

# ESTUDO DE DIVERSOS TIPOS DE CONTRAVENTAMENTO EM TRELIÇAS PLANAS USANDO O ABAQUS 6.12 STUDENT EDITION

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. DESCRIÇÃO DO ELEMENTO DE TRELIÇA PLANA:

O exemplo apresentado a seguir visa o estudo de diversos tipos de contraventamento (geometria) para treliças planas e as alterações que provocam nos esforços internos (axiais) de suas barras. Trata-se de uma treliça plana formando um cavalete com 6 metros de altura e 2 metros de largura submetida a 1 condição de carregamento. A figura 1 mostra 3 tipos de contraventamento (geometria) propostos e o carregamento atuante.

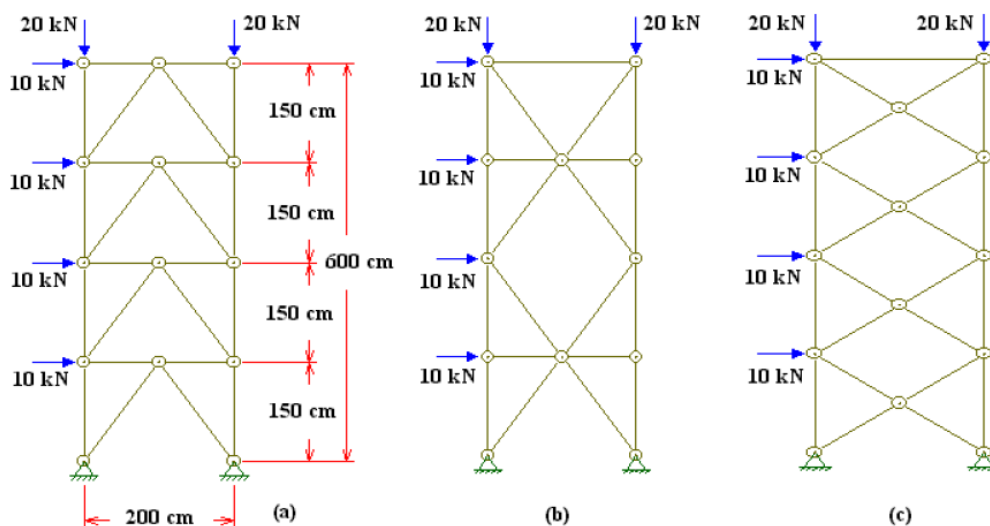


Figura 1. Geometrias da treliça a serem analisadas. (a) Contraventamento tipo K. (b) Contraventamento em diamante. (c) Contraventamento em X.

### 1.2. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

Área das seções transversais das barras que compõe as colunas (montantes): 9.27 [cm<sup>2</sup>].

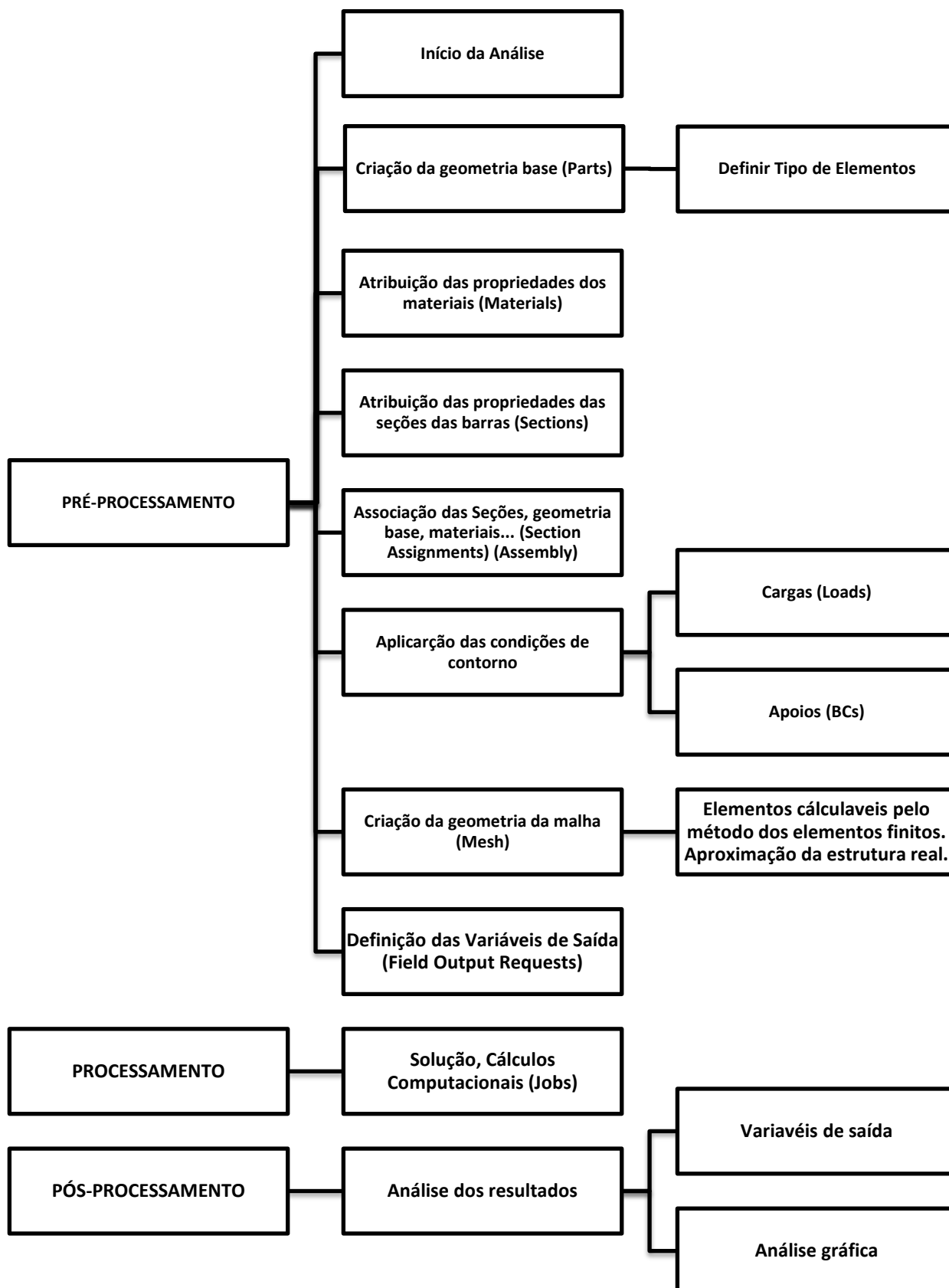
Área das seções transversais das barras diagonais: 7.66 [cm<sup>2</sup>].

### 1.3. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

'Módulo de elasticidade do material das barras: 20500 [kN/cm<sup>2</sup>] (aço estrutural).

## 2. RESOLUÇÃO

O procedimento de resolução pode ser demonstrado no seguinte fluxograma (a ordem pode eventualmente ser quebrada em pontos específicos por conveniência):

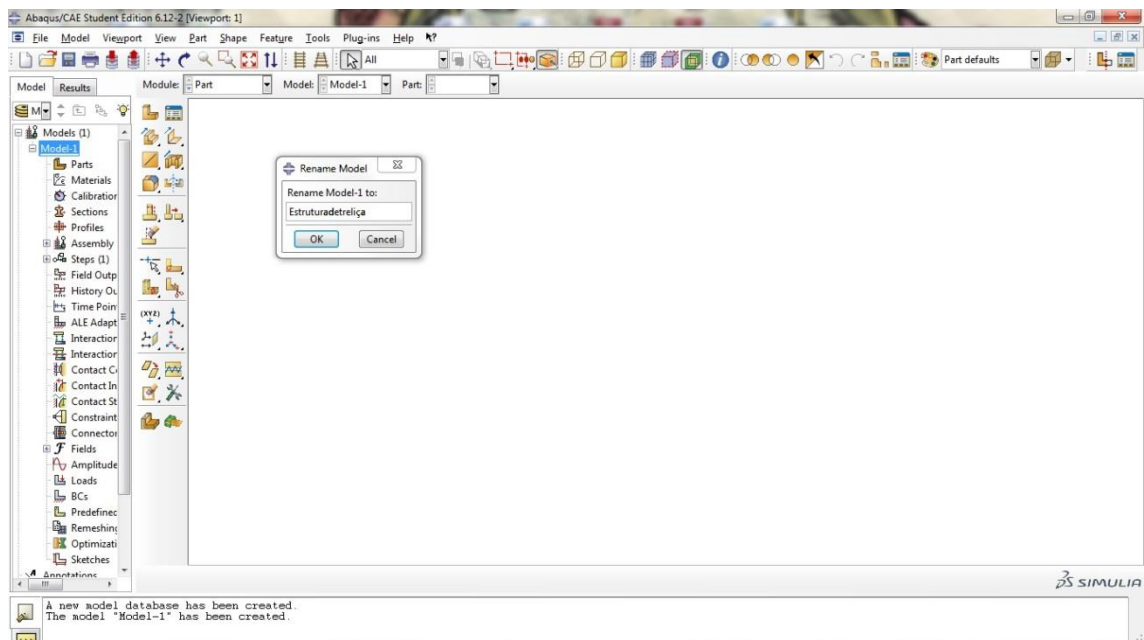


## 2.1. INÍCIO DA ANÁLISE

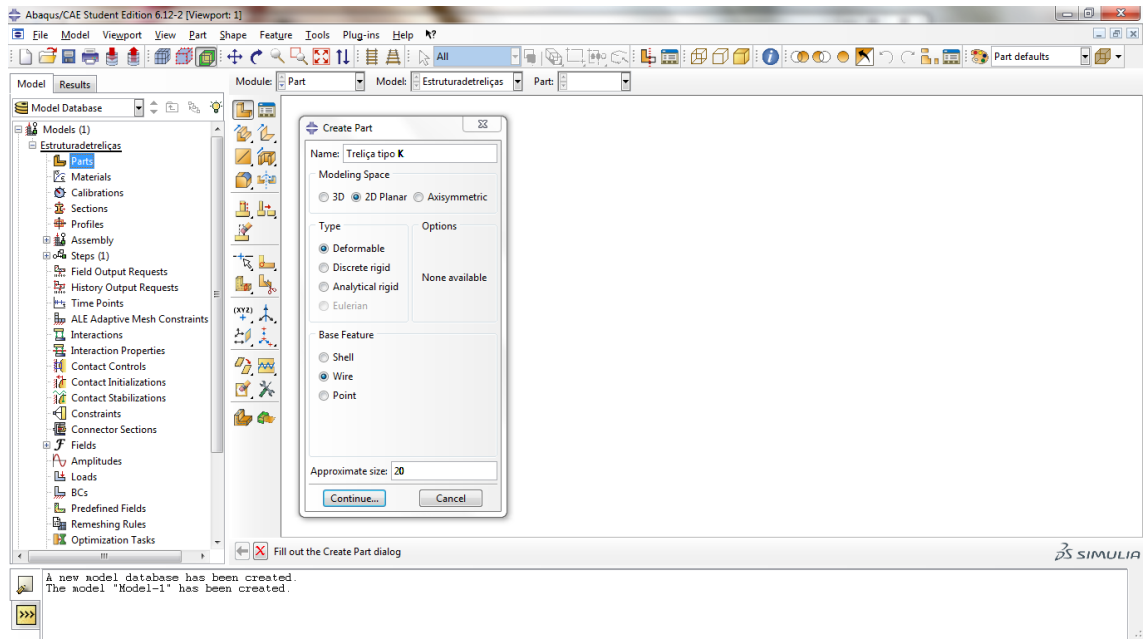
- ✓ Se você ainda não iniciou o programa **Abaqus/CAE**, **digite** *cmd* no Menu Iniciar para abrir o Prompt de Comando e nele **digite** *abq6122se cae* para executar o Abaqus.
- ✓ Em Create Model Database na caixa Start Session que aparece, **selecione** With Standard/Explicit Model.

## 2.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

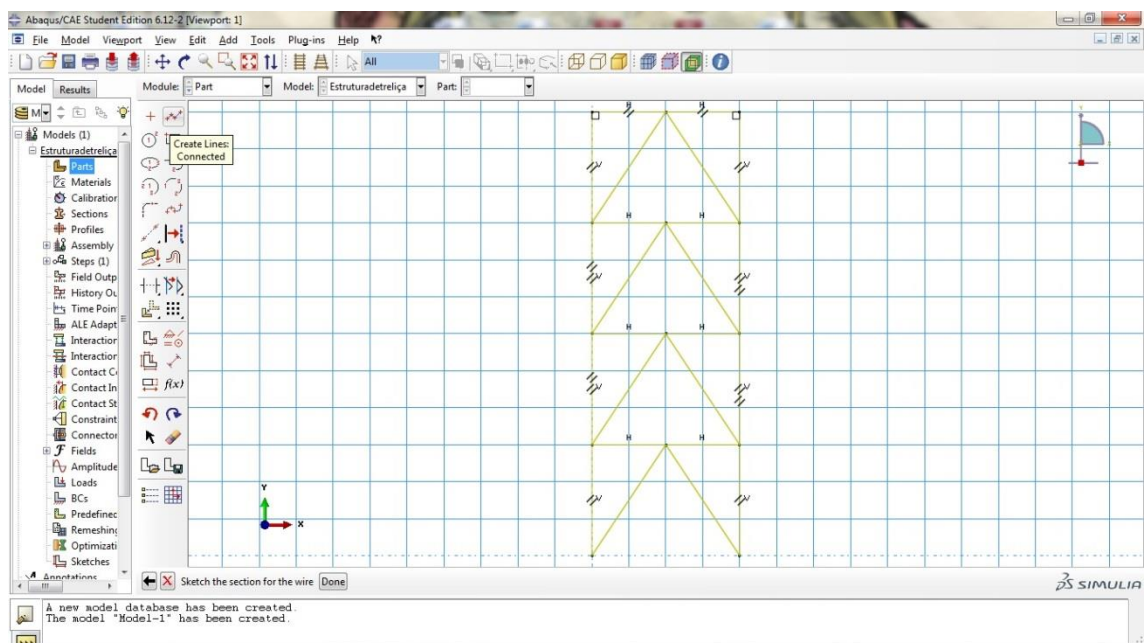
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Model-1** e **selecione** Rename. **Digite** *Estruturadetreliças*.



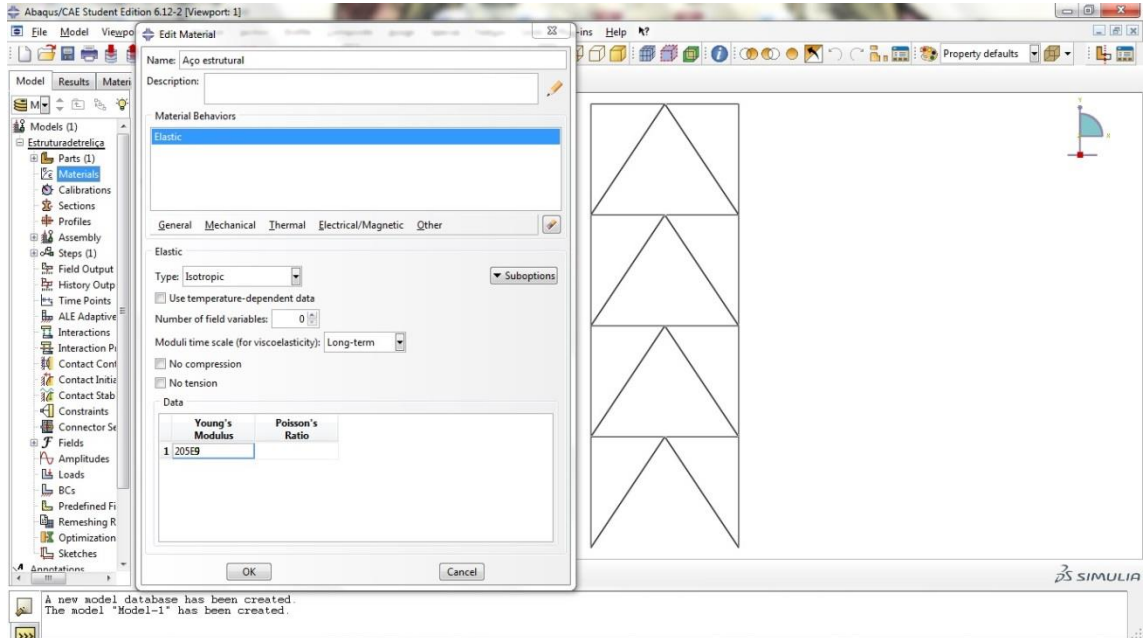
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Parts**, no campo Name **digite** *Treliça tipo K*, e **selecione** as opções: **2D Planar**, **Deformable**, **Wire**. Em approximate size **digite** *20*. **Clique** em **Continue...**



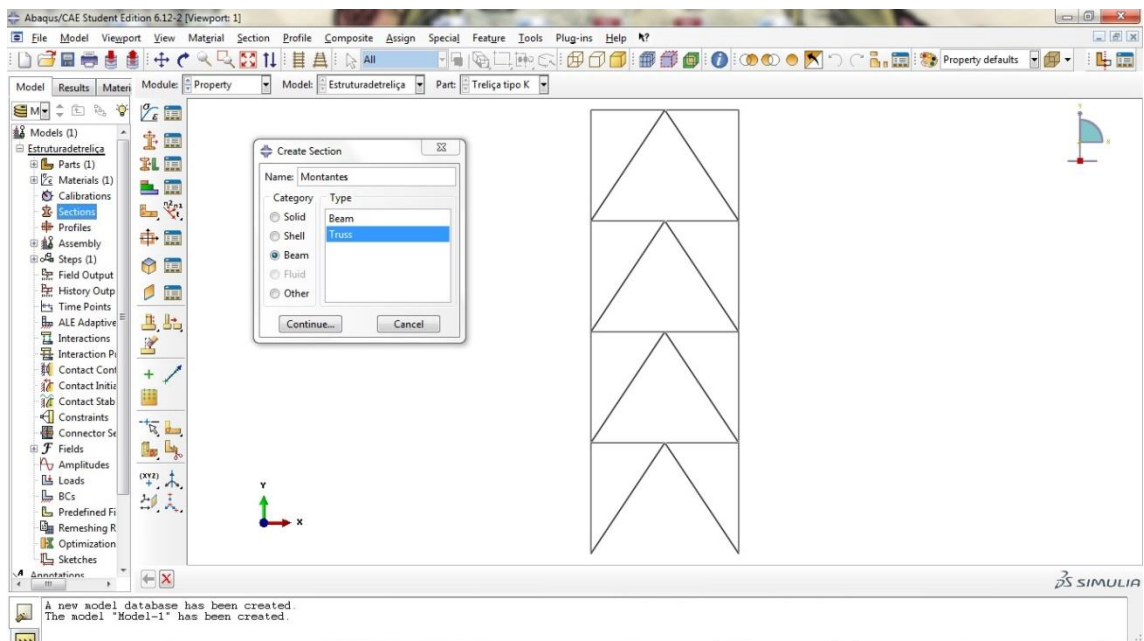
- ✓ Para começar a criar a estrutura, **clique** em **Create Lines: Connected** na caixa de ferramentas e **insira** em ordem as seguintes coordenadas (**tecle** enter entre uma e outra coordenada): 0,0 - 0,1.5 - 0,3 - 0,4.5 - 0,6 - 1,6 - 2,6 - 2,4.5 - 2,3 - 2,1.5 - 2,0 - 1,1.5 - 2,1.5 - 1,3 - 2,3 - 1,4.5 - 2,4.5 - 1,6 - 0,4.5 - 1,4.5 - 0,3 - 1,3 - 0,1.5 - 1,1.5 - 0,0. Em seguida, **desative** a função **Create Lines: Connected**, **clique** em **Auto-Fit View** na barra de ferramentas e **clique** em **Done**.



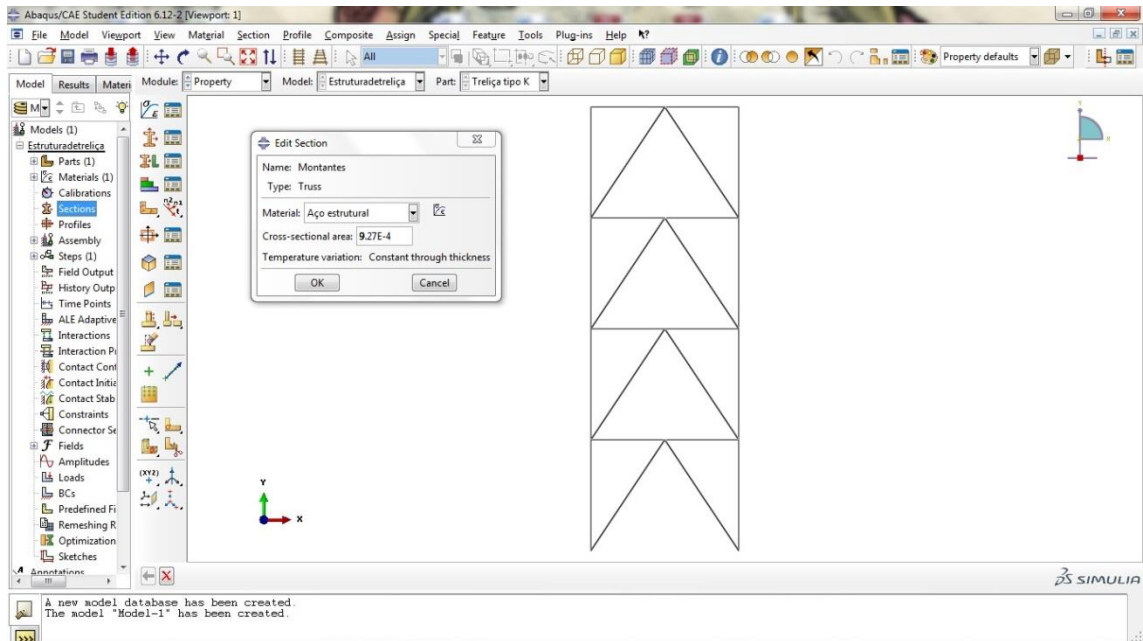
- ✓ No menu **Model** à esquerda, dê duplo clique em **Materials**. Digite **Aço estrutural** no campo **Name**, E clique em **Mechanical>Elasticity>Elastic**. Em **Data**, no campo **Young's Modulus** digite **205E9** e clique **OK**.



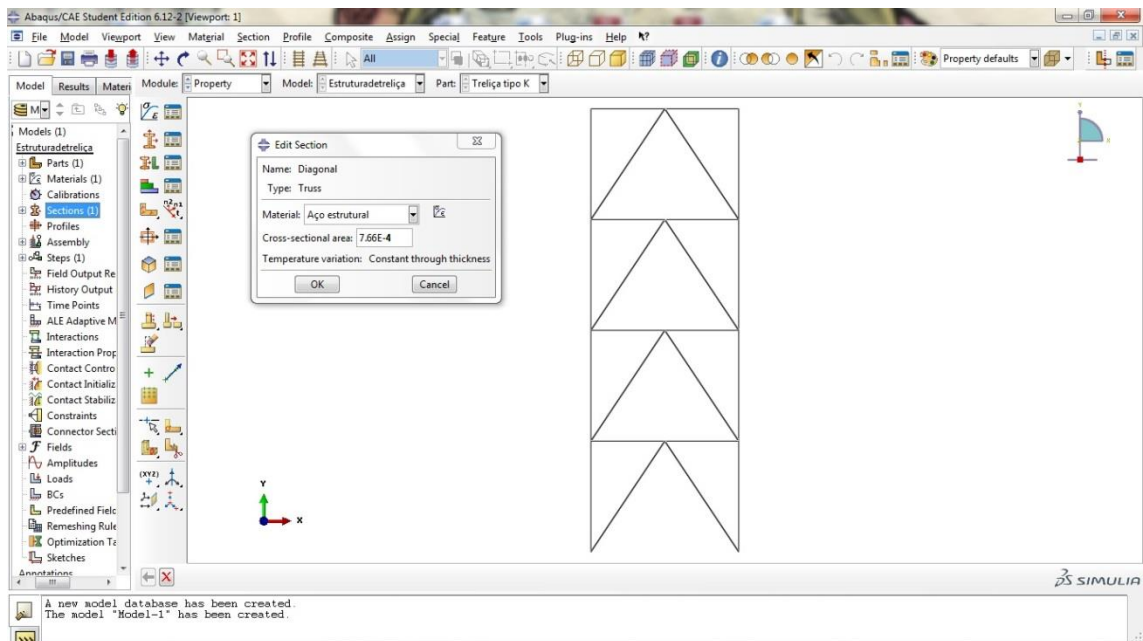
- ✓ No menu **Model** à esquerda, dê duplo clique em **Sections**. No campo **Name** digite **Montantes**, em **Category** selecione **Beam**, e em **Type** selecione **Truss**. Clique em **Continue...**



- ✓ **Selecione** o Material (aço estrutural) e em **Cross-sectional área**, escreva a área de  $9.27E-4$ . **Clique** em **OK**.

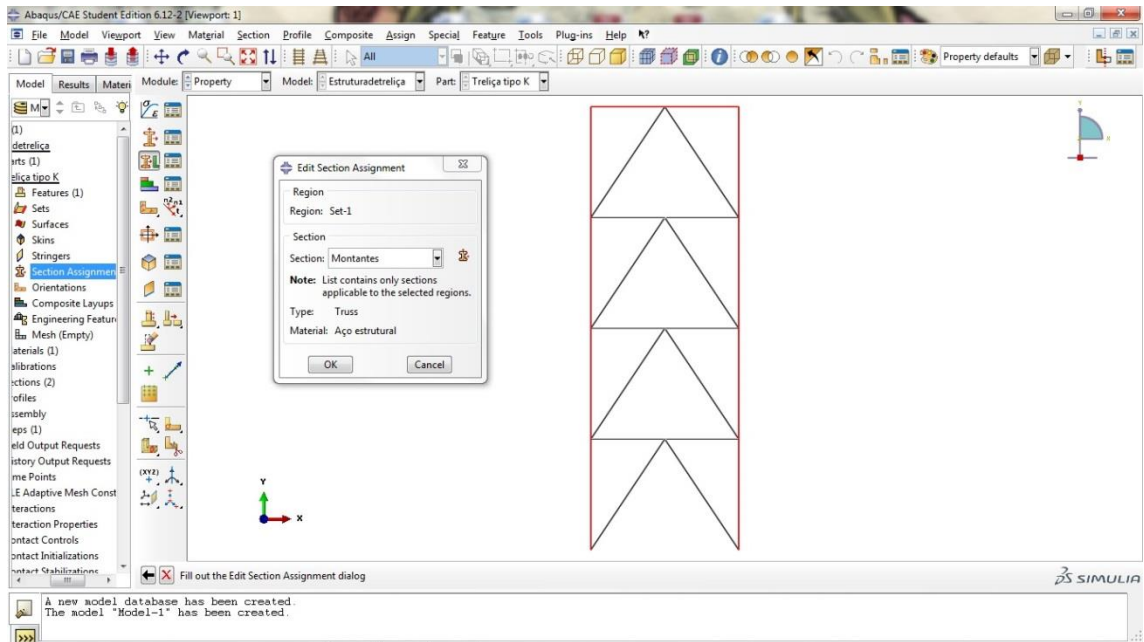


- ✓ **Repita** o ultimo procedimento para criar a seção das barras diagonais (Name: diagonal), com área de  $7.66E-4$ .

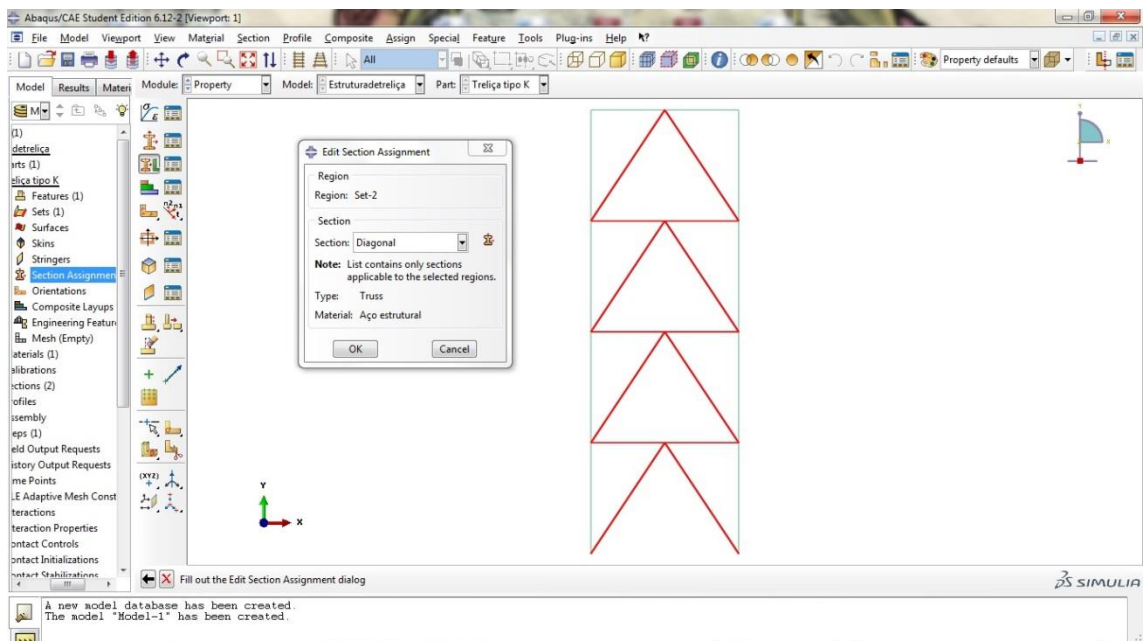


- ✓ No menu **Model** à esquerda, **abra** **Parts>treliça tipo K** e **dê** duplo clique em **Section Assignments**. **Selecione** as barras de fora (montantes) e **clique** em **Done**. **Selecione** a seção montantes e clique em **OK**.



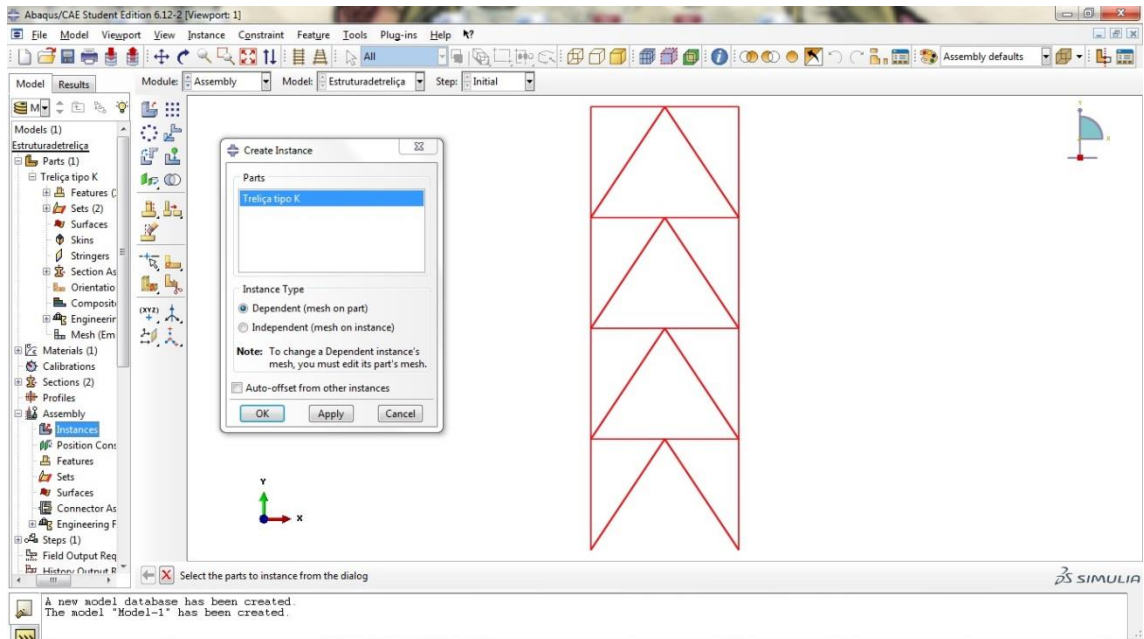


- ✓ **Repita** este procedimento, selecionando as barras do interior da treliça, associando à seção diagonal.

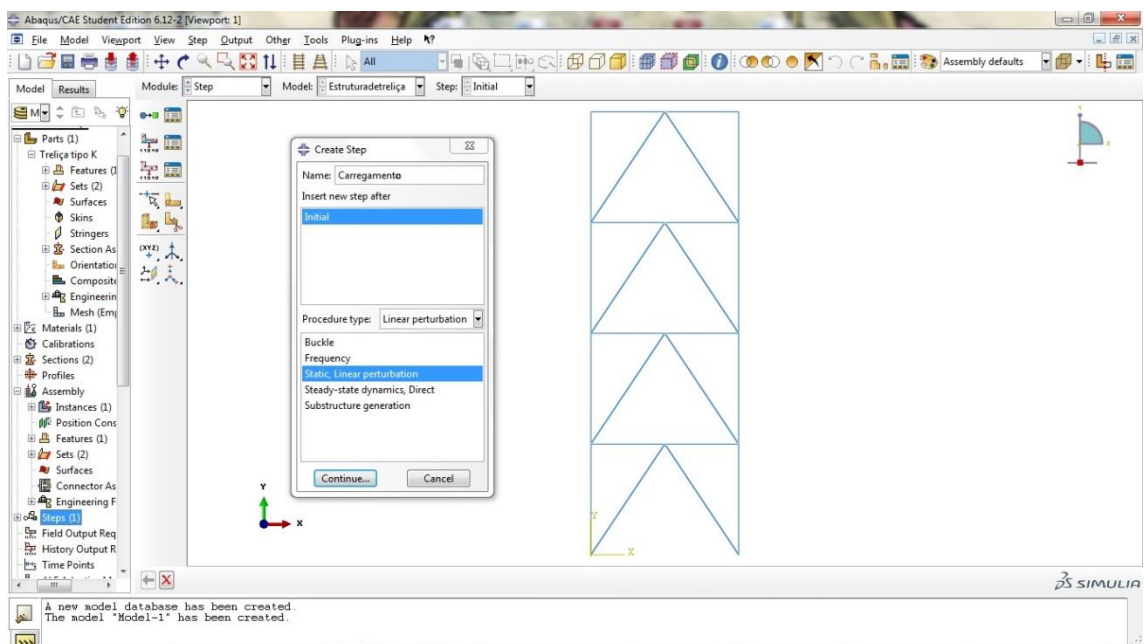


- ✓ No menu **Model** à esquerda, abra **Assembly** e dê duplo clique em **Instances**. **Certifique-se** que o **Instance Type** consta em "Dependent (mesh on part)" e clique em **OK**.

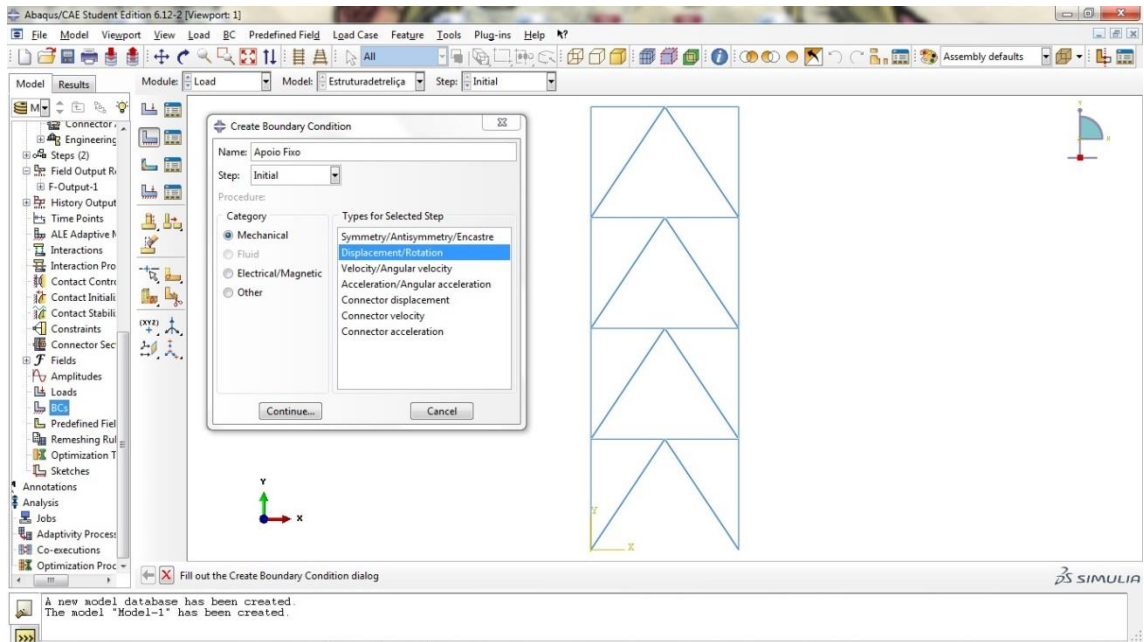




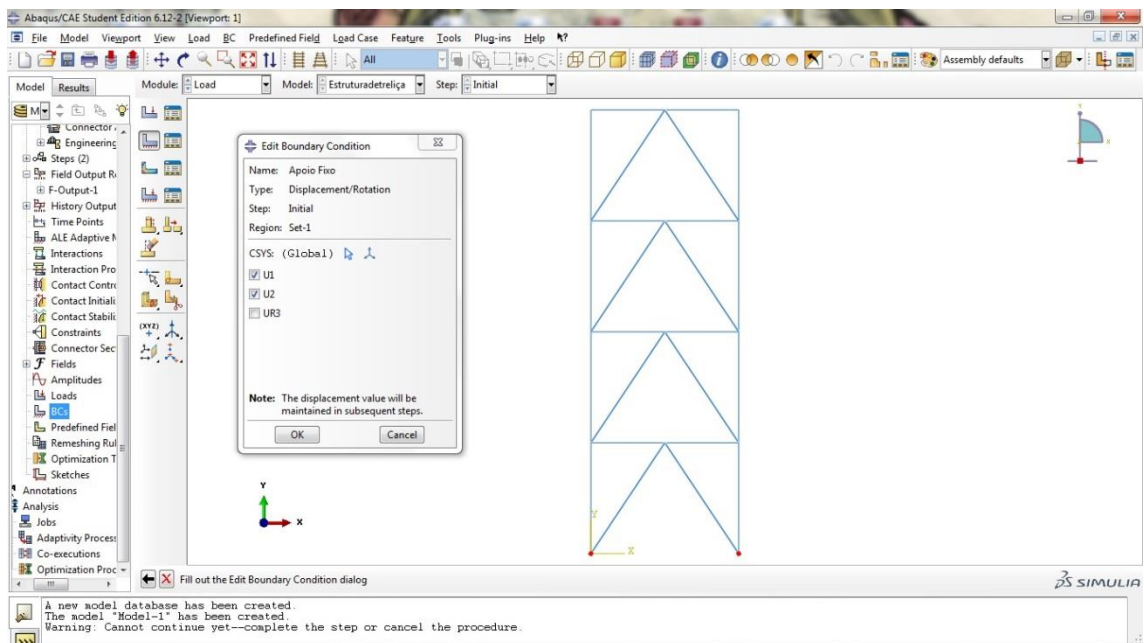
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Steps**. No campo **Name**, **digite** *Carregamento* e em **Procedure Type**, **selecione** *Linear perturbation*>*Static Linear perturbation*. **Clique** em *Continue....* Então **clique** **OK** na nova janela que se abre.



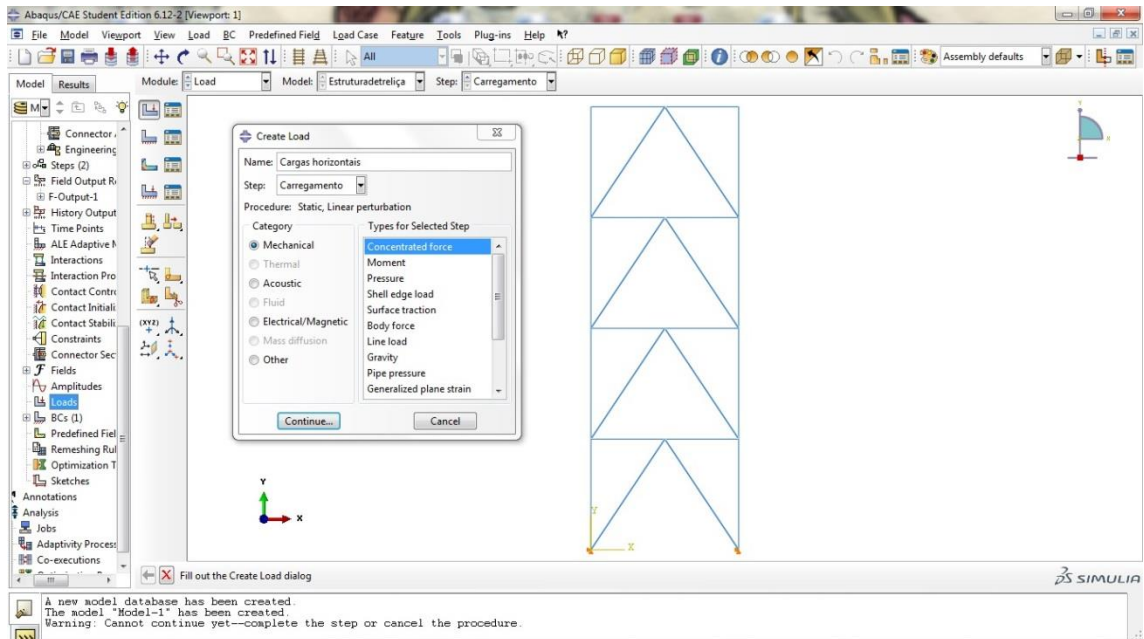
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **BCs**. Na janela **Create Boundary Condition**, **altere** o campo **Name** para *Apoio Fixo*, **Step** para *Initial* e **Types for Selected Step** para *Displacement/Rotation*. **Clique** em *Continue....*



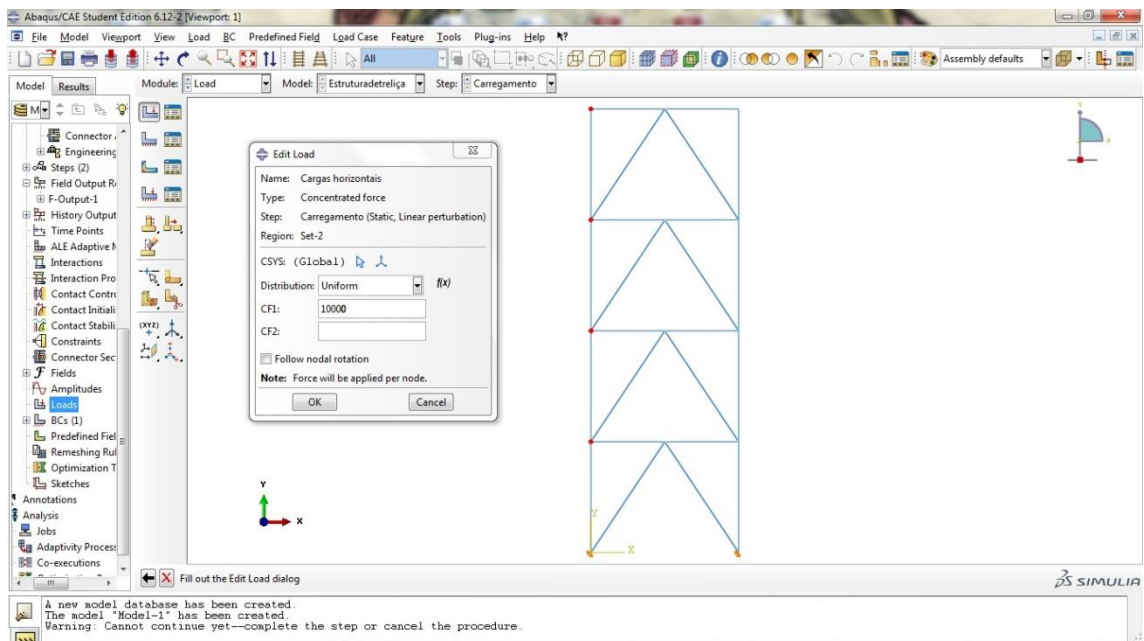
- ✓ **Selecione** os pontos inferiores da estrutura e **clique** em Done. **Marque** na nova janela U1 e U2. **Clique** em OK.



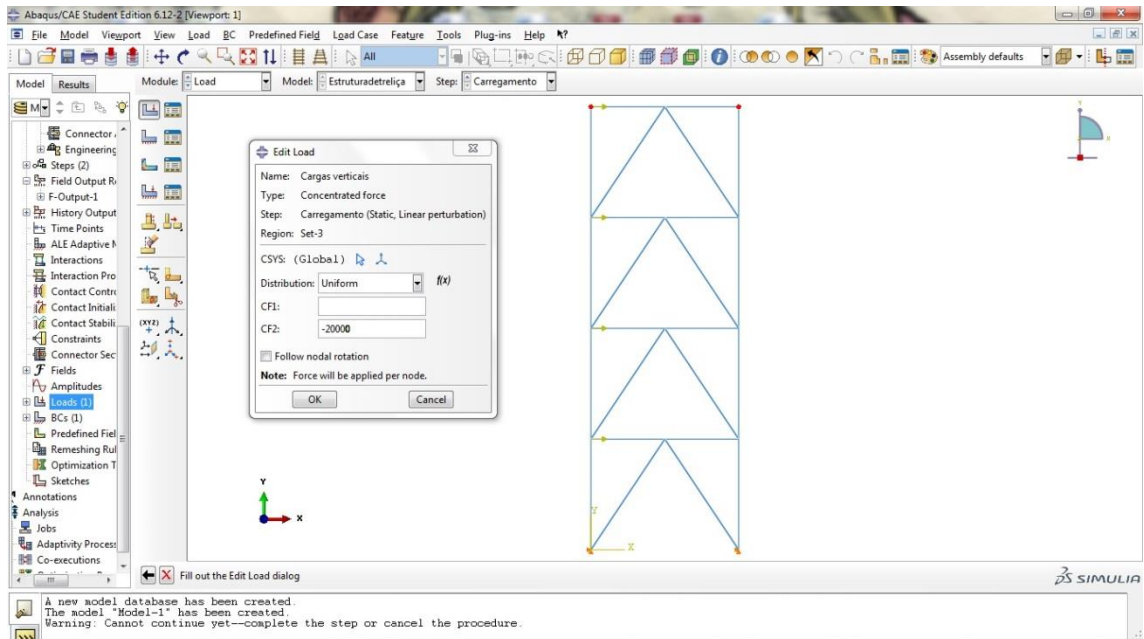
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Loads**. Na janela **Create Load**, no campo **Name** **digite** *Cargas horizontais*, **troque** o **Step** para carregamentos e **clique** em **Continue....**



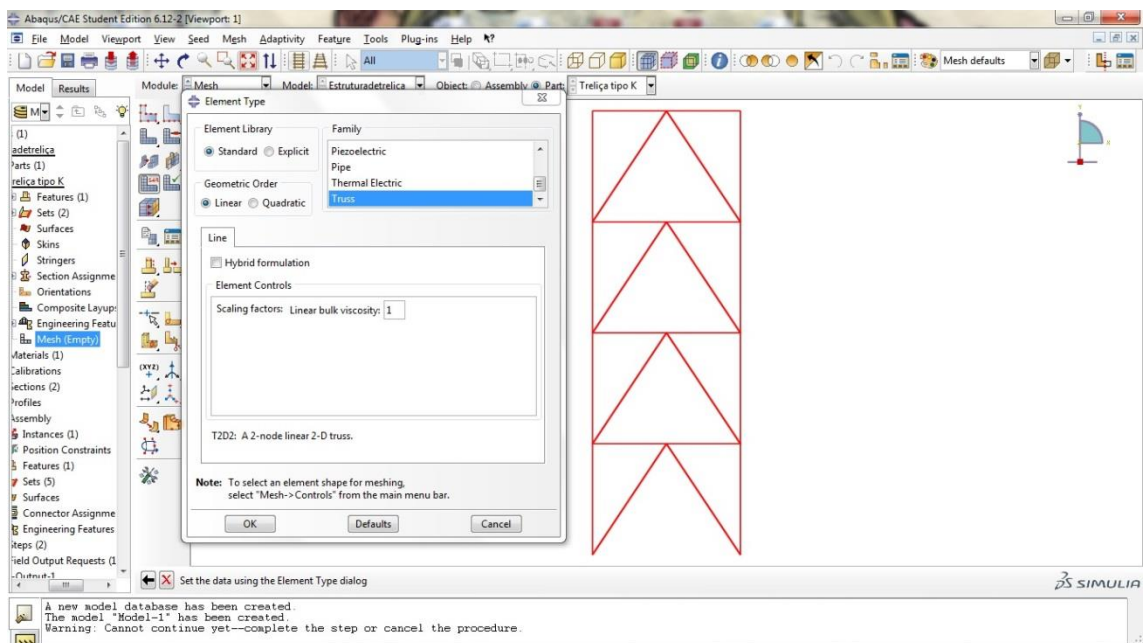
- ✓ **Selecione** os quatro nós da barra esquerda, acima do apoio esquerdo, e **clique** em Done. Na janela Edit Load, no campo CF1 **digite** 10000 e **clique** em OK.



- ✓ **Repita** o procedimento para criar a *Cargas verticais*, aplicada nos pontos da extremidade superior da estrutura de intensidade -20000 (CF2).



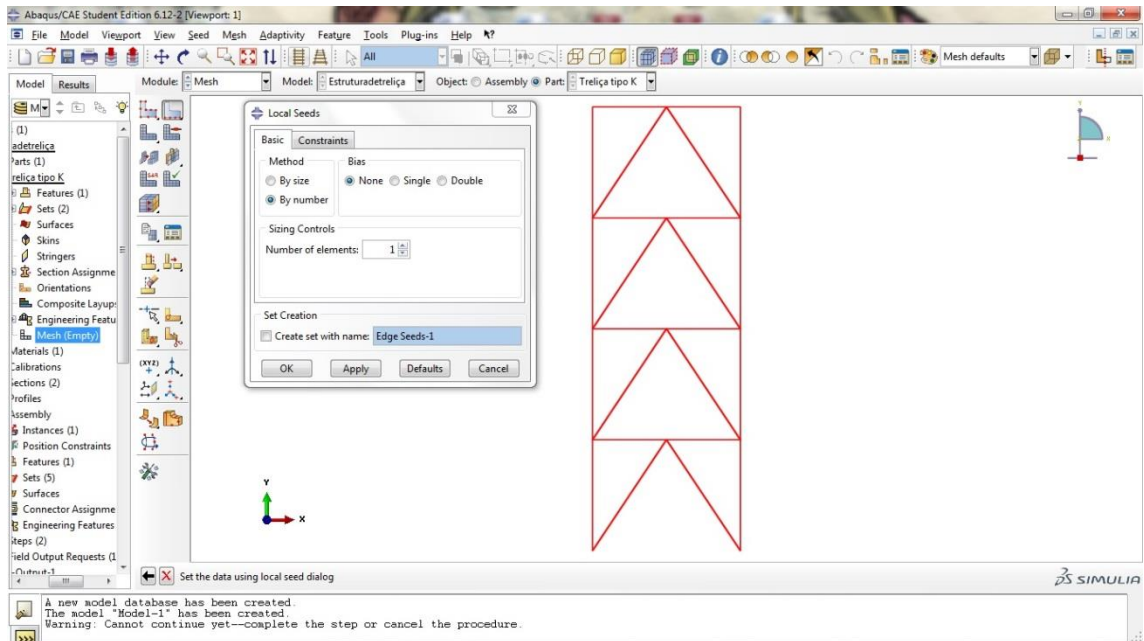
- ✓ No menu **model** à esquerda, **abra** **Parts>treliça** e **dê** dois cliques em **Mesh**. Na barra de contexto, em **Object**, **selecione** **Part**. Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Element Type** e **selecione** com o mouse toda a região da treliça, formando uma “caixa”. Clicando em **Done**, abrirá a janela **Element Type**. Em **Family**, **selecione** **Truss** e **clique** **OK**.



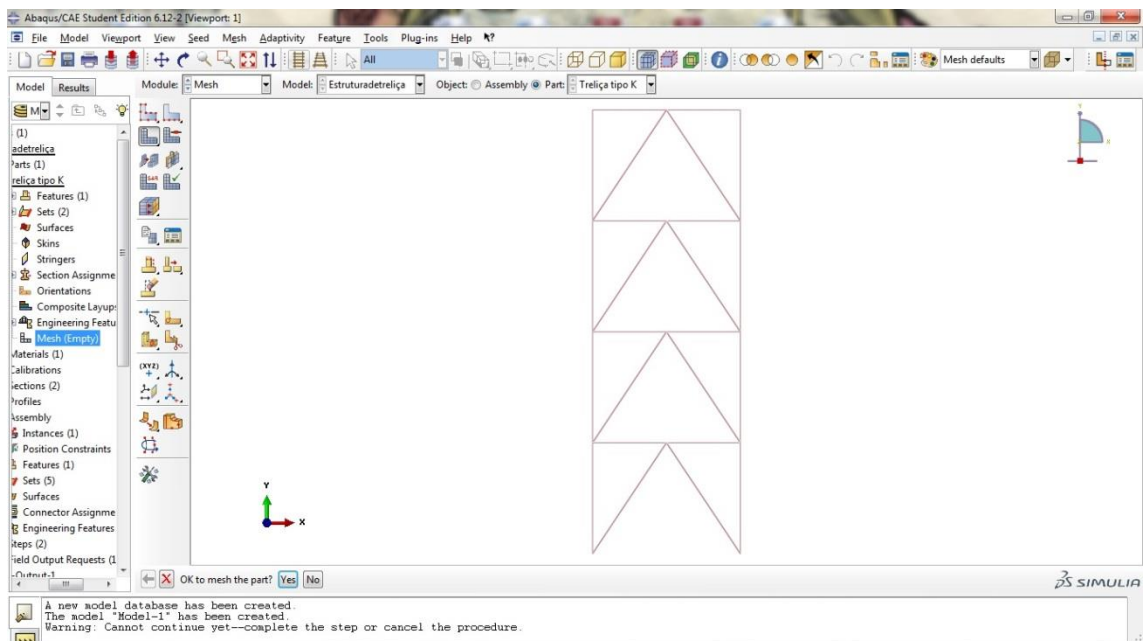
- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Seed>Edges** e **selecione** toda a região da treliça novamente e **clique** em **Done**. Na janela **Local Seeds**,



altere Method para By number e em Sizing Controls, altere Number of elements para 1. Clique em OK.

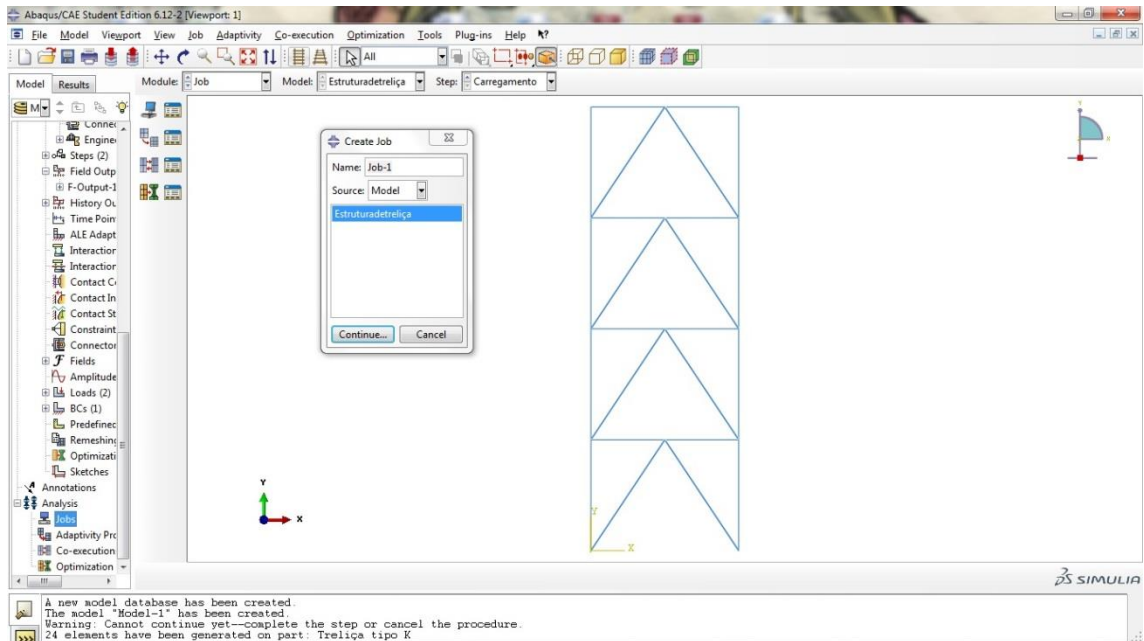


✓ Na barra do menu principal, clique em Mesh>Part. Aparecerá a pergunta “OK to mesh the part?”, clique Yes. Perceba que a treliça fica na cor azul.

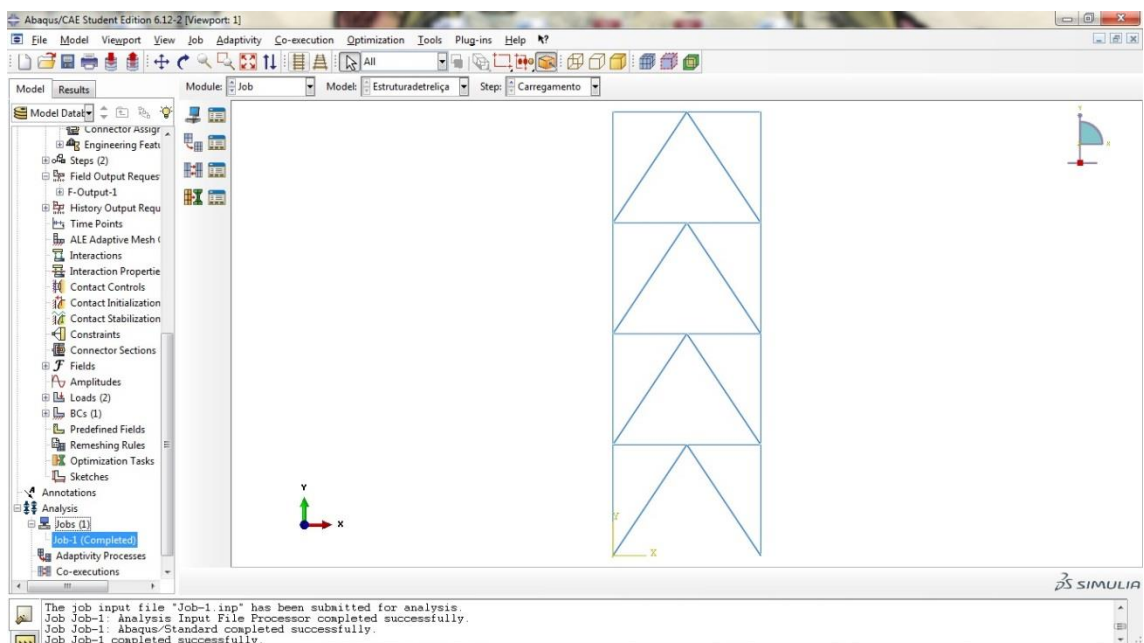


## 2.3. PROCESSAMENTO

- ✓ . No menu model à esquerda, **duplo clique** em Jobs. Na janela Create Job, apenas **clique** em Continue.... Na janela Edit Job, **clique** em OK

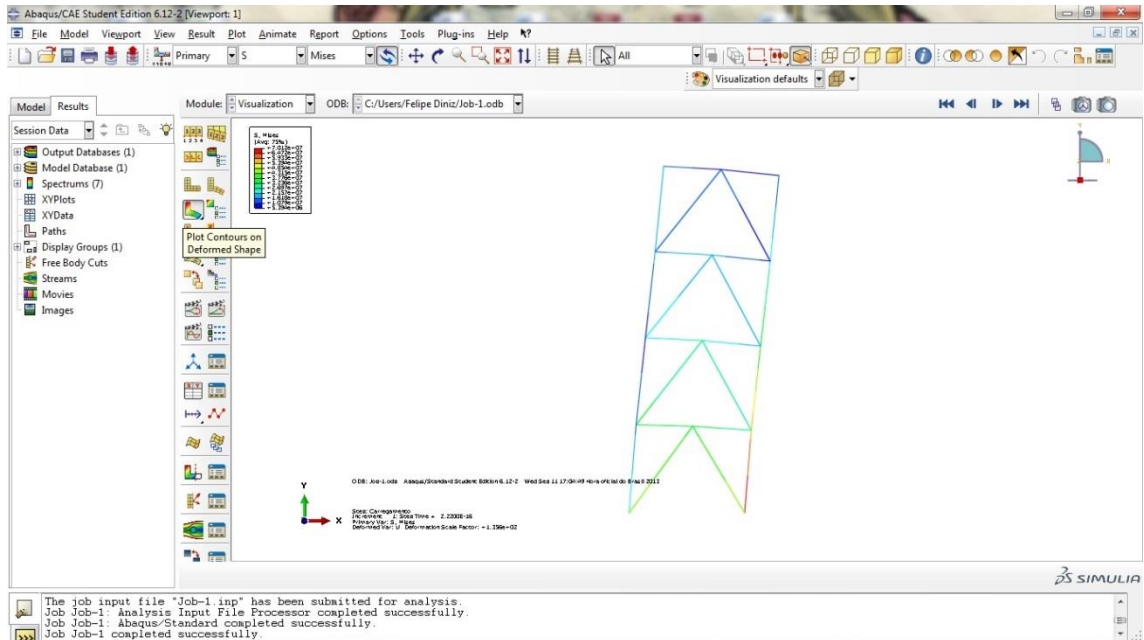


- ✓ **Abra Jobs** e **clique** com o botão direito em Job-1. **Clique** em Submit. Se aparecer uma janela dizendo "Job files already exist for Job-1. OK to overwrite?", **clique** OK. **Aguarde** o processamento dos dados. Estará concluído quando aparecer "(Completed)" ao lado de Job-1 no menu model à esquerda.

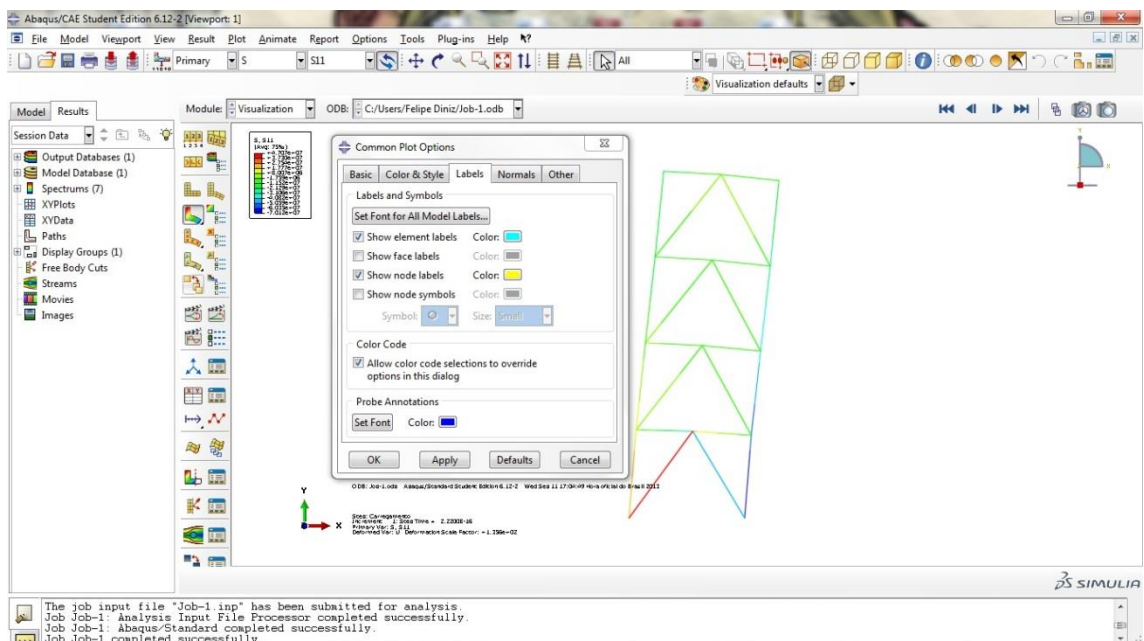


## 2.4. PÓS-PROCESSAMENTO

- ✓ No menu model à esquerda, **clique** com o botão direito em **Job-1(Completed)>Results**. A tela de análise de dados se abrirá. Na caixa de ferramentas, **clique** em **Plot Contours on Deformed Shape**.

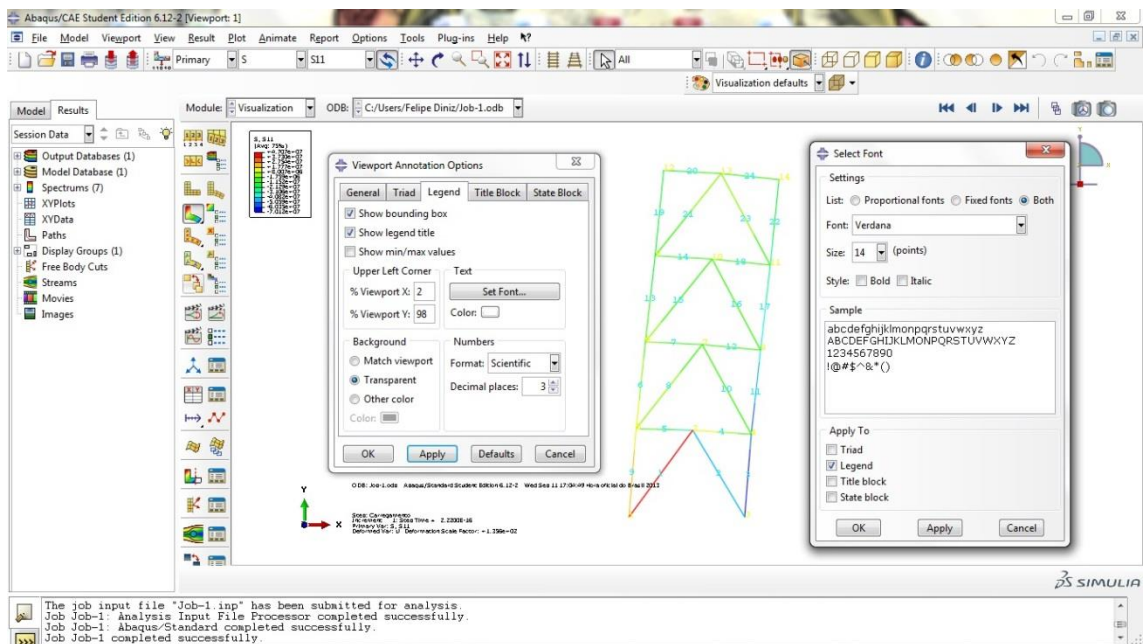


- ✓ Na barra de ferramentas no canto superior à direita, **selecione S11** onde, por padrão, estava selecionado **Mises**. Na caixa de ferramentas, **clique** em **Common Options**. Na janela **Common Plot Options**, **selecione** a aba **Labels** e **marque** **Show element labels** e **show node labels**. **Clique** **OK**.

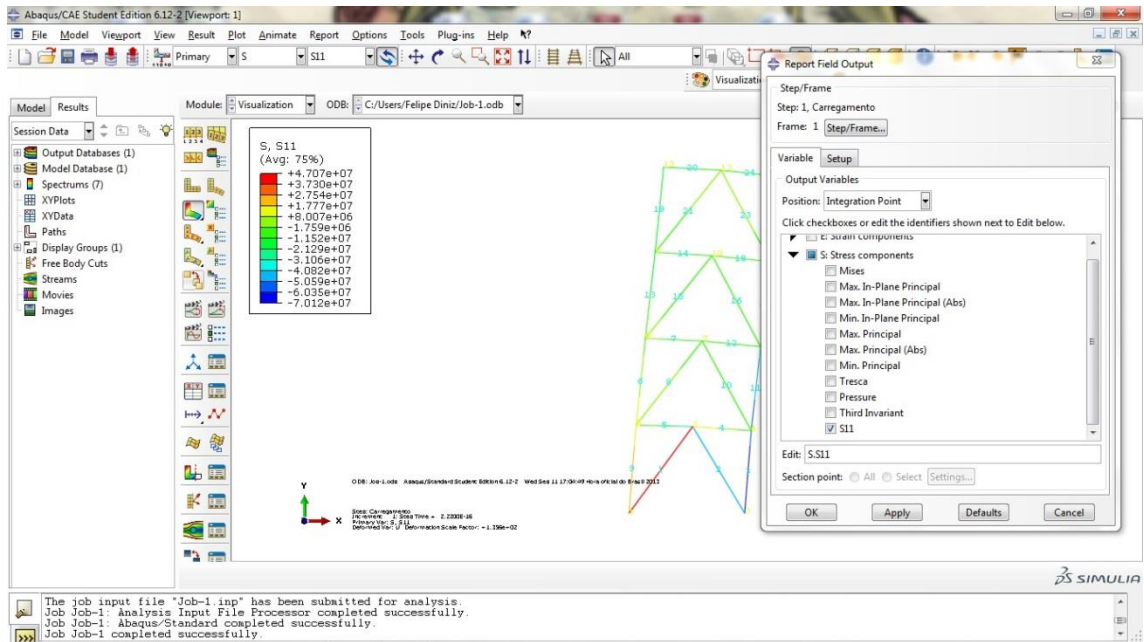




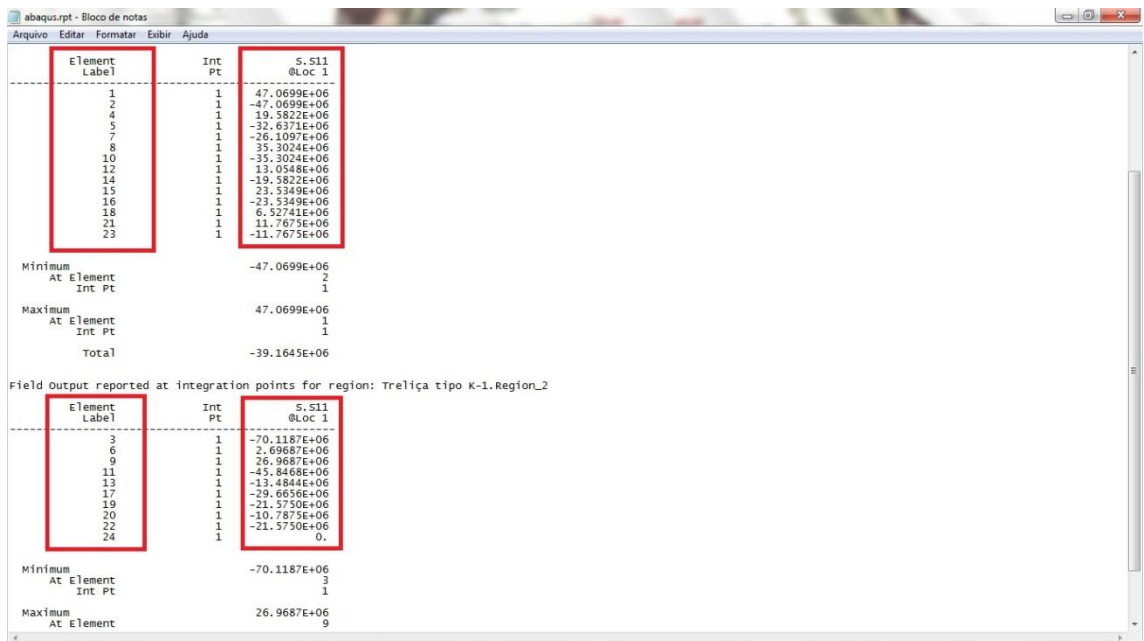
- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em **Viewport>Viewport Annotation Options....** Na janela aberta, **selecione** a aba **Legend**. **Clique** em **Set Font**. Na nova janela, **altere** **Size** para **14**. **Clique** **OK** nas duas janelas abertas. **Os esforços nas barras já estão exibidos em escala de cores**, mas é possível ainda salvar os valores dos esforços em um documento de texto.



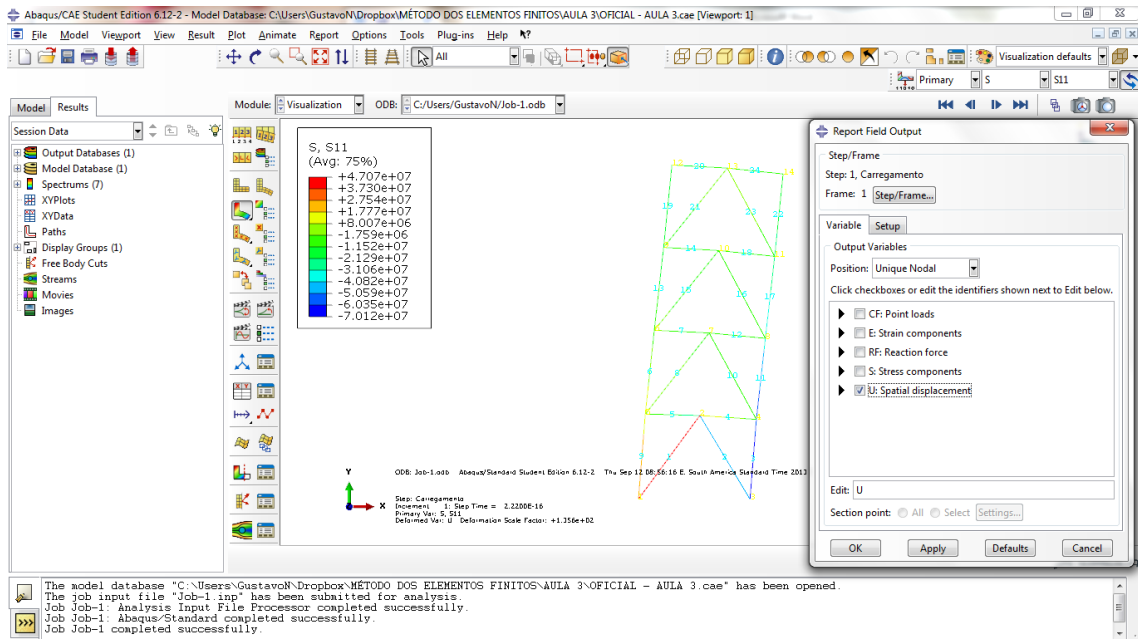
- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em **Report>Field Output**. Na janela **Report Field Output**, **clique** em **S: Stress components>S11** e **clique** em **OK**. A mensagem aparecerá: “The field output report was appended to file “abaqus.rpt.” O arquivo **abaqus.rpt** pode ser encontrado em **C:\Users\”Nome do Usuário”\abaqus.rpt**.



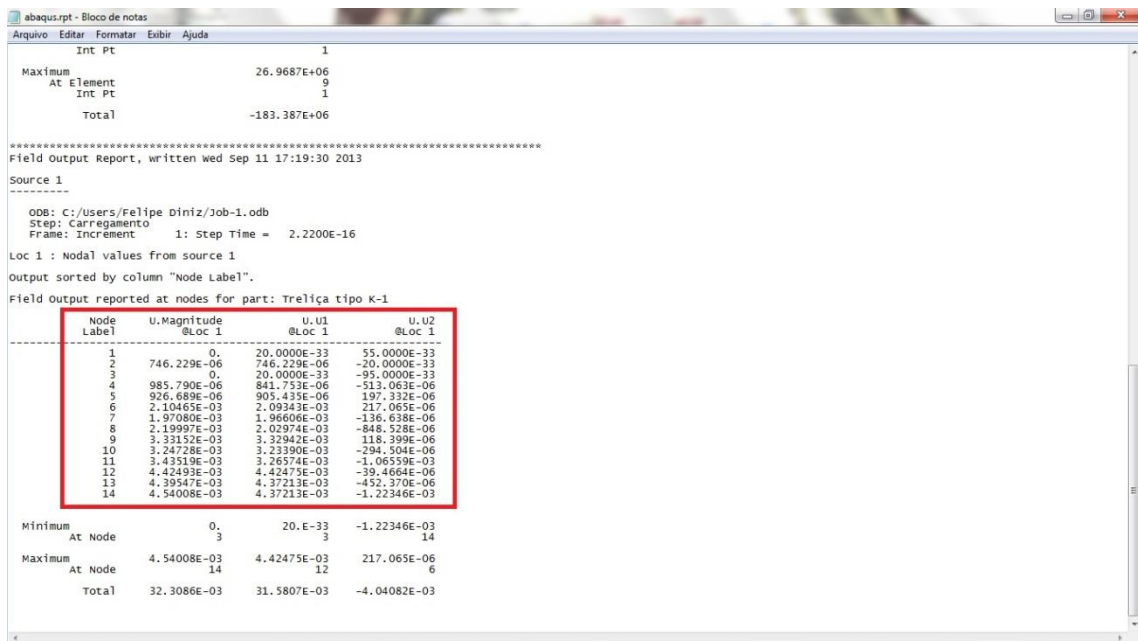
✓ O arquivo listará os esforços das barras.



✓ Na barra do menu principal, clique em Report Field Output. Na janela Report Field Output, desmarque Stress Components e no campo Position selecione Unique Nodal. Então marque U: Spatial Displacement e clique OK.



✓ O arquivo listará as deformações das barras.



✓ Na barra do menu principal, **clique** em **File>Save As...** **Dê** um nome ao arquivo e **clique** em **OK** (É possível também salvar o arquivo com os resultados já calculados - job-1.odb).