

EXEMPLO DE TRELIÇA COMPOSTA POR 3 BARRAS E 3 NÓS USANDO O ABAQUS 6.12 STUDENT EDITION

1. INTRODUÇÃO

1.1. DESCRIÇÃO DO ELEMENTO DE TRELIÇA PLANA:

A descrição de uma seção e seu material constituinte é um processo que pode ser utilizado na solução de uma grande variedade de problemas de engenharia. Durante essa aula, estudaremos a implementação de estruturas compostas por um conjunto de barras de esforço axial, conhecidas por treliças. Descreveremos esses elementos de barras, indicados por TRUSS no programa ABAQUS/CAE, como bidimensionais, os quais podem ser submetidos à tração e compressão na direção de seu eixo, com dois graus de liberdade por nó: transladados nas direções dos eixos coordenados 1 e 2 (x e y), conforme as características de seu material, seção e condições de contorno, que também definir. No fim dessa aula, espera-se que o aluno aprenda tais procedimentos, de forma que ele seja capaz de usá-los para cobrir outras aplicações.

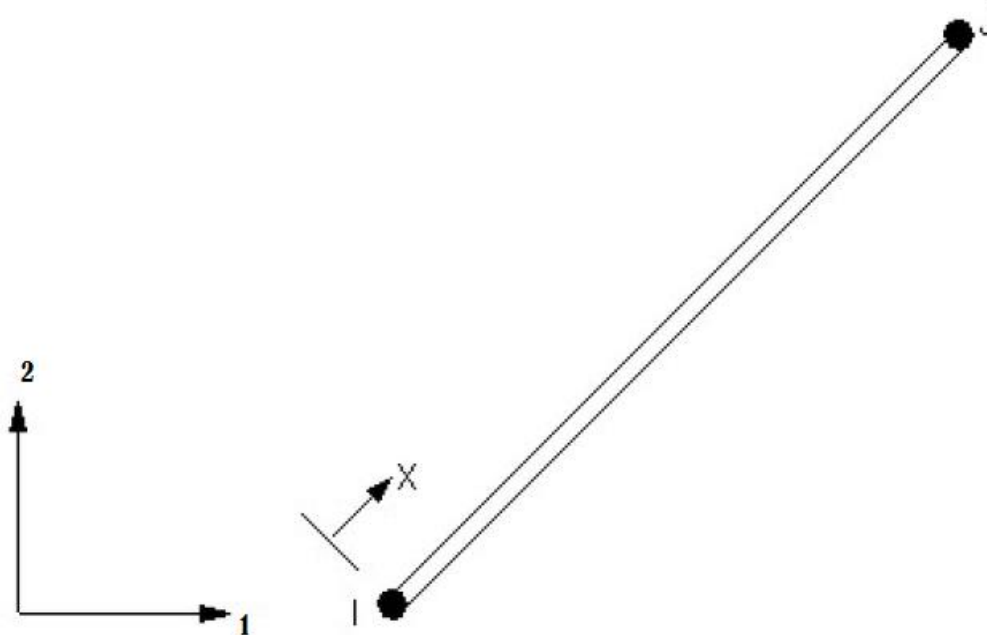


Figura 1. Elemento de Treliça - Truss

1.2. CARACTERÍSTICAS DO ELEMENTO:

- ✓ Elementos relativamente longos e finos que podem transmitir apenas forças axiais, ou seja, na direção do seu eixo.
- ✓ Não transmitem momentos
- ✓ Número de nós por elemento: 2 (i-j na Figura 1)
- ✓ Aplicável em modelos de treliças de duas ou três dimensões.
- ✓ Graus de liberdade: 2, duas translações segundo os eixos x e y, respectivamente
- ✓ O programa disponibiliza elementos de treliça híbridos do tipo Tensão/deformação (Como aplicados nesse trabalho), Temperatura/deformação (temperatura como um grau de liberdade adicional) e Piezoelétricos (potencial elétrico como um grau de liberdade adicional).
- ✓ Nomenclatura no ABAQUS/CAE:

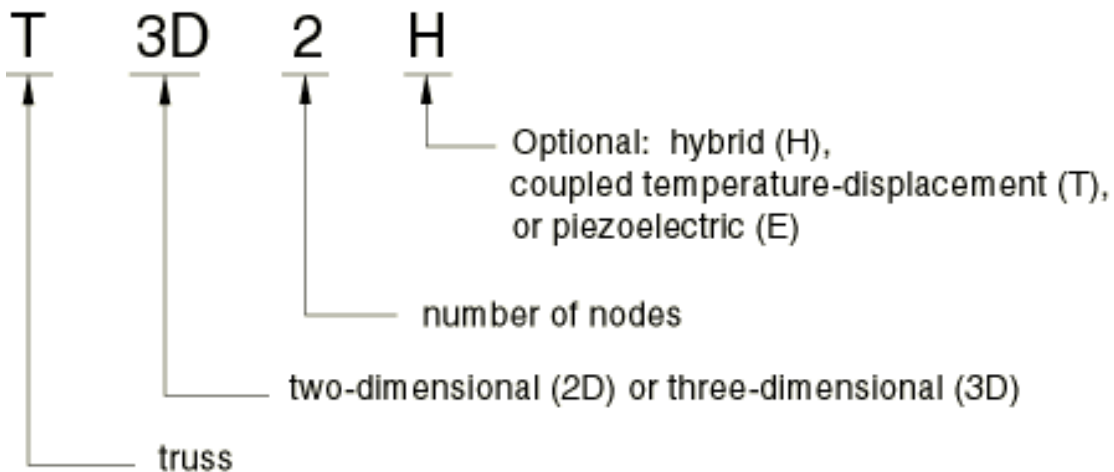


Figura 2. Nomenclatura no ABACUS/CAE (Abaqus Analysis User's Manual)

Nesse trabalho foram utilizados elementos do tipo T2D2H, elementos de treliça de 2 dimensões, 2 nós por elemento, tipo tensão/deformação

- ✓ Associação das definições do material e definição da área da seção transversal ao conjunto de elementos:

Emprego no ABAQUS/CAE: Modo **Property: Create Section**, selecionar **Beam** em **Category** e **Truss** em **Type**.

Material: Selecionar material

Cross-Sectional area: valor da área da seção transversal.

2. CARACTERIZAÇÃO

2.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Objetivo da análise: determinar os esforços axiais nas barras da treliça abaixo esquematizada:

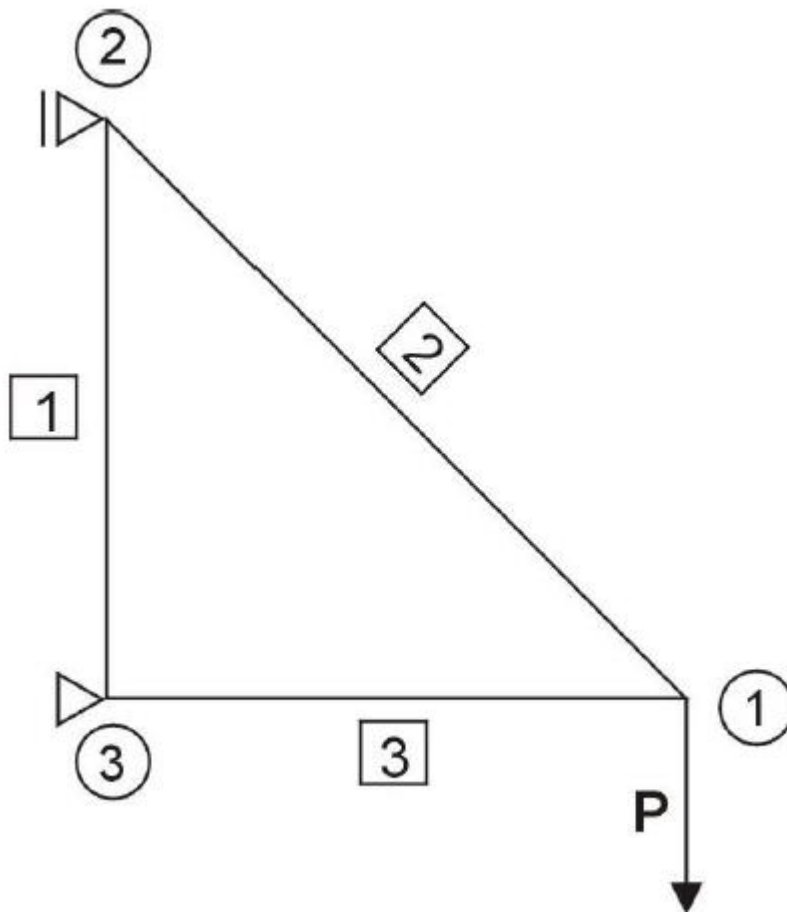


Figura 3. Treliça de 3 barras

2.2. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS

As coordenadas dos nós que compõe a treliça são:

Nós	Coordenadas	
	X	Y
1	1	0
2	0	1
3	0	0

As propriedades das barras que compõe a treliça:

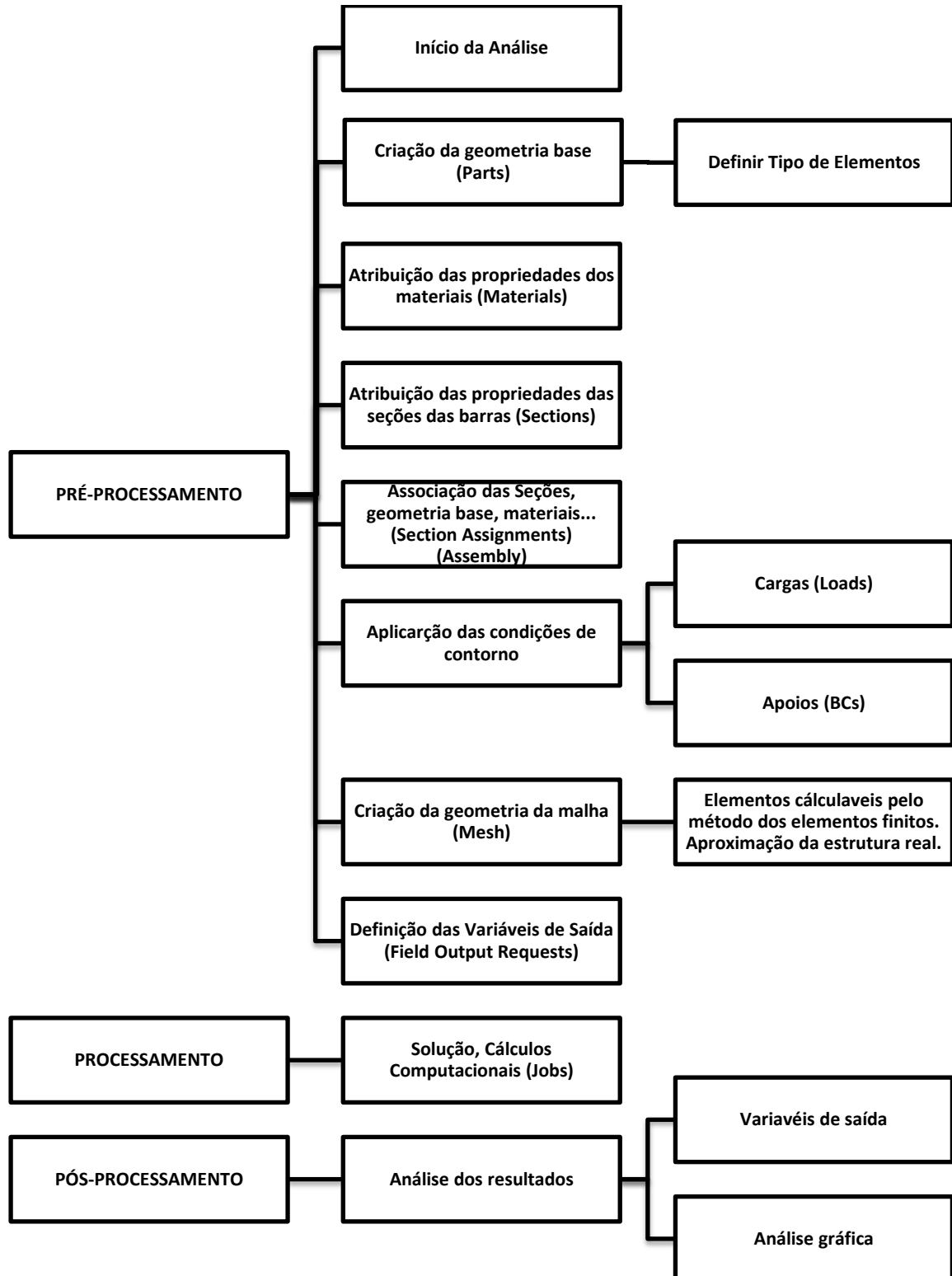
Características	Elemento 1	Elemento 2	Elemento 3
Comprimento (m)	1	1,41	1
Modulo de Elasticidade (Pa)	1×10^{11}	$\sqrt{2} \times 10^{11}$	1×10^{11}
Área da seção transversal (m ²)	0,01	0,01	0,01

2.3. CARGA

A carga P aplicada no nó 1 equivale a 10000 N.

3. RESOLUÇÃO

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

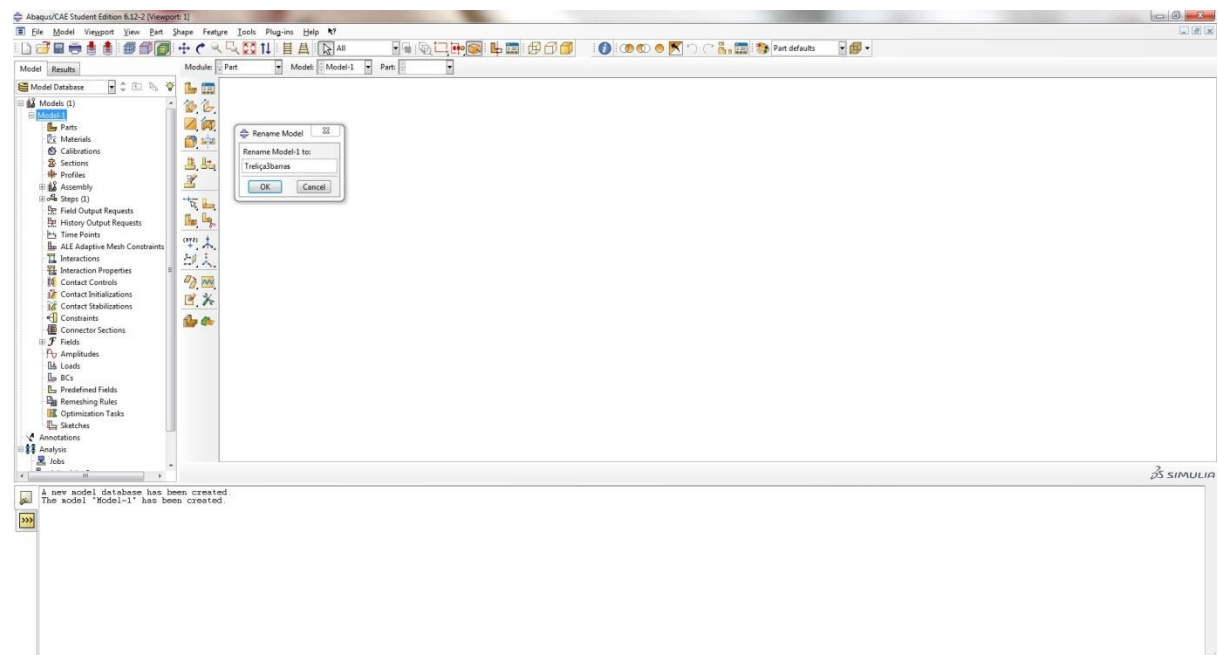


3.1. INICIO DA ANÁLISE

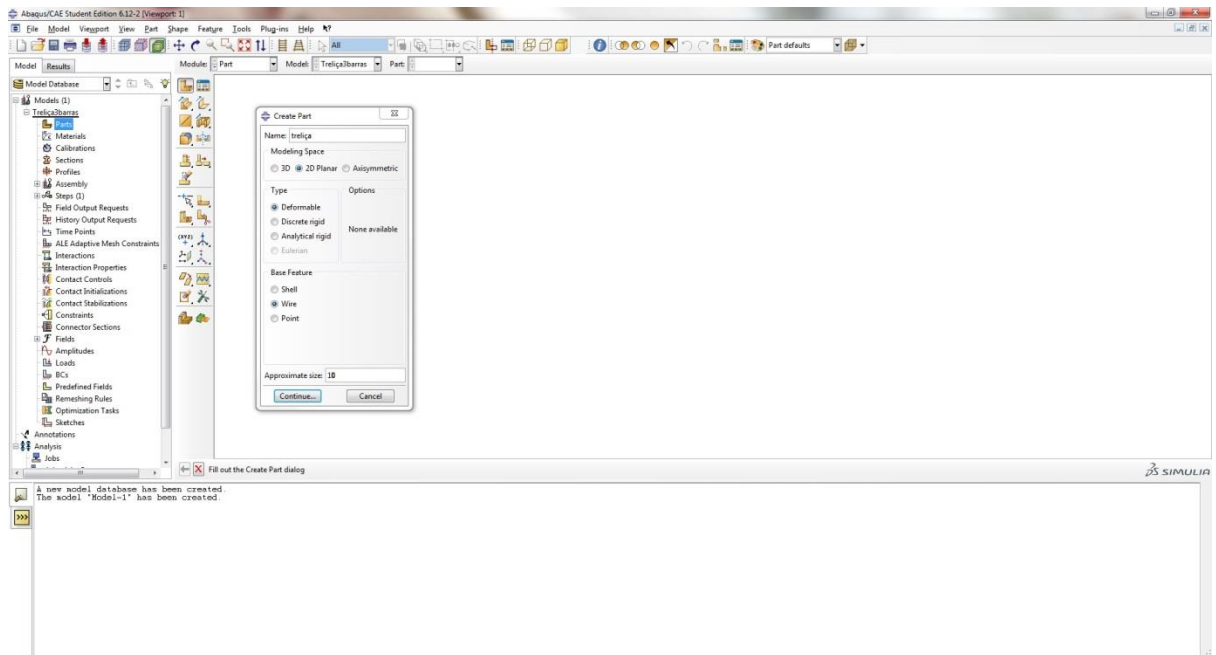
- ✓ Se você ainda não iniciou o programa **Abaqus/CAE**, **digite** *cmd* no **Menu Iniciar** para abrir o **Prompt de Comando** e nele **digite** *abq6122se cae* para executar o Abaqus.
- ✓ Em **Create Model Database** na caixa **Start Session** que aparece, **selecione** **With Standard/Explicit Model**.

3.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

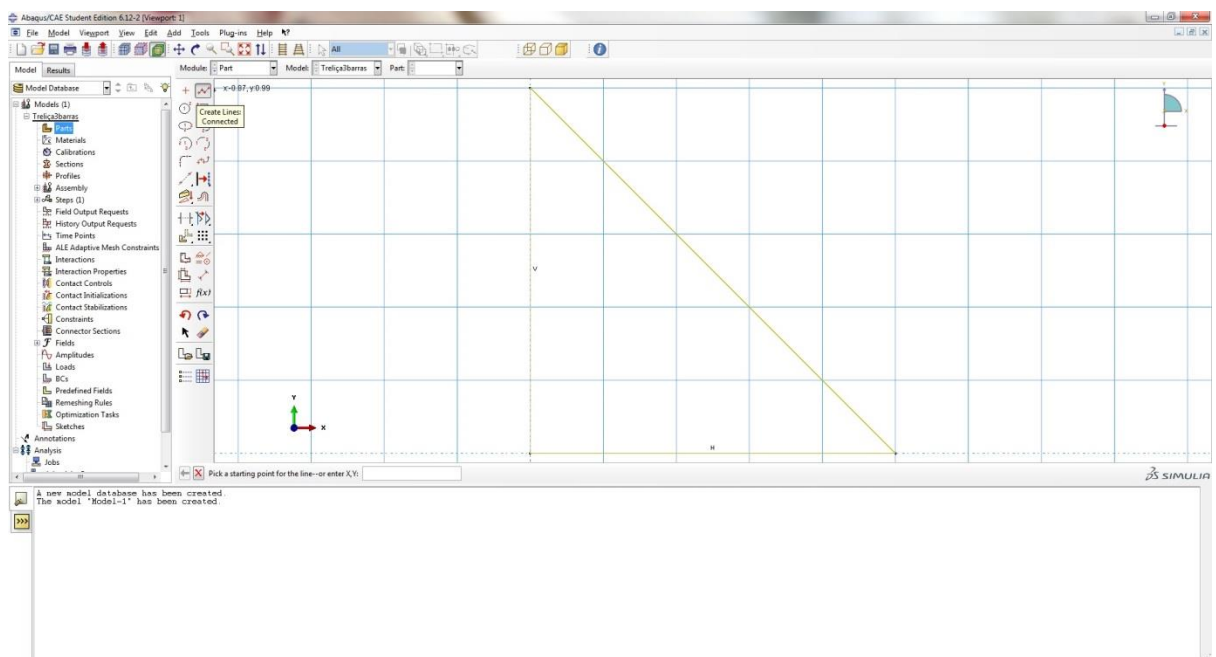
- ✓ No menu **Model** a esquerda, **clique** com o botão direito em **Model-1** e **selecione** **Rename**.
- ✓ **Digite** *Treliza3barras* e clique **OK**.



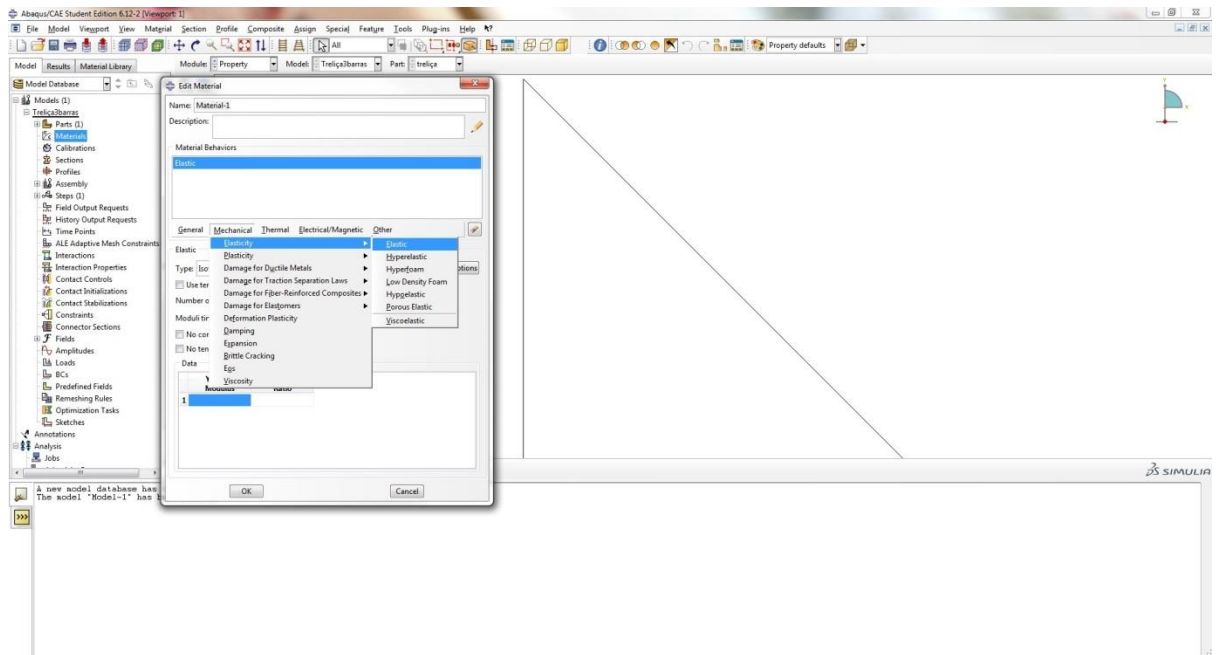
- ✓ **Duplo clique** em **Parts**; No campo **Name**, **digite** *treliza*, em **Modeling Space** **selecione** **2D** **planar**; em **Base Feature**; **selecione** **Wire** e em **Approximate Size** **digite** *10*. **Clique** em **Continue....**



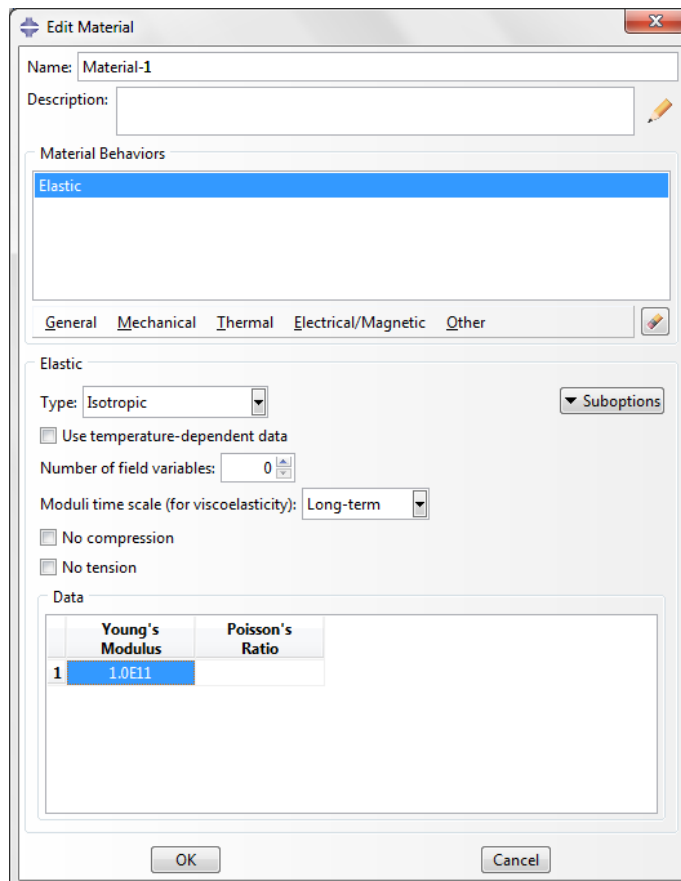
- ✓ Na caixa de ferramentas, **selecione** Create Lines: Connected e na área de comando **insira** as coordenadas dos pontos: 0,0; 1,0; 0,1 e 0,0. **Desative** a função Create Lines: Connected e **clique** em Done.



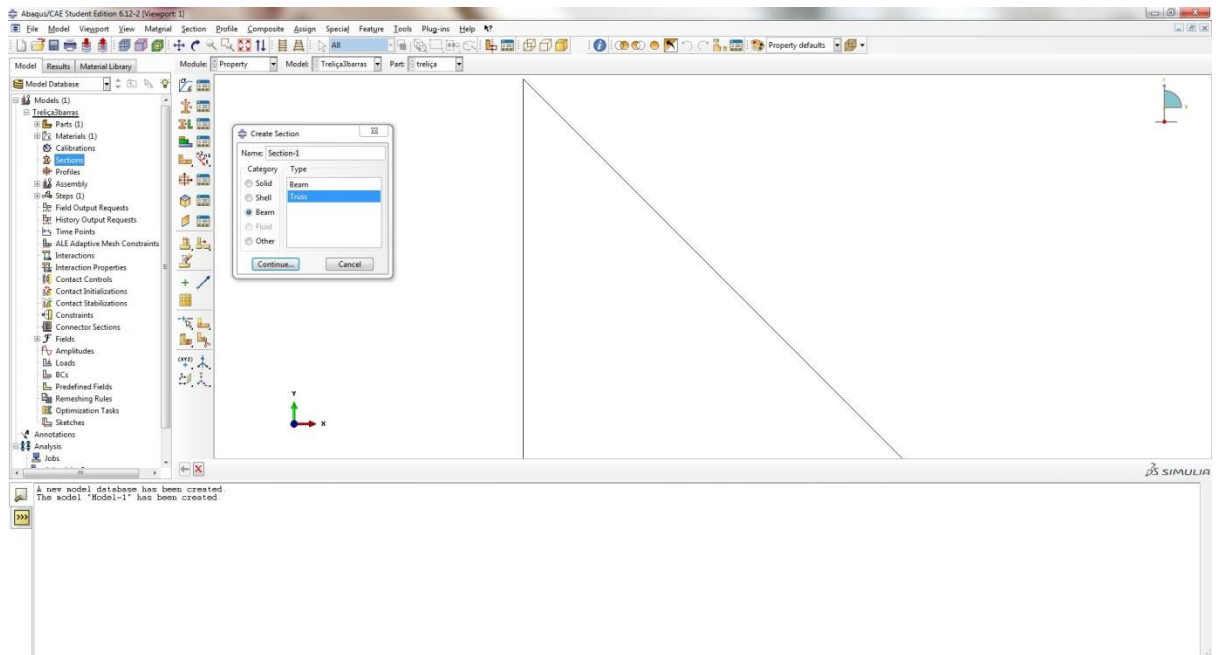
- ✓ No menu **model** a esquerda, **duplo clique** em **Materials**. Na caixa **Edit Material** aberta, **clique** em **Mechanical>Elasticity>Elastic**.



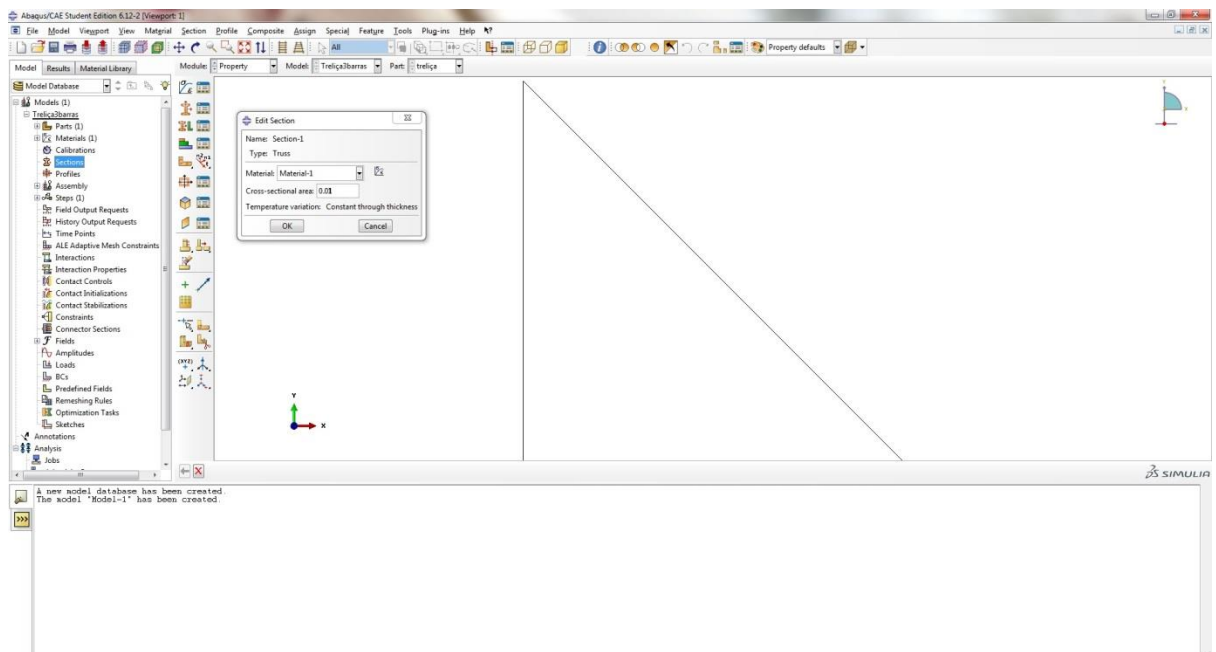
- ✓ No campo **Young's Modulus**, **digite 1.0E11**. **clique OK**. **Repita** o procedimento para criar o segundo Material: Young's Modulus = 1.41E11.



- ✓ No menu **model** a esquerda, **duplo clique** em **Sections**. **Selecione** a **Beam** em **Category** e **Truss** em **Type**, **clique** continue....

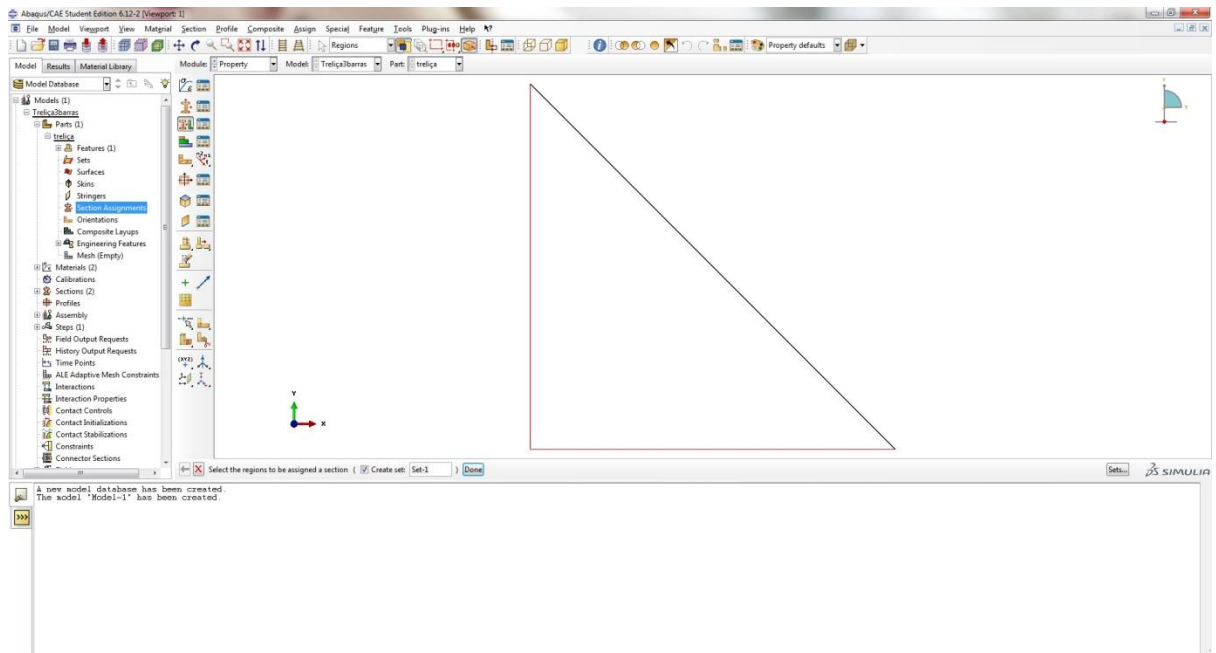


- ✓ **Associe** ao material: **Material-1** e **digite** **0.01** em **Cross-sectional area**. **Clique** **Ok** e **repita** para criar uma segunda seção, associando o material **Material-2** e usando a mesma área: **0.01**.

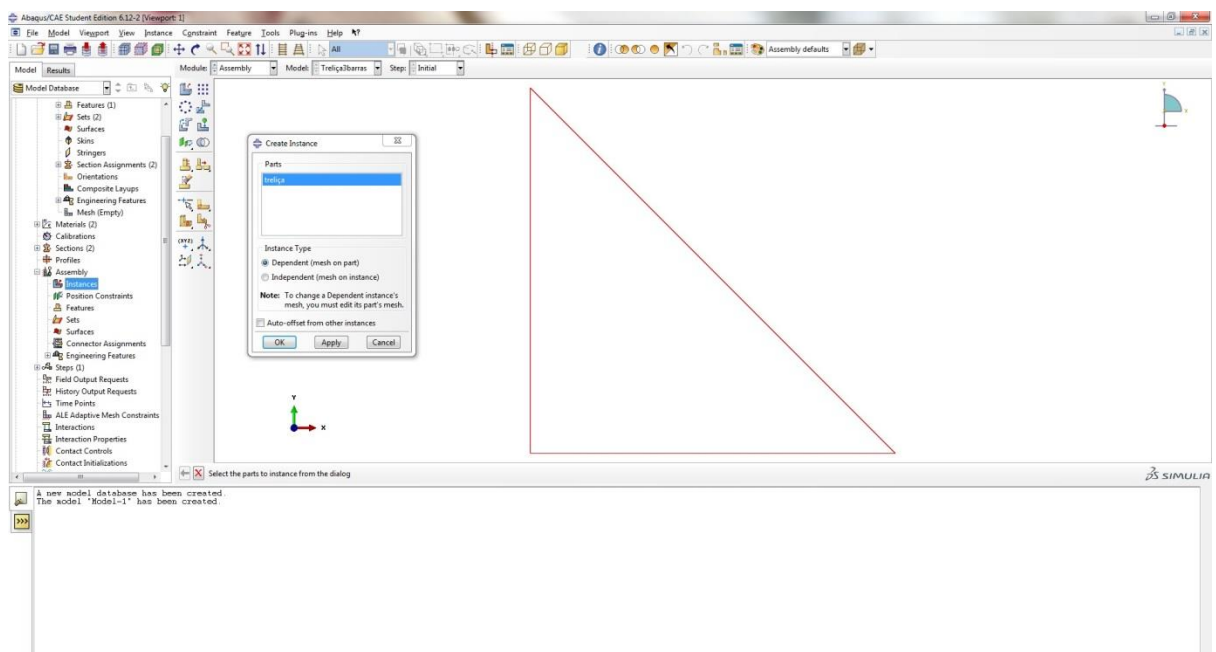


- ✓ No menu **model** a esquerda, **abra** **Parts>treliça** e **dê** duplo click em **Section Assignments**. **Selecione** as barras inferior e esquerda (pode ser usado a

tecla shift) e clique em Done. Associe a Seção Section-1 e clique OK. Associe agora a Seção Section-2 à barra restante.

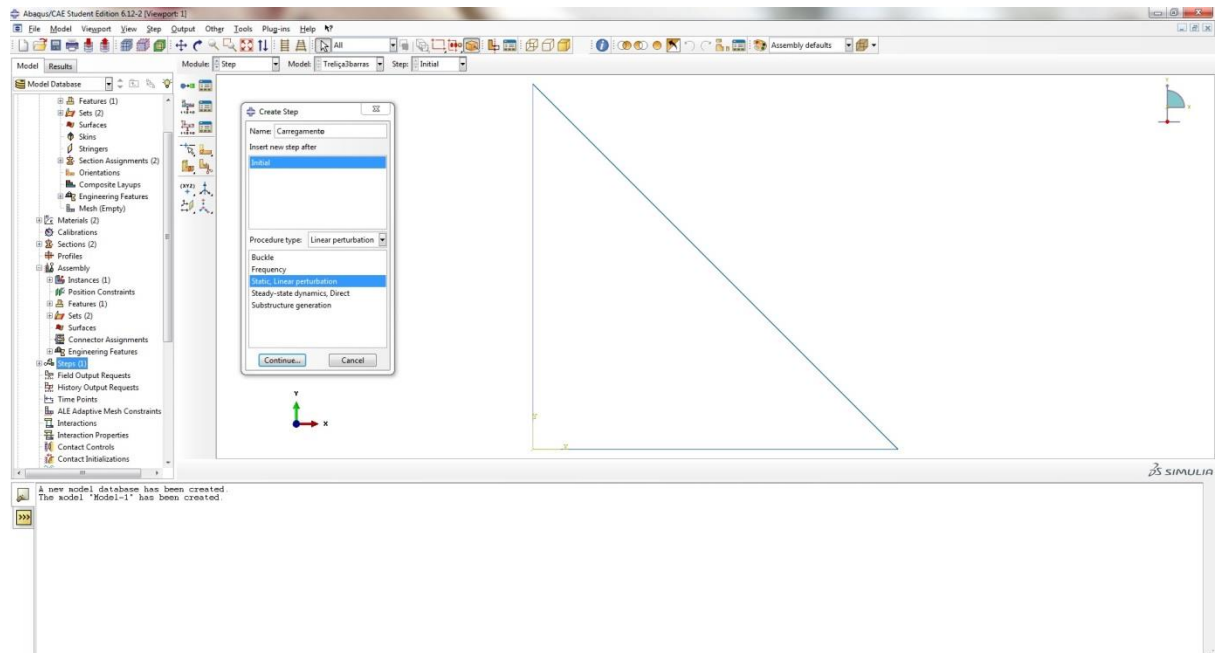


✓ No menu model a esquerda, abra Assembly e dê duplo clique em Instances. Certifique-se que está selecionado Dependent em Instance Type e clique OK.

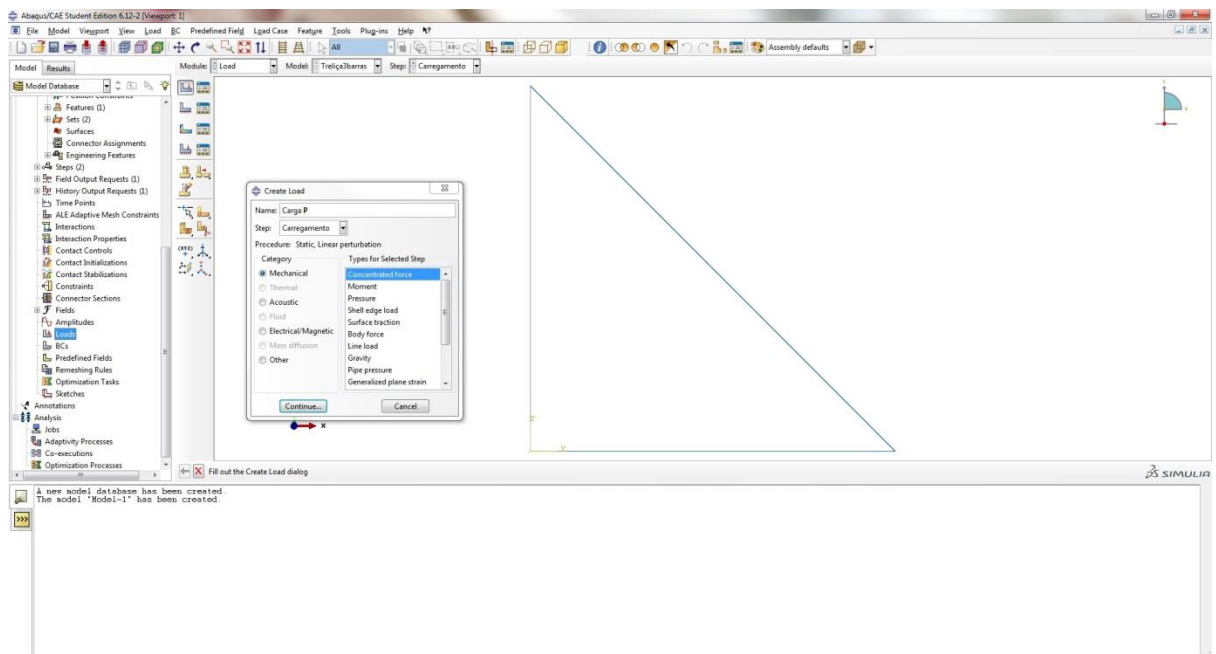


✓ No menu model a esquerda, duplo clique em Steps, renomeie para Carregamento, em procedure type selecione Linear Perturbation e Static,

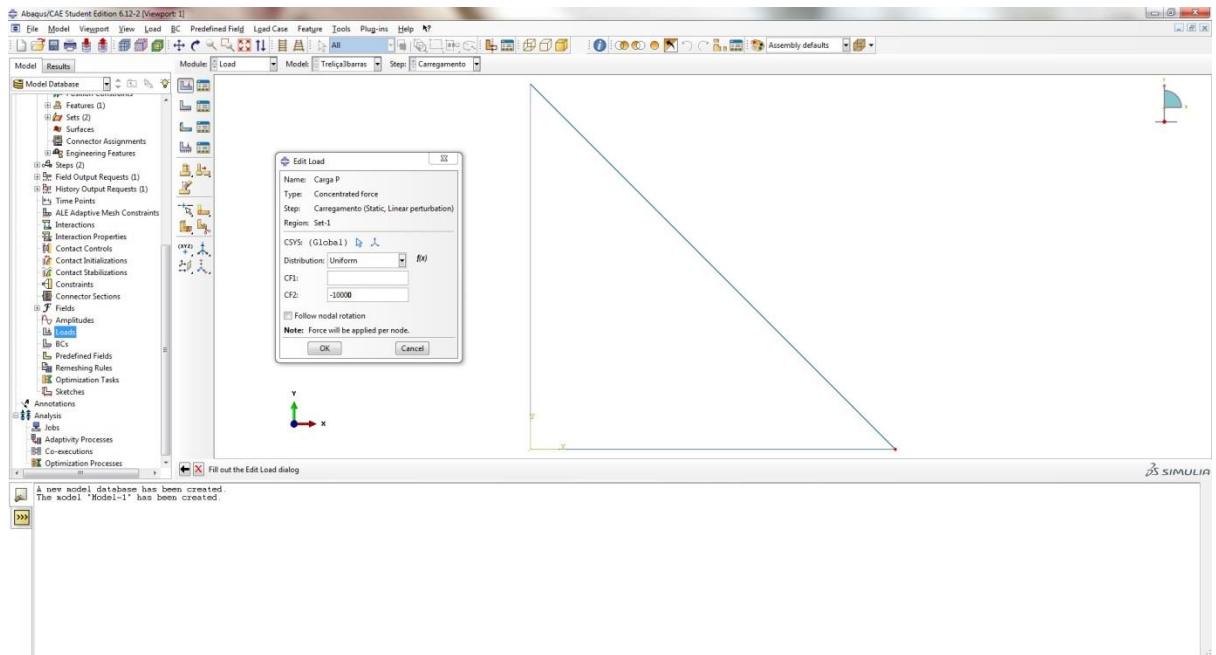
Linear perturbation. **Clique Continue...** e em seguida, em edit step, **OK** novamente.



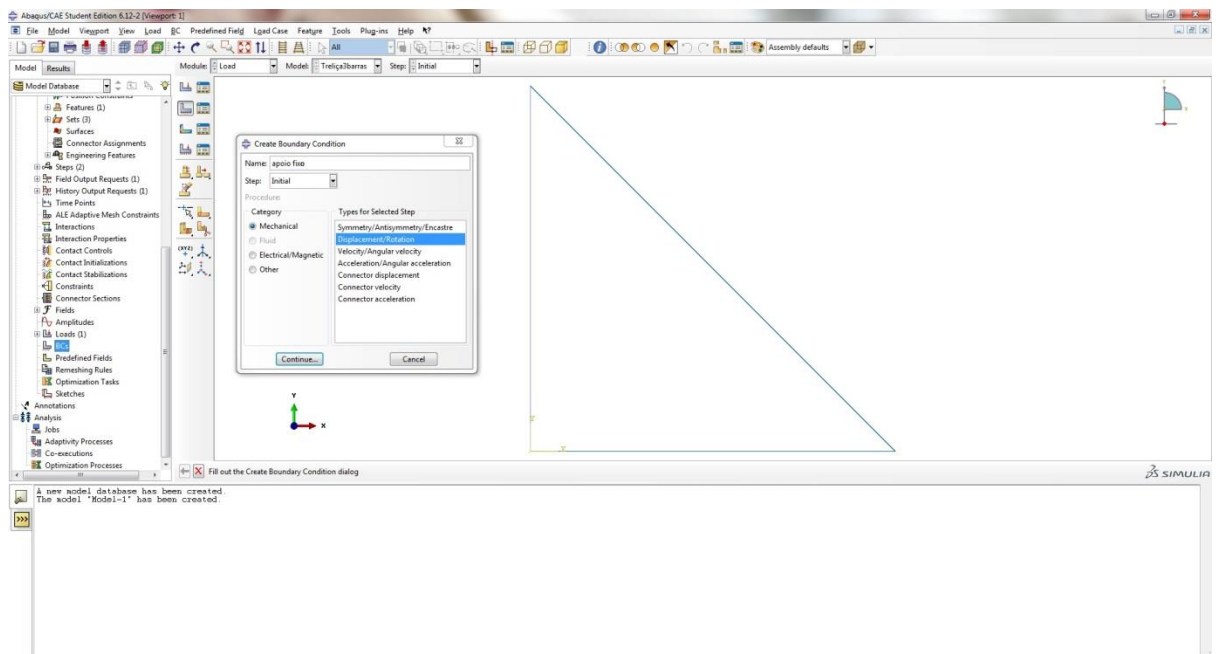
✓ No menu model à esquerda, **duplo clique** em **Loads**. No campo name, **digite Carga P**. **Clique Continue....**



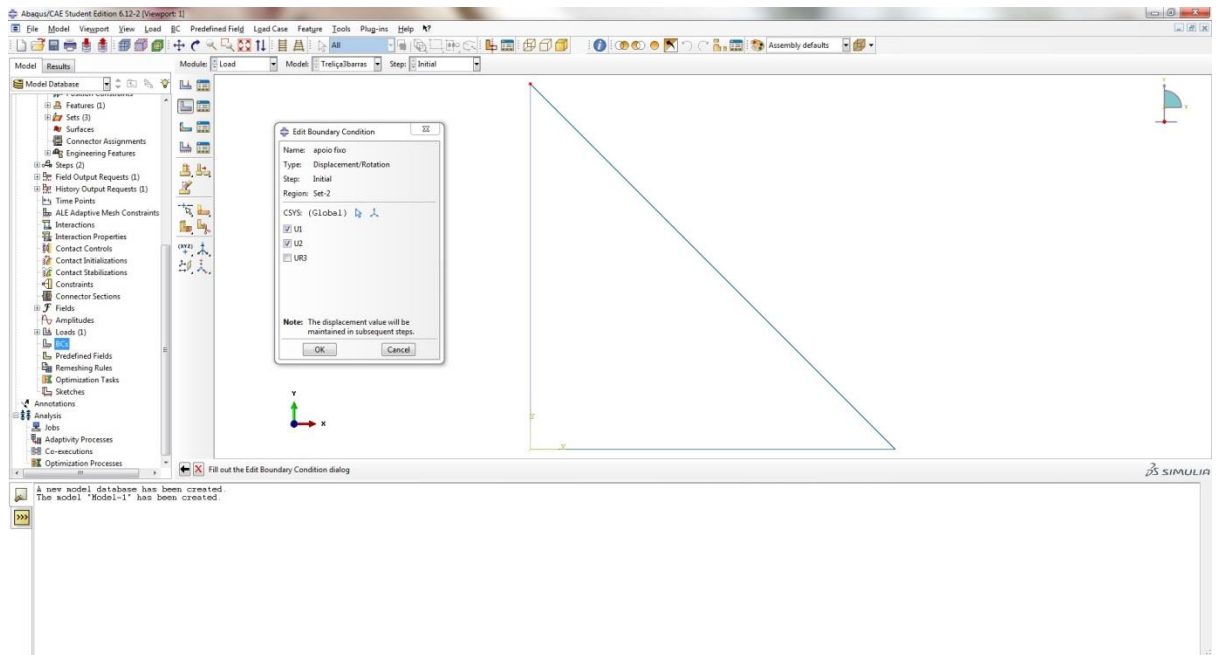
✓ Então **selecione** o ponto de aplicação da força (extremidade direita inferior da treliça) e clique em **Done**. Na janela **Edit Load**, **digite -10000** no campo **CF2** e **clique OK**.



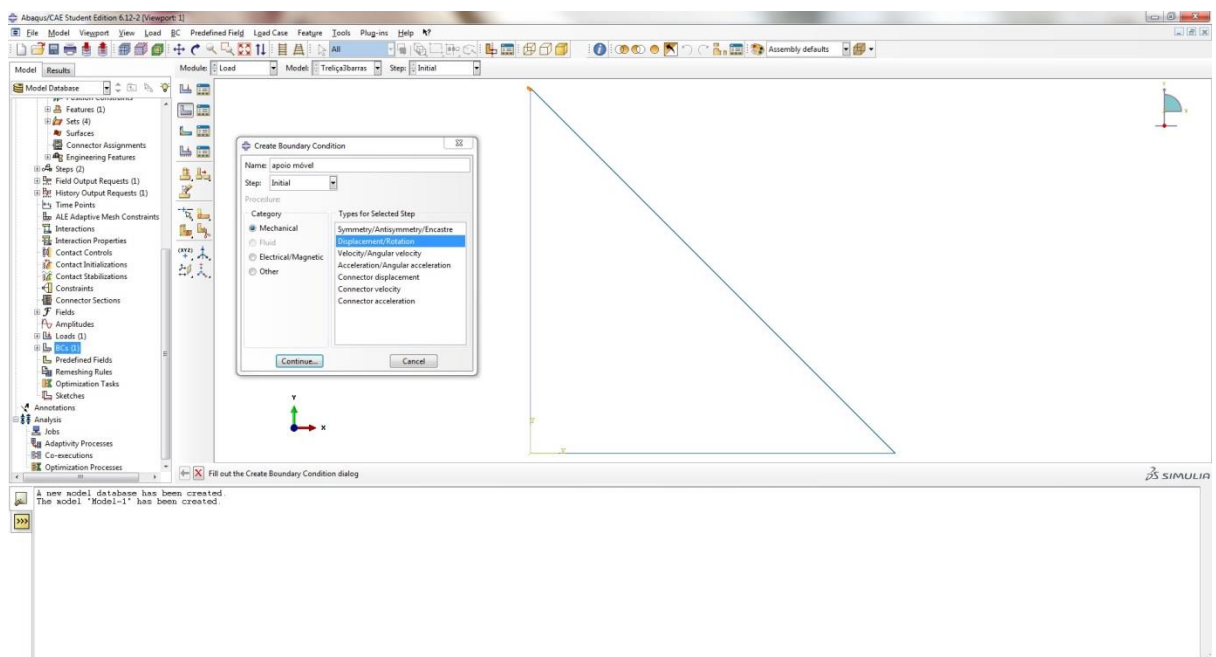
- ✓ No menu model à esquerda, **duplo clique** em BCs. No campo name, **digite apoio fixo**. Em Step, **selecione** Initial. Em Types for Selected Step, **selecione** Displacement/Rotation. **Clique** em continue.... **Selecione** o ponto extremo superior da treliça e **clique** em Done.



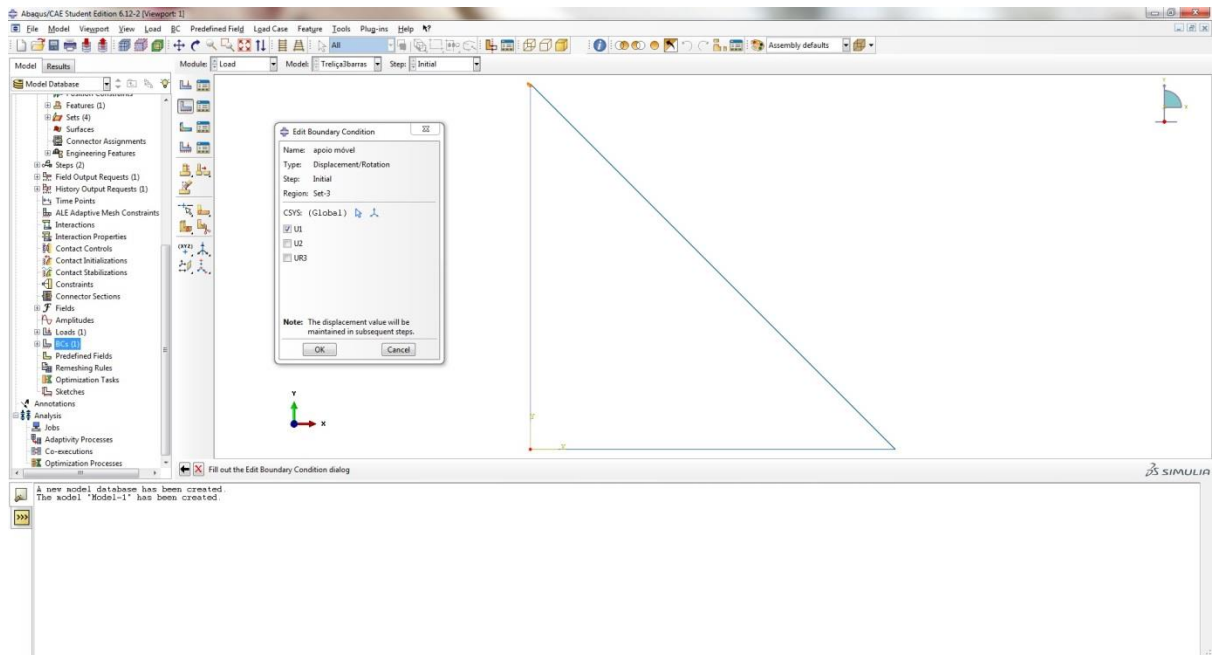
- ✓ Na janela Edit Boundary Condition, **selecione** a opção U1 e U2 e **clique** em OK.



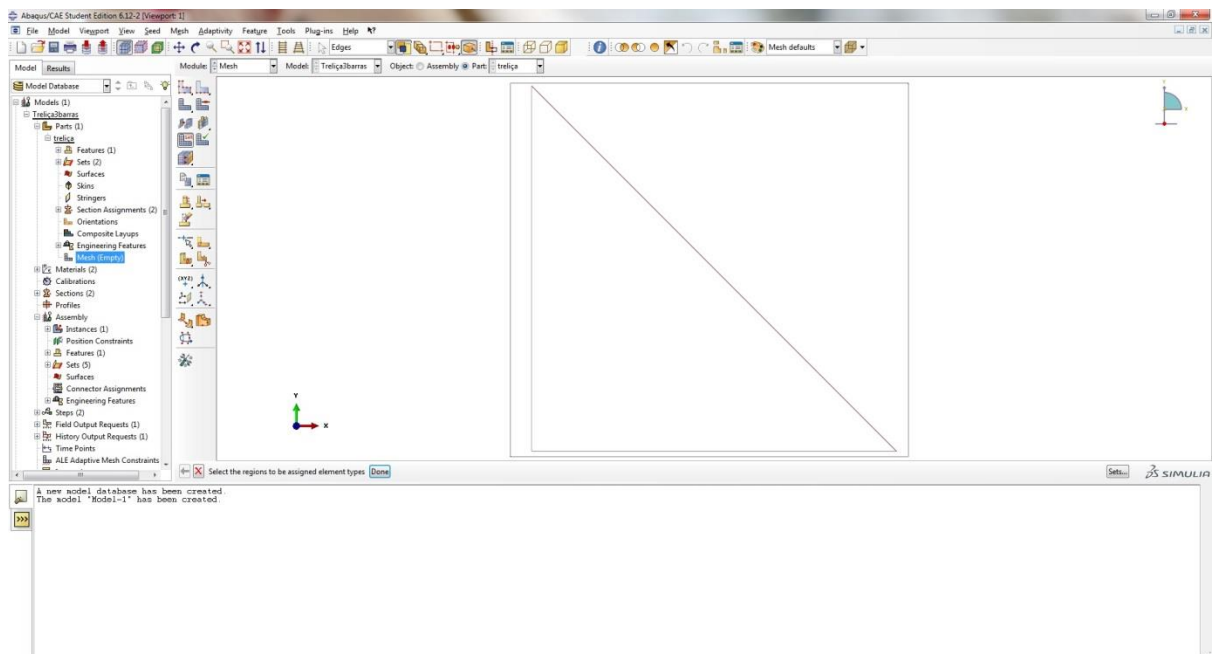
- ✓ Novamente dê duplo clique em BCs. No campo Name, digite apoio móvel e clique em Continue.... Selecione o ponto inferior esquerdo da treliça e clique em Done.



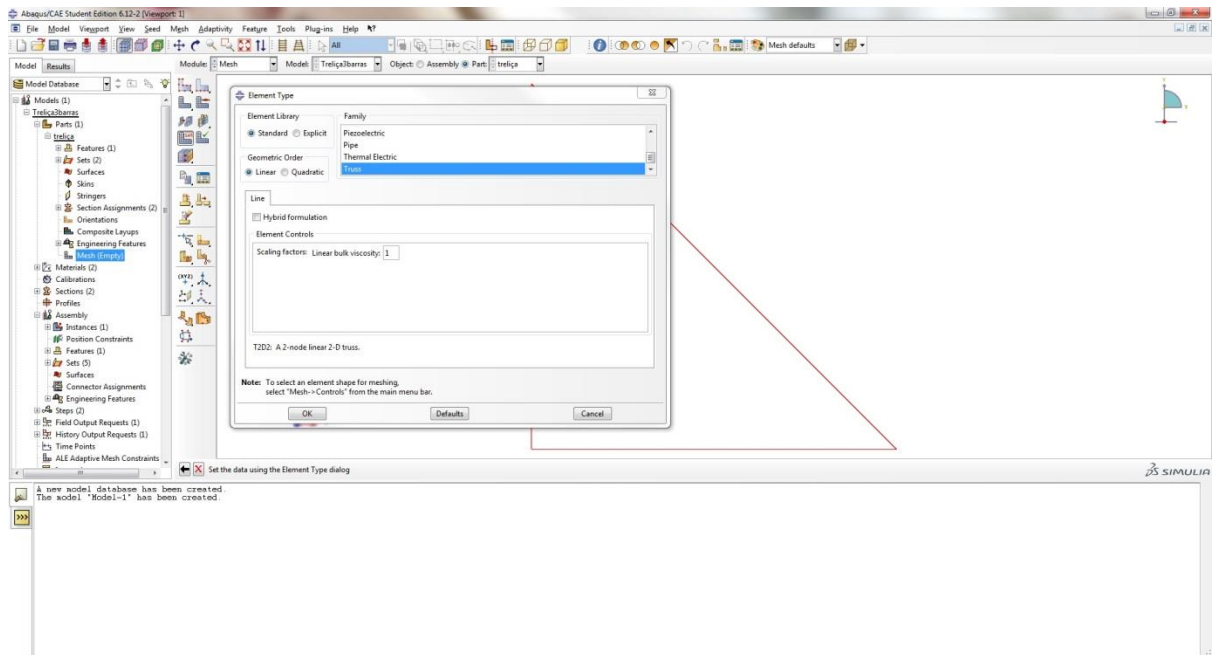
- ✓ Na janela Edit Boundary Condition, selecione apenas U1 e clique em OK.



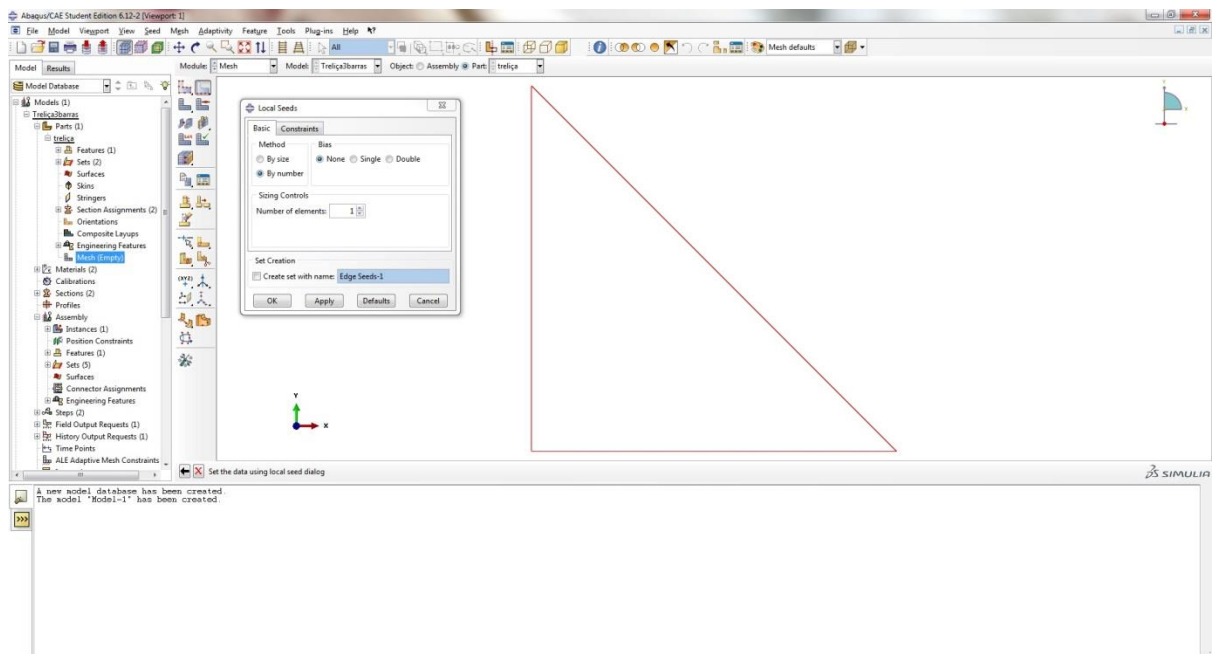
- ✓ No menu model à esquerda, abra **Parts>treliça** e dê duplo clique em **Mesh**. Na barra de contexto, em **Object**, **selecione Part**. Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Element Type** e **selecione** com o mouse toda a região da treliça, formando uma “caixa”.



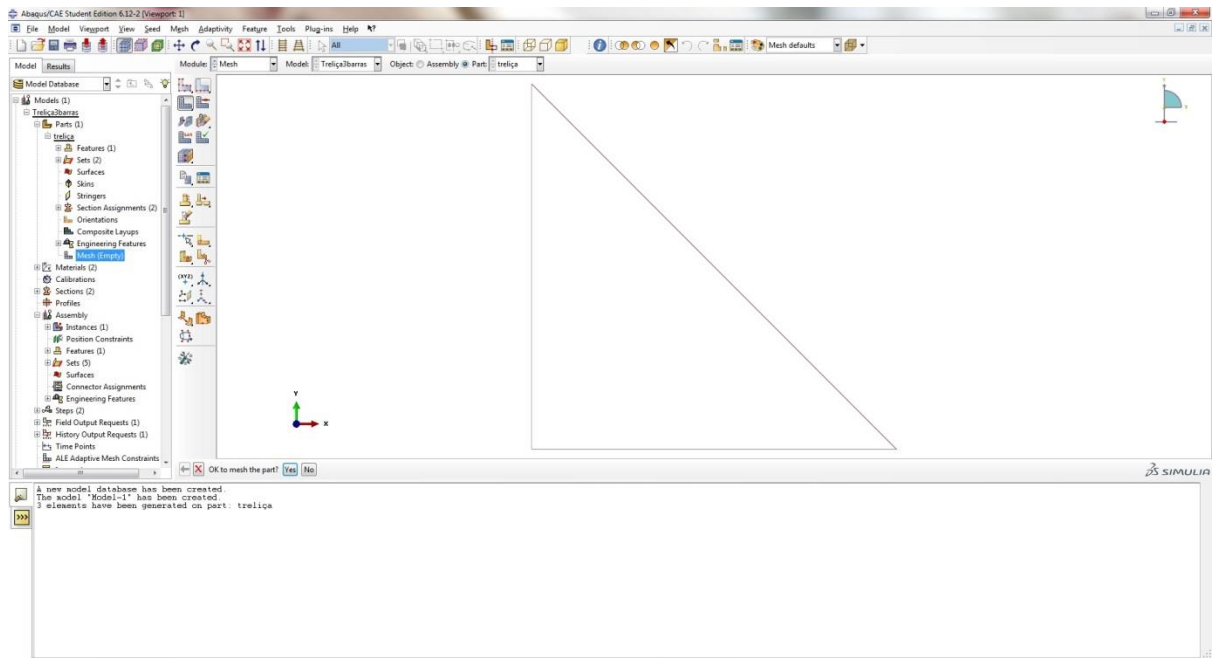
- ✓ Clicando em **Done**, abrirá a janela **Element Type**. Em **Family**, **selecione Truss** e **clique** **OK**.



- ✓ 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**.

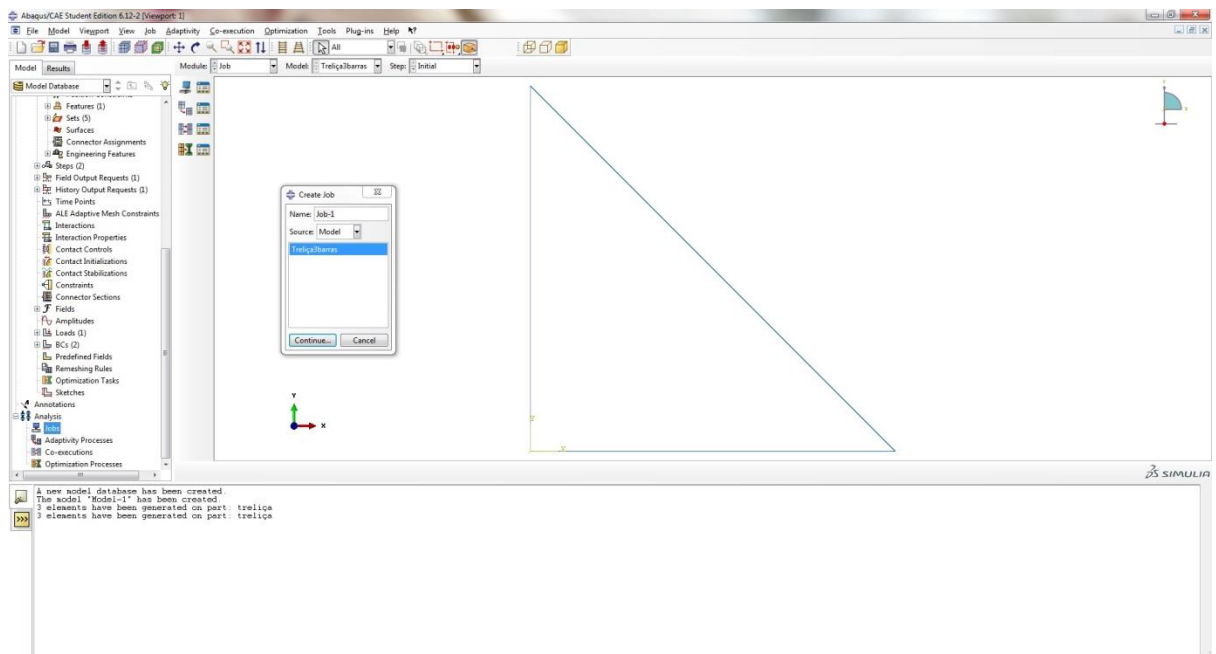


- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Part**. Aparecerá a pergunta “OK to mesh the part?”, clique **Yes**. **Perceba** que a treliça fica na cor azul.

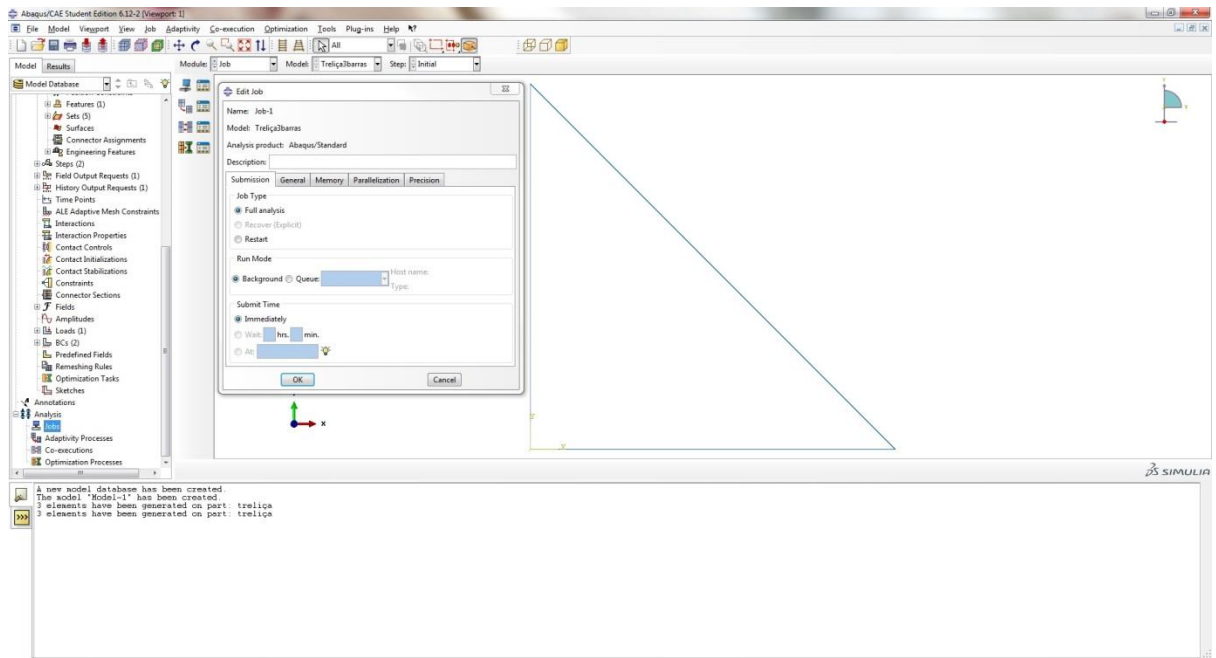


3.3. PROCESSAMENTO

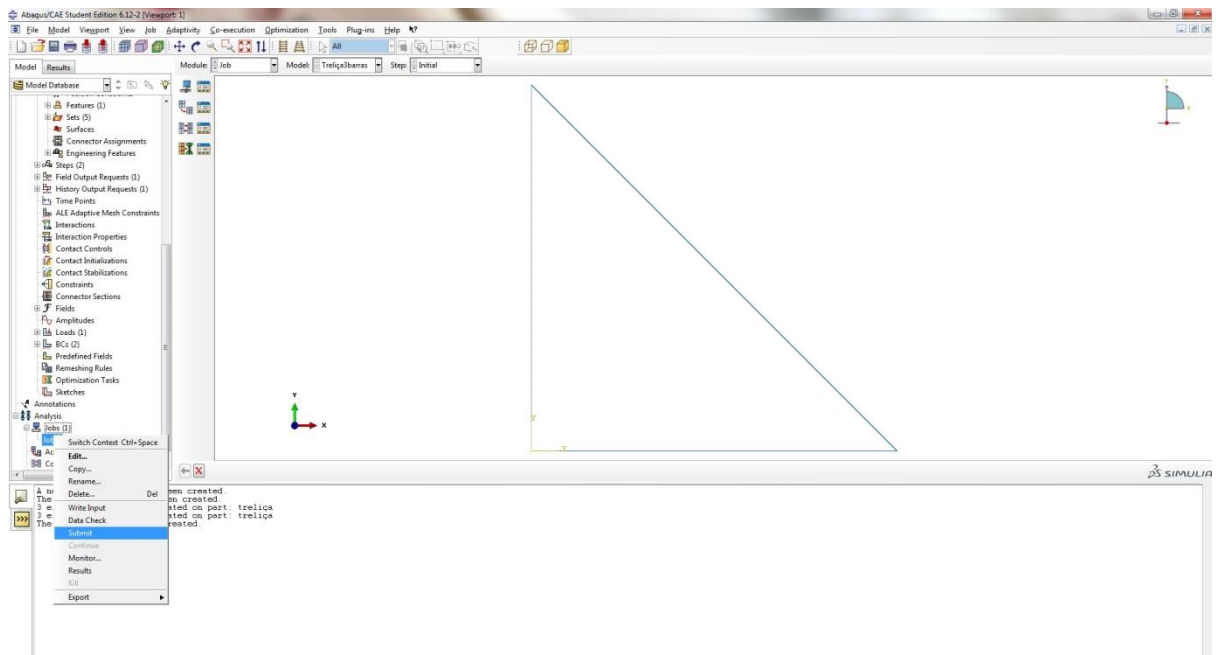
- ✓ No menu model à esquerda, **duplo clique** em Jobs. Na janela Create Job, apenas **clique** em Continue....



- ✓ Na janela Edit Job, **clique** em OK.



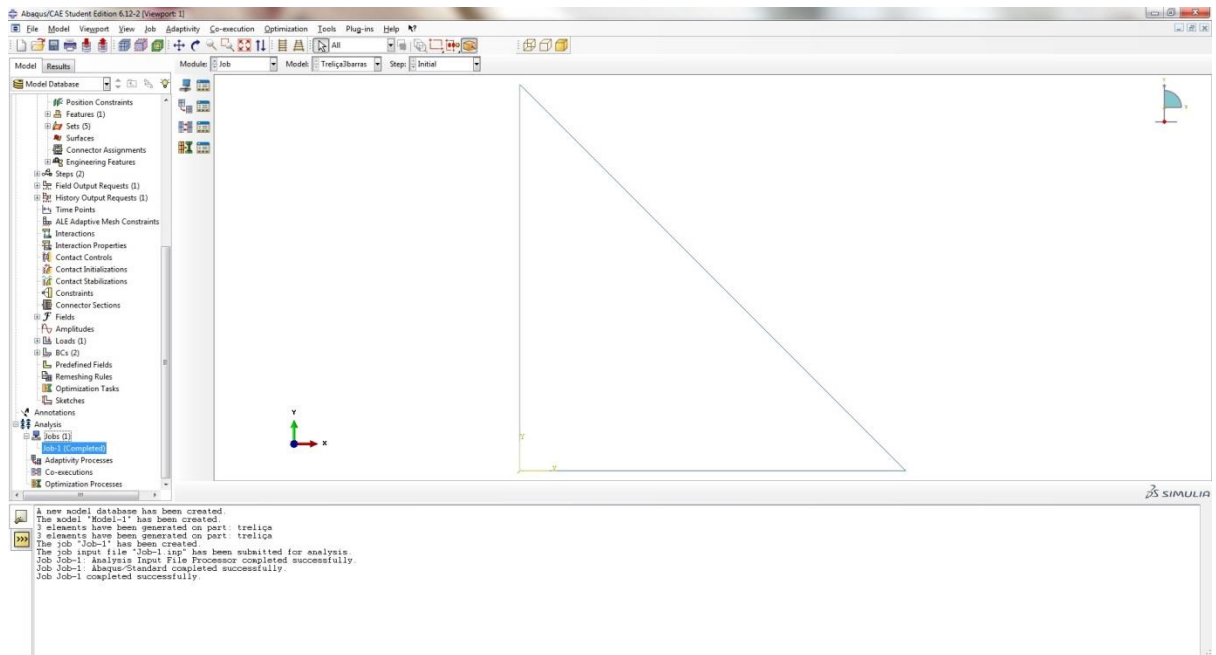
✓ Abra Jobs e clique com o botão direito em Job-1. Clique em Submit.



✓ Se aparecer uma janela dizendo “Job files already exist for Job-1. OK to overwrite?”, clique OK.

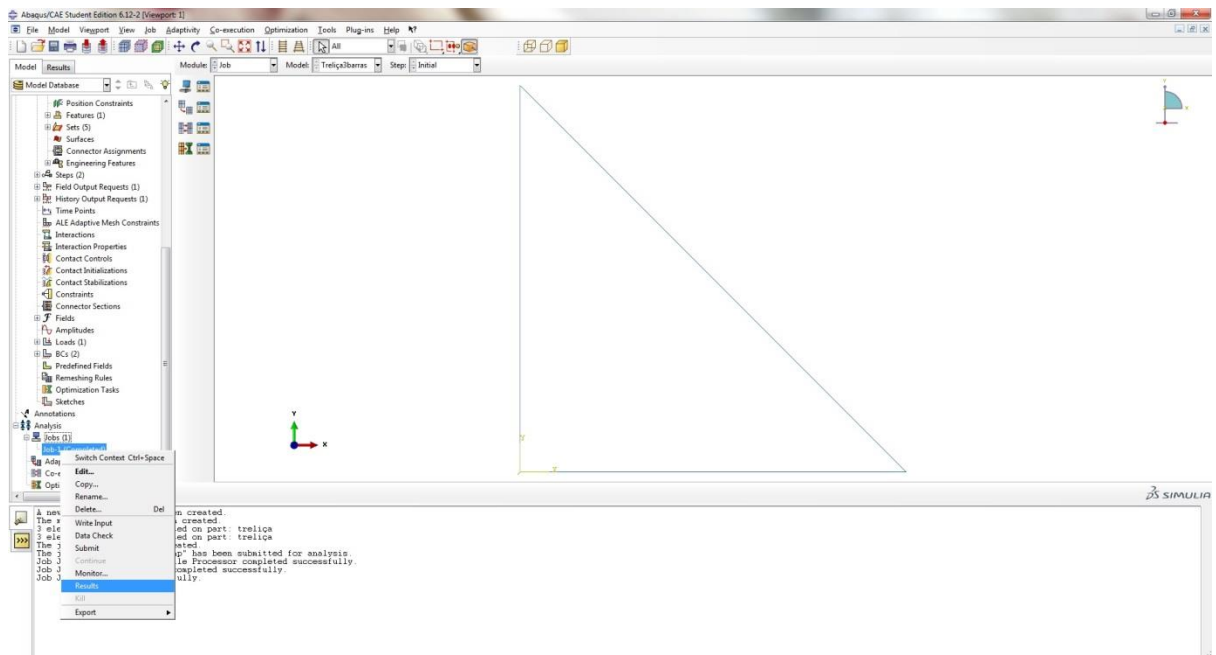


- ✓ **Aguarde** o processamento dos dados. Estará concluído quando aparecer “(Completed)” ao lado de Job-1 no menu model à esquerda.

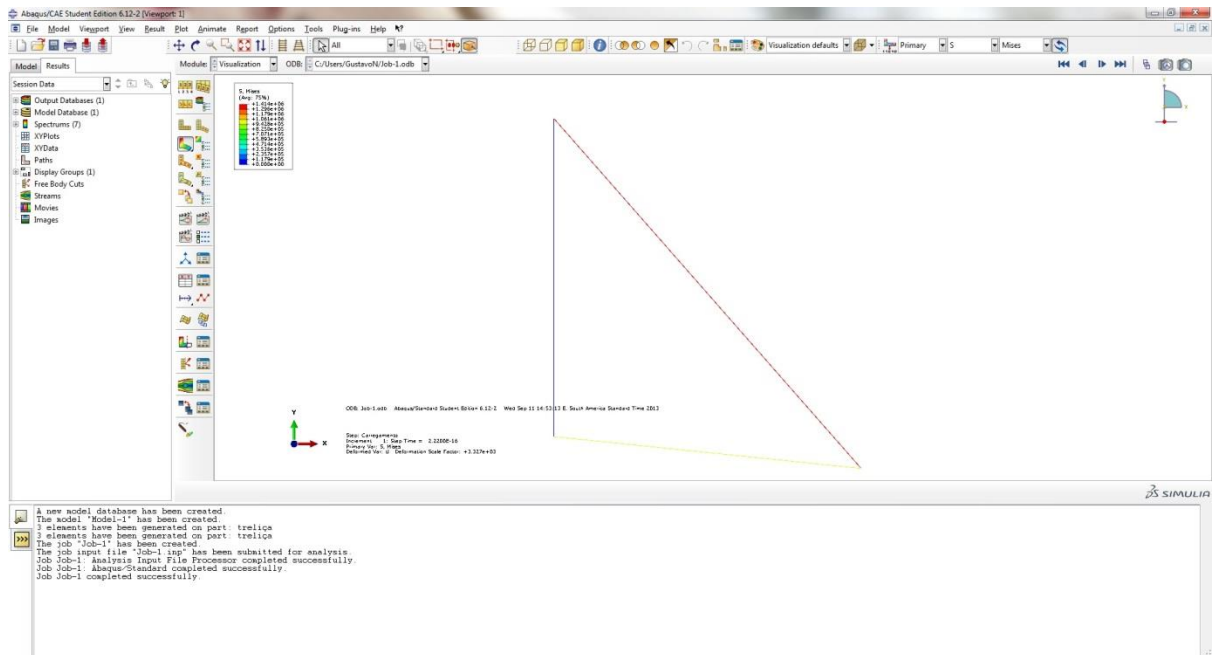


3.4. PÓS-PROCESSAMENTO

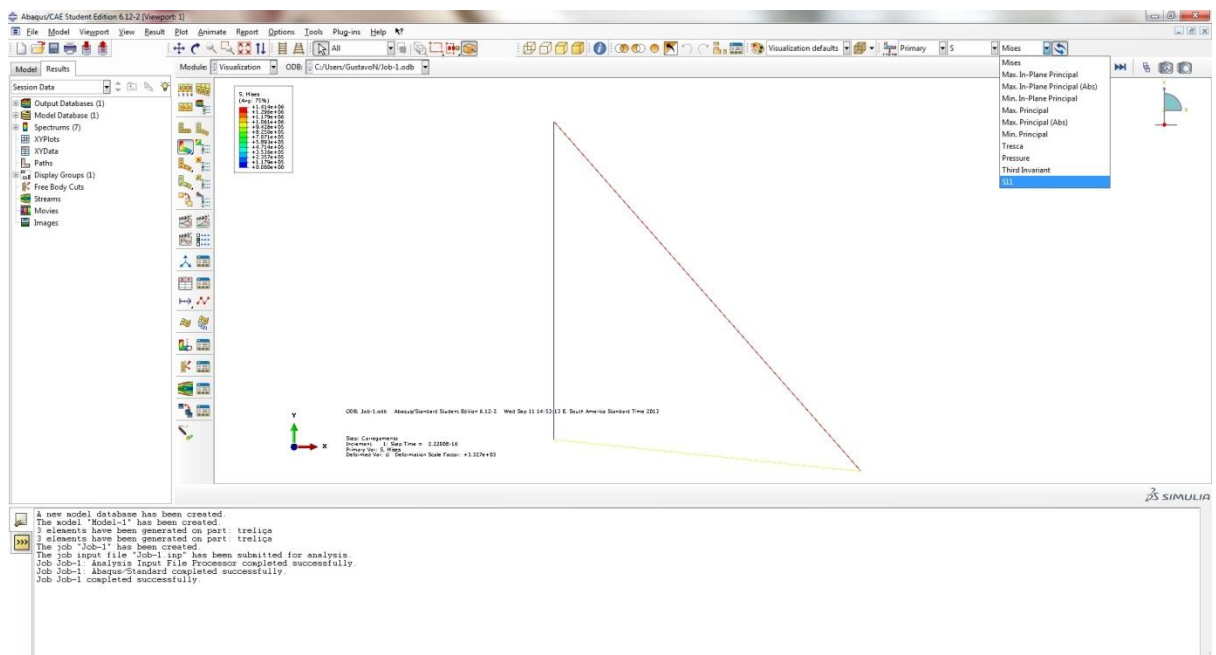
- ✓ No menu model à esquerda, **clique** com o botão direito em **Job-1(Completed)>Results**. A tela de análise de dados se abrirá.



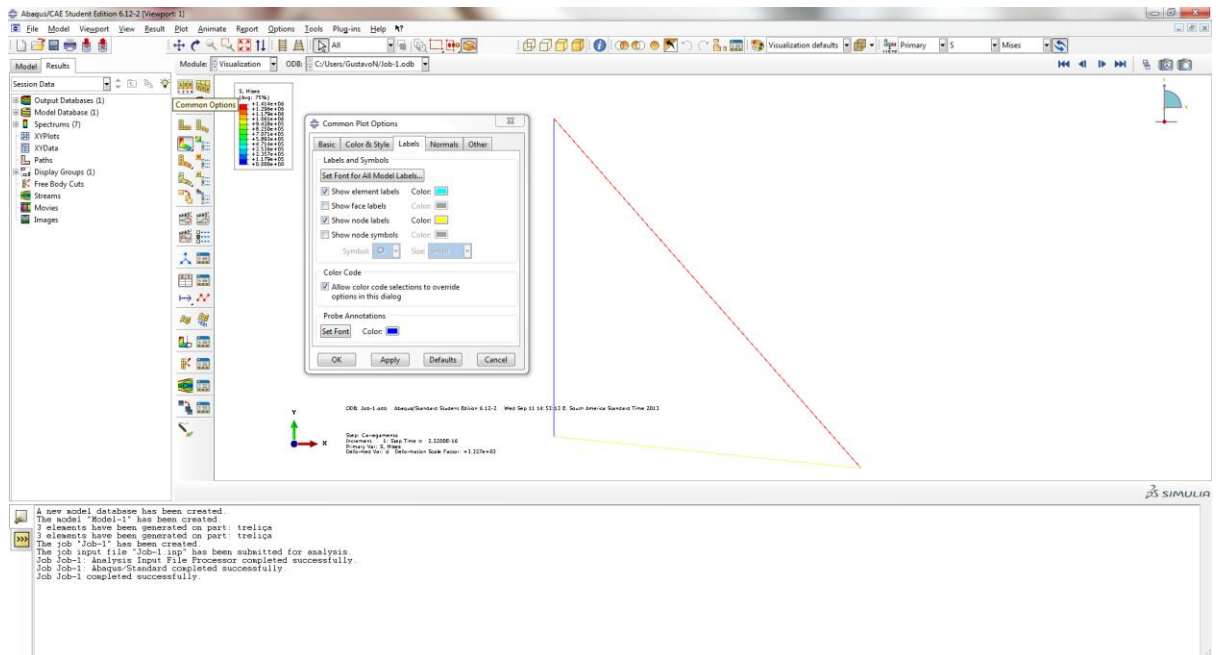
- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em **Plot Contours on Deformed Shape**.



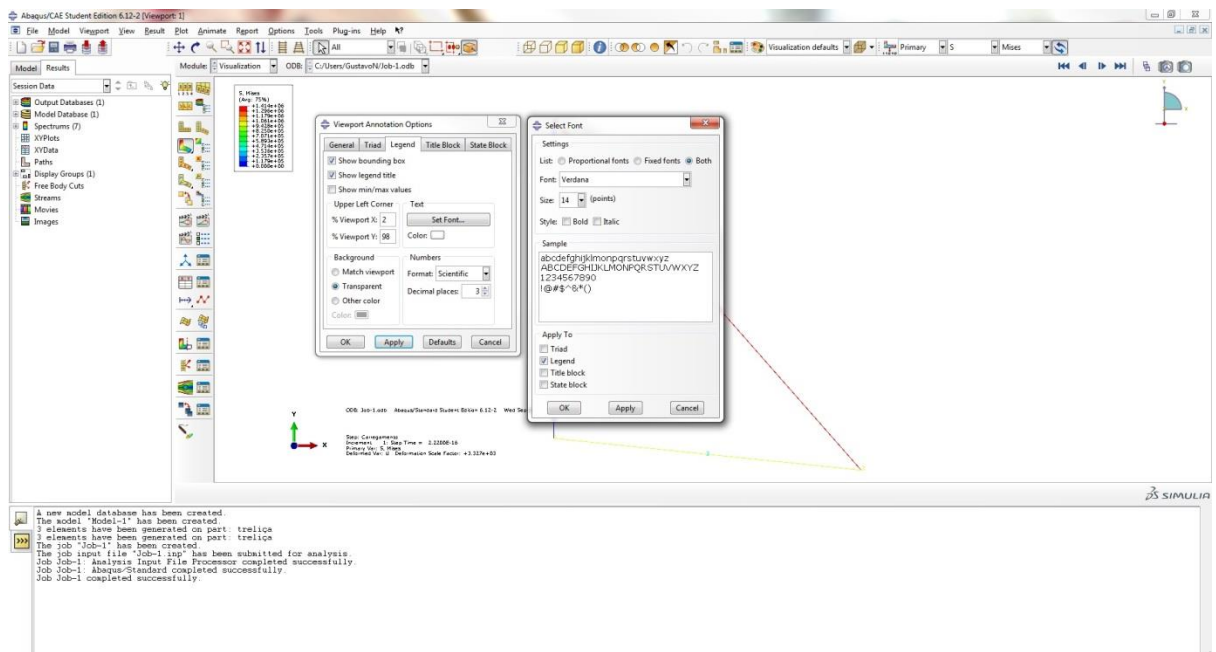
- ✓ Na barra de ferramentas no canto superior à direita, **selecione S11** onde, por padrão, estava selecionado **Mises**.



- ✓ 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**.

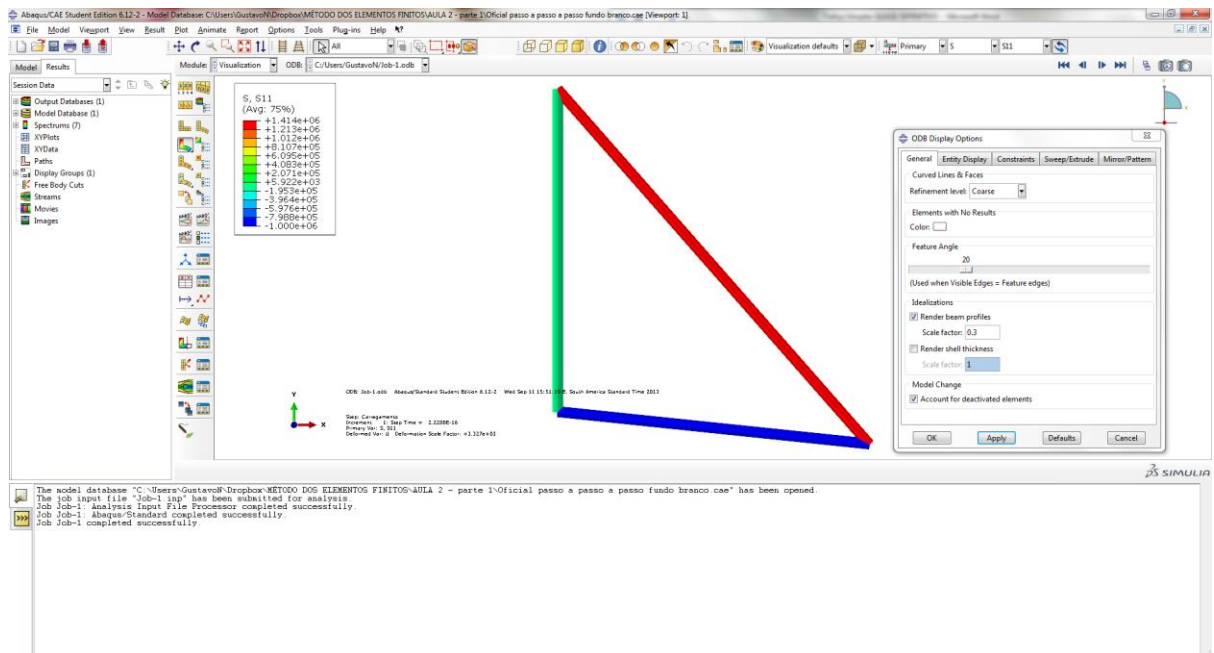


- ✓ Na barra de menu principal, **clique** em **Viewport>Viewport Annotation Options....** Na janela aberta, **selecione** a aba **Legend**. **Clique** em **Set Font**. Na nova janela, **altere** **Size** para **14**. **Clique** **OK** nas duas janelas abertas. Os esforços nas barras já estão exibidos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

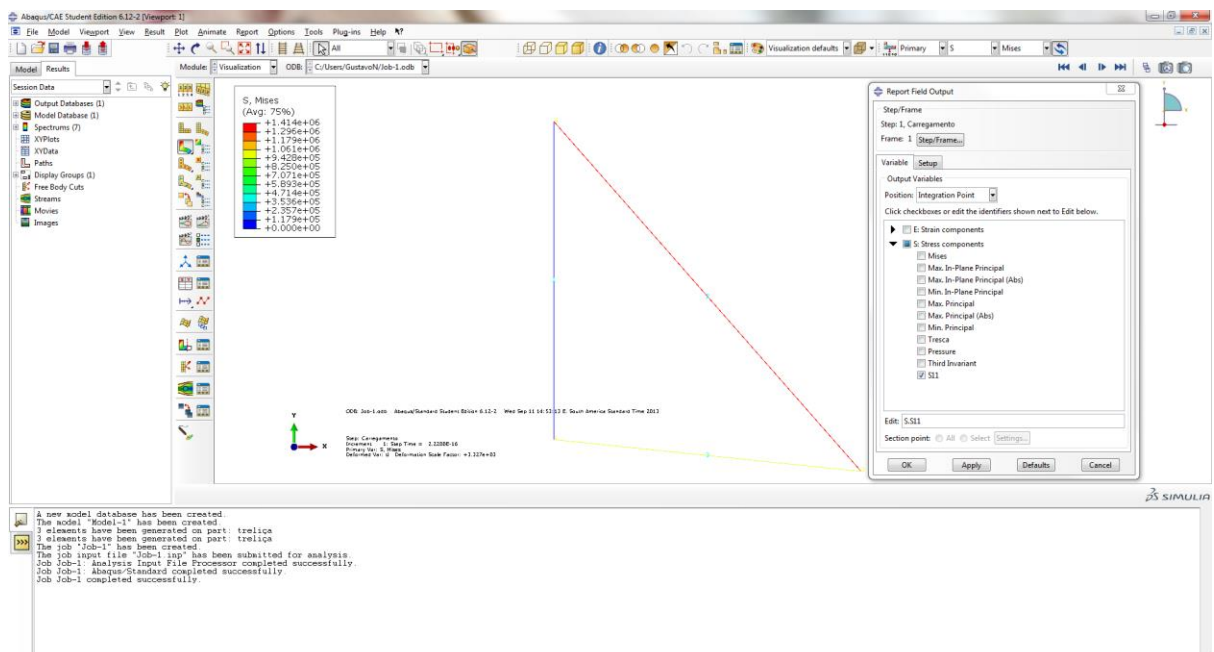


- ✓ É possível visualizar a treliça de forma mais interessante. **Clique** em **View>ODB Display Options**. Na aba **General**, em **Idealizations**, **marque**

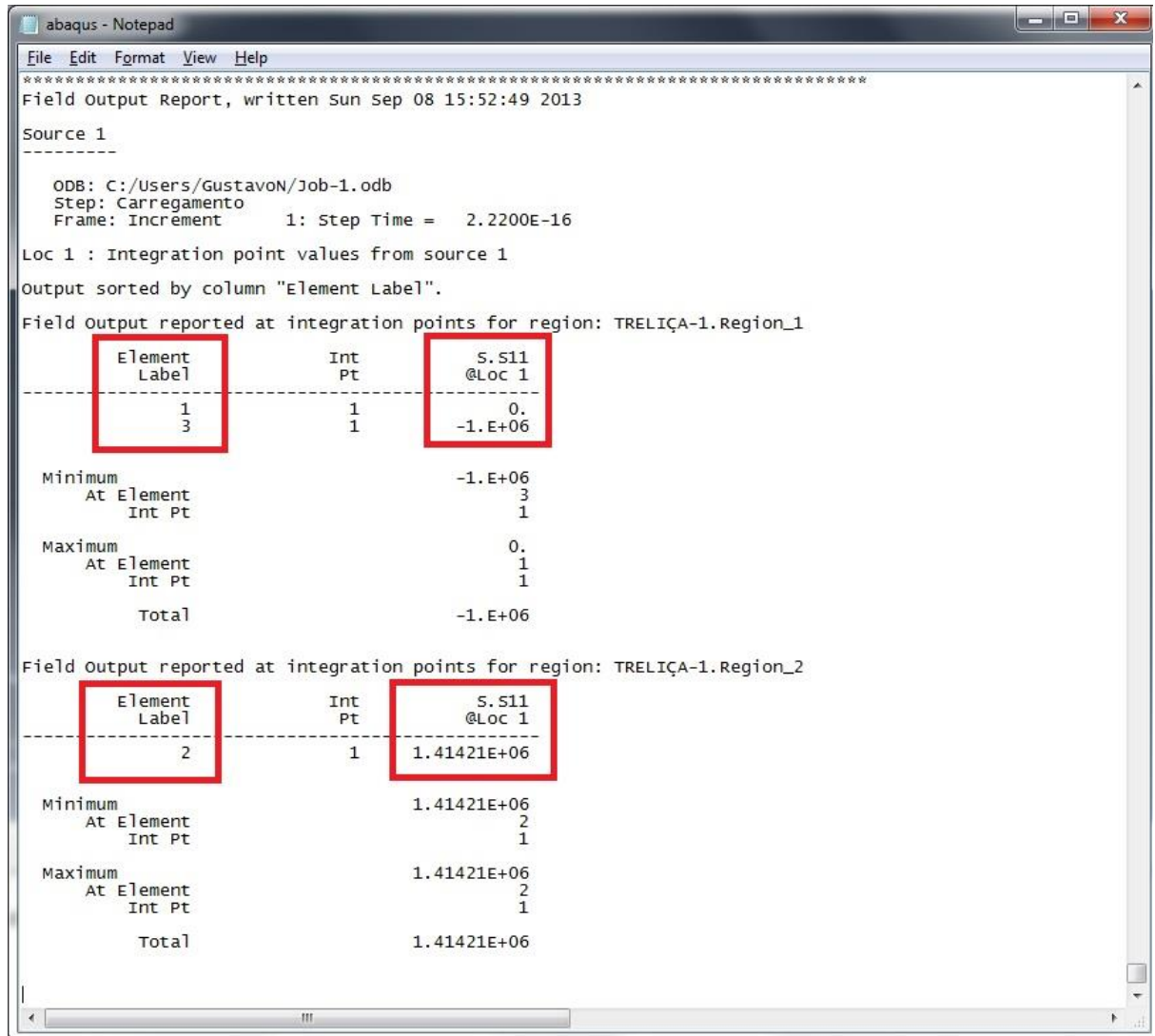
Render beam profiles e **digite** um valor de escala em **Scale factor**. (0.3 por exemplo). **Clique** em **Apply** e **veja** a mudança. **Desmarque** **Render beam profiles** e **clique** em **OK**.



✓ 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 **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**).