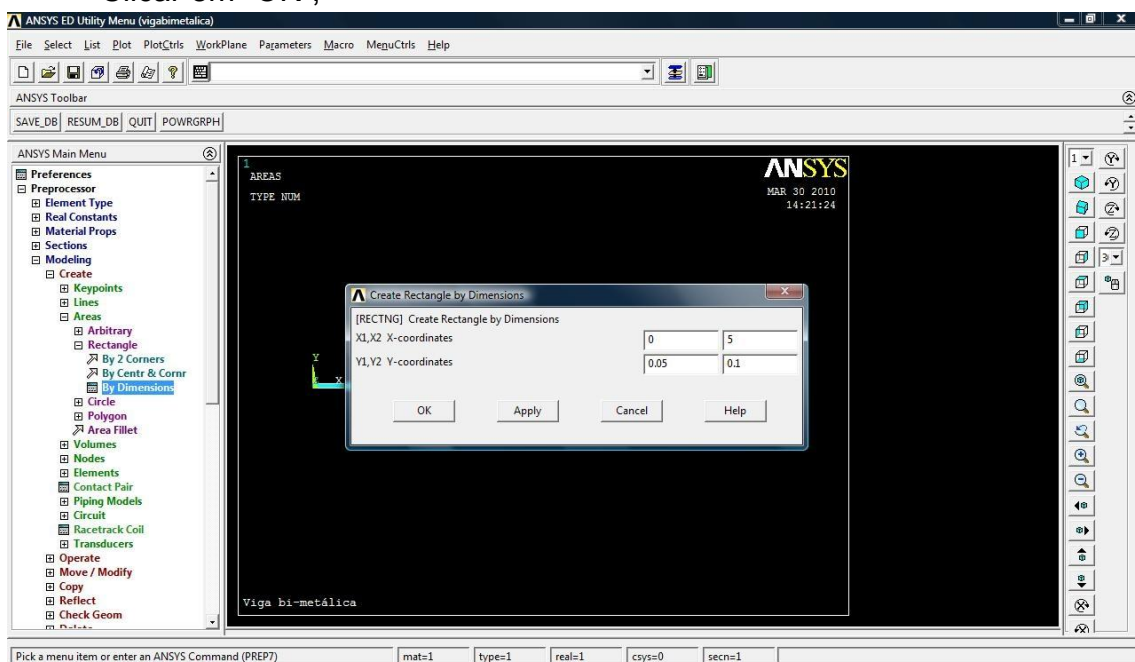
2.3. Cria o modelo geométrico:

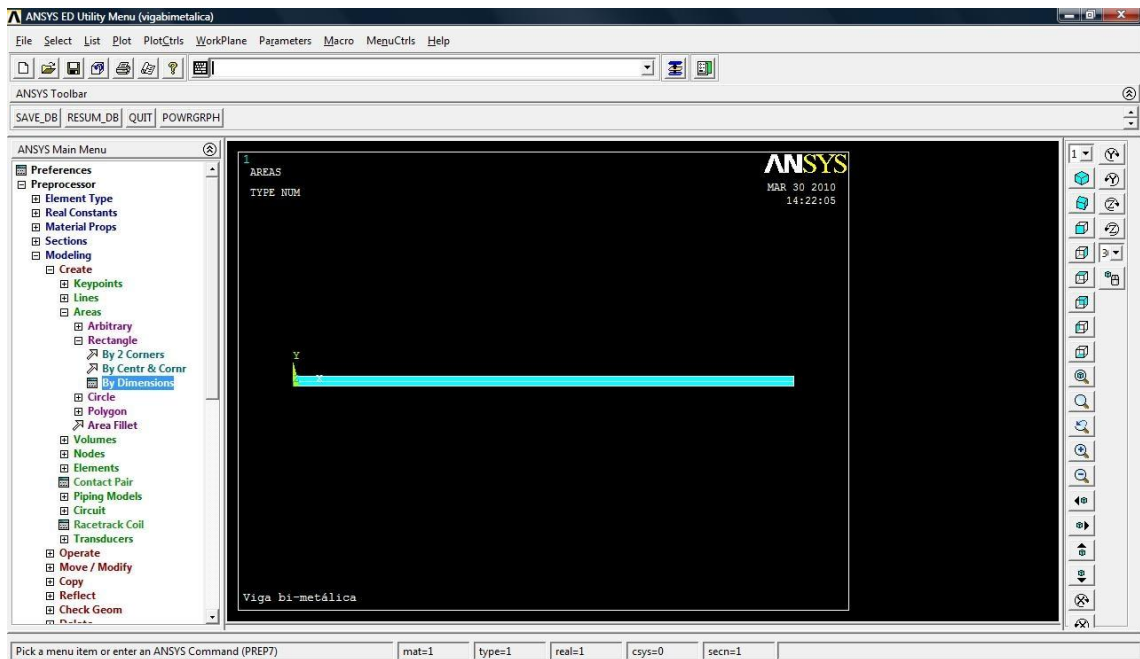
2.3.1. Cria o modelo geométrico:

- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Areas”, “Rectangle”, “By Dimensions”;
- ✓ Na nova janela, inserir:
 - X1, X2 **0** **5**;
 - Y1, Y2 **0** **0.05**;
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Create”, “Areas”, “Rectangle”, “By Dimensions”;
- ✓ Na nova janela, inserir:
 - X1, X2 **0** **5**;
 - Y1, Y2 **0.05** **0.1**;
- ✓ Clicar em “OK”;

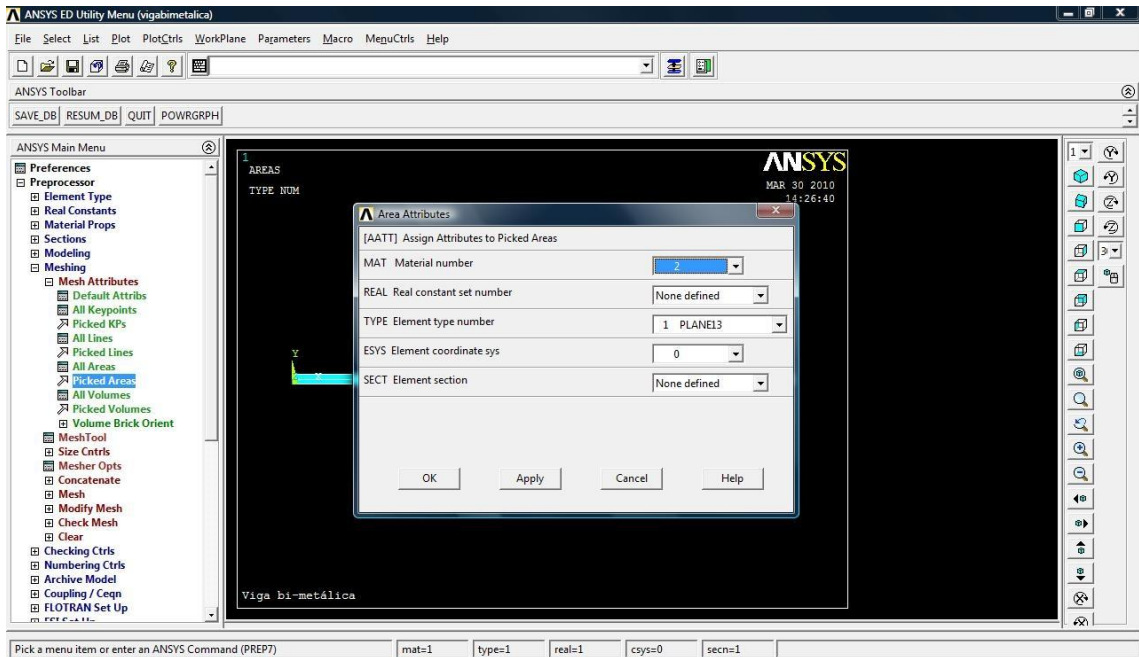




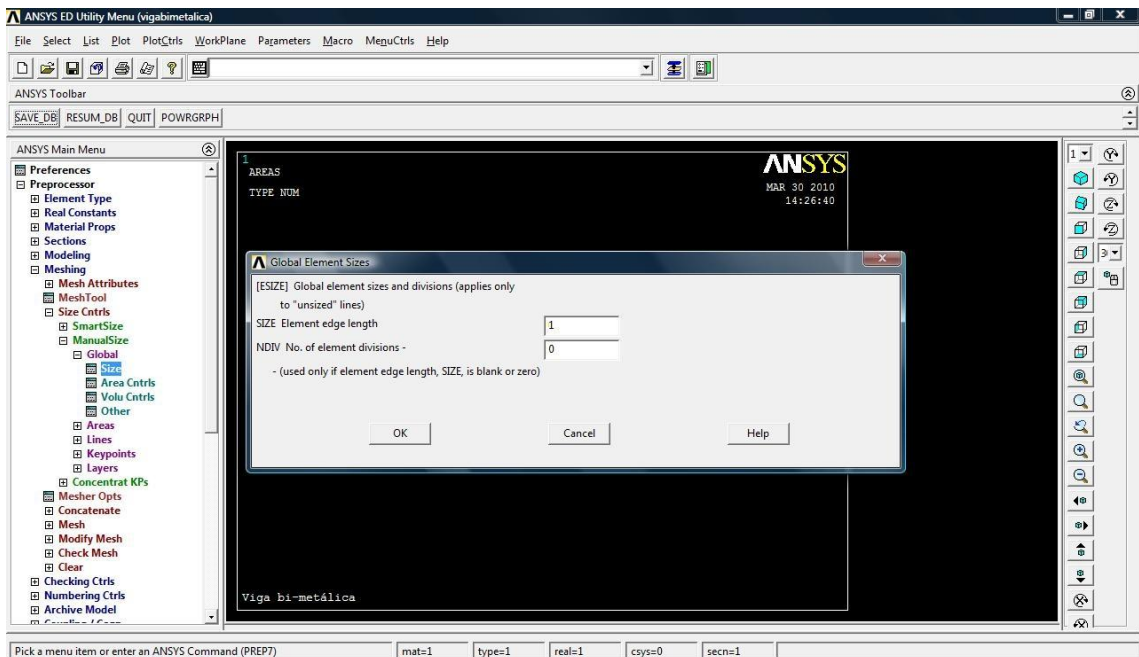
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Modeling”, “Operate”, “Booleans”, “Glue”, “Areas”;
- ✓ Na nova janela, selecionar “**PICK ALL**”;

2.3.2. Define tamanho dos elementos da malha e cria malha de elementos finitos:

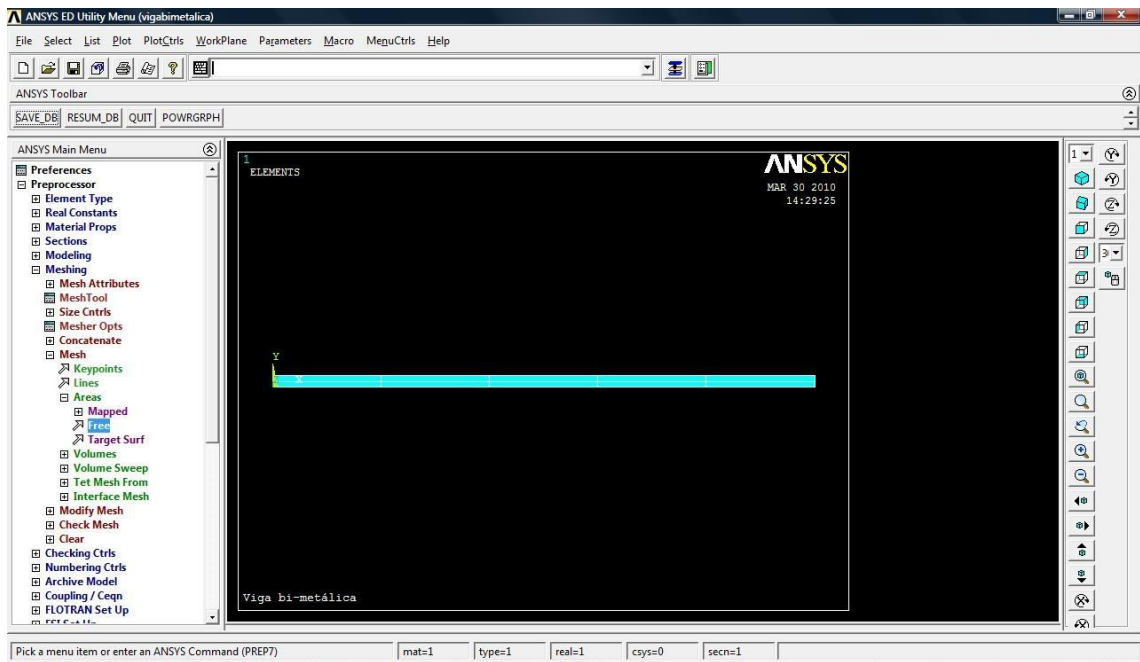
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “Mesh Attributes”, “Picked Areas”;
- ✓ Selecionar área 3 (área de cima);
- ✓ Clicar em “OK”;
- ✓ Na nova janela, selecionar:
 - MAT **2;**
- ✓ Clicar em “OK”;



- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Meshing”, “SizeCtrls”, “Manual Size”, “Global”, “Size”;
- ✓ Na nova janela inserir:
 - SIZE Element edge length **1**
- ✓ Clicar em “OK”.



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

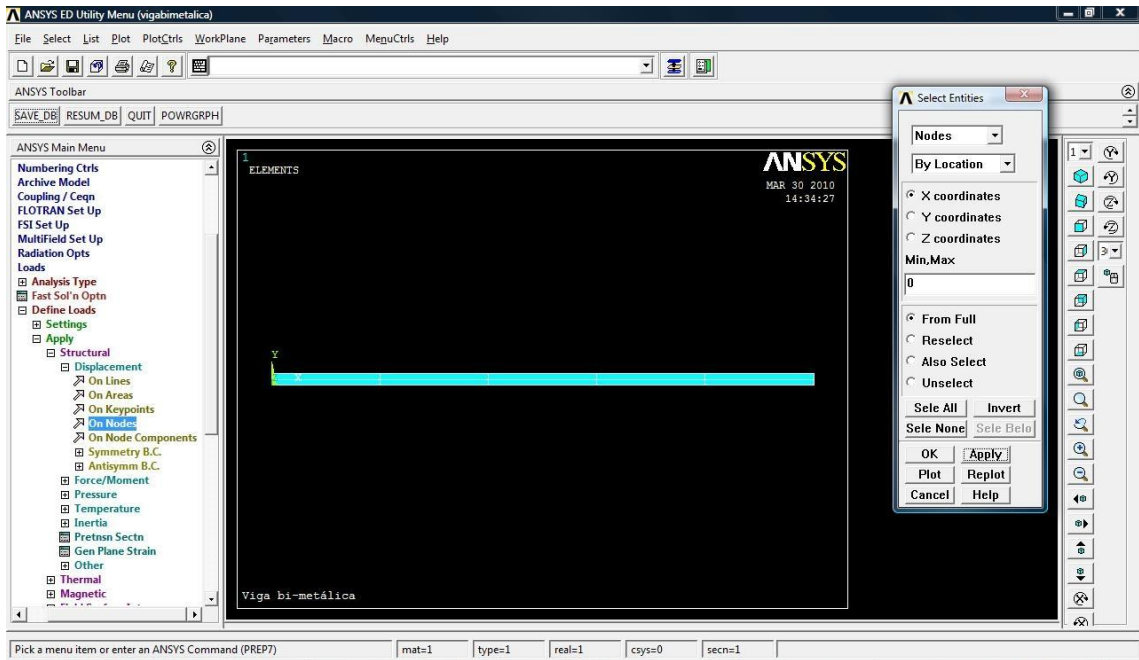


E

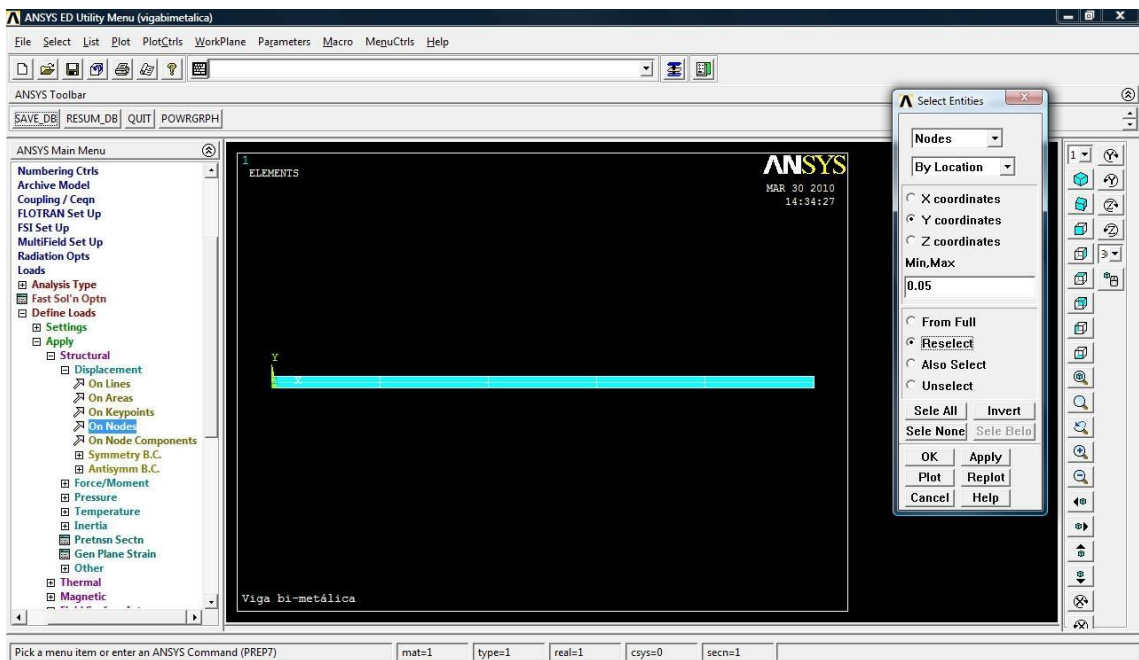
2.4. Aplicar as condições de contorno na modelagem sólida:

2.4.1. Fornece condição de contorno:

- ✓ No “Utility Menu”, selecionar “Select”, Entities”;
- ✓ Na nova janela selecionar as opções:
 - **NODES**
 - **BY LOCATION**
 - **X coordinate**
 - **Min, Max = 0**
 - **From Full**
- ✓ Clicar em “APPLY”

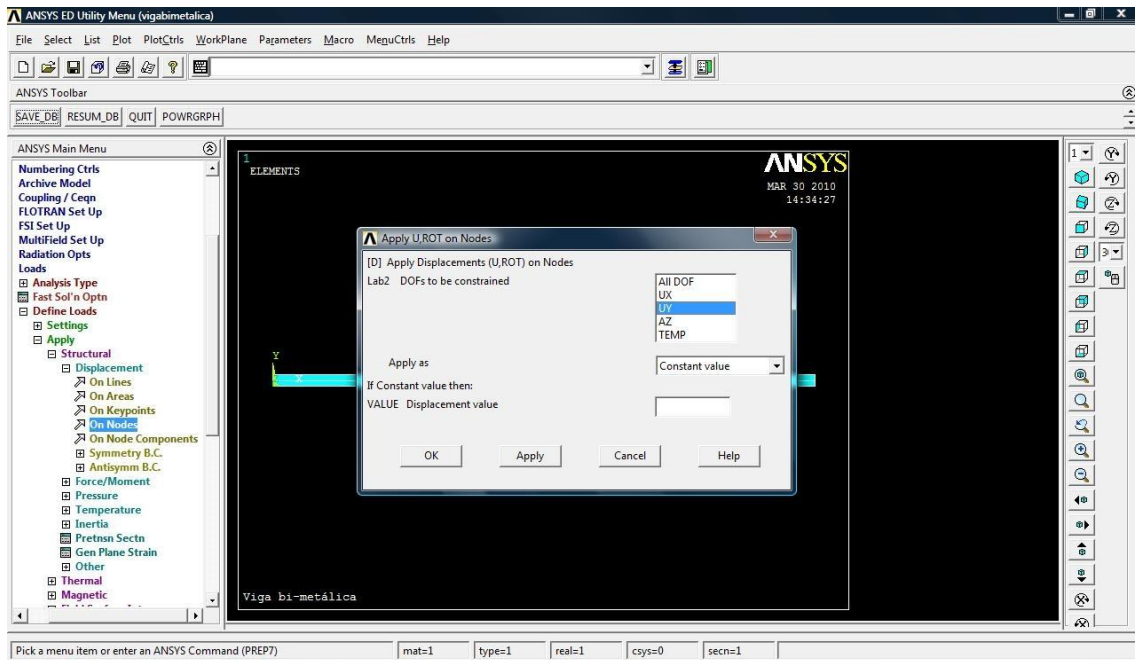


- ✓ Selecionar as opções:
 - **NODES**
 - **BY LOCATION**
 - **Y coordinate**
 - Min, Max = **0.05**
 - **Reselect**
- ✓ Clicar em “OK”

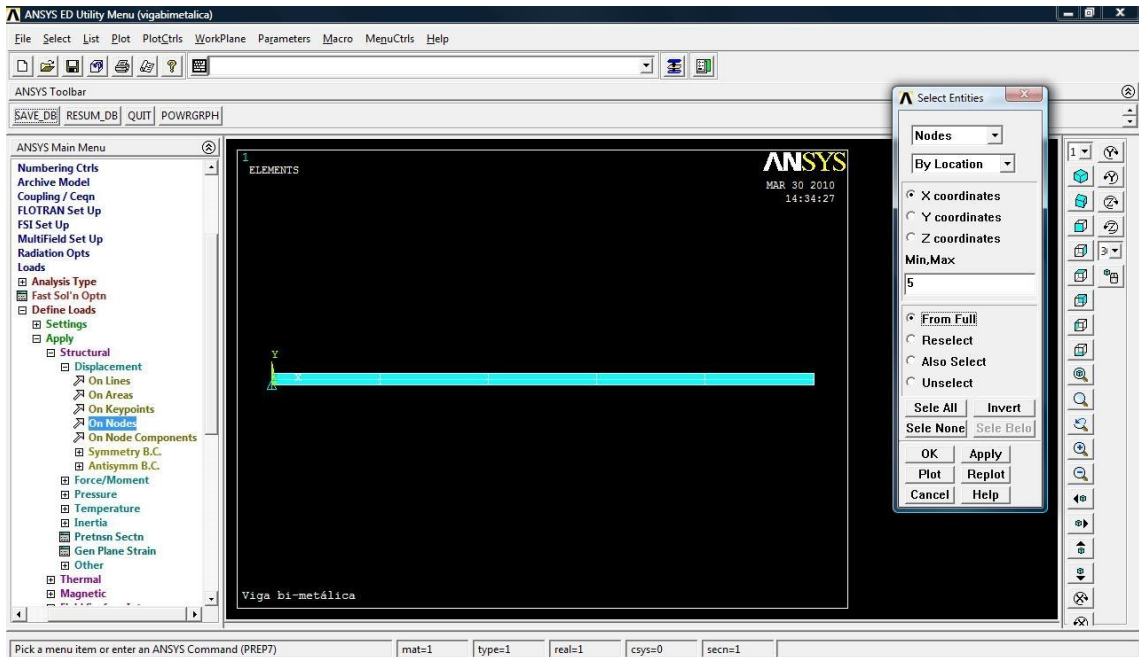


- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Nodes”;
- ✓ Na nova janela clicar em “PICK ALL”;

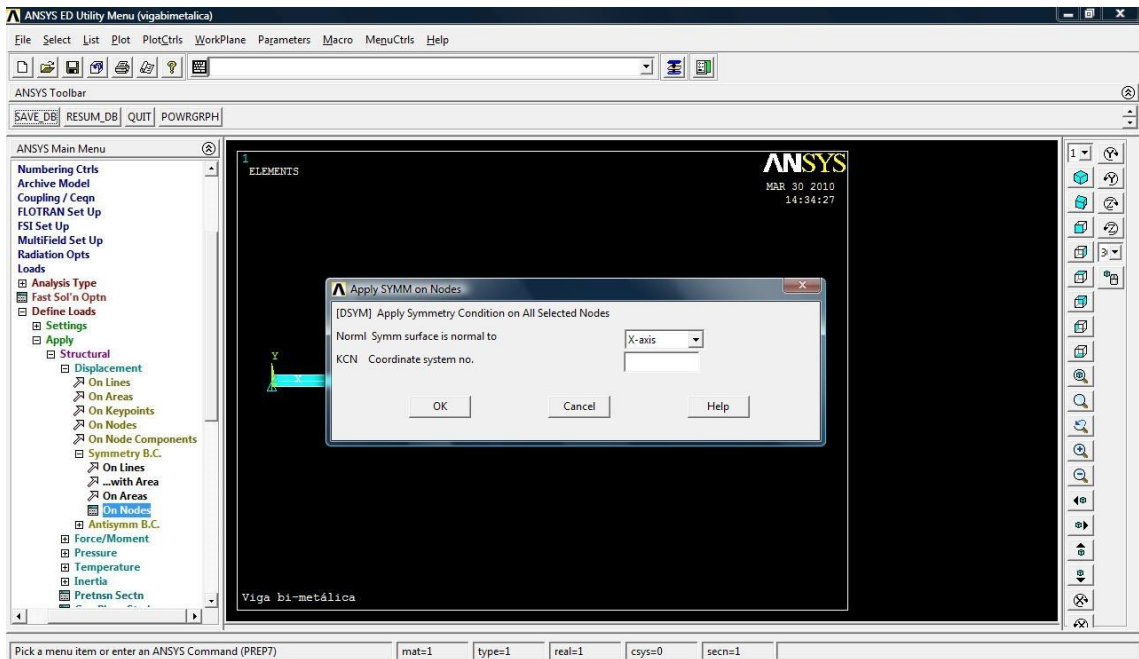
- ✓ Selecionar:
 - DOF's to be constrained **UY;**
- ✓ Clicar em "OK"



- ✓ No "Utility Menu", selecionar "Select", Entities";
- ✓ Na nova janela selecionar as opções:
 - **NODES**
 - **BY LOCATION**
 - **X coordinate**
 - Min, Max = 5
 - **From Full**
- ✓ Clicar em "OK"



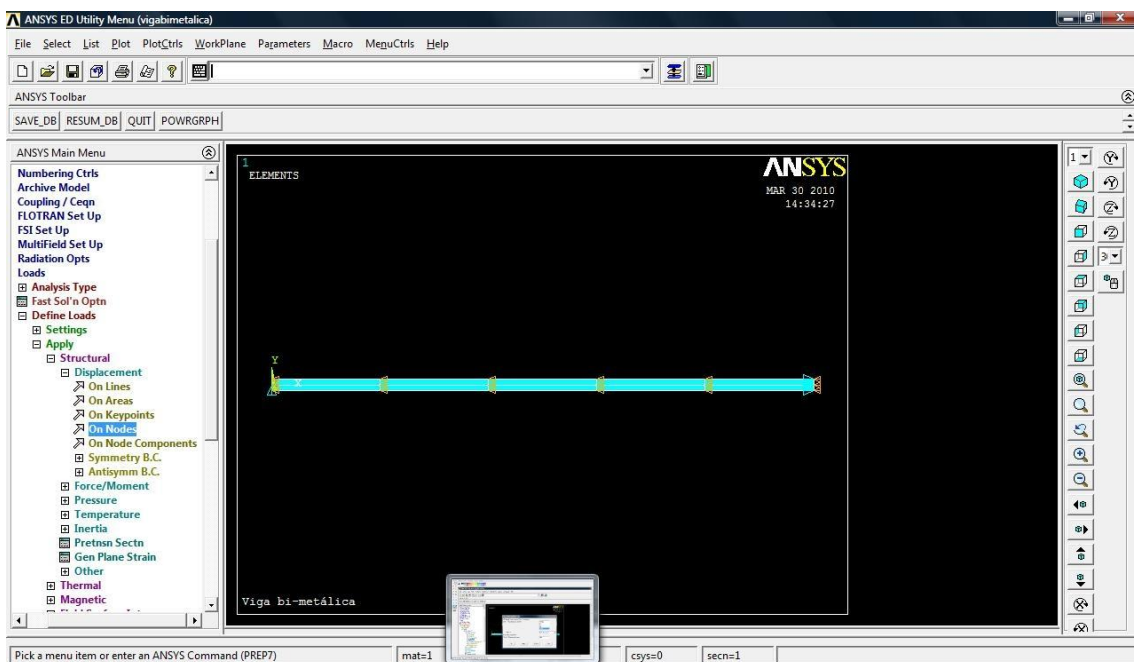
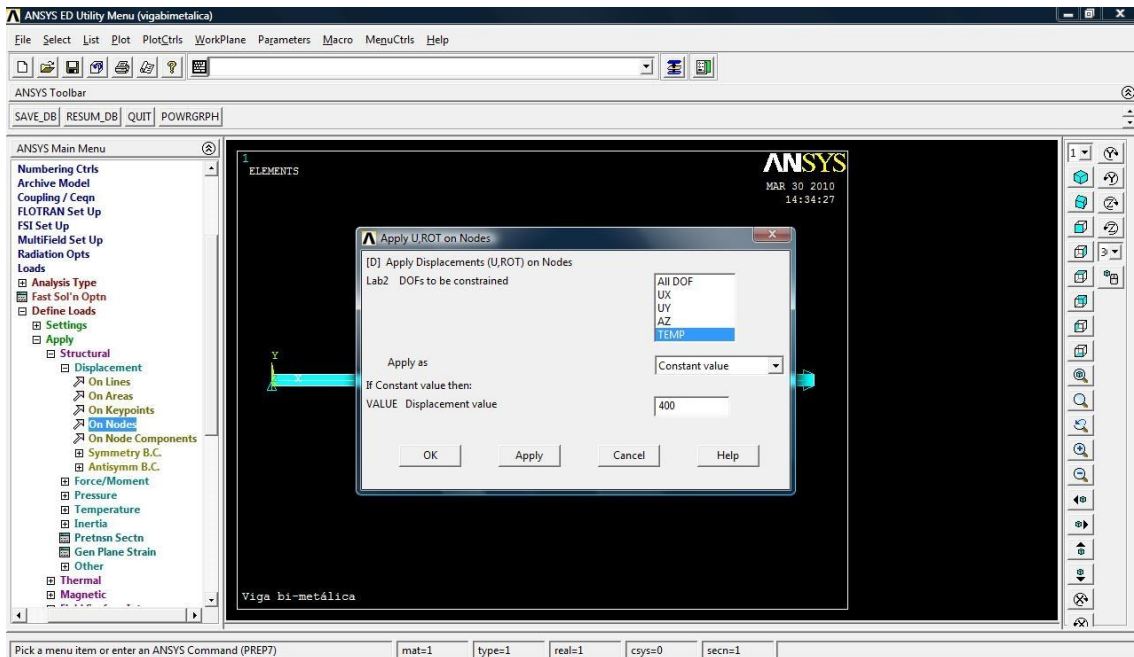
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “Symmetry B.C.”, “On Nodes”;
- ✓ Na nova janela selecionar:
 - Norml **X - axis**;
- ✓ Clicar em “OK”



- ✓ No “Utility Menu”, selecionar “Select”, “Everything”;
- ✓ Dentro do “Preprocessor” selecionar “Loads”, “Define Loads”, “Apply”, “Structural”, “Displacement”, “On Nodes”;
- ✓ Na nova janela clicar em “**PICK ALL**”;
- ✓ Selecionar:

- DOF's to be constrained
 - VALUE
- ✓ Clicar em “OK”

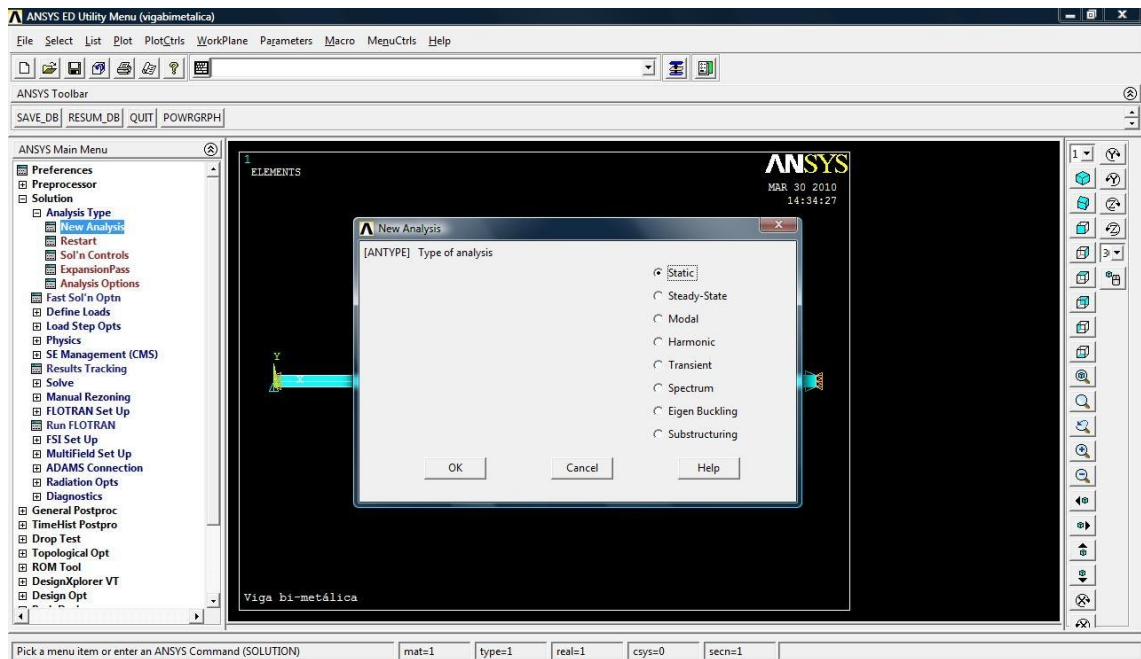
TEMP;
400;



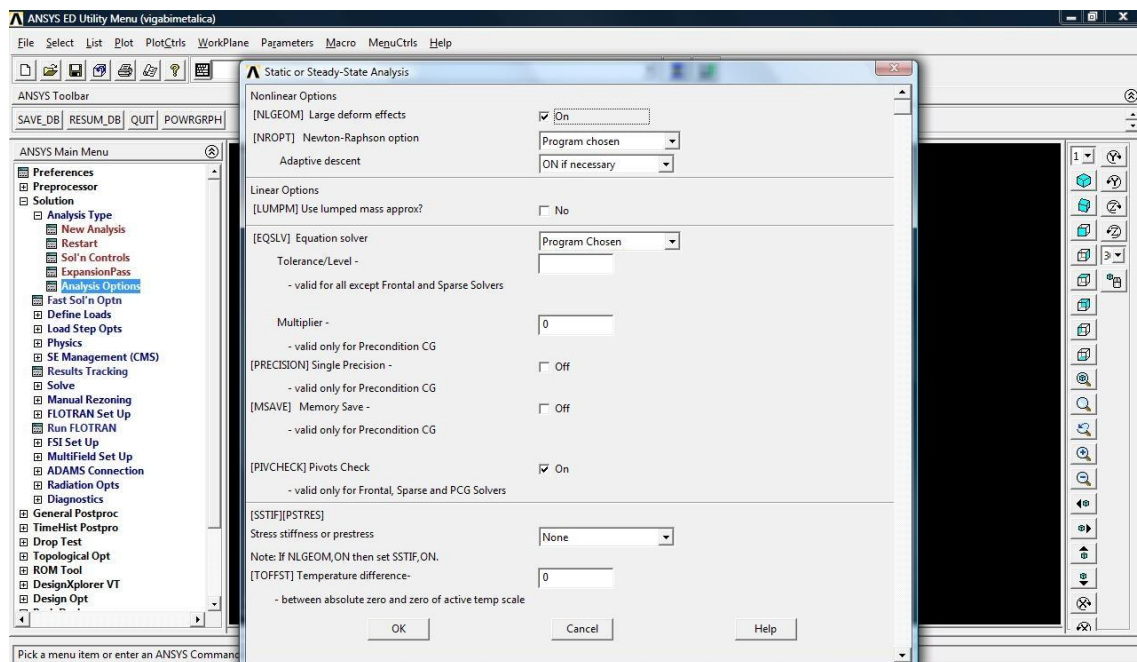
F

3. SOLUÇÃO

- ✓ No “ANSYS Main Menu” dentro do “Solution” clicar em “Analysis Type”, “New Analysis”;
- ✓ Na nova janela selecionar “Static” e clicar em “OK”;



- ✓ No “ANSYS Main Menu” dentro do “Solution” clicar em “Analysis Type”, “Analysis Options”;
- ✓ Na nova janela selecionar “Large Deform Effects” “ON” e clicar em “OK”;

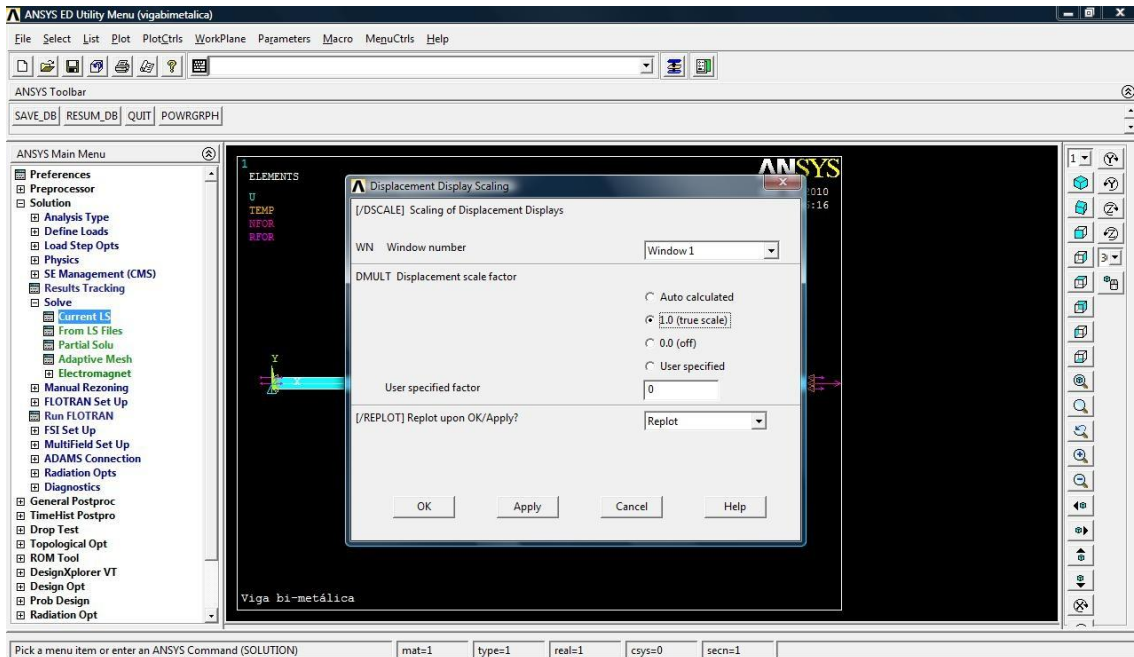


- ✓ No “ANSYS Main Menu” dentro do “Solution” clicar em “Solve”, “Current LS”;
- ✓ Clicar em “OK”.
- ✓ Na janela “Information: Solution is done” clicar em “CLOSE”.

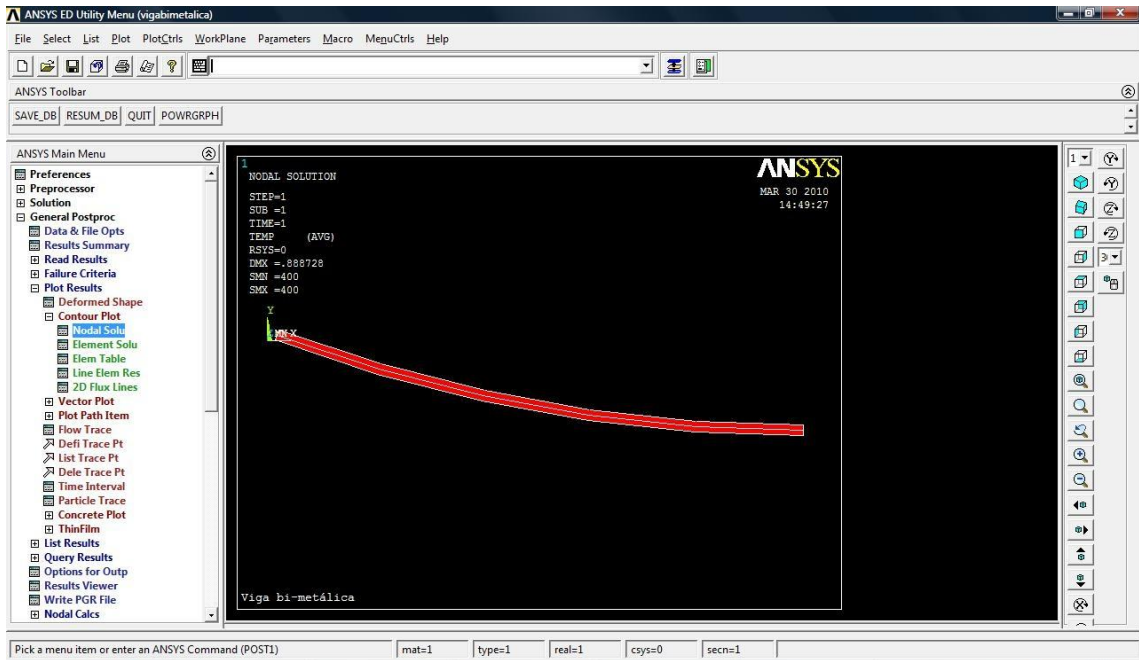
4. PÓS PROCESSAMENTO

4.1. Gera, lista e plota os resultados:

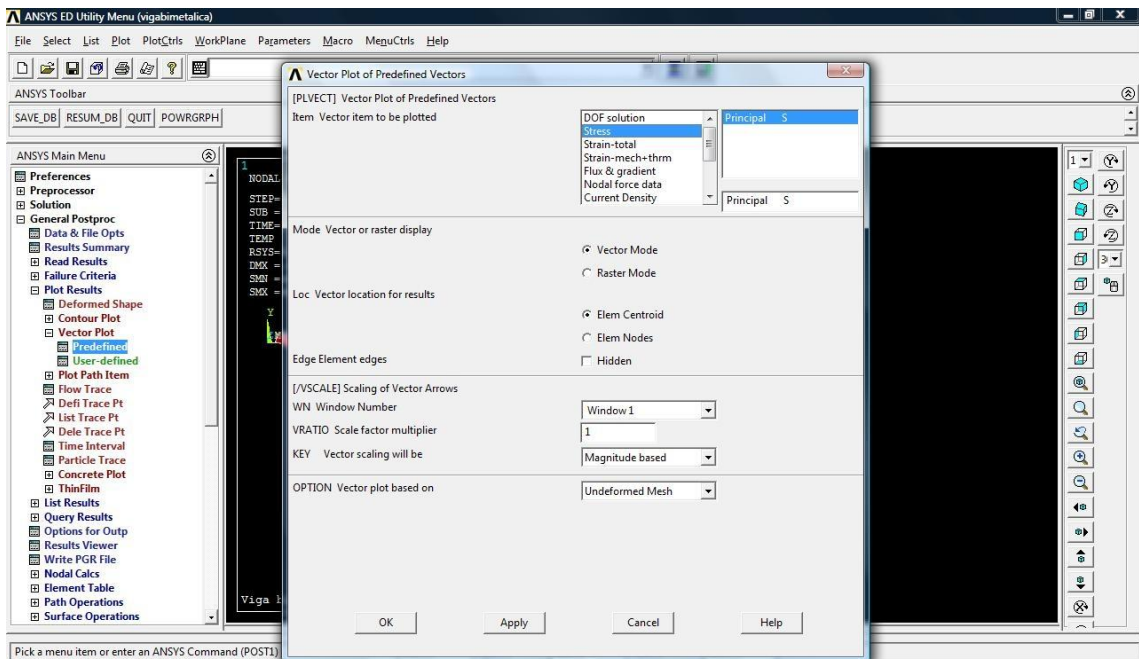
- ✓ No “ANSYS Utility Menu” clicar em “PlotCtrls”, “Style”, “Displacement Scaling”;
- ✓ Na nova janela, seleccionar:
 - Displacement scale factor **1.0 (true scale);**
- ✓ Clicar em “OK”.

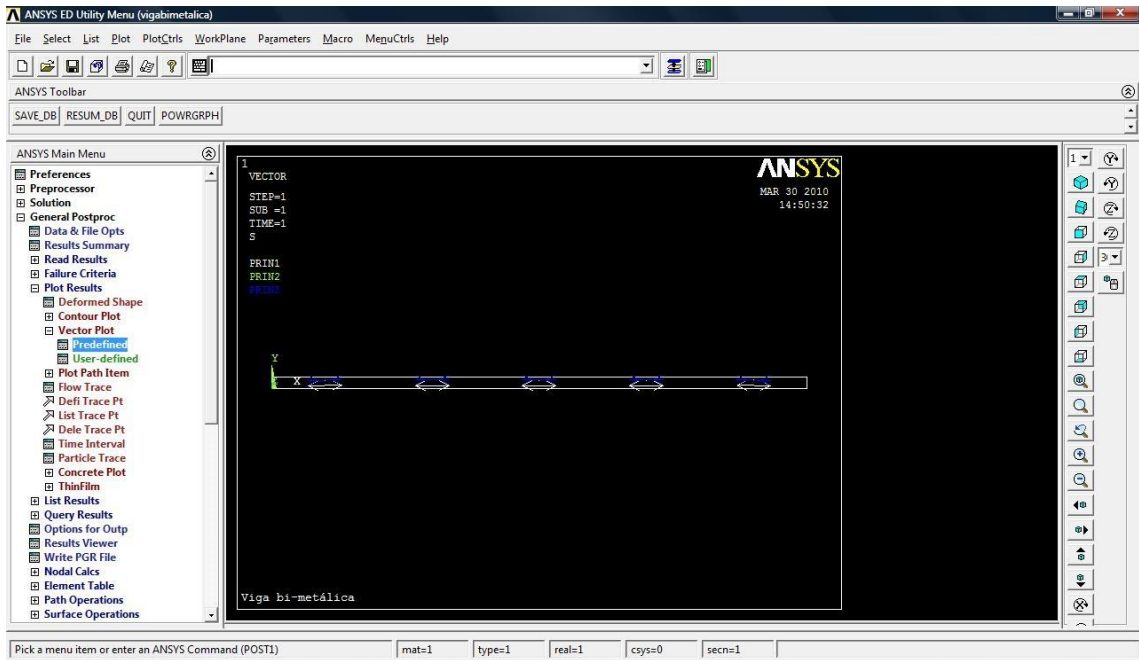


- ✓ No ANSYS Main Menu dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Deformed Shape” para visualizar a configuração deformada da estrutura;
- ✓ Na janela “Plot Deformed Shape”, seleccionar a opção “Def+undeformed” e clicar em “OK”;

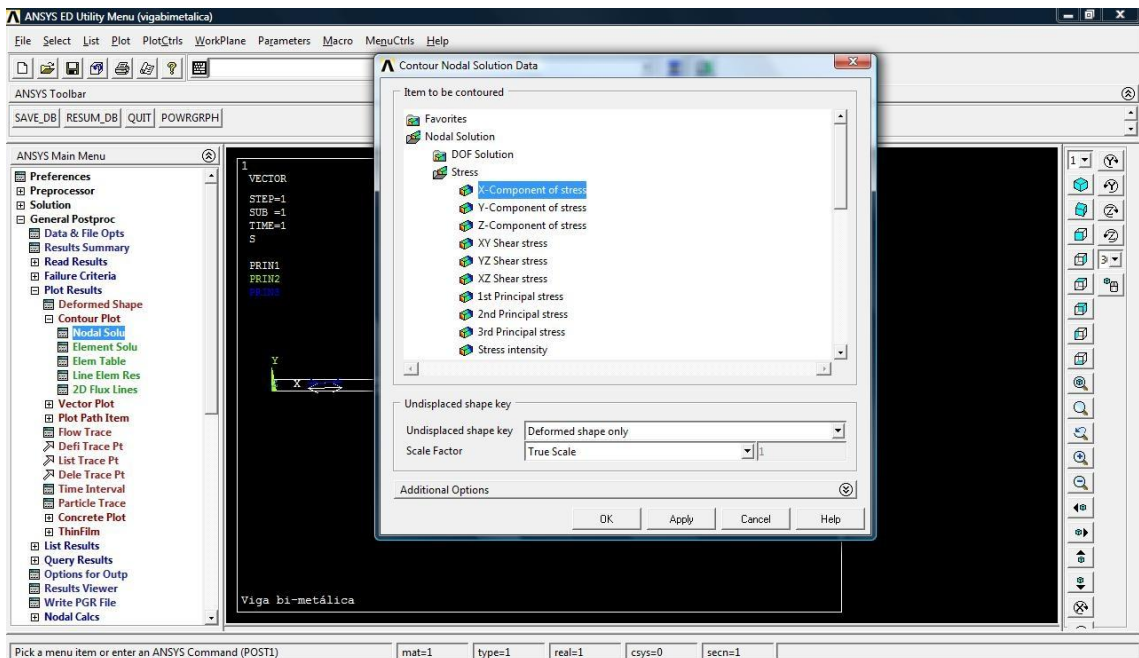


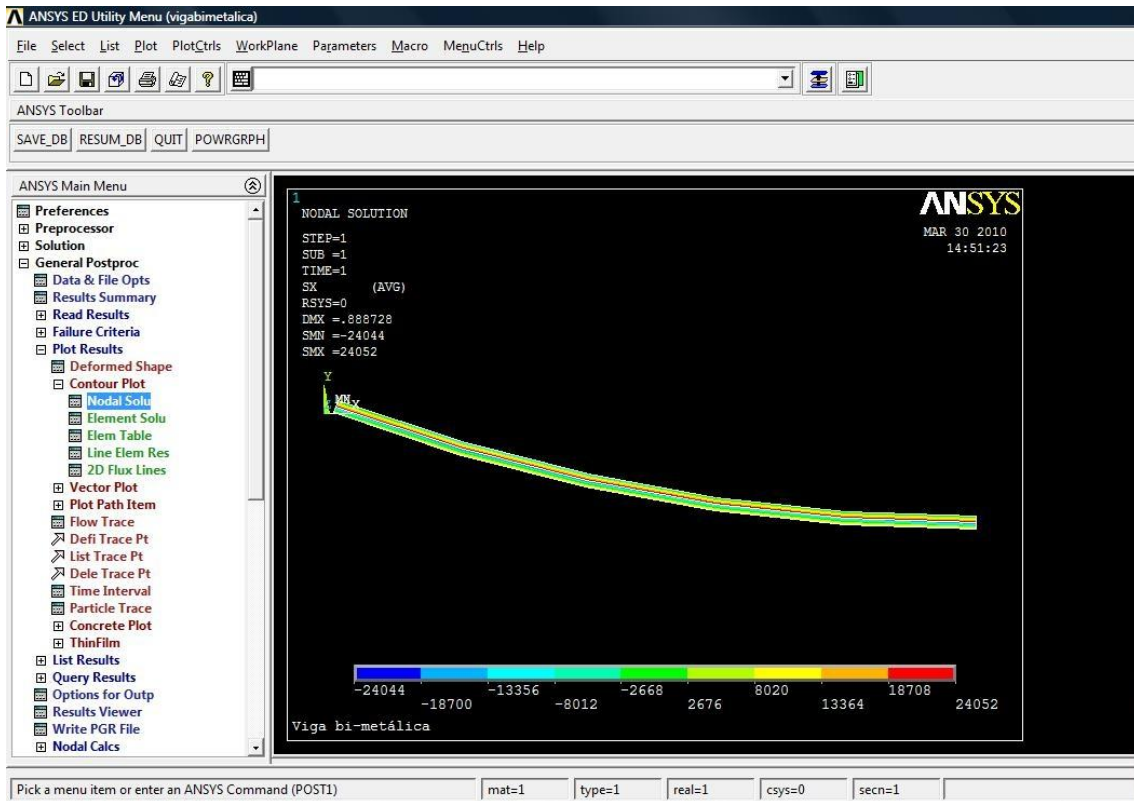
- ✓ No “ANSYS Main Menu” dentro do “General Postproc” clicar em “Plot Results”, “Vector Plot”, “Predefined”;
- ✓ Na nova janela, selecionar:
 - **Stress** **Principal S**;
- ✓ Clicar em “OK”.



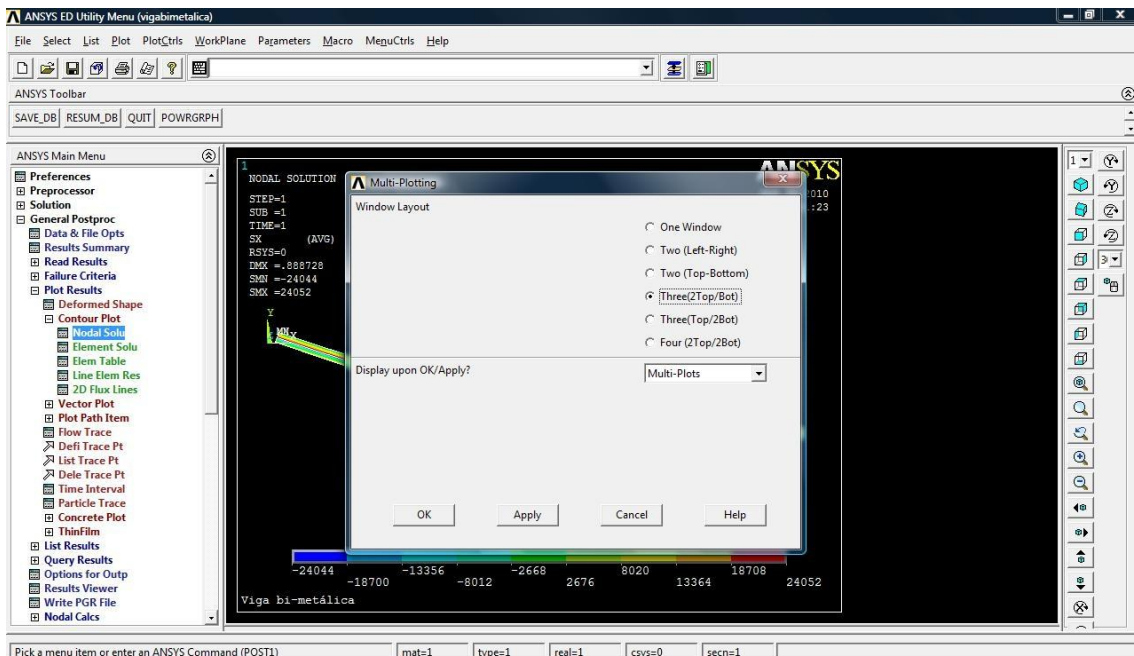


- ✓ No "ANSYS Main Menu" dentro do "General Postproc" clicar em "Plot Results", "Contour Plot", "Nodal Solution";
- ✓ Na nova janela, selecionar:
 - **STRESS** **X - Component of stress**
- ✓ Clicar em "OK".

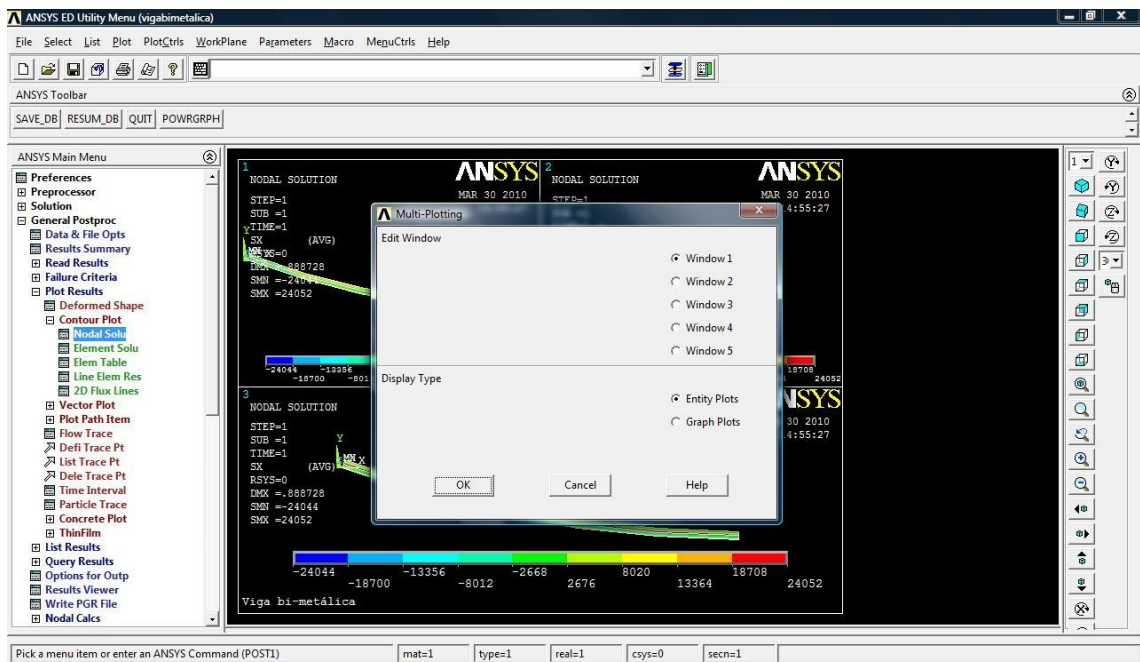
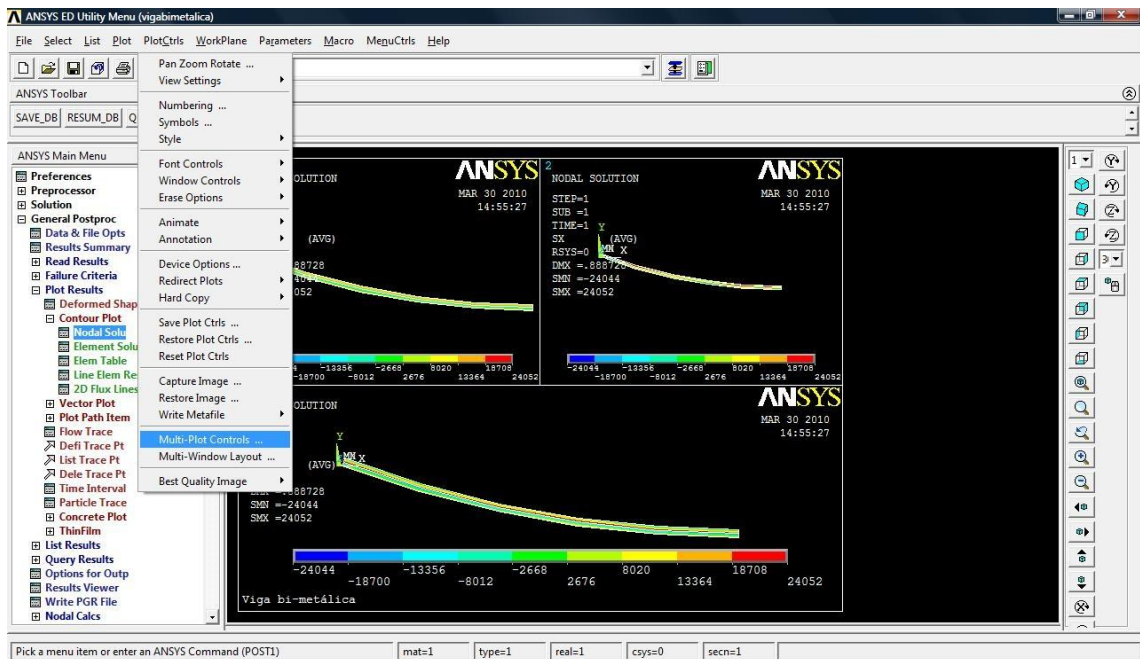




- ✓ No “ANSYS Utility Menu” clicar em “Plot Ctrls”, “Multi Windows Layout”;
- ✓ Na nova janela, seleccionar:
 - **Three (2 Top/Bot)**;
- ✓ Clicar em “OK”.



- ✓ Ir no “ANSYS Utility Menu” clicar em “Plot Ctrls”, “Multi Plot Ctrls”;
- ✓ Escolher para cada janela o que quer plotar;



- ✓ Clicar no “Utility Menu” em “Plot”, “Multi Plot”.

5. SALVANDO ARQUIVOS E SAINDO DO PROGRAMA:

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