

TRELIÇA COMPOSTA POR 7 NÓS E 11 BARRAS COM DIVERSAS CONDIÇÕES DE CARREGAMENTO USANDO O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

1. INTRODUÇÃO

1.1. DESCRIÇÃO DO ELEMENTO DE TRELIÇA PLANA:

O exemplo apresentado a seguir visa demonstrar os procedimentos necessários quando introduzimos a hipótese de mais de uma condição de carregamento atuando na estrutura. Trata-se de uma treliça plana composta por 7 nós e 11 barras, submetida a 3 diferentes condições de carregamento. A figura 1 mostra a geometria da treliça. Suas condições de carregamento estão na figura 2.

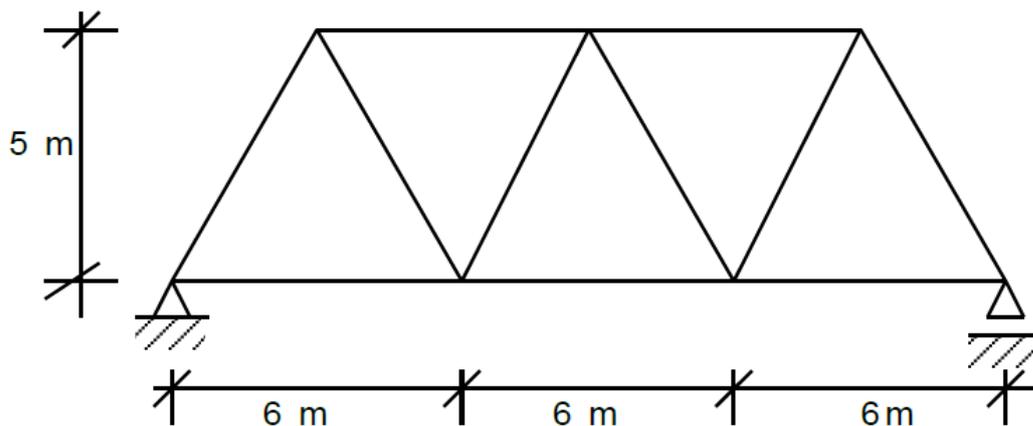


Figura 1 – Geometria da treliça a ser analisada.

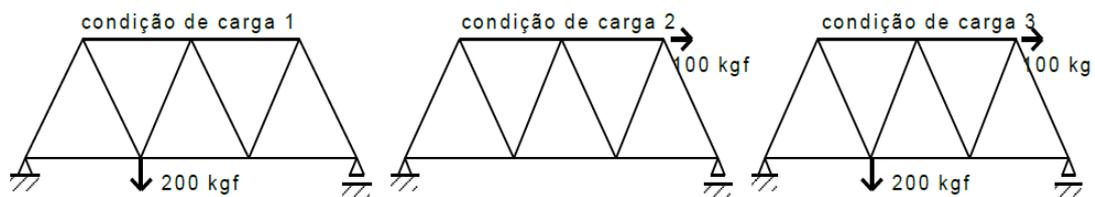


Figura 2 - Diversas condições de carregamento.

1.2. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

Área da seção transversal das barras que compõe o banzo inferior e o banzo superior: 0.006 [m²].

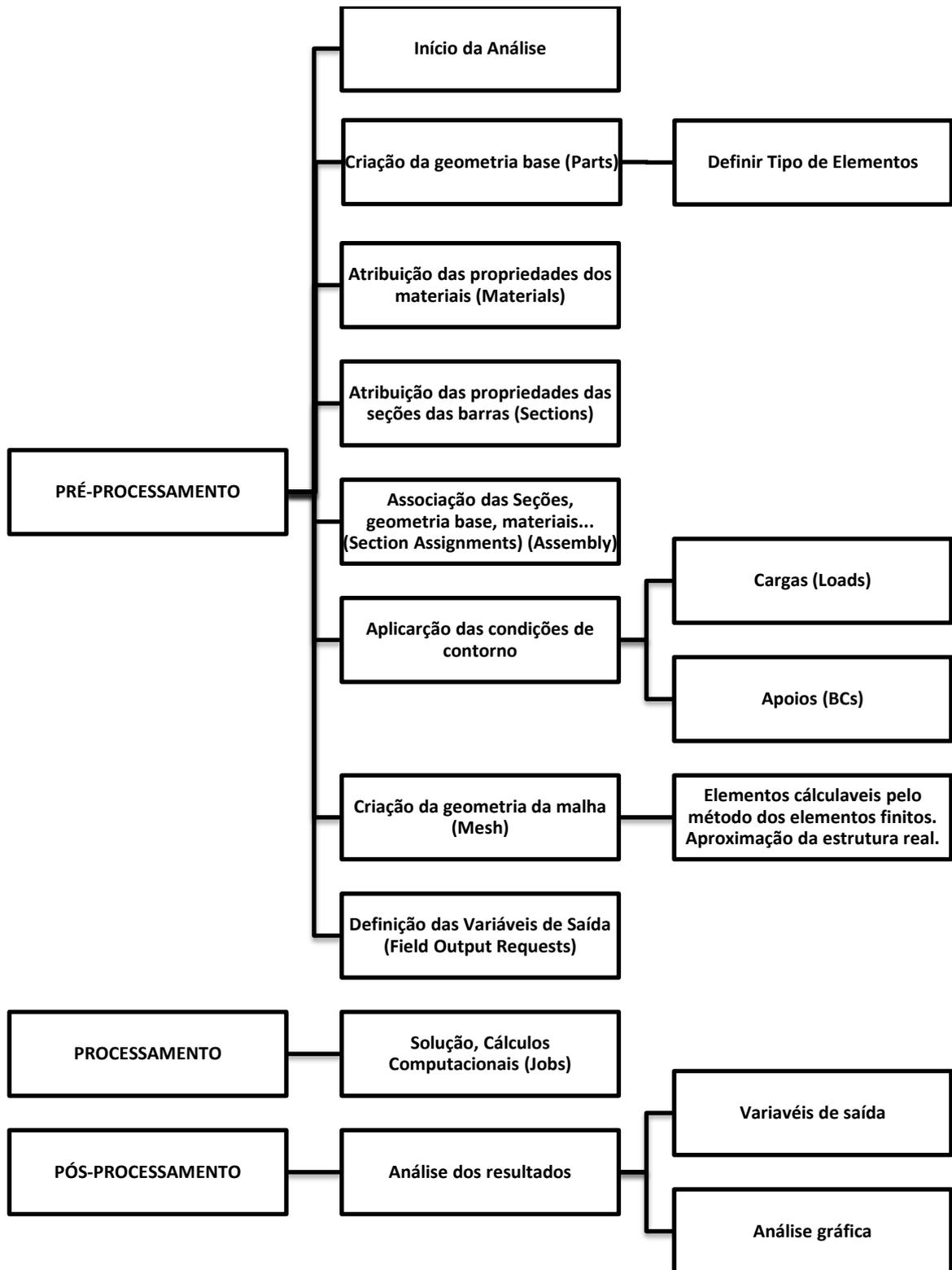
Área da seção transversal dos montantes: 0.003 [m²]

1.3. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Módulo de elasticidade do material das barras: 2.1E10 [kgf/m²].

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):

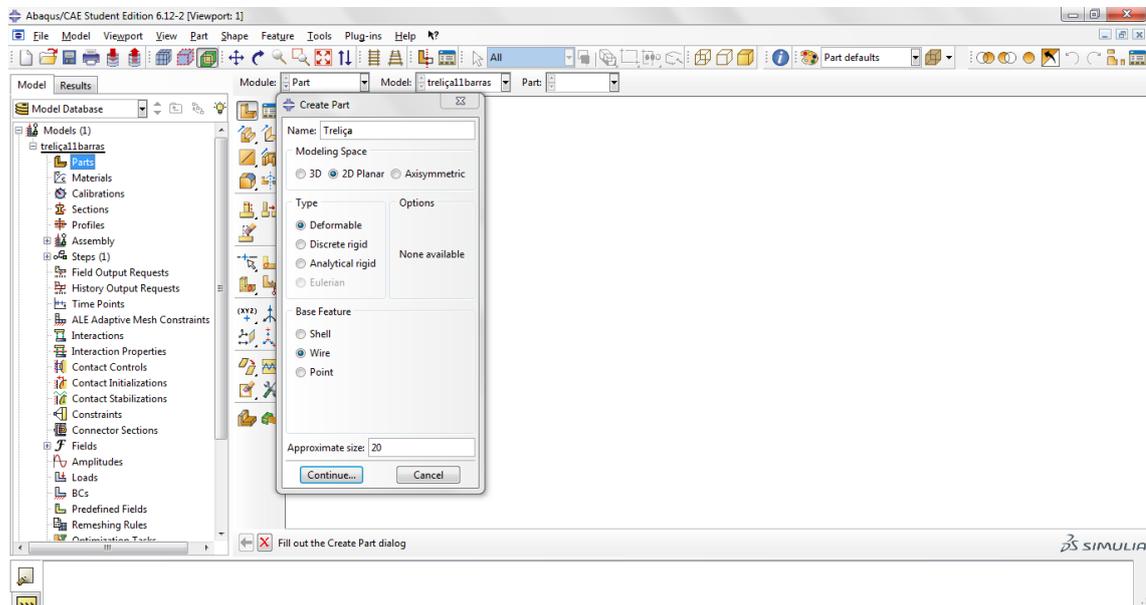


2.1. INÍCIO DA ANÁLISE

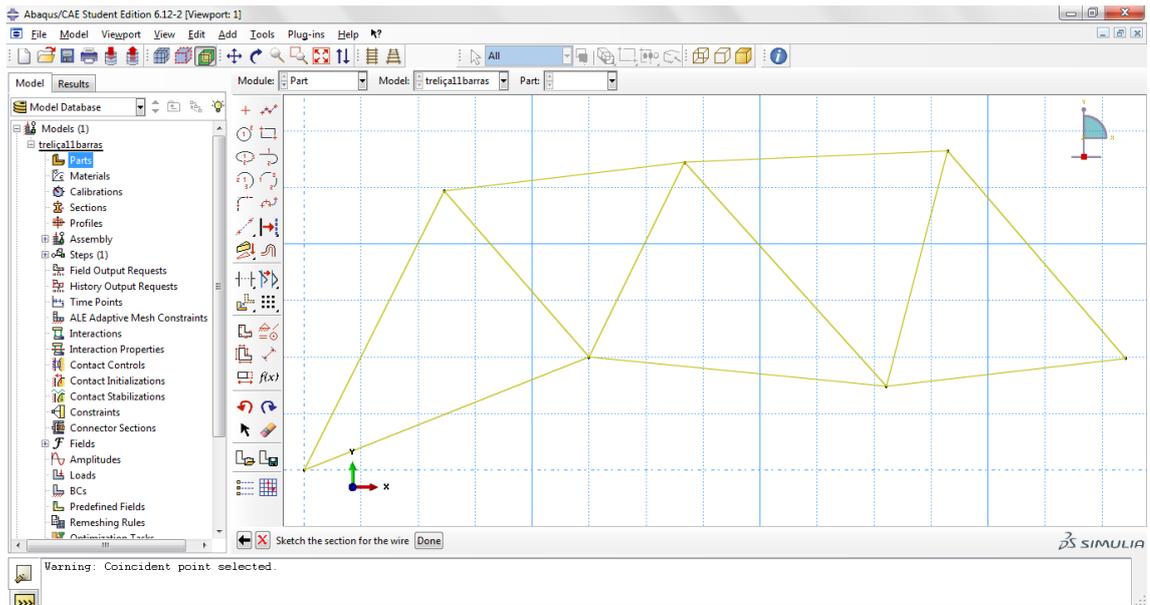
- ✓ Se você ainda não iniciou o programa **Abaqus/CAE**, **digite** *cmd* no **Menu Iniciar** para abrir o **Prompt de Comando** e nele **digite** *abq6122se cae* para executar o Abaqus.
- ✓ Em **Create Model Database** na caixa **Start Session** que aparece, **selecione** **With Standard/Explicit Model**.

2.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

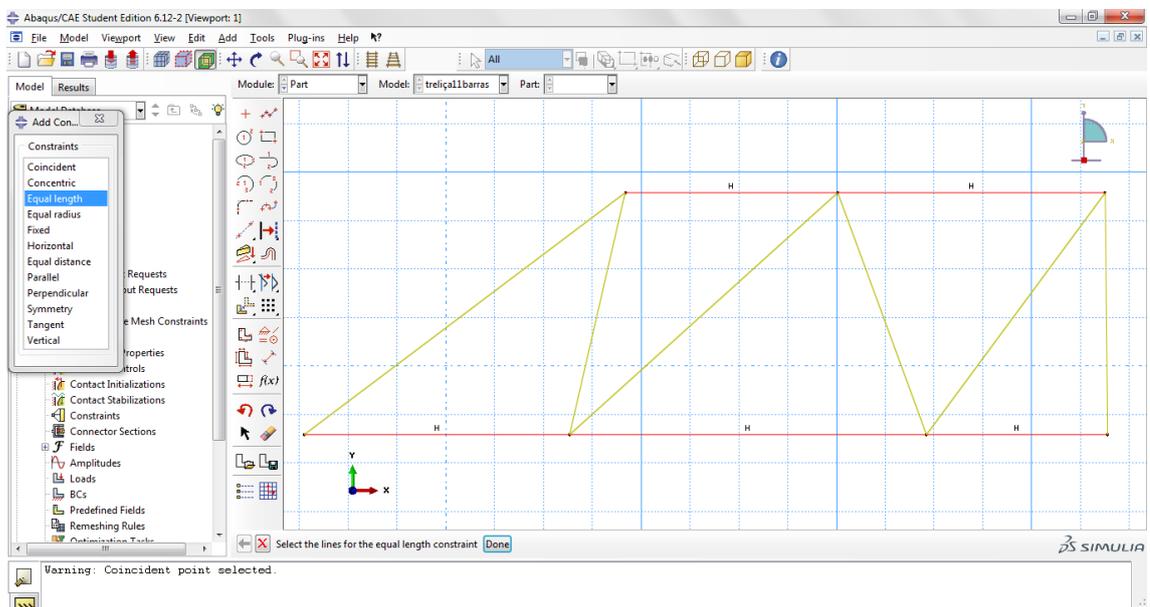
- ✓ No menu **Model** a esquerda, **clique** com o botão direito em **Model-1** e **selecione** **Rename**. **Digite** *Treliça11barras* e **clique** **OK**.
- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Parts**. Na janela **Create Part**, no campo **Name**, **digite** *treliça*. Em **Modeling Space**, **marque** **2D Planar**. Em **Base Feature**, **selecione** **Wire** e em **Approximate size** **digite** *20*. **Clique** em **Continue...**



- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Create Lines Connected** e **crie** livremente a estrutura da treliça, barra a barra (cada traço feito corresponderá a uma barra)

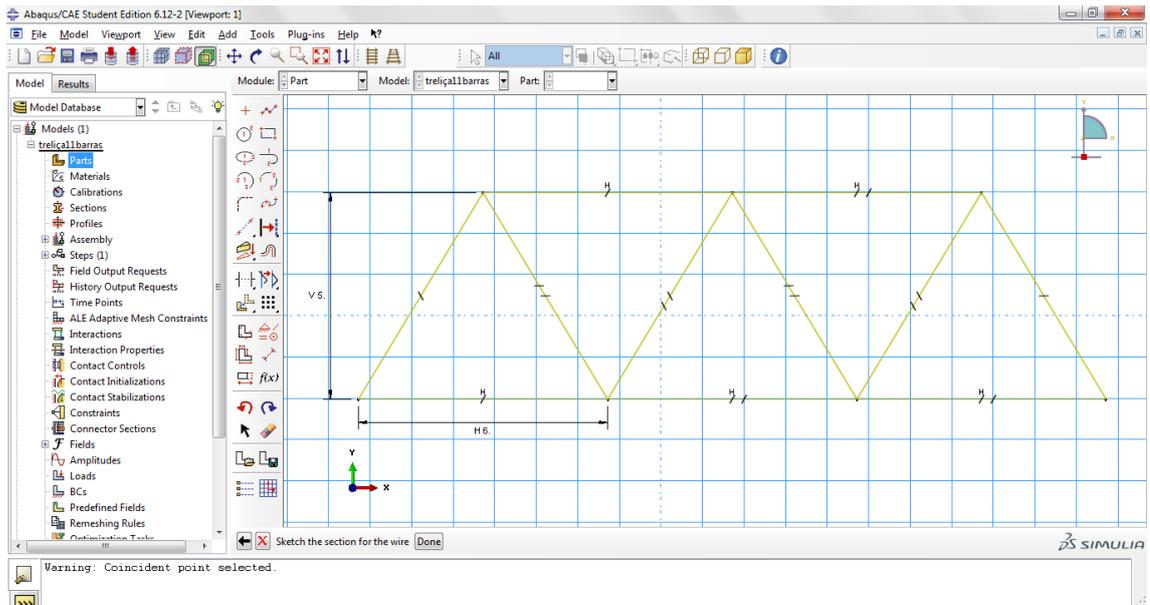


- ✓ Na caixa de ferramentas, **selecione Add Constraints**. Na janela aberta, **selecione Horizontal** e **aplique** nas barras superiores e inferiores. Depois, **selecione Equal length**, **clique** nas barras superiores e inferiores (segurando o botão Shift) e **clique** em **Done**. **Repita** o último comando nas barras inclinadas. **Feche** a janela **Add Constraints**.

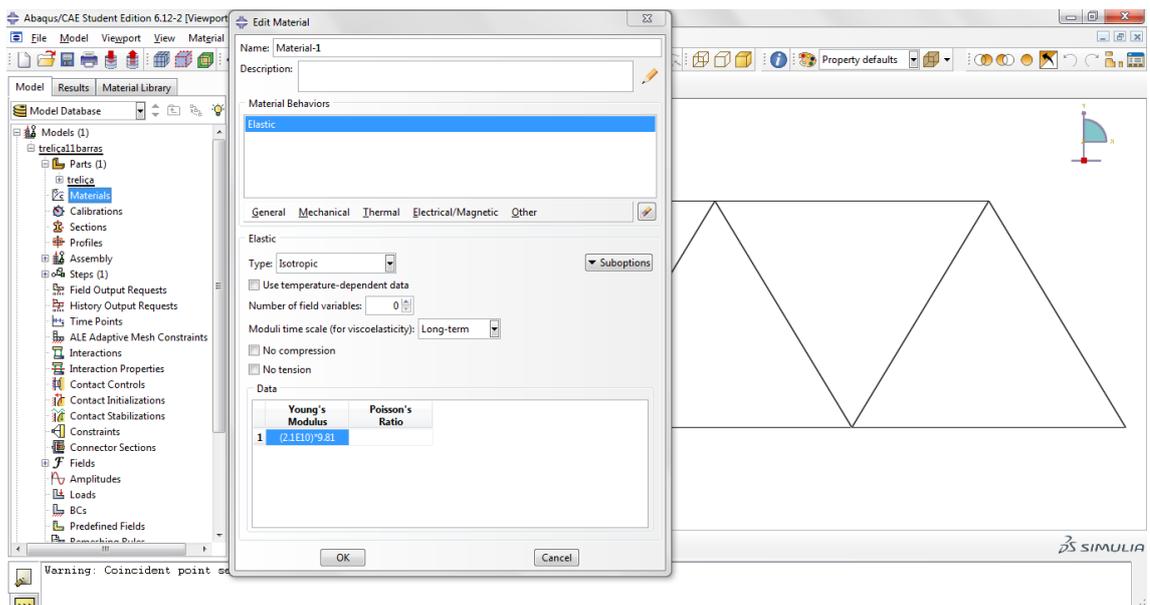


- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Add Dimension**. **Clique** nos nós da primeira barra inferior. **Clique** um pouco abaixo da barra e **digite** a nova dimensão: 6. **Tecla** Enter.

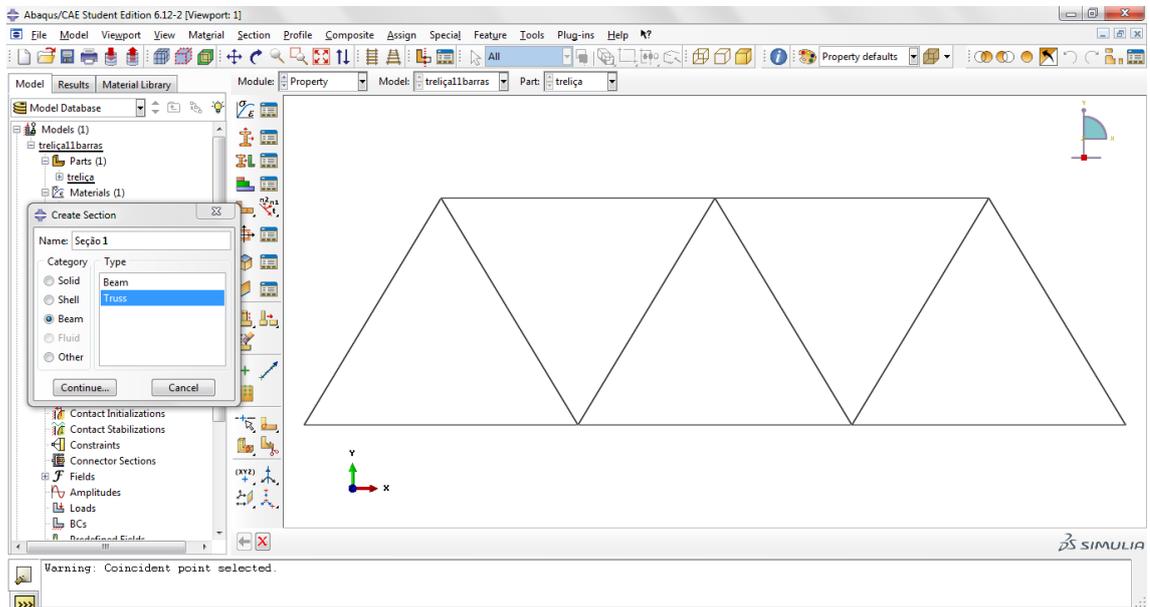
- ✓ Na barra de ferramentas, **clique** em **Auto-Fit View** para visualizar toda a treliça.
- ✓ **Selecione** os primeiros nós da barra inferior e superior e **clique** à esquerda da treliça para dar a cota vertical da estrutura. **Digite 5** e **tecle Enter**.
- ✓ **Clique** em **Cancel Procedure** e em seguida **Done**.



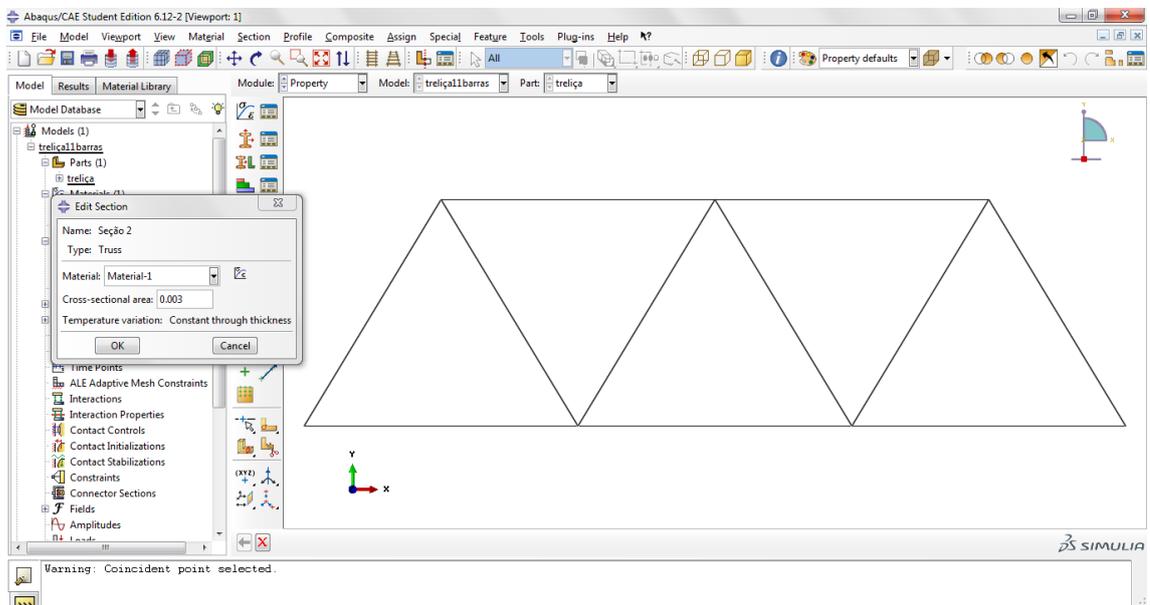
- ✓ No menu **model** à esquerda, **duplo clique** em **Materials**. **Clique** em **Mechanical>Elasticity>Elastic**. No campo **Data**, **digite** o valor para **Young's Modulus: $(2.1E10)*9.81$** . **Clique** em **OK**.



- ✓ 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...**

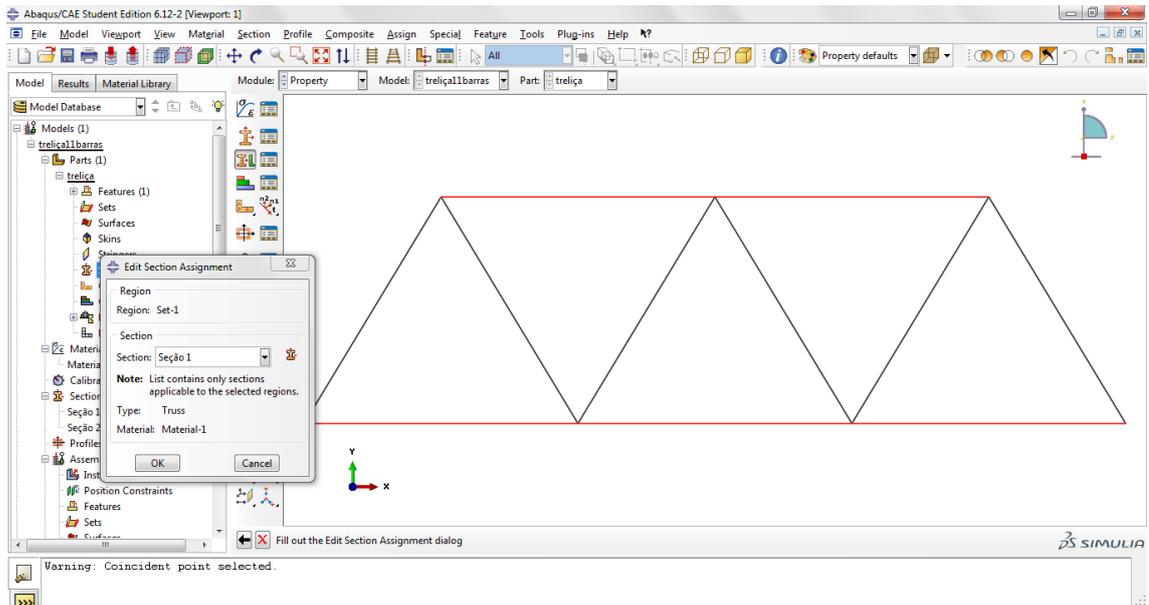


- ✓ Na janela **Edit Section**, **altere** o valor de **Cross-sectional area** para **0.006**. **Clique** em **OK**. **Repita** o procedimento para criar a **Seção 2**, alterando o valor de **Cross-sectional area** para **0.003**.

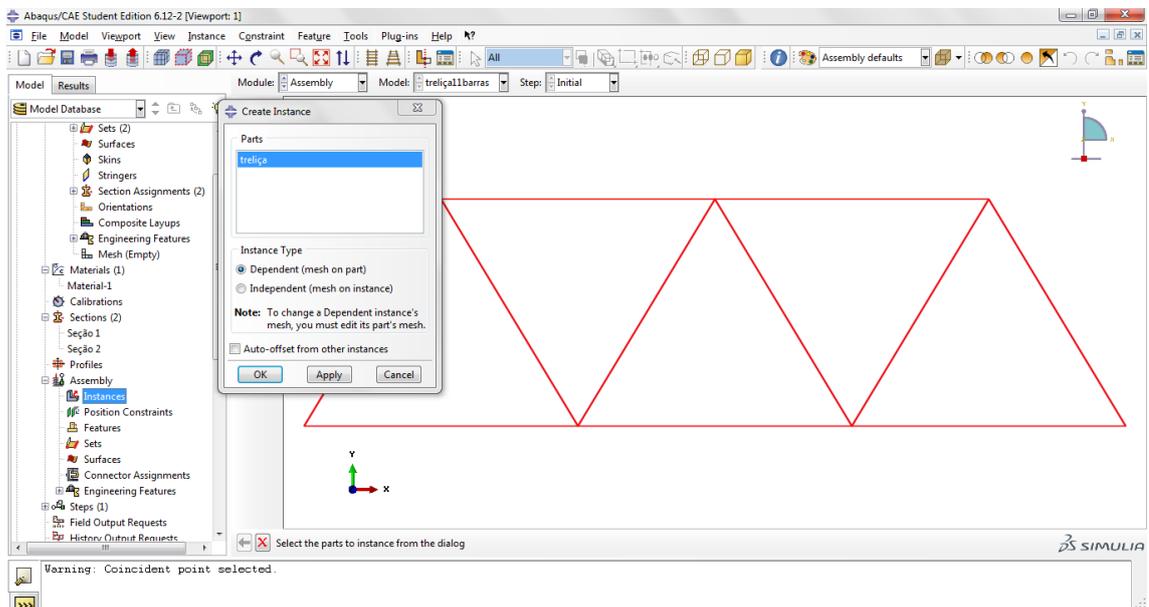


- ✓ No menu **model** à esquerda, **abra** **Parts>treliça** e **dê** duplo clique em **Section Assignments**. **Selecione** as barras do banzo inferior e superior e **clique** em **Done**. Na janela **Edit Section Assignment**, **selecione** a

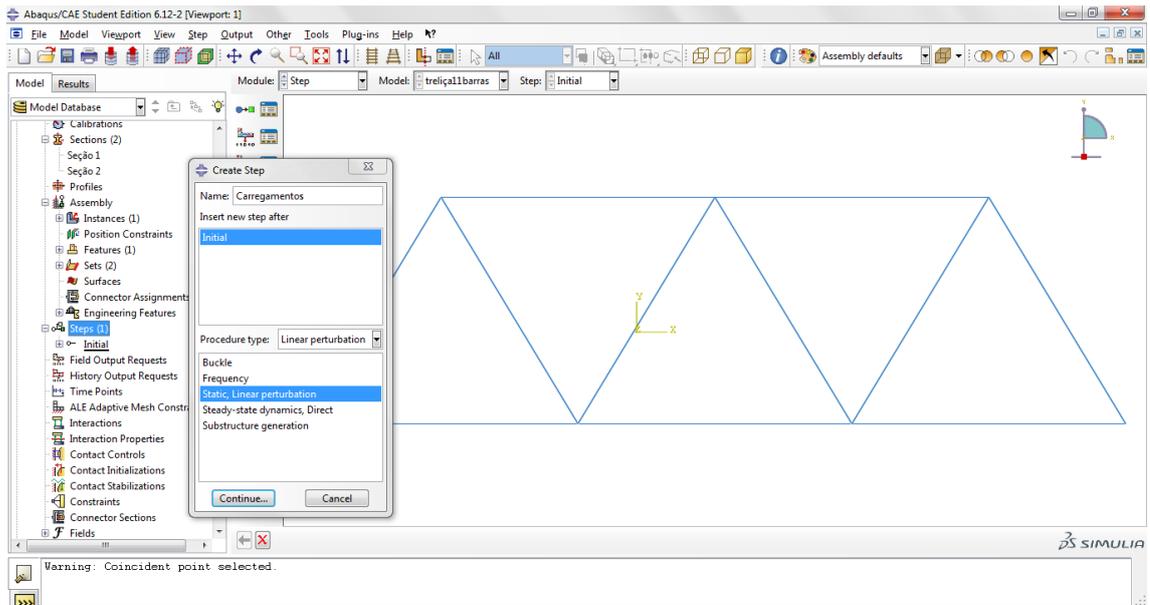
Seção 1 e clique OK. Repita o procedimento para as barras montantes, associando a Seção 2.



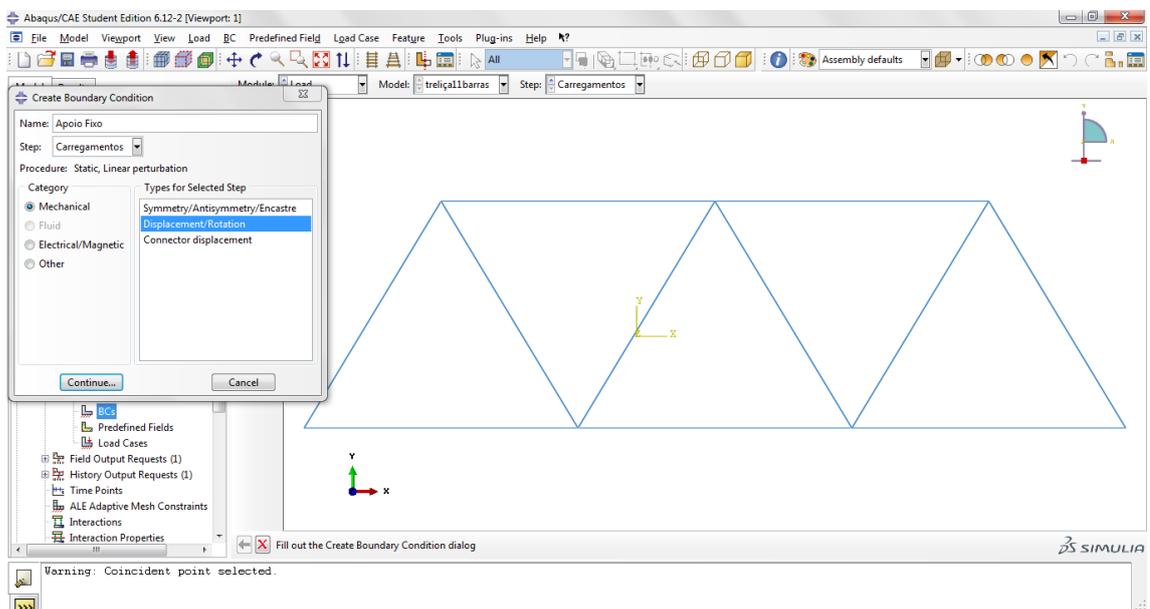
✓ No menu model à esquerda, abra Assembly e dê duplo clique em Instances. Aceite o padrão Dependent e clique OK.



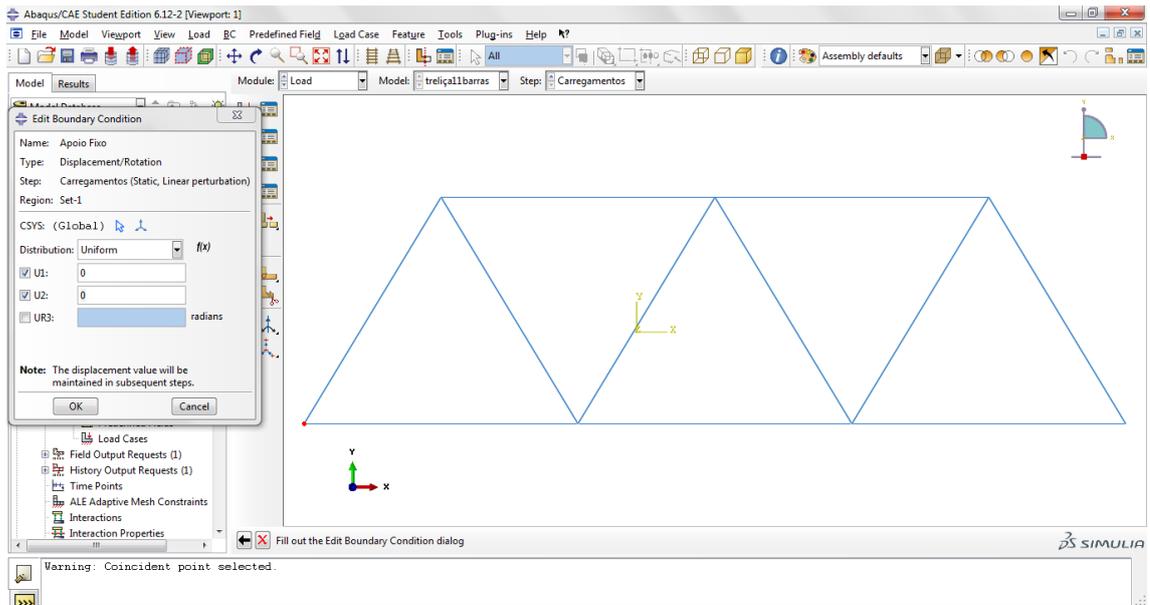
✓ No menu model à esquerda, dê duplo clique em Steps. No campo Name, digite Carregamento e em Procedure Type, selecione Linear perturbation>Static Linear perturbation. Clique em Continue.... Então clique OK na nova janela que se abre.



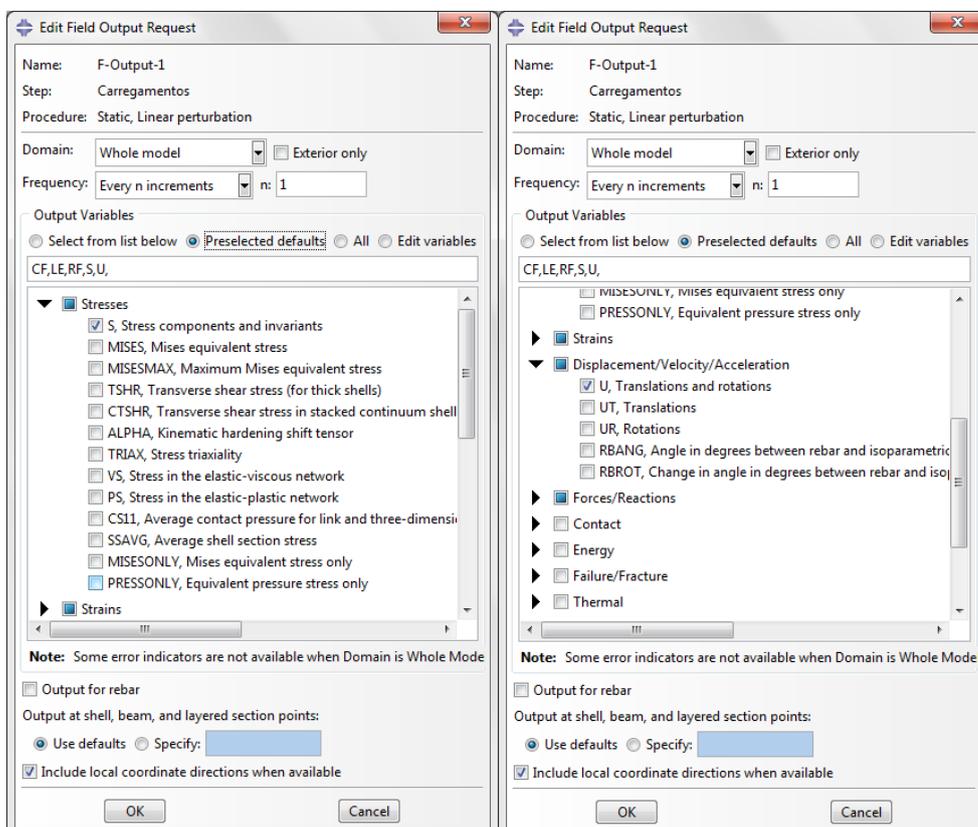
- ✓ No menu model à esquerda, **dê** duplo clique em **BCs**. Na janela **Create Boundary Condition**, **altere** o campo **Name** para **Apoio Fixo**, **Step** para **Initial** e **Types for Selected Step** para **Displacement/Rotation**. **Clique** em **Continue....**



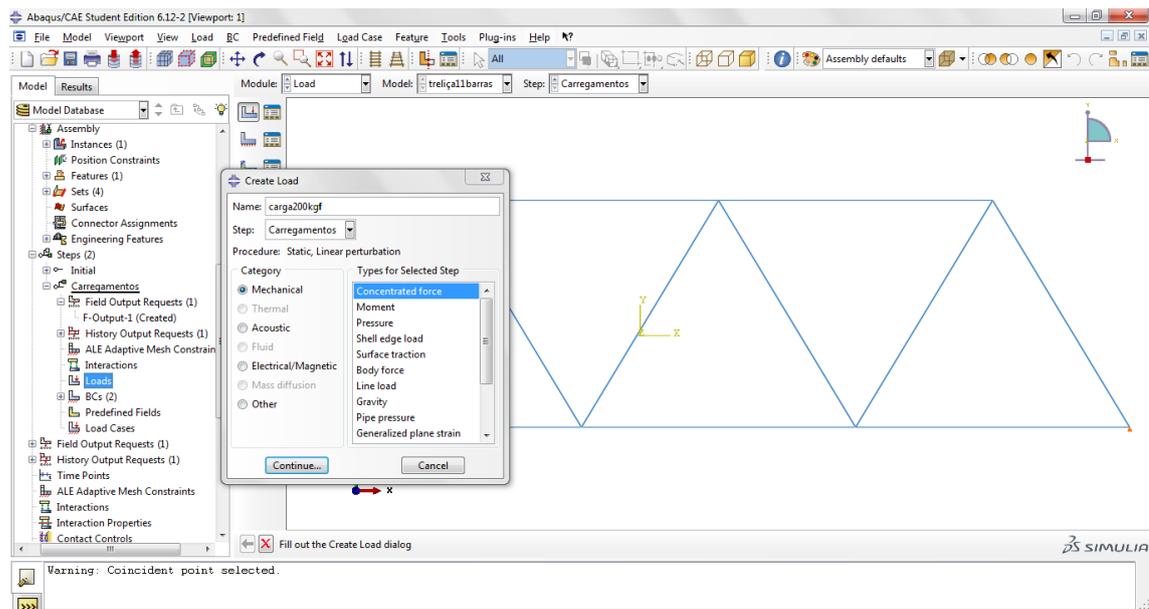
- ✓ **Selecione** o ponto inferior esquerdo da estrutura e **clique** em **Done**. **Marque** na nova janela **U1** e **U2**. **Clique** em **OK**. **Repita** o procedimento para criar o **Apoio Móvel**, que será aplicado no ponto inferior extremo direito da estrutura, mas nesse caso, marcando apenas **U2**.



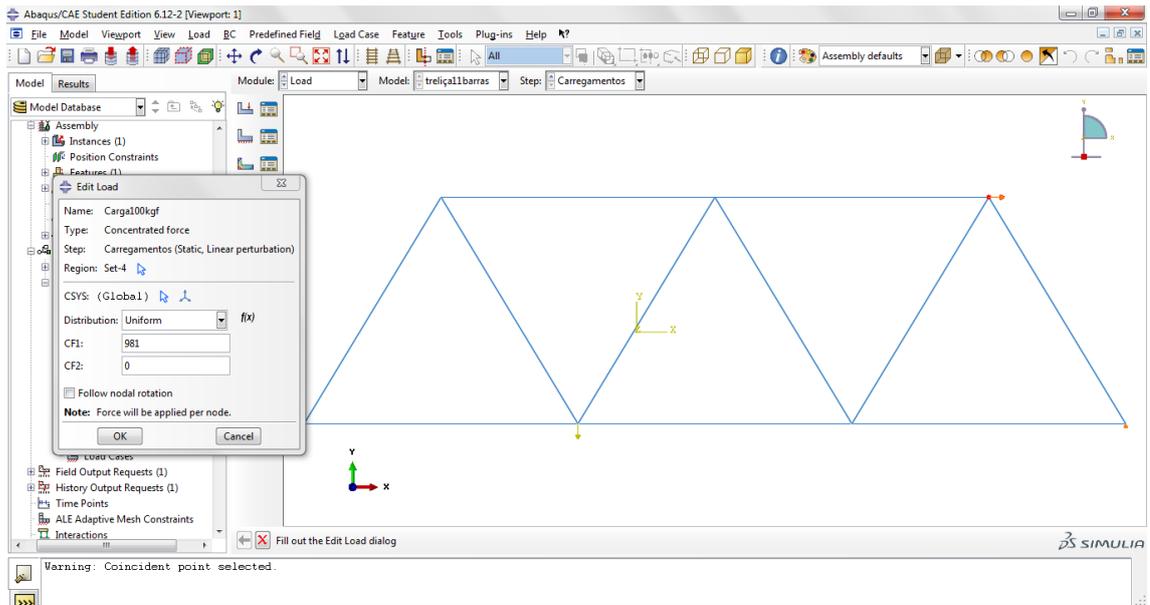
- ✓ No menu model à esquerda, **abra** Field Output Requests (1) e **dê** duplo clique em F-Output-1. A janela Edit Field Output Request será aberta e nela você pode selecionar as variáveis de saída do programa. **Certifique-se** que as variáveis **S** (Stress Components Variants and Invariants) e **U**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



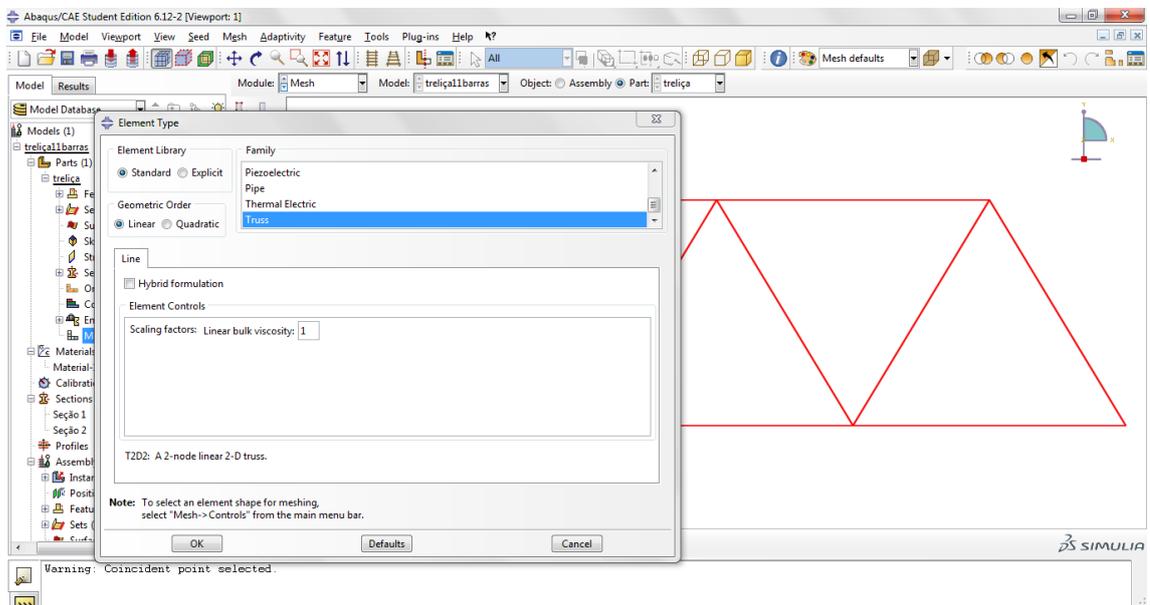
- ✓ Nessa resolução, os carregamentos serão de acordo com a condição de carga 3 do problema. Ou seja, *serão criadas as duas cargas possíveis do problema. Para os casos 1 e 2, basta deixar de criar um dos carregamentos do caso 3 ou mesmo apaga-los.*
- ✓ No menu model à esquerda, dê duplo clique em Loads. Na janela Create Load, no campo Name digite carga200kgf e clique em Continue....



- ✓ **Selecione** o segundo nó da esquerda para a direita do banço inferior e **clique** em Done. Na janela Edit Load, no campo CF2 digite $-200 \cdot 9.81$ e **clique** em OK.
- ✓ **Repita** o procedimento para criar a carga100kgf, aplicada no ponto da extremidade superior direita da estrutura de intensidade $100 \cdot 9.81$ (CF1).

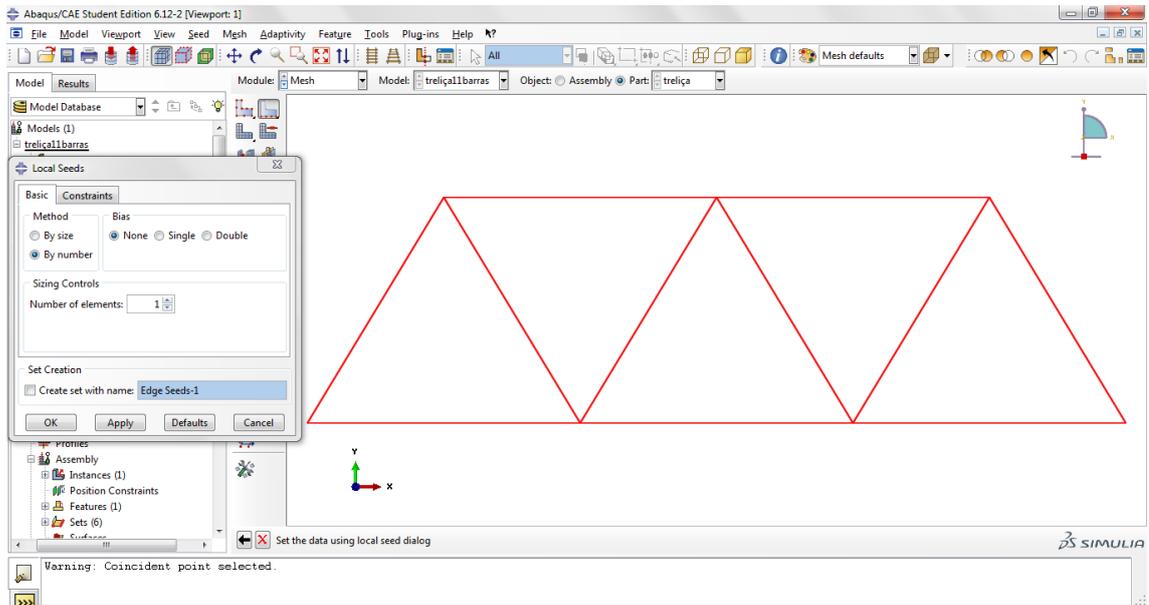


- ✓ No menu **model** à esquerda, **abra** **Parts>treliça** e **dê** dois cliques em **Mesh**. Na barra de contexto, em **Object**, **selecione** **Part**. Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Element Type** e **selecione** com o mouse toda a região da treliça, formando uma “caixa”. Clicando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

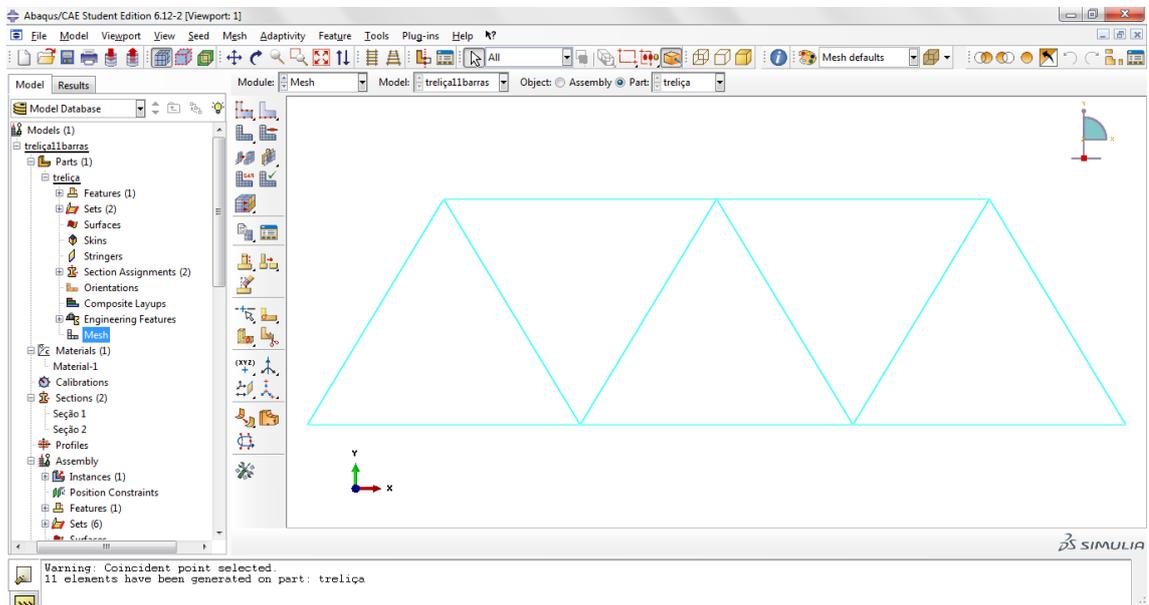


- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Seed>Edges** e **selecione** toda a região da treliça novamente e **clique** em **Done**. Na janela **Local Seeds**,

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

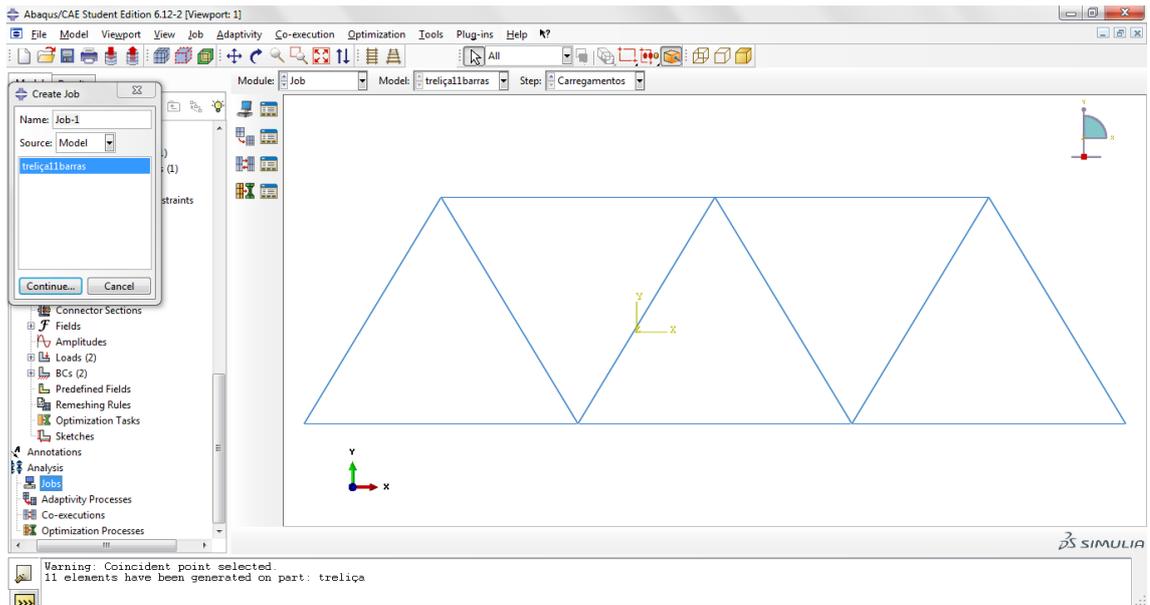


✓ Na barra do menu principal, clique em Mesh>Part. Aparecerá a pergunta “OK to mesh the part?”, clique Yes. Perceba que a treliça fica na cor azul.

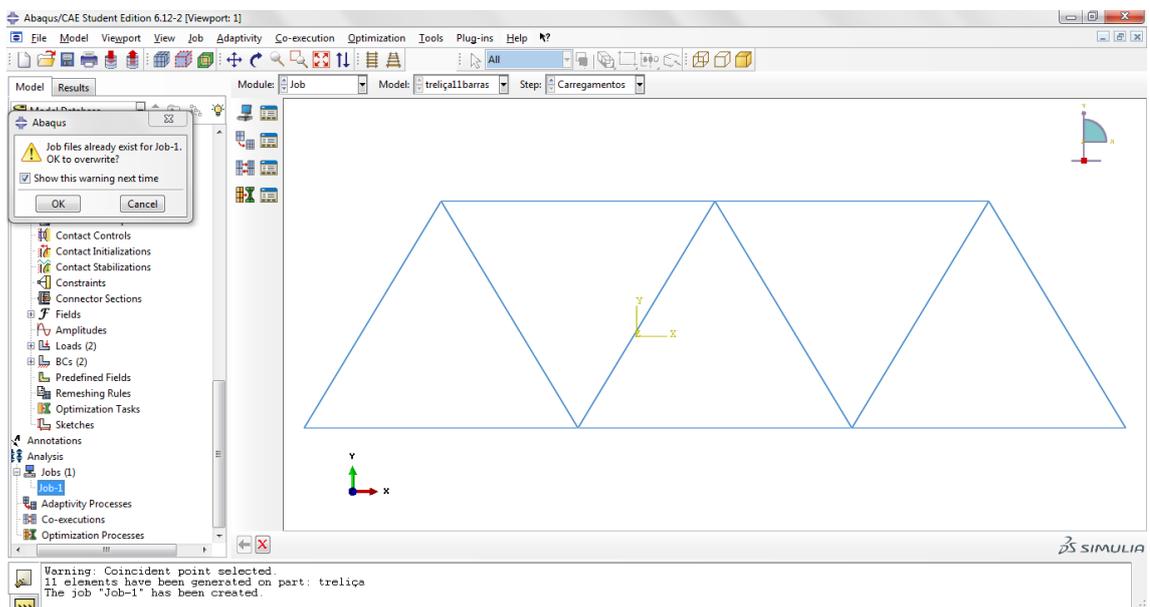


2.3. PROCESSAMENTO

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

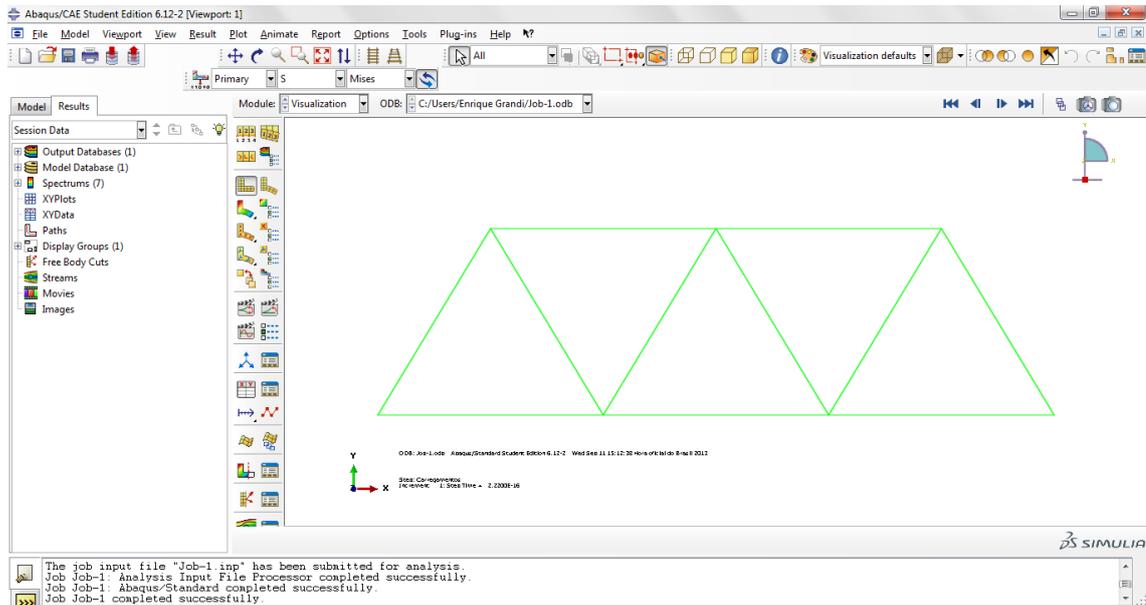


- ✓ **Abra Jobs** e **clique** com o botão direito em **Job-1**. **Clique** em **Submit**. Se aparecer uma janela dizendo “Job files already exist for Job-1. OK to overwrite?”, **clique** **OK**. **Aguarde** o processamento dos dados. Estará concluído quando aparecer “(Completed)” ao lado de **Job-1**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

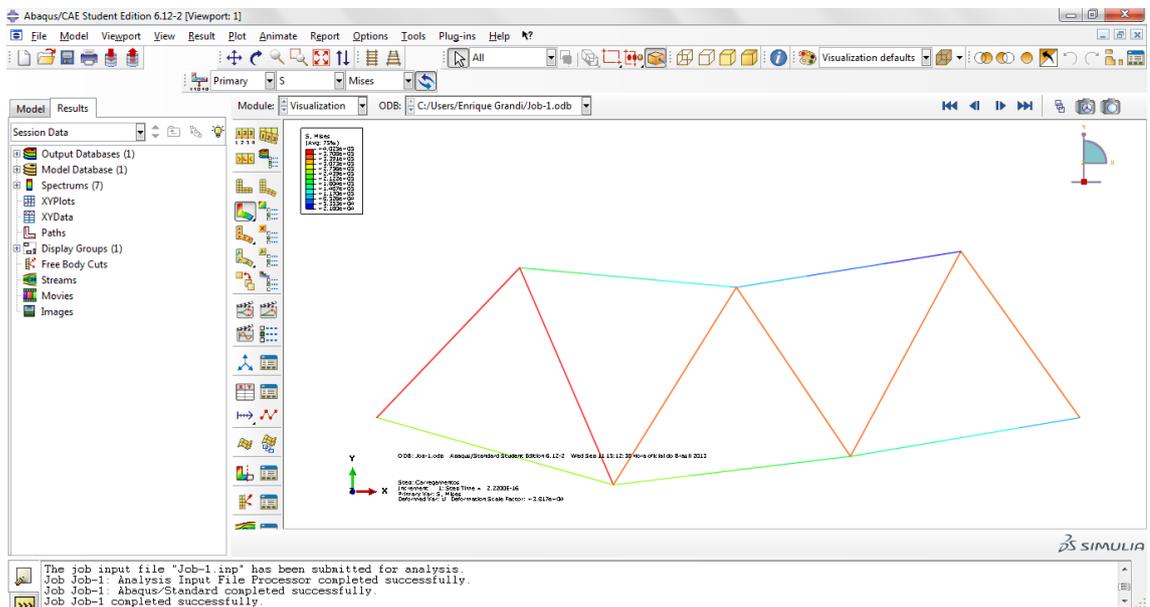


2.4. PÓS-PROCESSAMENTO

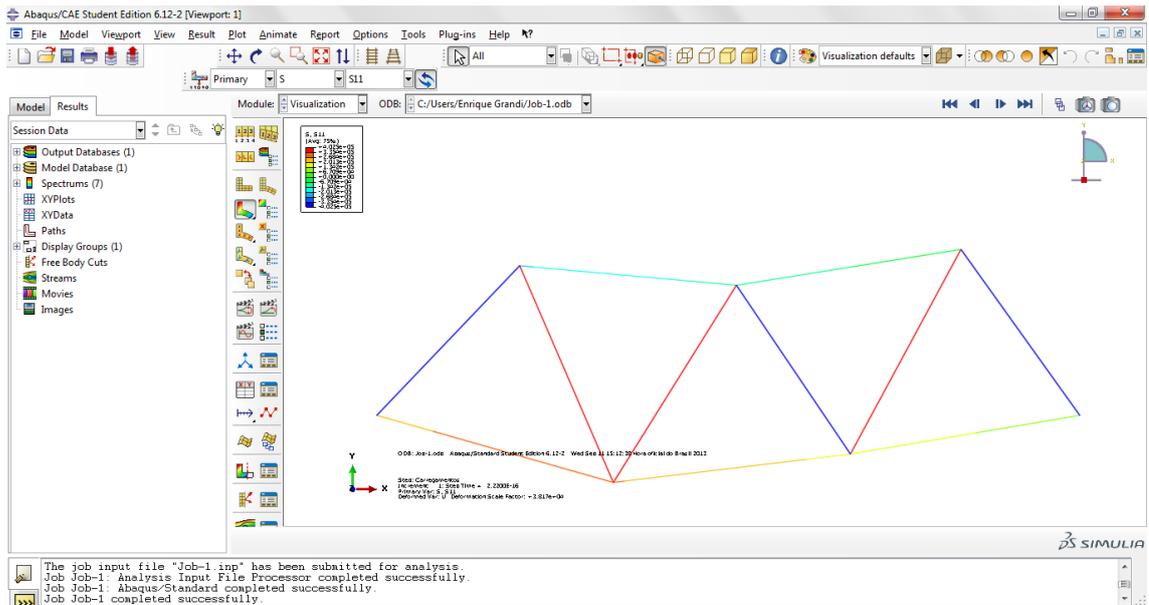
✓ No menu **model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Job-1(Completed)>Results**. A tela de análise de dados se abrirá.



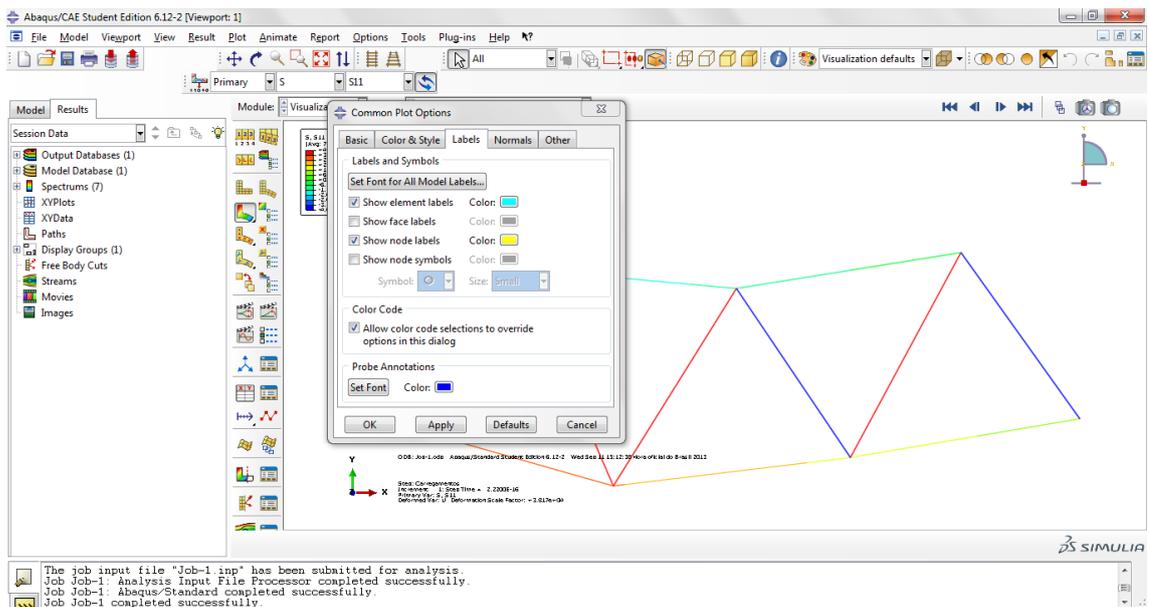
✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Plot Contours on Deformed Shape**.



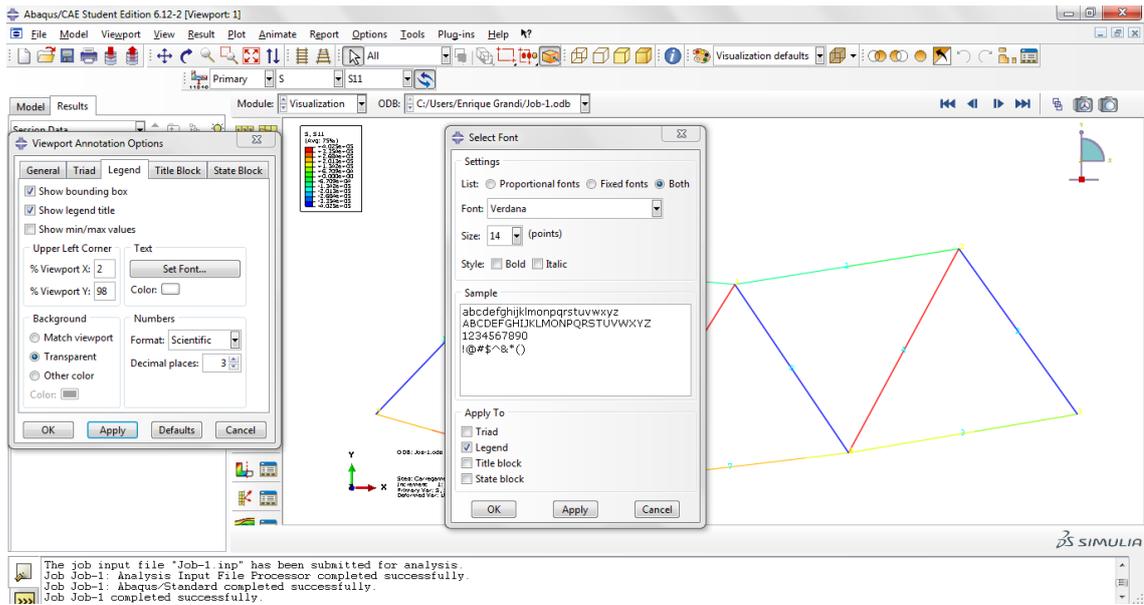
✓ Na barra de ferramentas no canto superior à direita, **selecione S11** onde, por padrão, estava selecionado **Mises**.



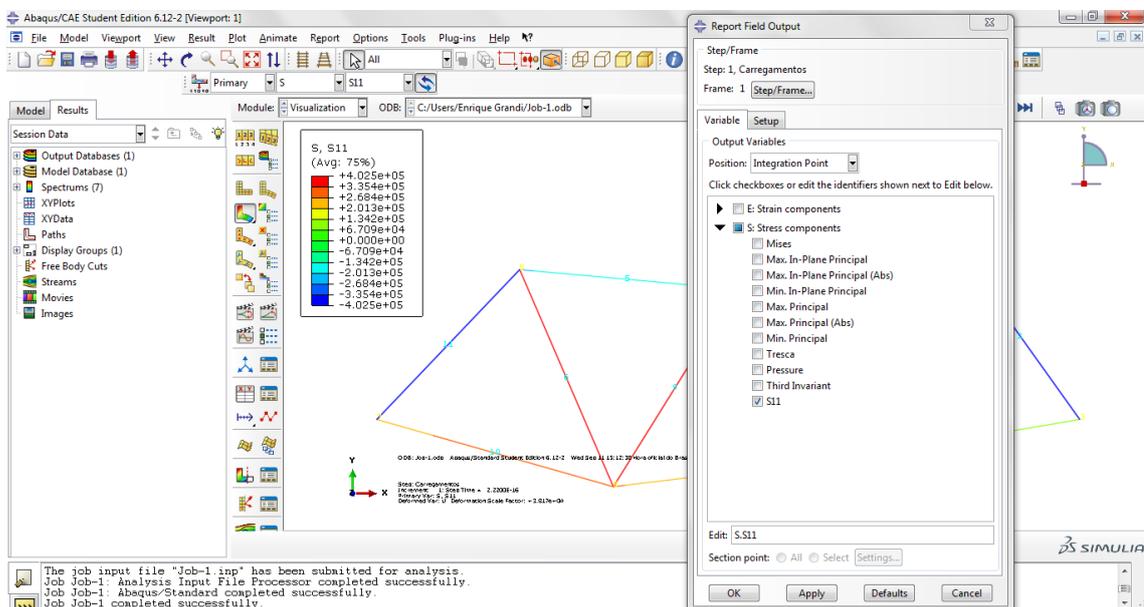
- ✓ Na caixa de ferramentas, clique em **Common Options**. Na janela **Common Plot Options**, selecione a aba **Labels** e marque **Show element labels** e **show node labels**. Clique **OK**.



- ✓ 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.



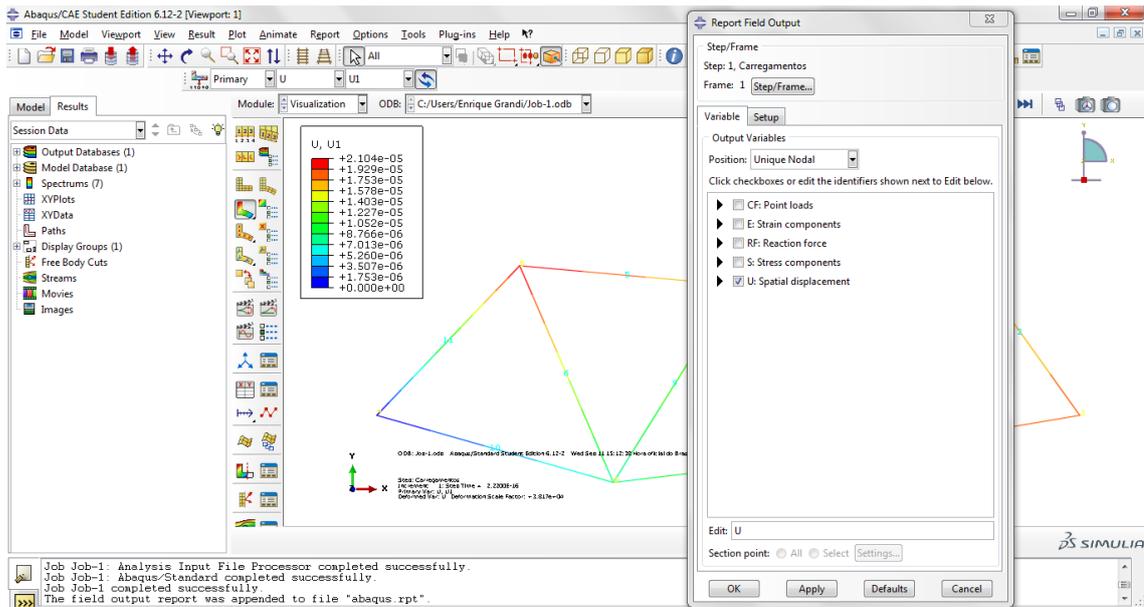
- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em **Report>Field Output**. Na janela **Report Field Output**, **clique** em **S: Stress components>S11** e **clique** em **OK**. A mensagem aparecerá: “The field output report was appended to file “abaqus.rpt.” O arquivo **abaqus.rpt** pode ser encontrado em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



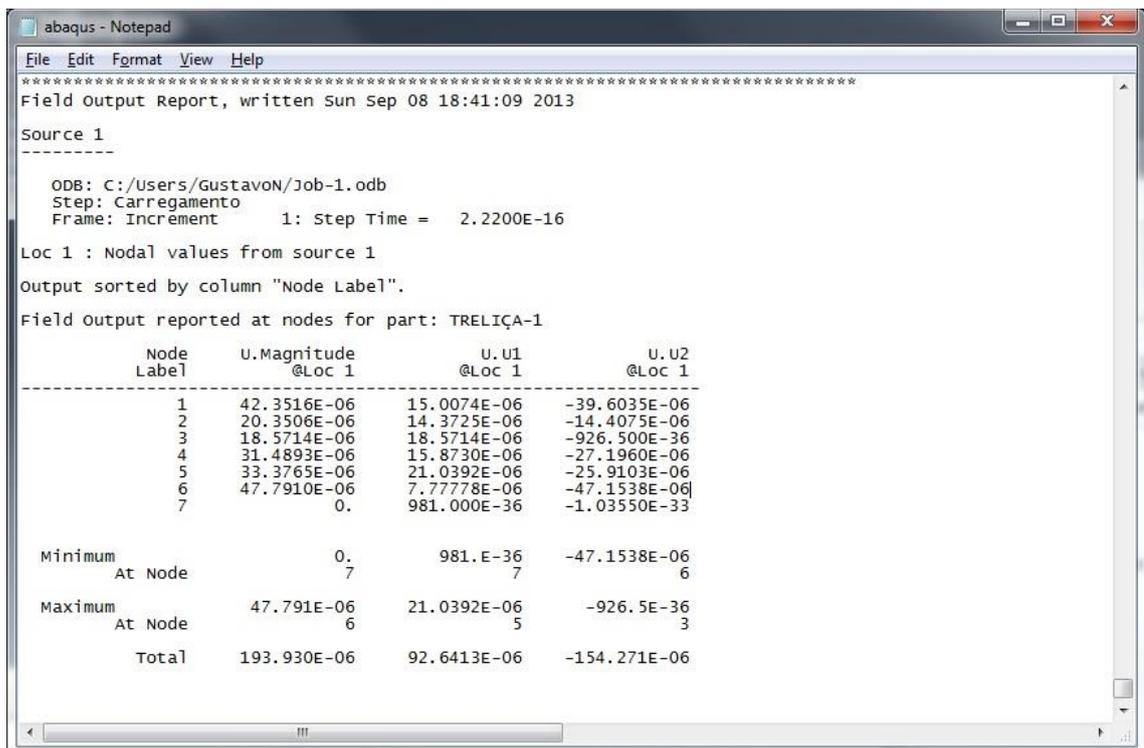
- ✓ O arquivo listará os esforços das barras.

```
abaqus - Notepad
File Edit Format View Help
*****
Field output Report, written Sun Sep 08 18:27:53 2013
Source 1
-----
ODB: C:/Users/Gustavon/Job-1.odb
Step: Carregamento
Frame: Increment      1: Step Time =  2.2200E-16
Loc 1 : Integration point values from source 1
Output sorted by column "Element Label".
Field output reported at integration points for region: TRELIÇA-1.Region_1
-----
      Element      Int      S. S11
      Label        Pt        @Loc 1
-----
           1         1    -21.8000E+03
           3         1     92.65E+03
           5         1   -207.100E+03
           7         1    277.95E+03
          10         1    267.05E+03
-----
Minimum
  At Element      -207.1E+03
  Int Pt          5
Maximum
  At Element      277.95E+03
  Int Pt          7
Total            408.750E+03
-----
Field output reported at integration points for region: TRELIÇA-1.Region_2
-----
      Element      Int      S. S11
      Label        Pt        @Loc 1
-----
           2         1   -360.158E+03
           4         1    360.158E+03
           6         1    402.530E+03
           8         1   -360.158E+03
           9         1    360.158E+03
          11         1   -402.530E+03
-----
Minimum
  At Element     -402.53E+03
  Int Pt         11
Maximum
  At Element      402.53E+03
  Int Pt          6
Total            31.25E-03
-----
```

- ✓ 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).