

EXEMPLO DE TRELIÇA COMPOSTA POR 6 NÓS E 12 BARRAS – UM MÓDULO DE TORRES DE TELECOMUNICAÇÕES USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

1. 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.

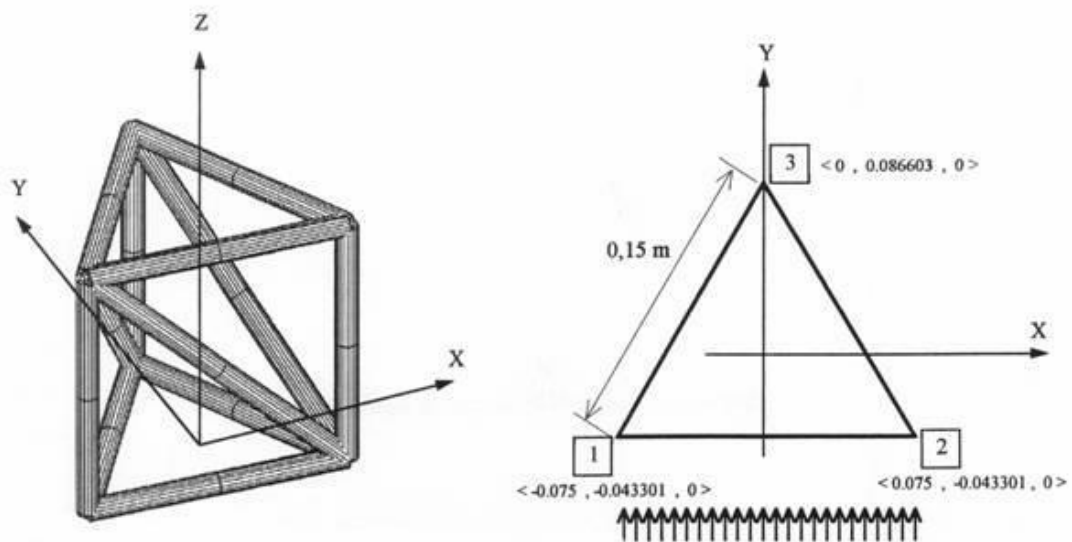


Figura 1. Esquema de um módulo de torre

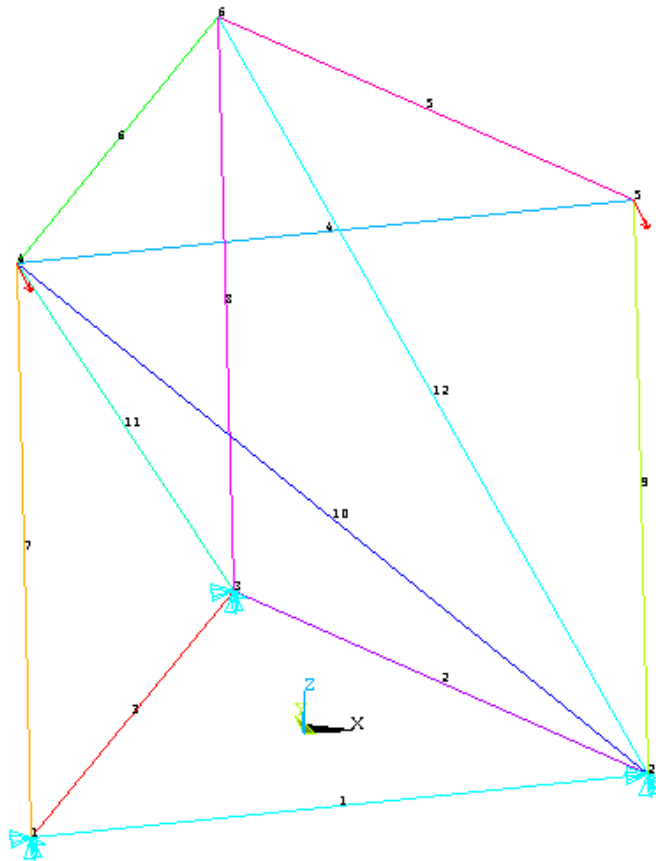


Figura 2. Malha de Elementos finitos.

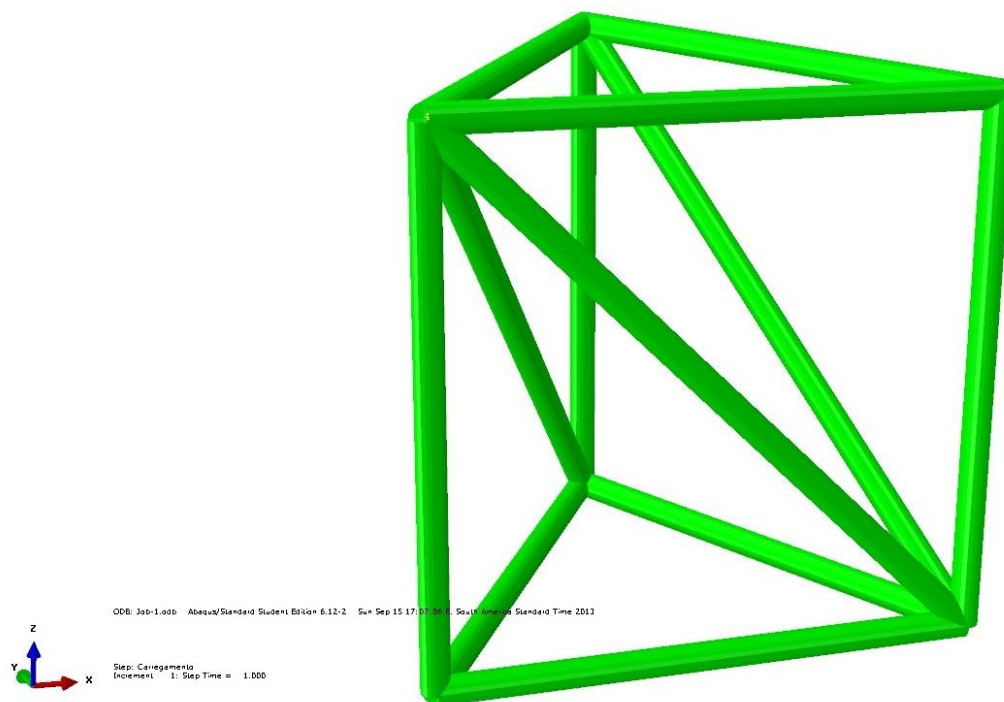


Figura 3. Visualização ABAQUS/CAE

1.1. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

Tubos de diâmetro igual a 0.01 m e espessura igual a 0.002 m, equivalentes a uma área de seção transversal de $5.02654E-5 \text{ m}^2$

1.2. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Módulo de elasticidade do Material das barras: $2.07E11 \text{ Pa}$ (aço ASTM A36)

1.3. CARGA APLICADA

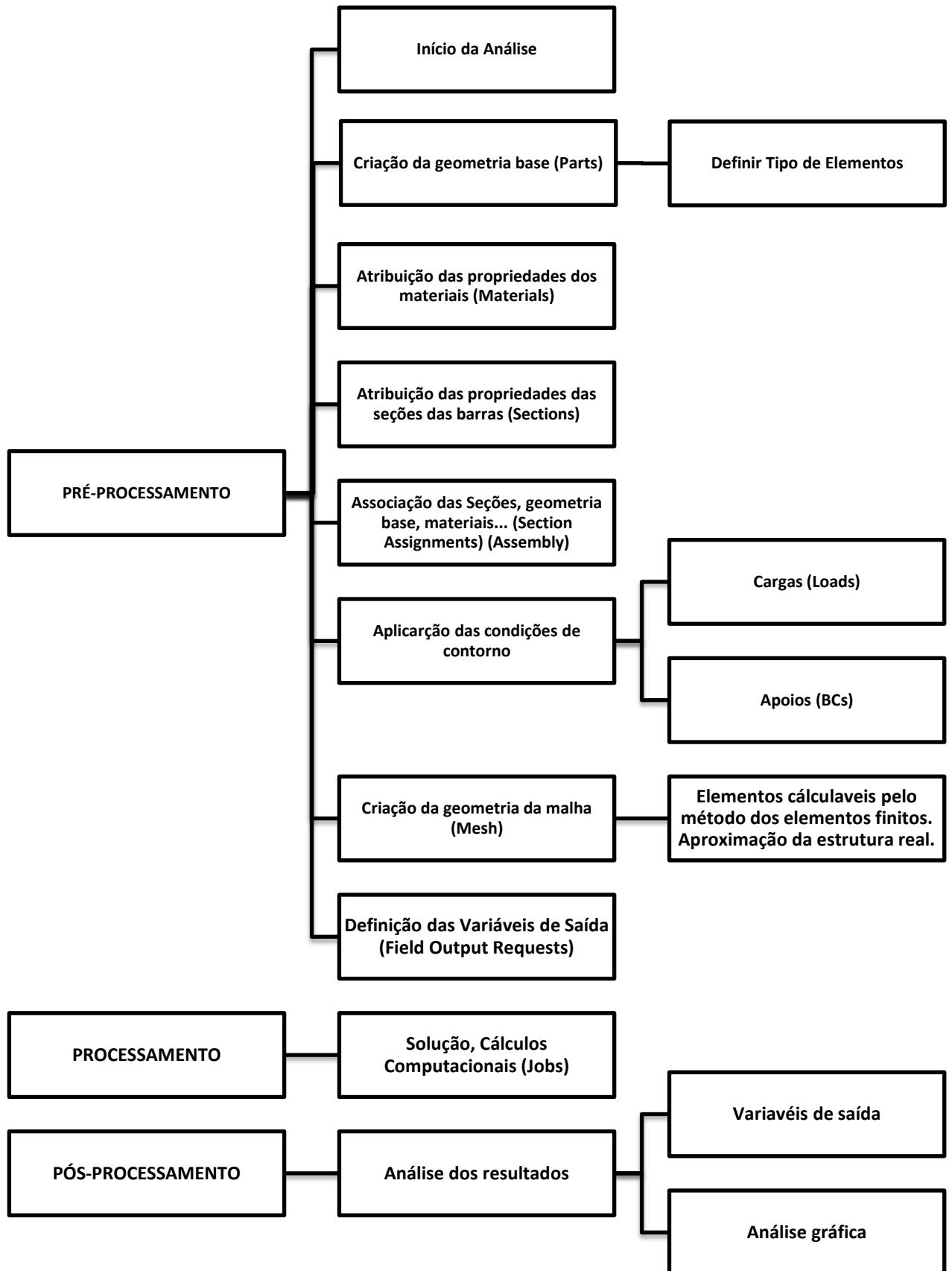
Para a resolução desse problema, duas forças equivalentes são aplicadas nos nós superiores, inicialmente numerados como nós 4 e 5.

Intensidade das forças: - 10.3762 N

Direção das forças: eixo Y.

2. RESOLUÇÃO

O procedimento de resolução pode ser simplificado com o seguinte fluxograma (a ordem pode eventualmente ser quebrada em pontos específicos por conveniência, como na definição das variáveis de saída, por exemplo):

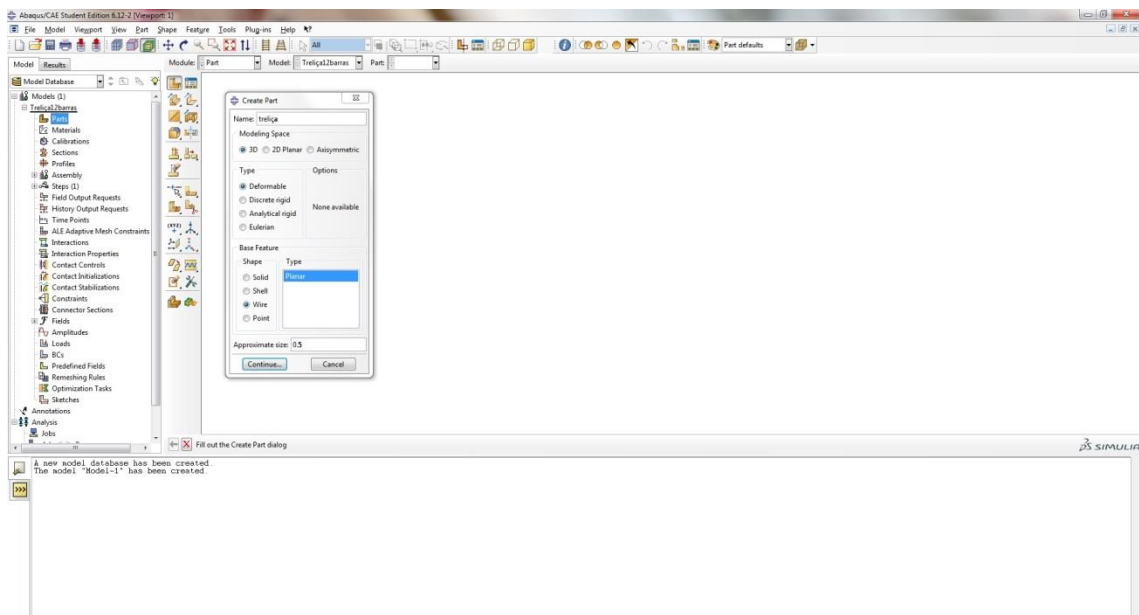


2.1. INÍCIO DA ANÁLISE

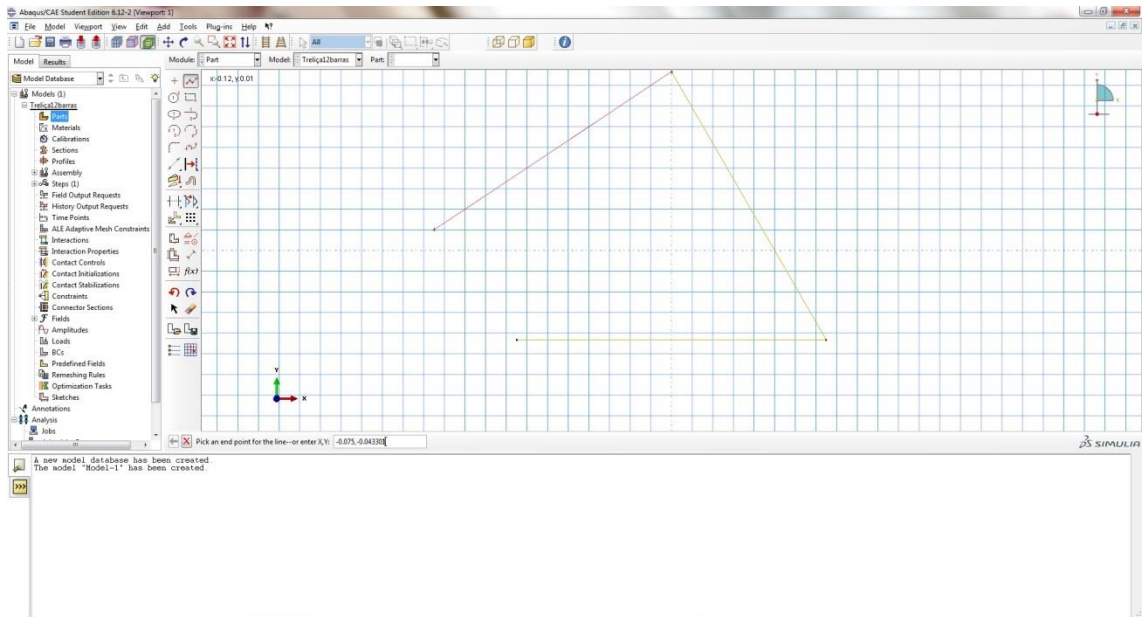
- ✓ Se você ainda não iniciou o programa **Abaqus/CAE**, **digite** *cmd* no **Menu Iniciar** para abrir o **Prompt de Comando** e nele **digite** *abq6122se cae* para executar o Abaqus.
- ✓ Em **Create Model Database** na caixa **Start Session** que aparece, **selecione** **With Standard/Explicit Model**.

2.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

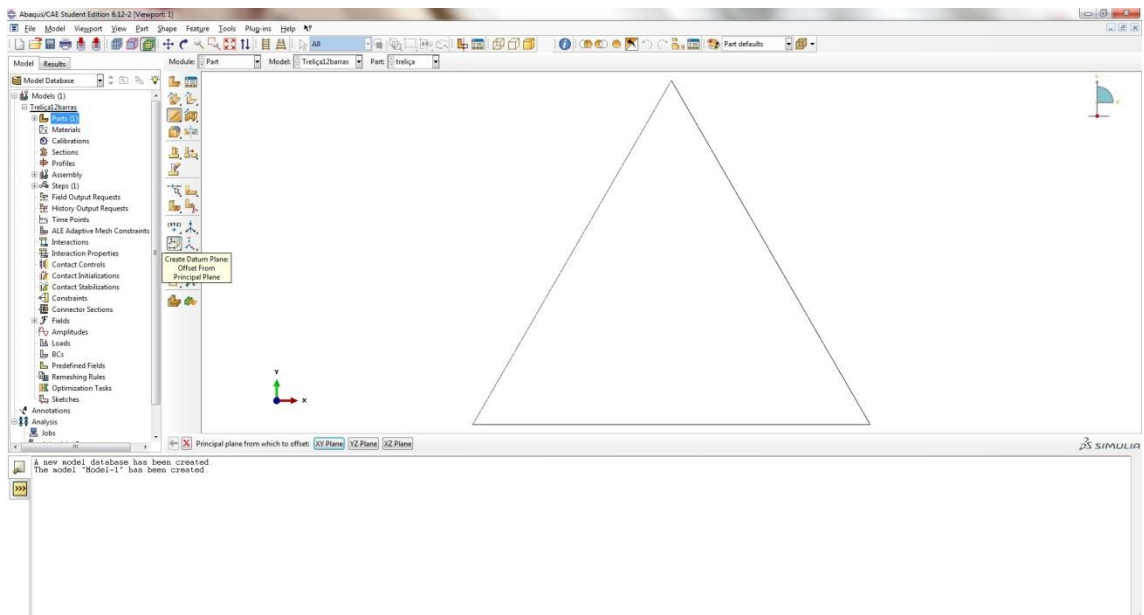
- ✓ No menu **Model** a esquerda, **clique** com o botão direito em **Model-1** e **selecione** **Rename**. **Digite** *Treliza12barras* e **clique** **OK**.
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Parts**. Na janela **Create Part**, no campo **Name**, **digite** *treliza*. Em **Modeling Space**, **marque** **3D**. Em **Base Feature**, **selecione** **Wire** e em **Approximate size** **digite** *0.5*. **Clique** em **Continue....**



- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Create Lines Connected** e **digite** as coordenadas: *-0.075,-0.043301; 0.075,-0.043301; 0,0.086603; -0.075,-0.043301*. **Clique** em **Done** para fechar a função **Sketch**.

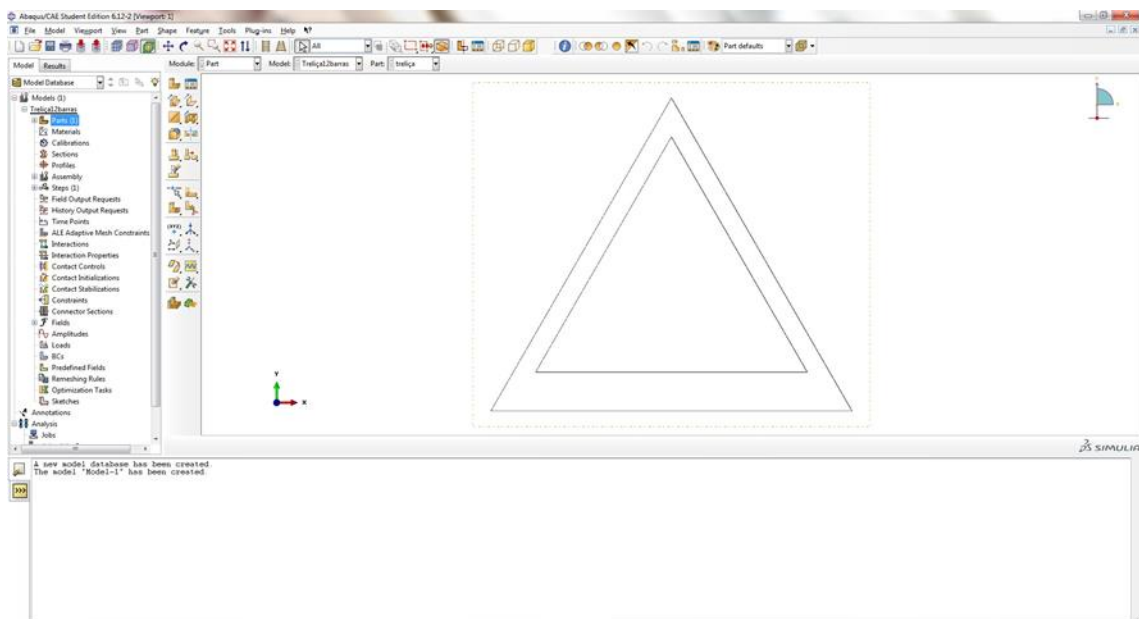
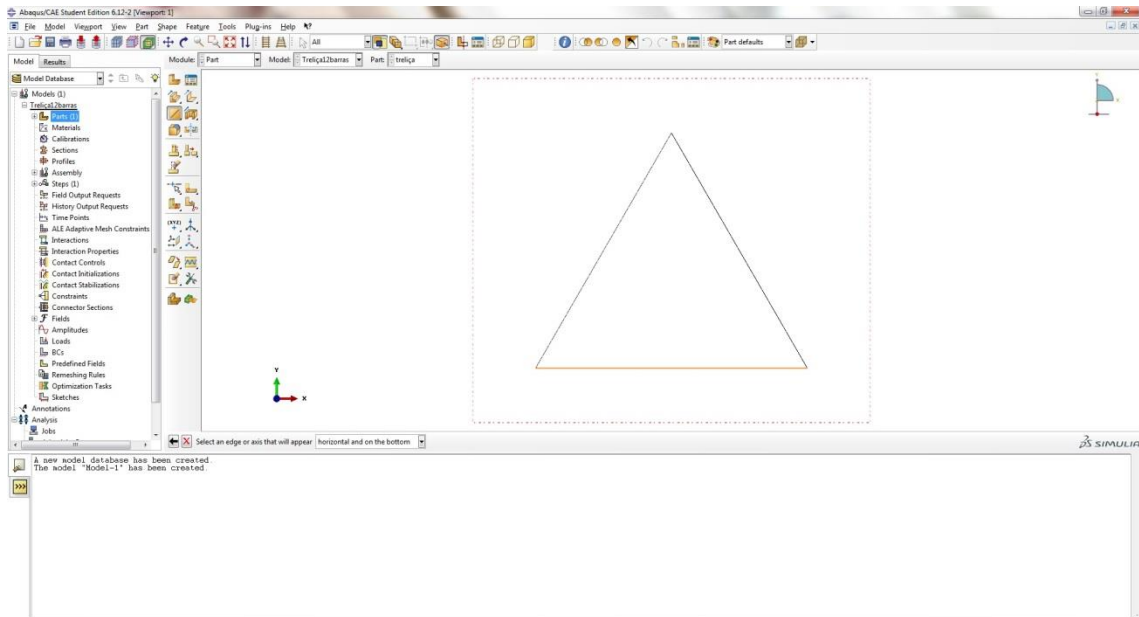


- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Create Datum Plane: Offset From Principal Plane** e, em seguida, **clique** em **XY Plane**. **Digite** em **Offset: 0.15**.

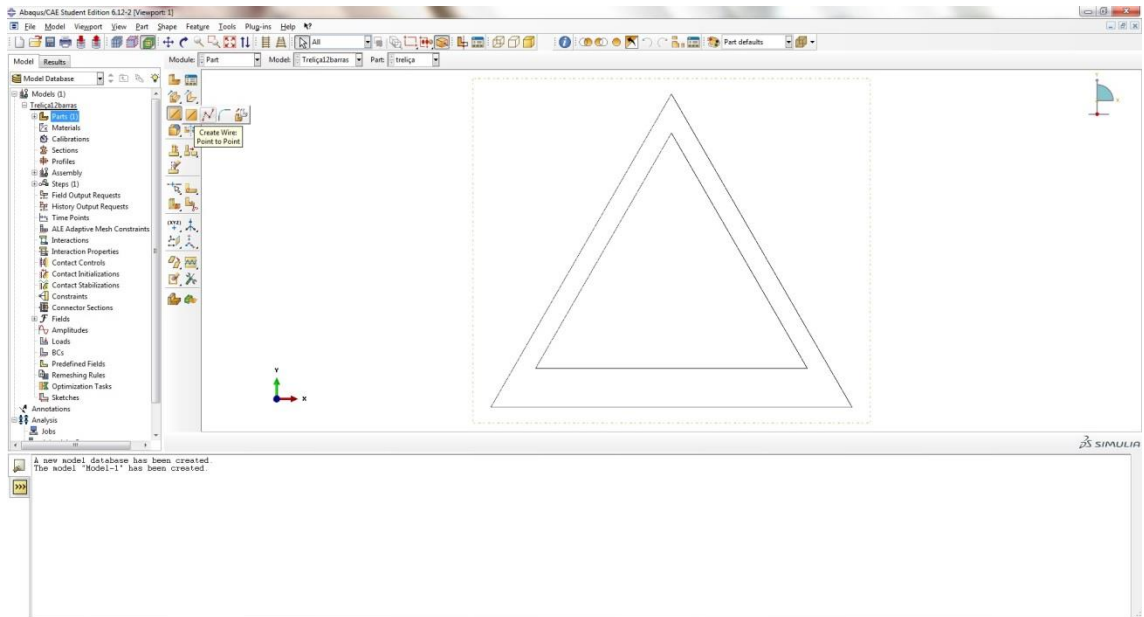


- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Create Wire: Planar**, **selecione** a linha de delimitação do plano criada anteriormente. Na área de comandos, onde estará escrito **vertical and on the right**, **selecione horizontal and on the bottom** e **marque** a barra inferior da treliça. Na caixa de ferramentas, **clique** em **Create Lines: Connected** e **desenhe**

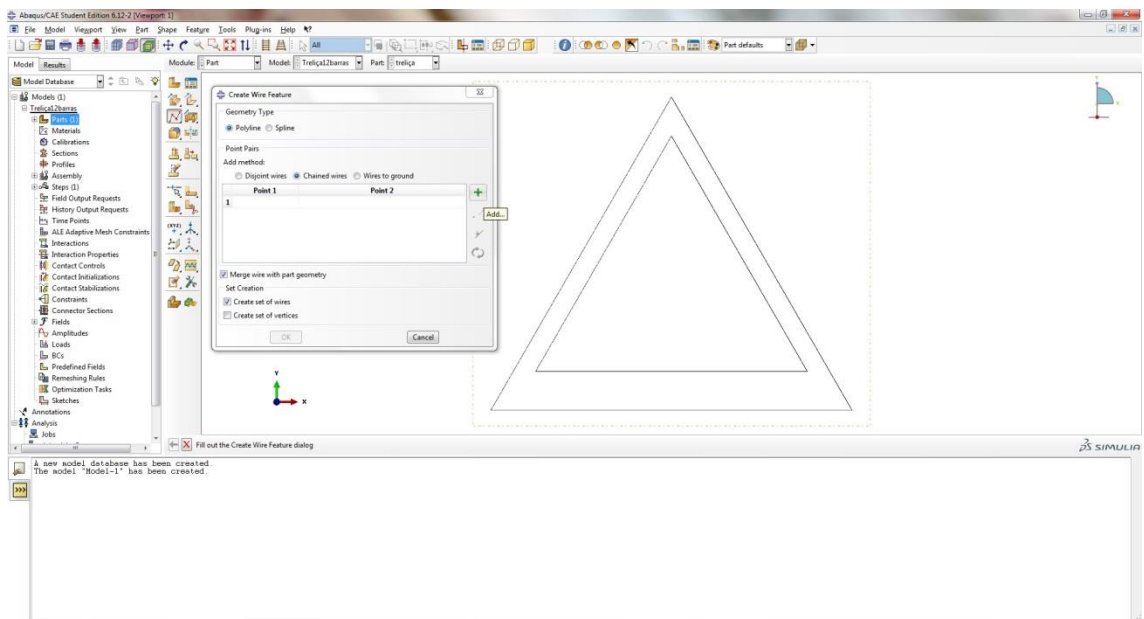
sobre a estrutura já criada. **Desative** a função **Create Lines** e **clique** em **Done**.

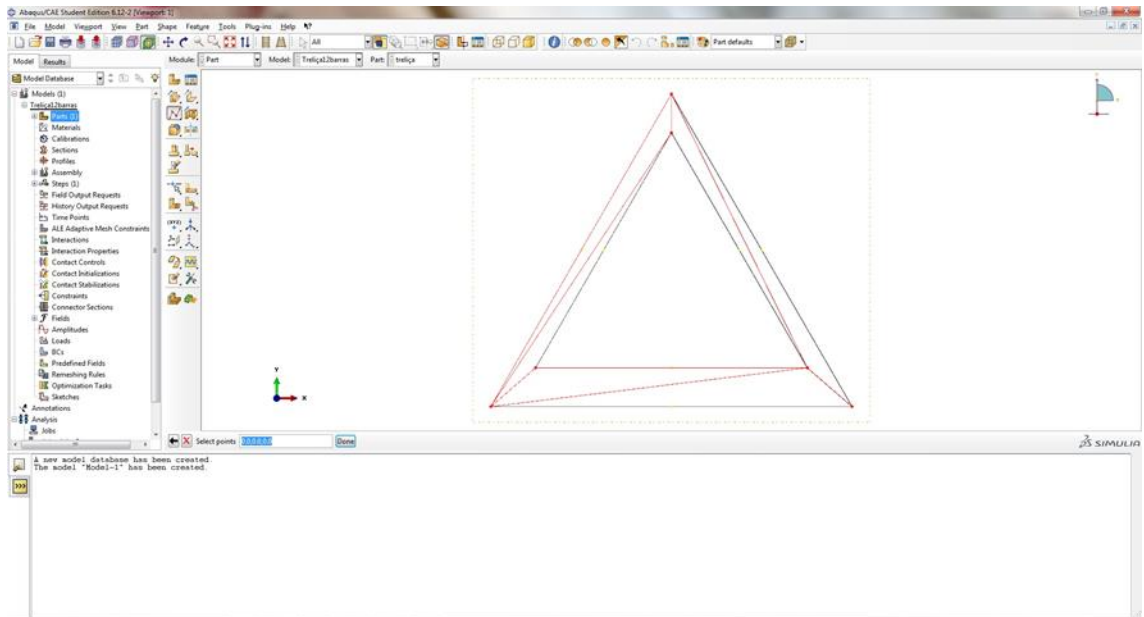


- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique e segure** por alguns segundos no botão **Create Wire: Planar**. Isso abrirá uma barra de comandos. **Selecione Create Wire: Point to point**.

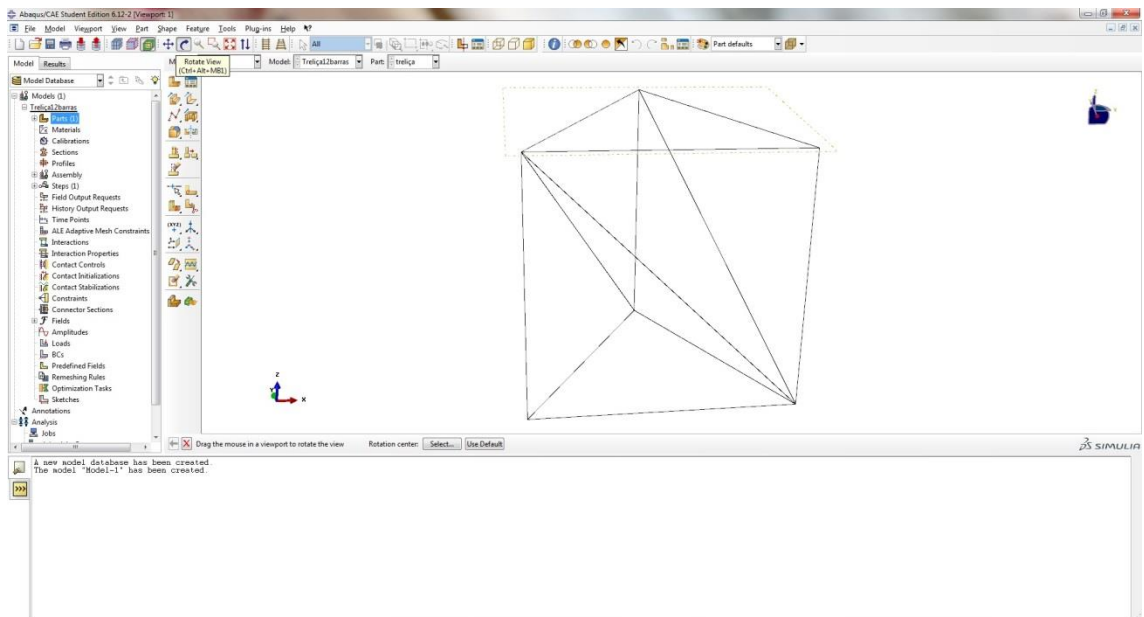


- ✓ Na janela **Create Wire Feature**, clique em **Add...(+)**. **Desenhe** as barras de ligação entre os dois planos selecionando os nós conforme a imagem a seguir. **Clique** em **Done** e **marque Merge wire with part geometry**. **Clique** em **OK**.

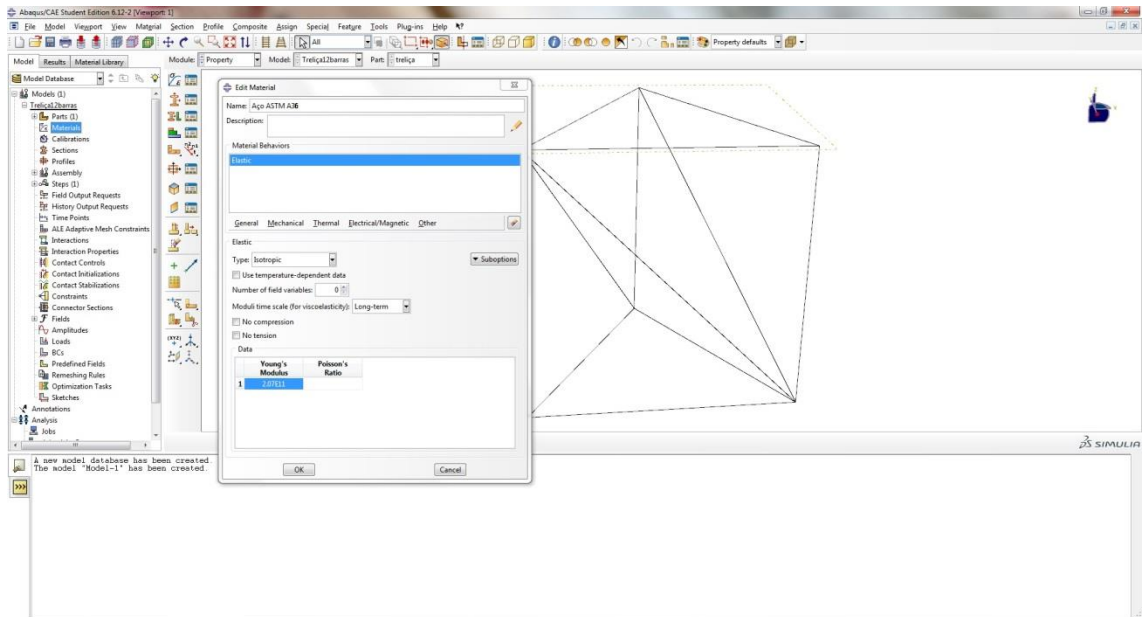




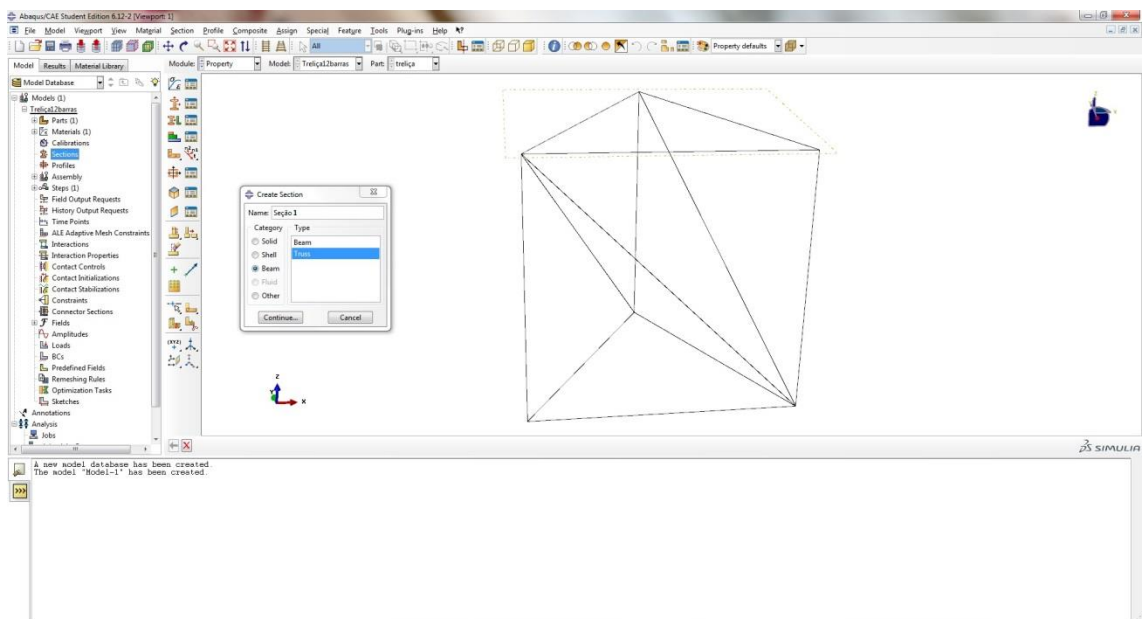
- ✓ Na barra de ferramentas, **clique** em **Rotate View**. Clicando sobre a figura e a arrastando com o cursor do mouse, **posicione-a** conforme a imagem e **desative** a função de rotação quando concluído.



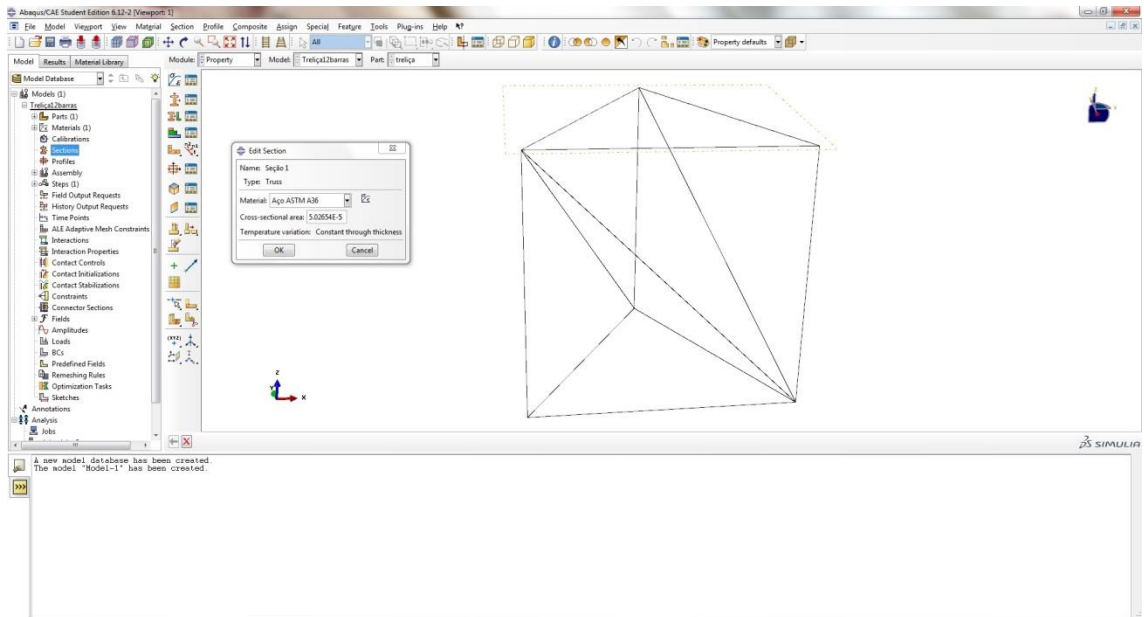
- ✓ No menu **model** à esquerda, dê **duplo clique** em **Materials**. No campo **Name**, digite **Aço ASTM A36**. **Clique** em **Mechanical>Elasticity>Elastic**. No campo **Data**, **digite** o valor para **Young's Modulus: 2.07E11**. Clique em **OK**.



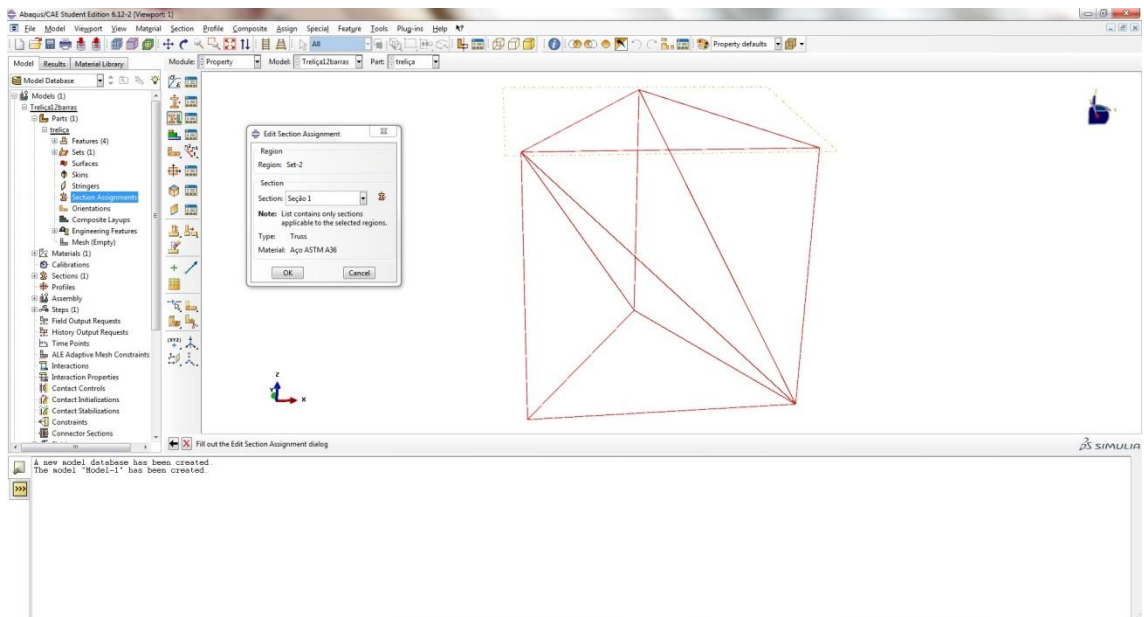
- ✓ No menu model à esquerda, **duplo clique** em Sections. No campo Name, **digite** Seção 1. Em Category, **marque** Beam e em Type, Truss. **Clique** em Continue....



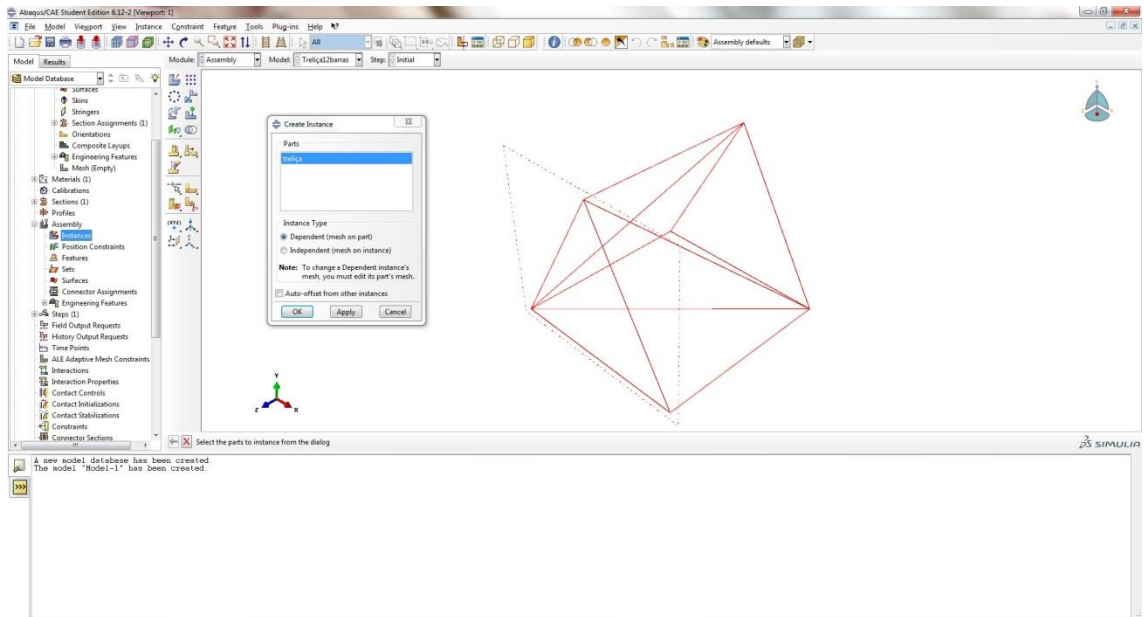
- ✓ Na janela Edit Section, **altere** o valor de Cross-sectional area para 5.02654E-5. **Clique** em OK.



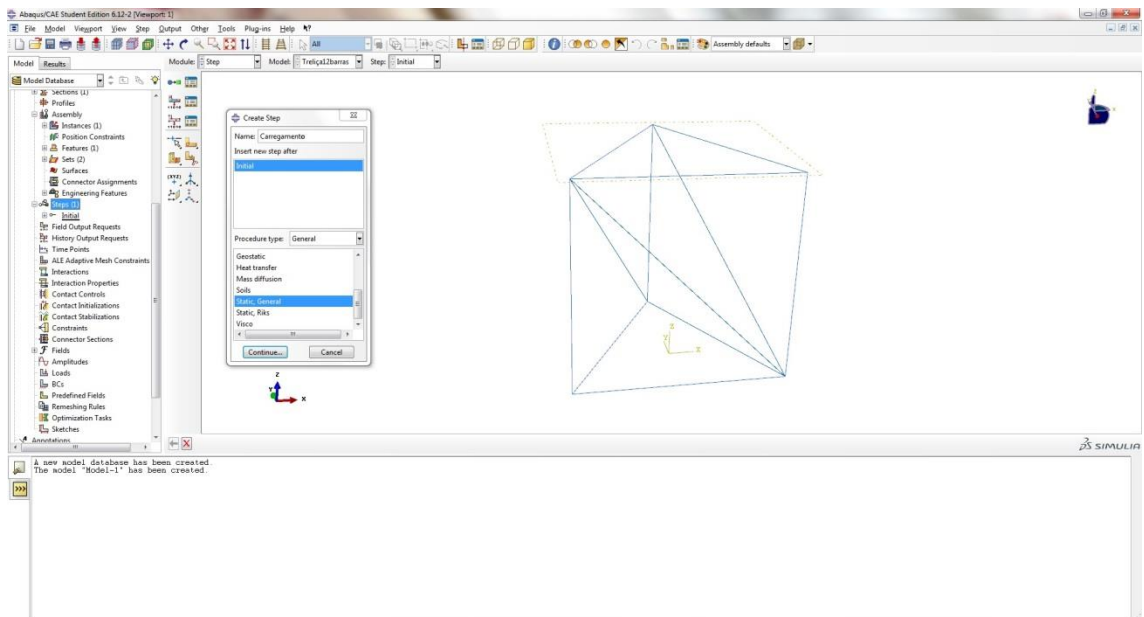
- ✓ No menu **model** à esquerda, **abra** Parts>treliça e **dê** duplo clique em **Section Assignments**. **Selecione** toda a estrutura e **clique** em Done. Na janela Edit Section Assignment, **selecione** a Seção 1 e **clique** OK.



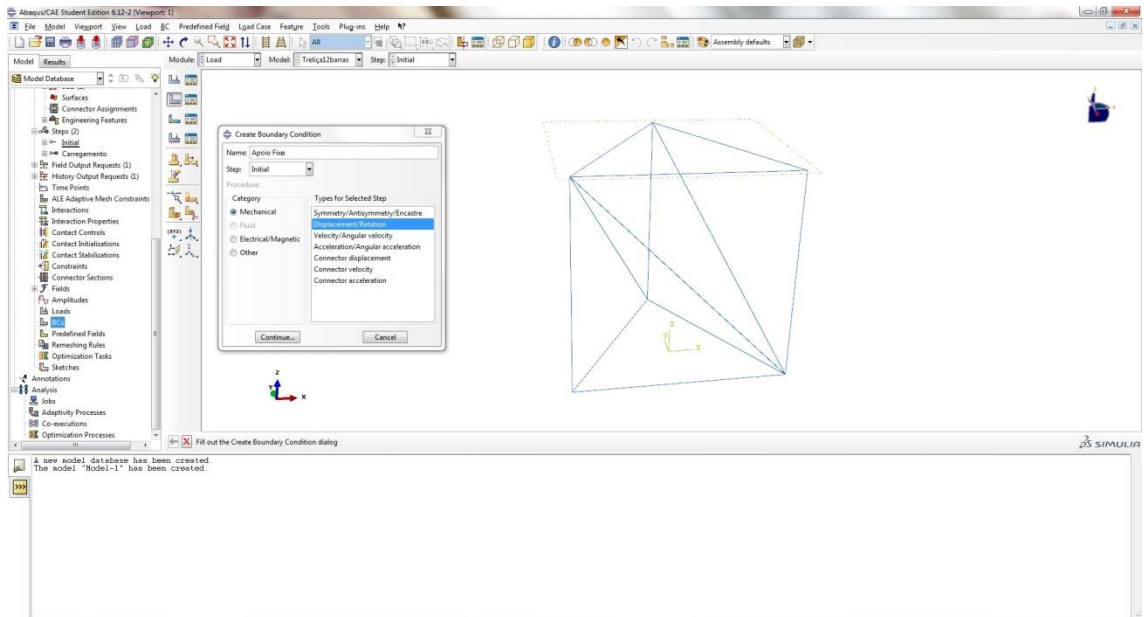
- ✓ No menu **model** à esquerda, **abra** Assembly e **dê** duplo clique em **Instances**. **Aceite** o padrão Dependent e **clique** OK. Se necessário, coloque a estrutura na posição anterior usando o comando Rotate View.



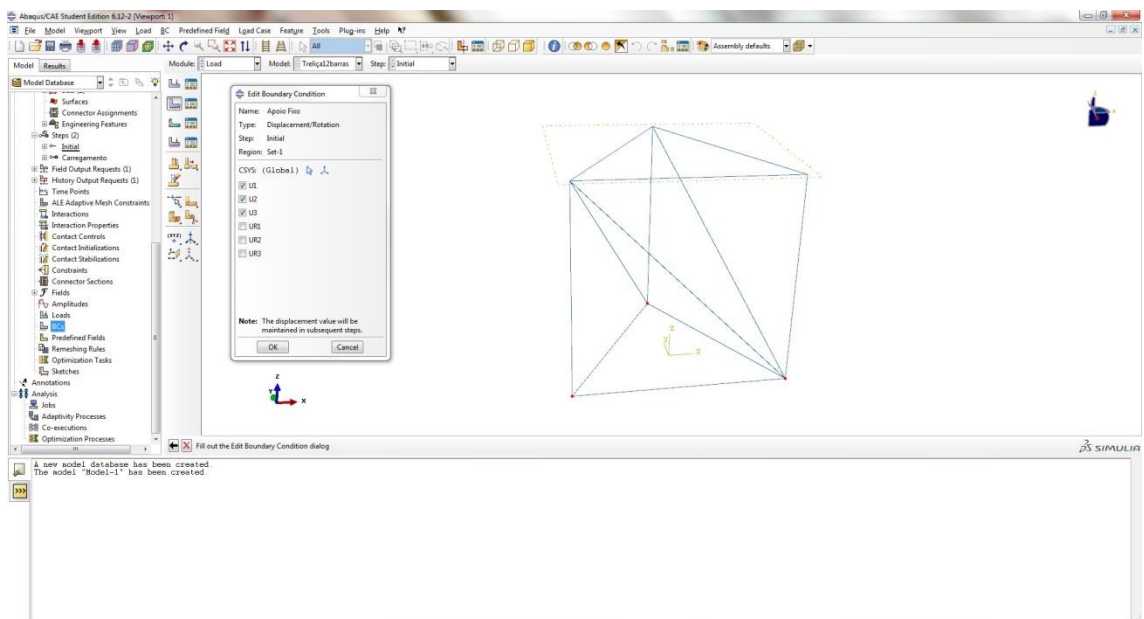
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Steps**. No campo **Name**, **digite** *Carregamento* e aceite a seleção **Static General**. **Clique** em **Continue....** Então **clique** **OK** na nova janela que se abre.



- ✓ 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....**

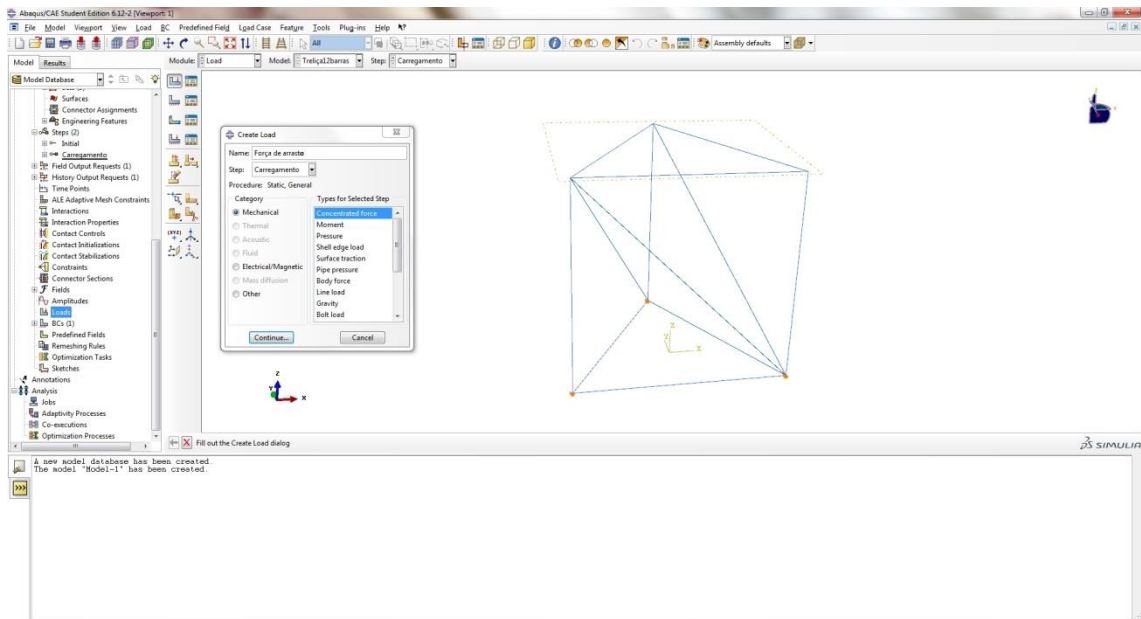


- ✓ **Selecione** os 3 pontos inferiores da estrutura e **clique** em Done.
- Marque** na nova janela U1, U2 e U3. **Clique** em OK.

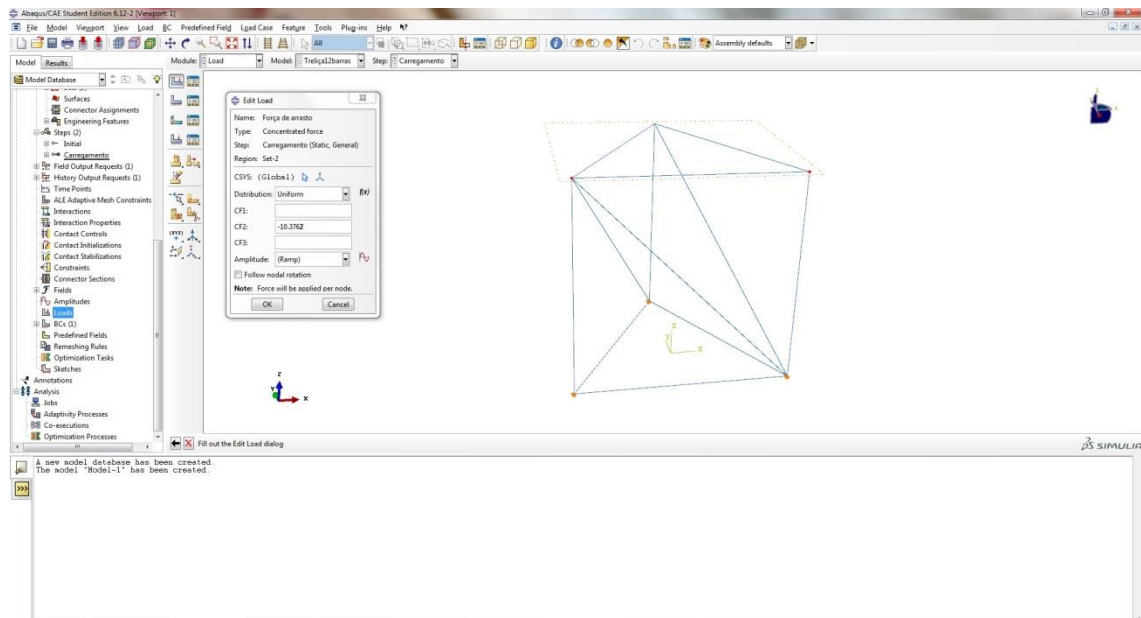


- ✓ No menu model à esquerda, **abra** Field Output Requests (1) e **dê** duplo clique em F-Output-1. A janela Edit Field Output Request será aberta e nela você pode selecionar as variáveis de saída do programa.
- Certifique-se** que as variáveis S (Stress Components Variants and Invariants) e U (Translations and Rotations) estão selecionadas.
- Clique** em OK.

- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Loads**. Na janela **Create Load**, no campo **Name** **digite** *Força de arrasto*, altere **Step** para **Carregamento** e **clique** em **Continue...**

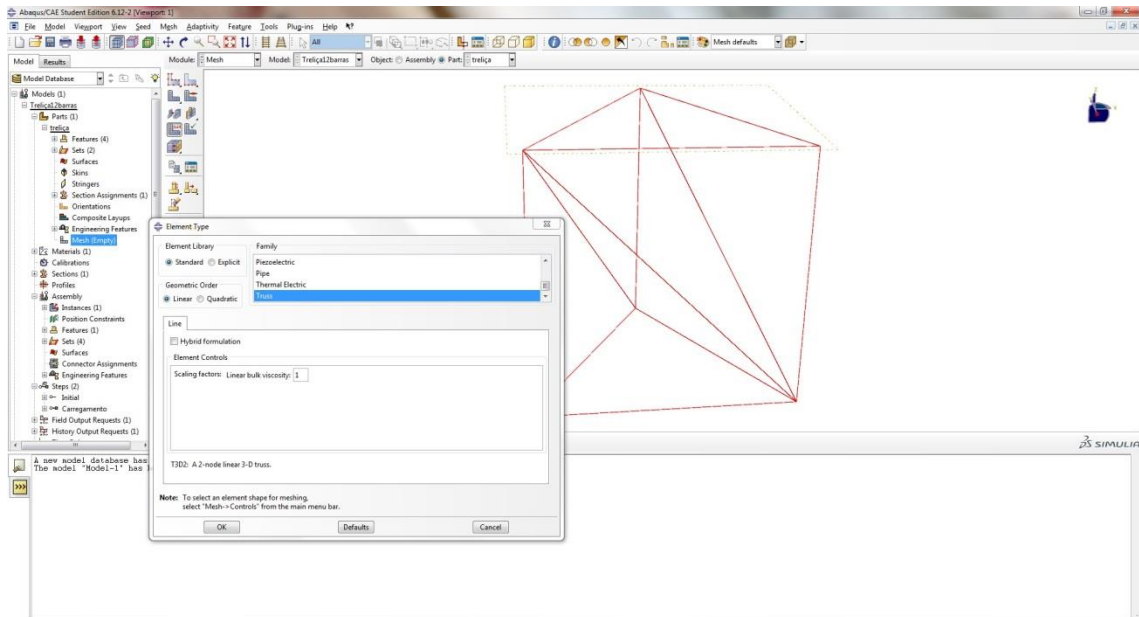


- ✓ **Selecione** os 2 nós superiores da frente da estrutura e **clique** em **Done**. Na janela **Edit Load**, no campo **CF2** **digite** *-10.3762* e **clique** em **OK**.

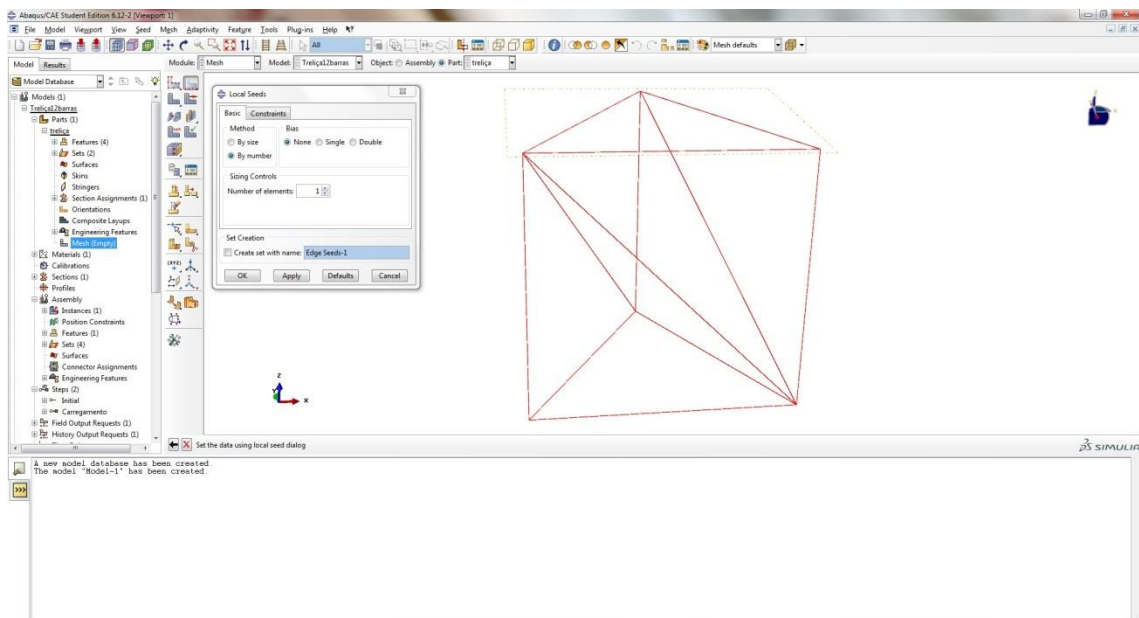


- ✓ No menu **model** à esquerda, **abra** **Parts>treliça** e **dê** dois cliques em **Mesh**. Na barra de contexto, em **Object**, **selecione** **Part**. Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Element Type** e **selecione** com o mouse toda a região da treliça, formando uma “caixa”. Clicando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

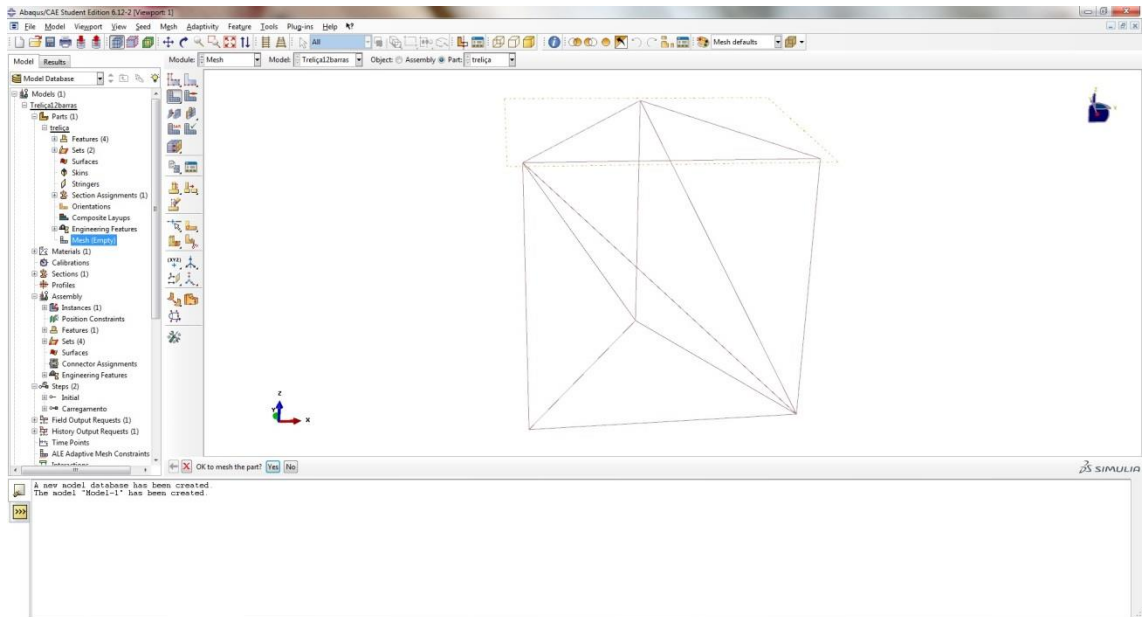
Done, abrirá a janela Element Type. Em Family, **selecione** Truss e **clique** OK.



✓ 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.

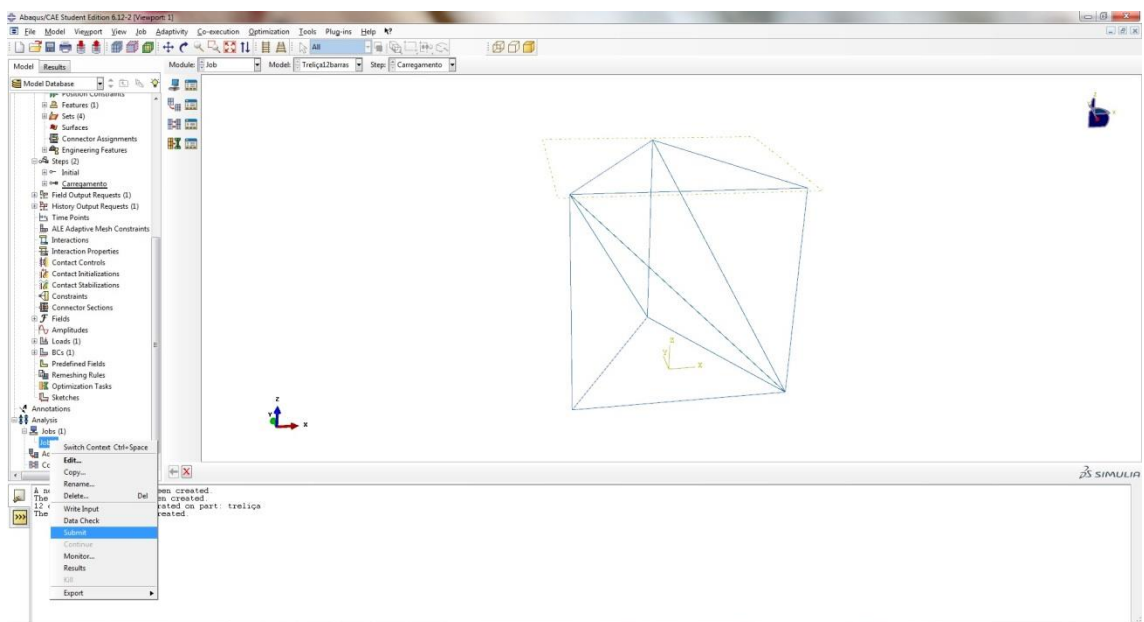


✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Part**. Aparecerá a pergunta “OK to mesh the part?”, **clique** Yes. **Perceba** que a treliça fica na cor azul.



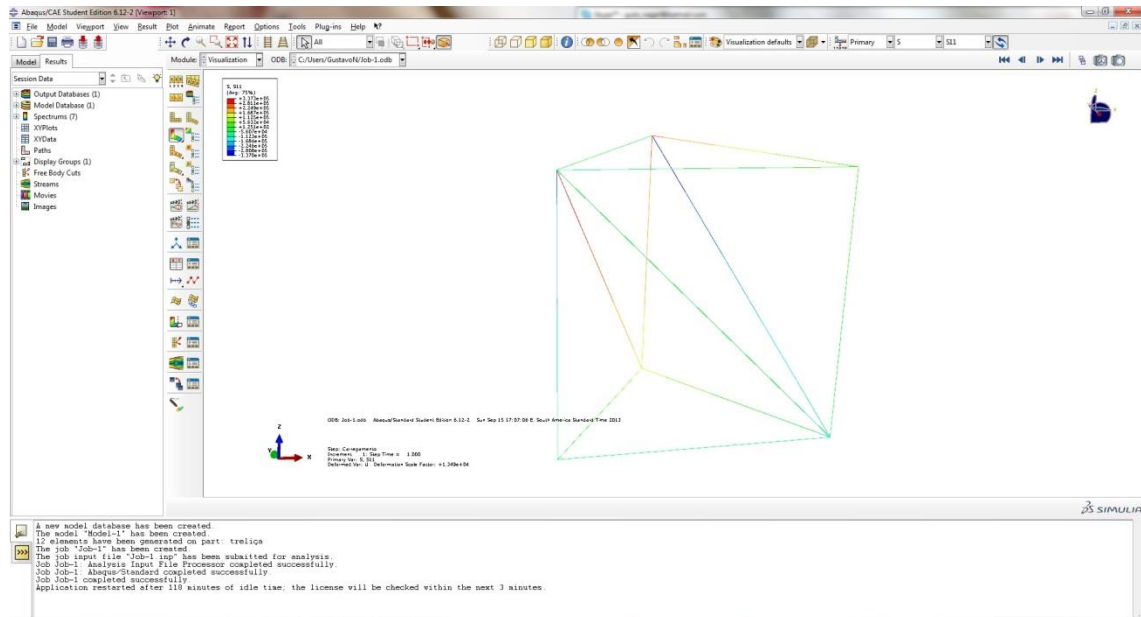
2.3. PROCESSAMENTO

- ✓ 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.

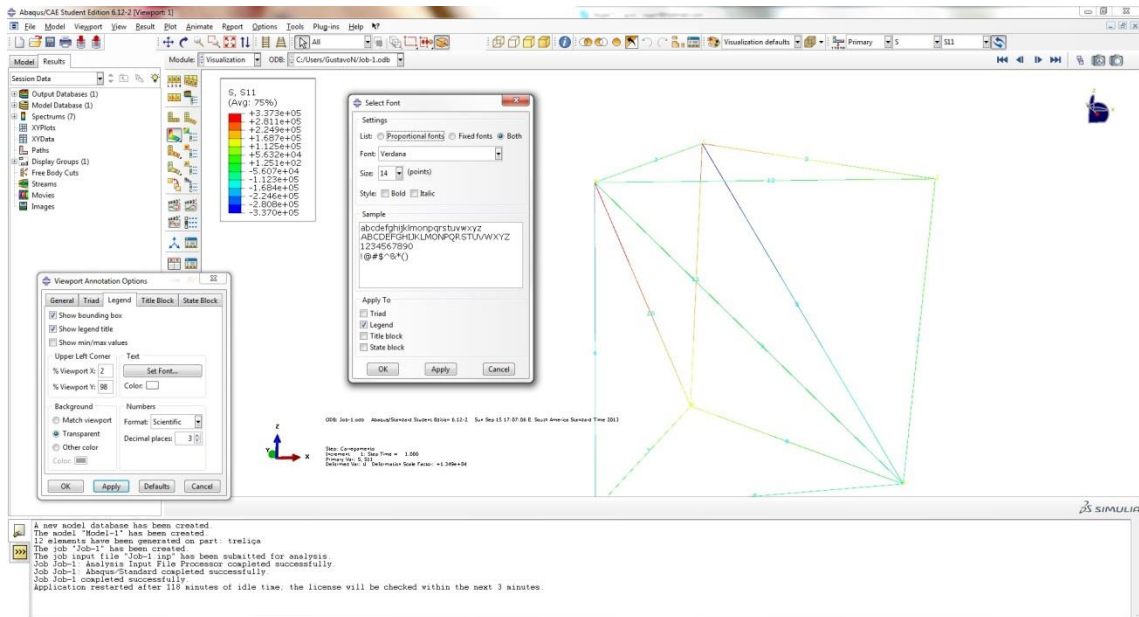


2.4. PÓS-PROCESSAMENTO

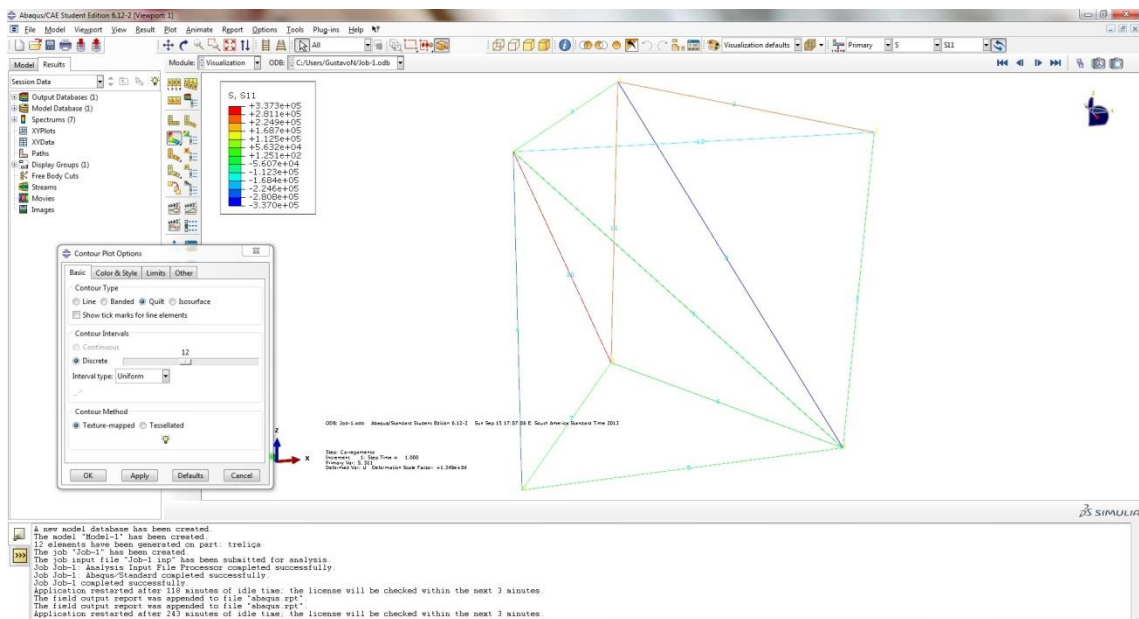
- ✓ No menu **model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Job-1(Completed)>Results**. A tela de análise de dados se abrirá.
- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Plot Contours on Deformed Shape**. Na barra de ferramentas no canto superior à direita, **selecione S11** onde, por padrão, estava selecionado **Mises**.



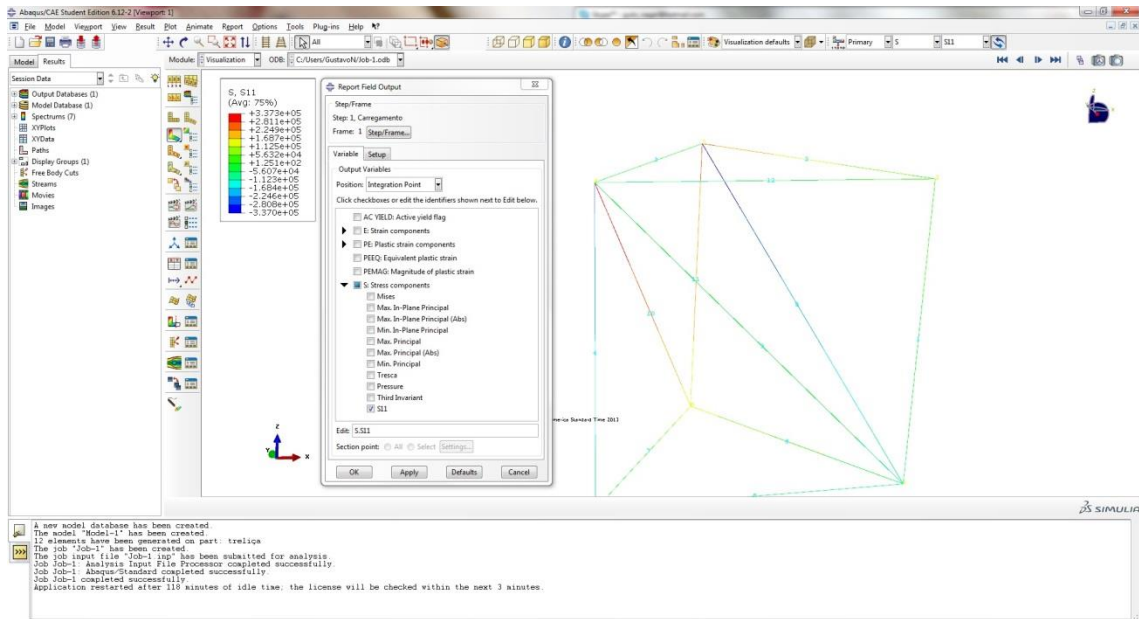
- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Common Options**. Na janela **Common Plot Options**, **selecione** a aba **Labels** e **marque** **Show element labels** e **show node labels**. **Clique** **OK**.
- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em **Viewport>Viewport Annotation Options....** Na janela aberta, **selecione** a aba **Legend**. **Clique** em **Set Font**. Na nova janela, **altere** **Size** para **14**. **Clique** **OK** nas duas janelas abertas.



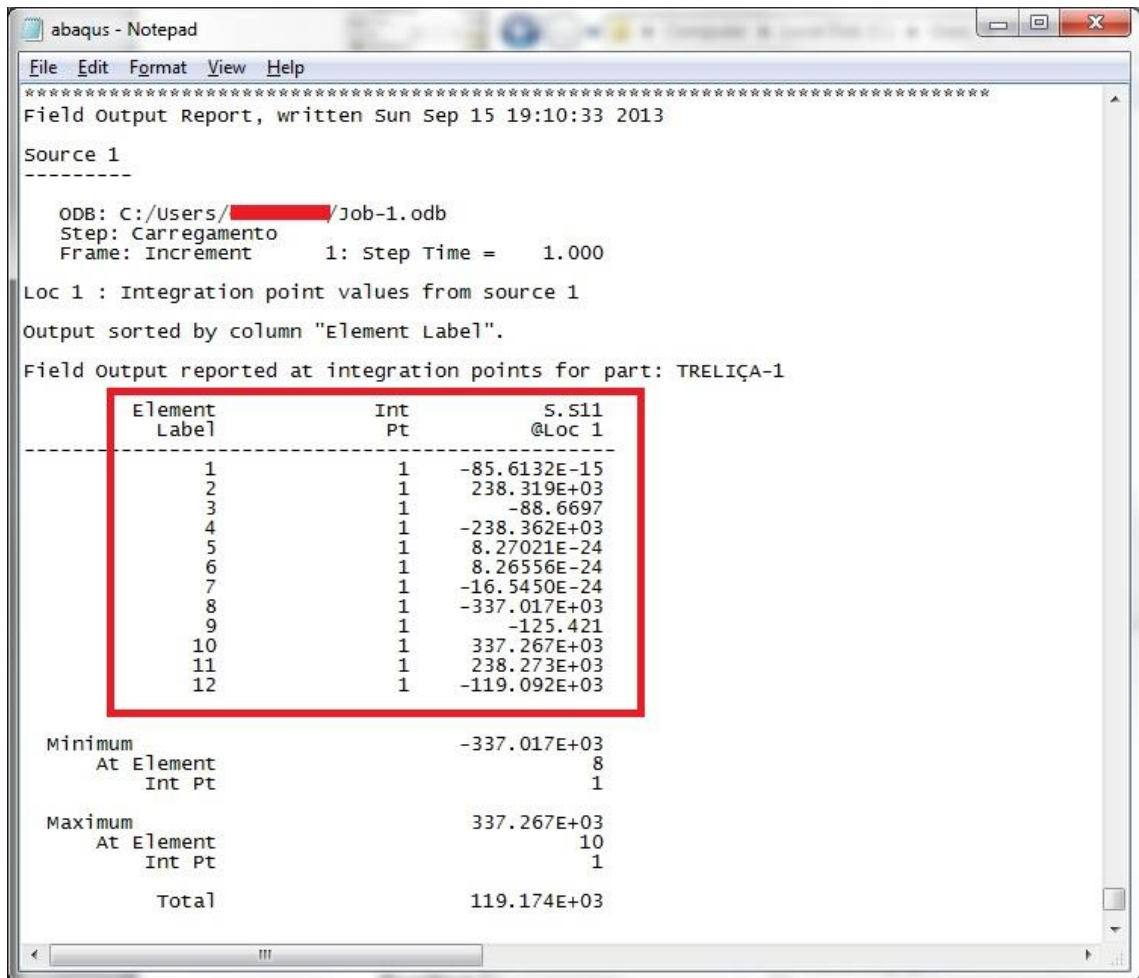
- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Contour Options**, e na janela **Contour Plot Options** **altere** **Contour Type** para **Quilt**. Mantenha esta alteração, se desejar, clicando em **OK**. Caso contrário **clique** em **Cancel**.



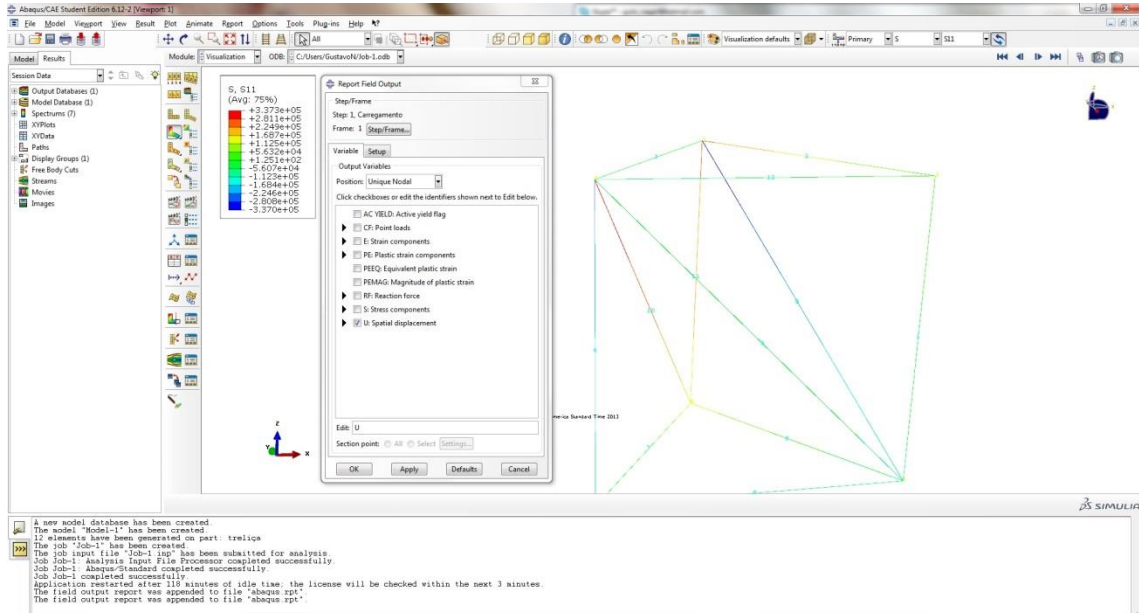
- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em **Report>Field Output**. Na janela **Report Field Output**, **clique** em **S: Stress components>S11** e **clique** em **OK**. A mensagem aparecerá: “The field output report was appended to file “abaqus.rpt”.” O arquivo **abaqus.rpt** pode ser encontrado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



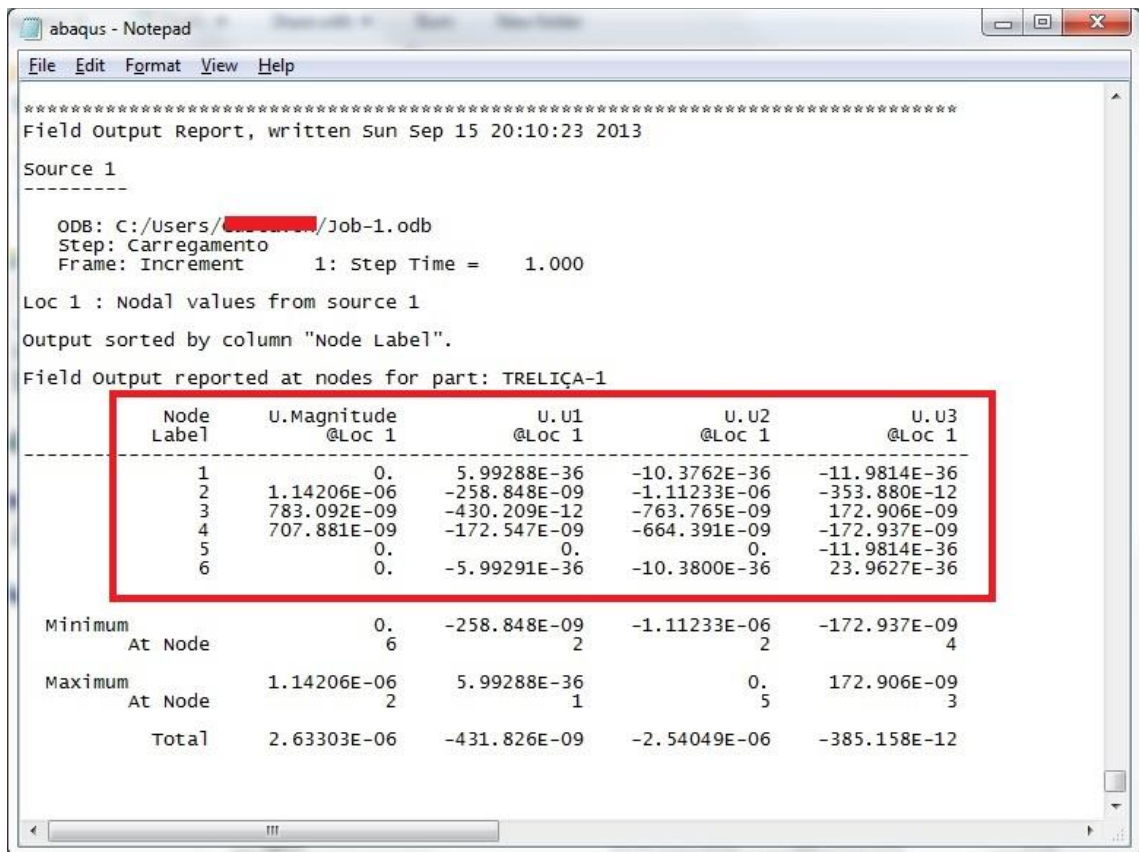
✓ O arquivo listará os esforços das barras.



- ✓ 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.odt**).