

ANÁLISE DE UMA VIGA DE CONCRETO ARMADO COM ABAQUS 6.13

1. INTRODUÇÃO

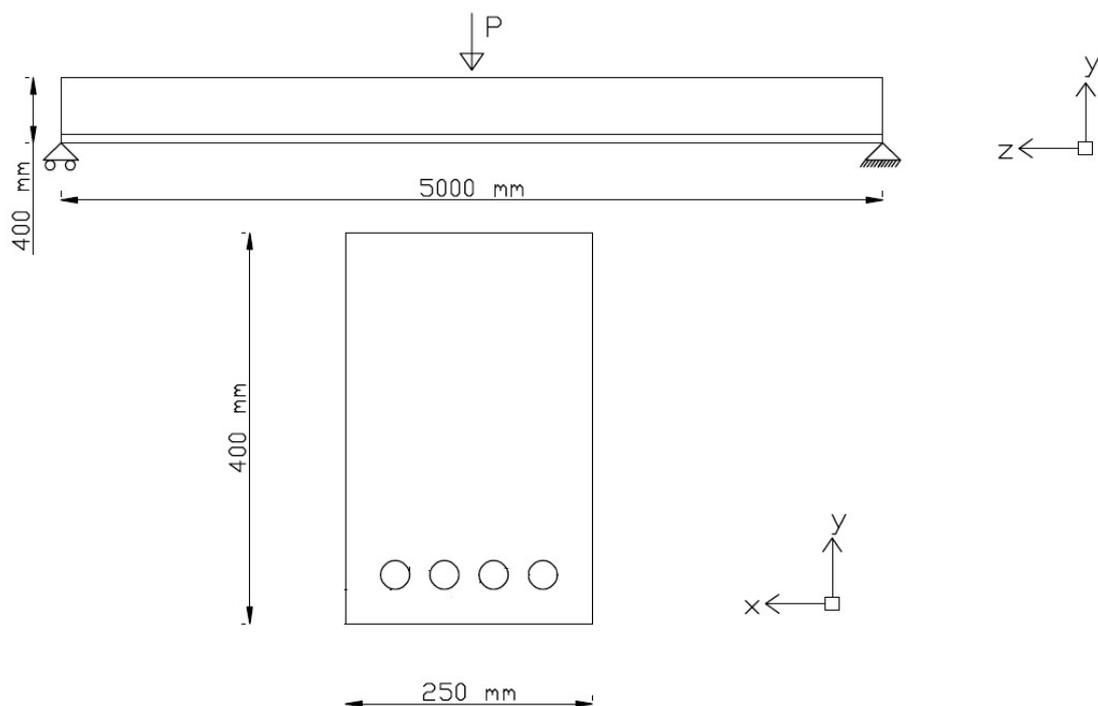
1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA:

Implementar os modelos disponíveis no software Abaqus a fim de caracterizar o material concreto e analisar o surgimento de fraturas numa viga de concreto armado sujeita a flexão.

Concrete Damaged Plasticity (CDP)

Extended Finite Element Method (XFEM)

1.2. PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS



Espaçamento entre as barras = 25 mm

Diâmetro das barras = 25 mm

Área da seção transversal das barras = 4.909 cm²

Espaçamento lateral = 37.5 mm

Espaçamento entre as barras e a base da Viga = 37.5 mm

1.3. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

Aço CA-50

$$F_{yk} = 500\text{Mpa}$$

$$\text{Módulo de Elasticidade} = 210\text{Gpa}$$

$$\text{Coeficiente de Poisson} = 0.3$$

$$\text{Energia de Fraturamento} = 5\text{N/mm}$$

Concreto C30

$$F_{ck} = 30\text{Mpa}$$

$$F_{yk} = 1.732\text{Mpa}$$

$$\text{Módulo de Elasticidade} = 33\text{Gpa}$$

$$\text{Coeficiente de Poisson} = 0.2$$

$$\text{Energia de Fraturamento} = 0.08\text{N/mm}$$

Concrete Damage Plasticity

$$\hat{\text{Ângulo de Dilatação}} = 38^\circ$$

$$\text{Excentricidade} = 0.1$$

$$\text{Relação } f_{cb}/f_{co} = 1.16$$

$$K = 0.6666$$

Comportamento à compressão		Comportamento à tração	
Tensão (Pa)	Deformação não-elástica	Tensão (Pa)	Deformação de fraturamento
6.61E6	0	1.732E6	0
9.68E6	0.0000066		
12.58E6	0.000018		
15.34E6	0.000035		
17.93E6	0.000056		
20.36E6	0.000082		
22.64E6	0.00011		
24.76E6	0.00014		
26.72E6	0.00019		
28.52E6	0.00023		
30.17E6	0.00028		
31.66E6	0.00034		
32.99E6	0.00040		
34.16E6	0.00046		
35.18E6	0.00053		
36.04E6	0.00060		
36.74E6	0.00068		
37.29E6	0.00076		
37.68E6	0.000857		
37.92E6	0.00095		
38.00E6	0.0010		
37.92E6	0.0011		
37.68E6	0.0012		
37.29E6	0.0013		
36.75E6	0.0014		
36.05E6	0.0016		
35.19E6	0.0017		
34.18E6	0.0018		
33.01E6	0.0019		
31.69E6	0.0021		
30.21E6	0.0022		
28.58E6	0.0024		
26.79E6	0.0025		
24.85E6	0.0027		

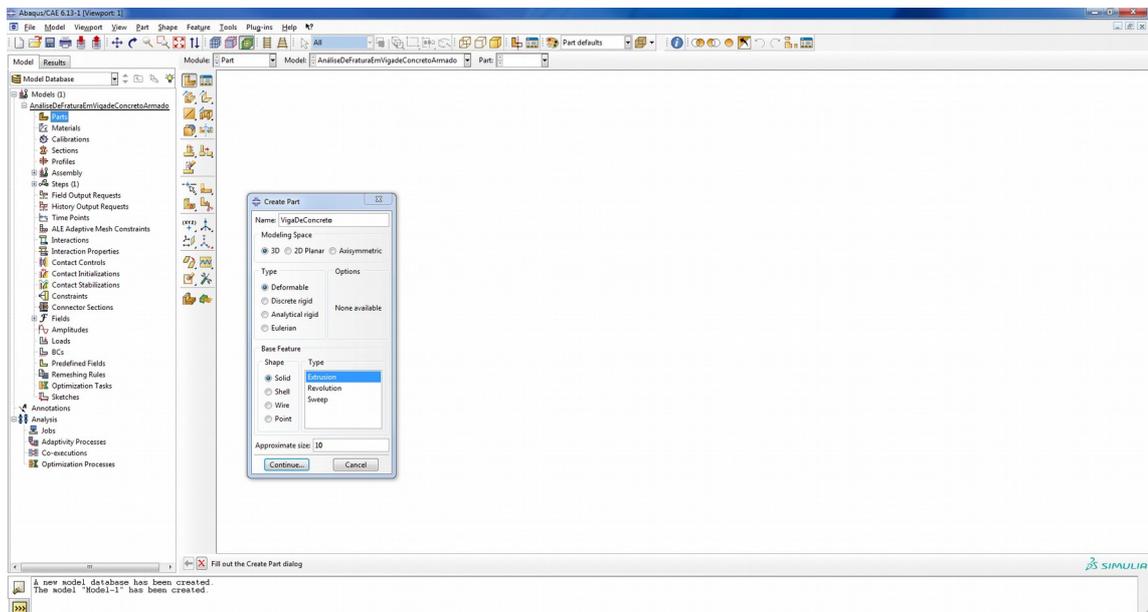
2. RESOLUÇÃO

2.1. INÍCIO DA ANÁLISE

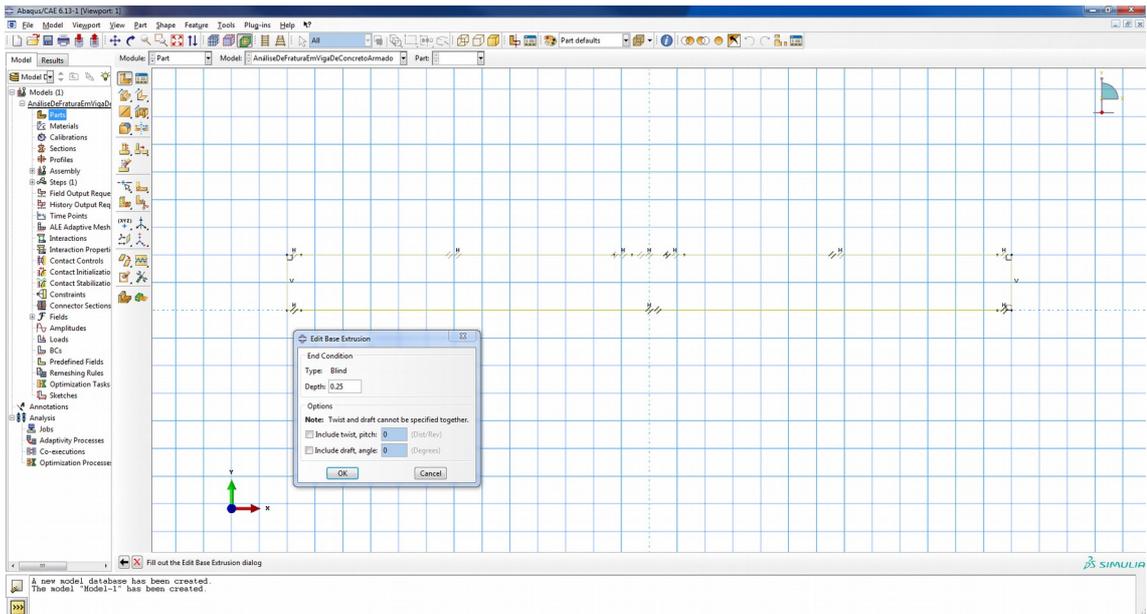
- ✓ Se você ainda não iniciou o programa **Abaqus/CAE**, **digite** *cmd* no Menu Iniciar para abrir o Prompt de Comando e nele **digite** *abq6131 cae* para executar o Abaqus.
- ✓ Em **Create Model Database** na caixa **Start Session** que aparece, **selecione** **With Standard/Explicit Model**.

2.2. PRÉ-PROCESSAMENTO

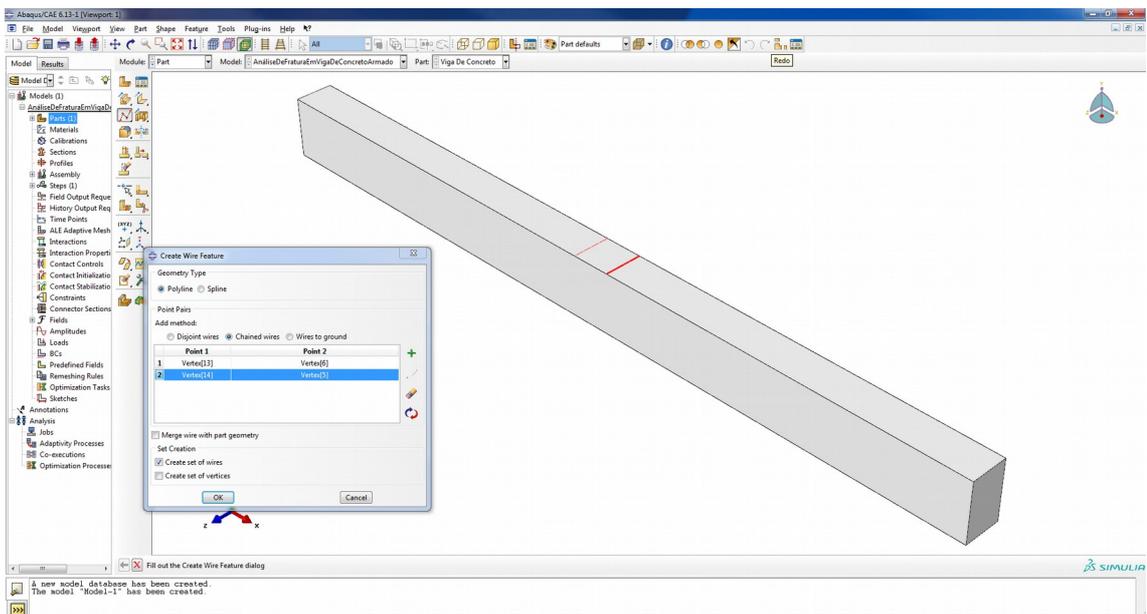
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **clique** com o botão direito em **Model-1** e **selecione** **Rename**. **Digite** *AnáliseDeFraturaEmVigadeConcretoArmado*
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Parts**, no campo **Name** **digite** *VigaDeConcreto*, e **selecione** as opções: **3D**, **Deformable**, **Solid**, **Extrusion**. Em **approximate size** **digite** *10*. **Clique** em **Continue...**



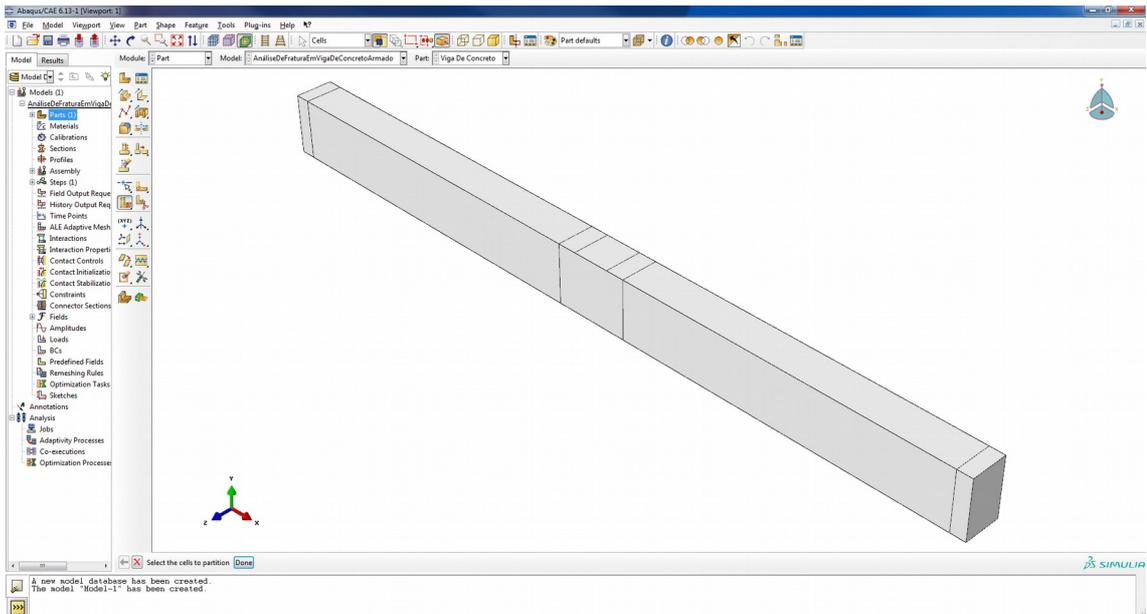
- ✓ **Clique** em **Create Lines: Connected** na caixa de ferramentas e **insira** as seguintes coordenadas *-2.6,0 – -2.5,0 – 2.5,0 – 2.6,0 – 2.6,0.4 – 2.5,0.4 – 0.25,0.4 – 0.125,0.4 – -0.125,0.4 – -0.25,0.4 – -2.5,0.4 – -2.6,0.4 – -2.6,0*. **Desligue** a função e **clique** em **Done**. Na Janela **Edit Base Extrusion**, **digite** *0.25* no campo **Depth**. **Clique** em **OK**.



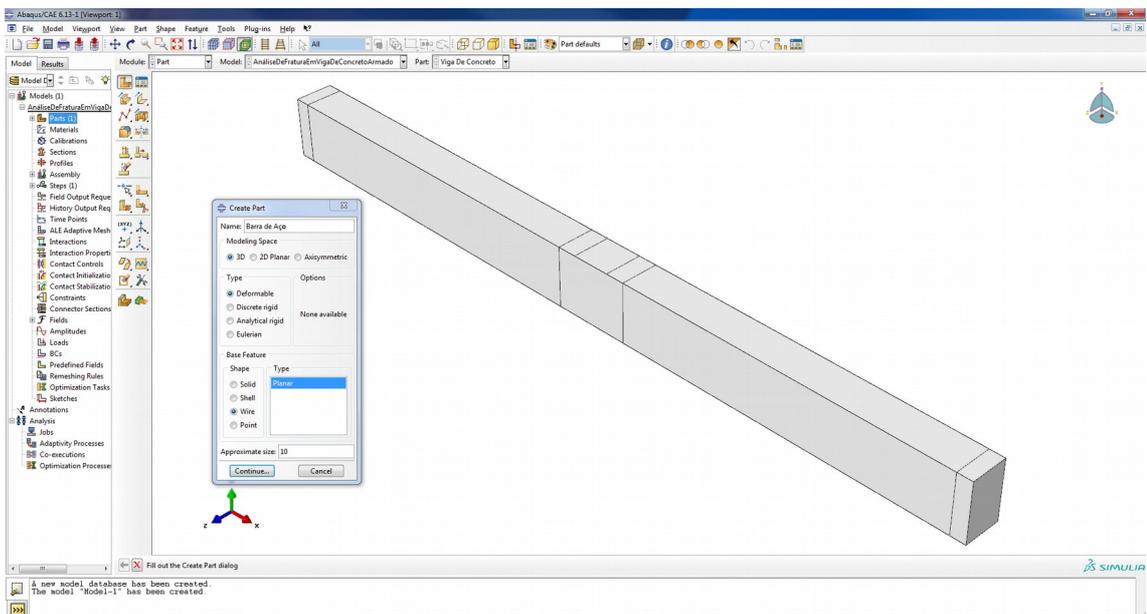
- ✓ Na caixa de ferramentas **selecione** Create Wire: Point to Point, e na janela q abre **clique** em Add... **Crie** as linhas que delimitam a área central de aplicação de carga, conforme a imagem. **Clique** em OK.



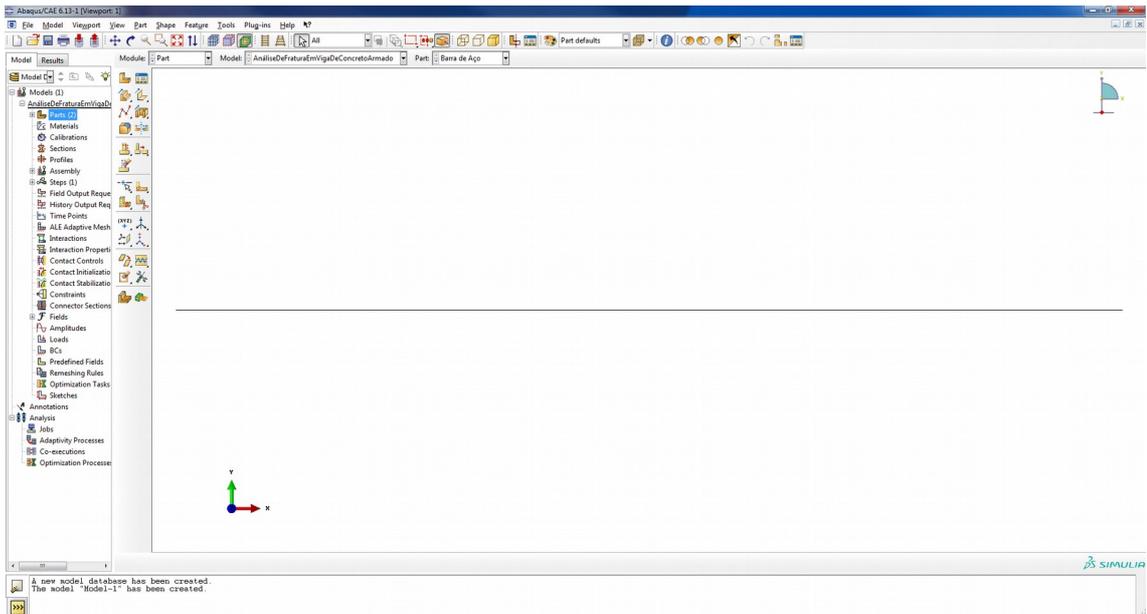
- ✓ Também na caixa de ferramentas, **selecione** Partition Cell: Define Cutting Plane e **clique** na opção Point & Normal. **Clique** sobre um ponto de coordenada $x = -2.5$ e **clique** sobre uma das arestas longitudinais da viga. **Clique** em Create Partition. **Repita** para um ponto de coordenada $x = 2.5$, $x = 0.25$ e $x = -0.25$. **Clique** em Done para desligar a função.



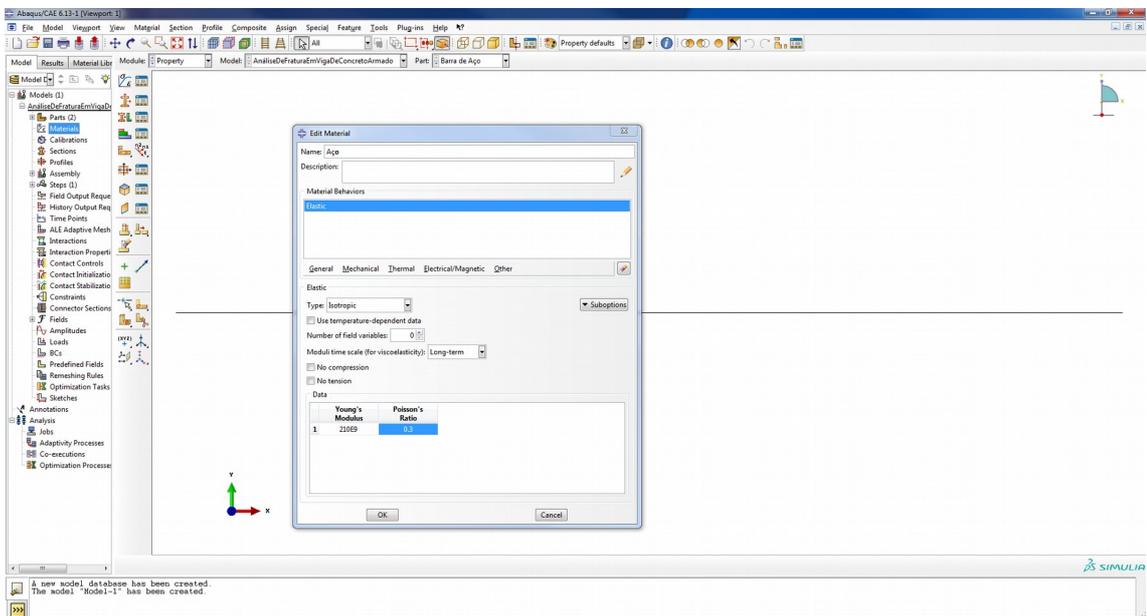
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Parts(1)**, no campo **Name** digite **Barra de Aço**, e **selecione** as opções: **3D**, **Deformable**, **Wire**, **Planar**. Em approximate size digite **10**. **Clique** em **Continue...**



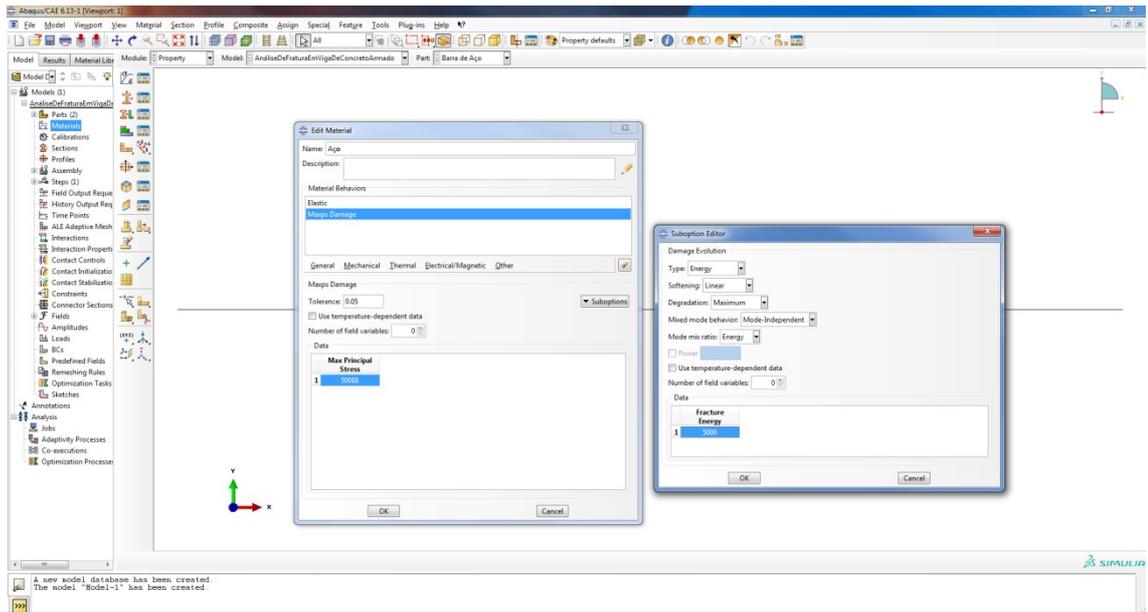
- ✓ **Clique** em **Create Lines: Connected** na caixa de ferramentas e **digite** $-2.6,0.05 - 2.6,0.05$. **Desligue** a função e **clique** em **Done**.



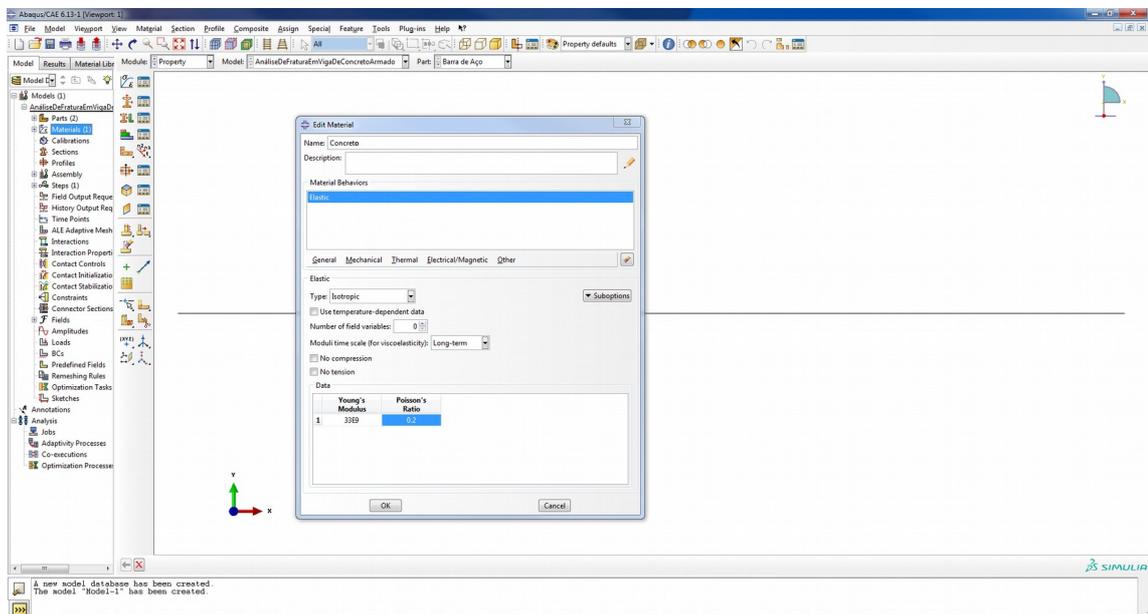
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Materials**. Na janela **Edit Material**, **digite** **Aço** no campo **Name:** e **selecione** **Mechanical>Elasticity>Elastic** e **digite** **210E9** em **Young's Modulus** e **0.3** em **Poisson's Ratio**.



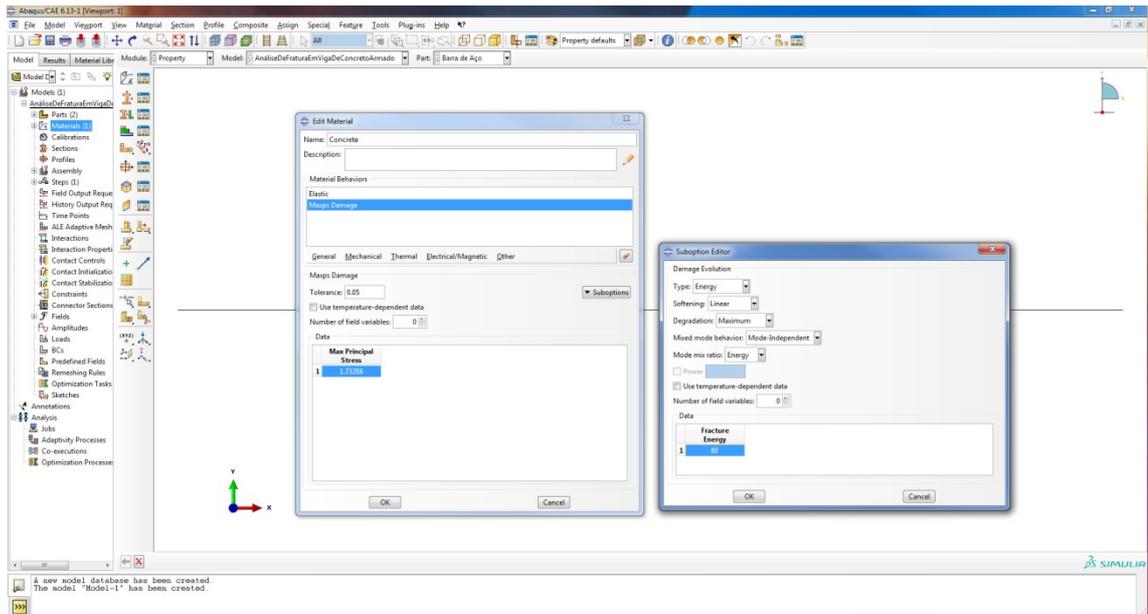
- ✓ **Selecione** **Mechanical>Damage** for **Traction Separation Laws>Maxps Damage**, **digite** **500E6** em **Max Principal Stress**. **Clique** em **Suboptions>Damage Evolution**, **altere** **Type:** para **Energy** e **digite** **5000** em **Fracture Energy**. **Clique** em **OK** nas duas janelas.



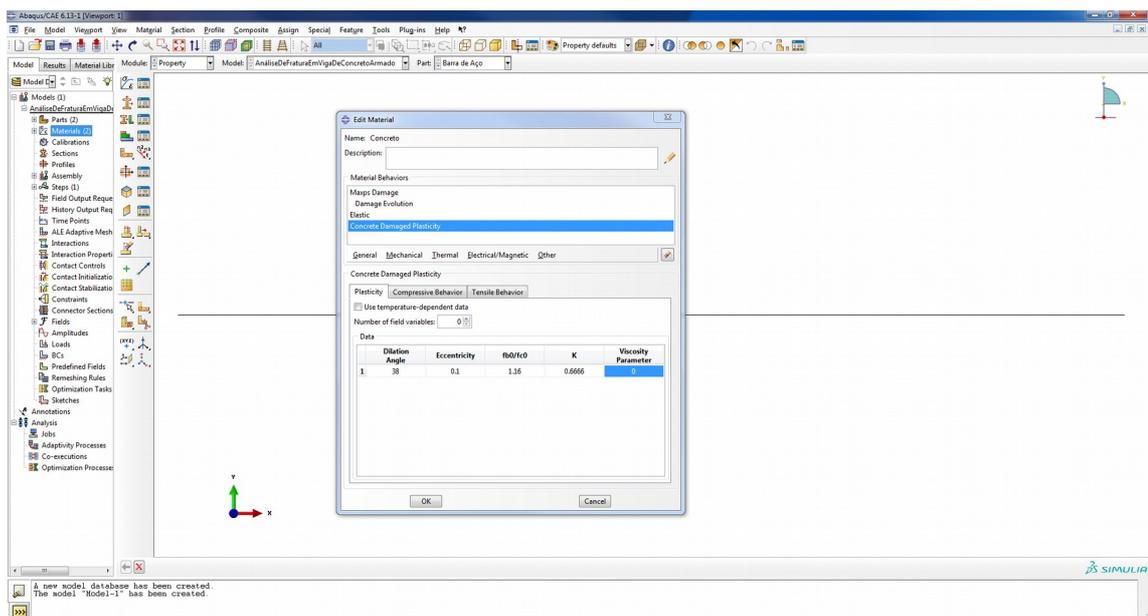
- ✓ Novamente, dê duplo clique em Materials (1). Na janela Edit Material, digite Concreto no campo Name:, selecione Mechanical>Elasticity>Elastic, digite 33E9 em Young's Modulus e 0.2 em Poisson's Ratio.



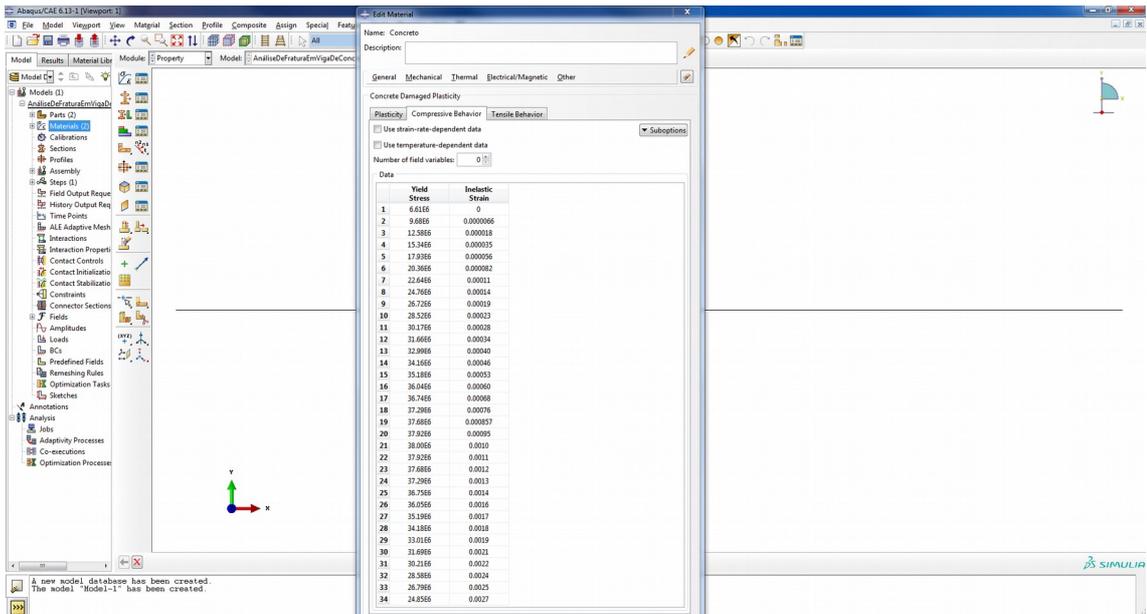
- ✓ Selecione Mechanical>Damage for Traction Separation Laws>Maxps Damage, digite 1.732E6 em Max Principal Stress. Clique em Suboptions>Damage Evolution, altere Type: para Energy e digite 80 em Fracture Energy. Clique em OK.



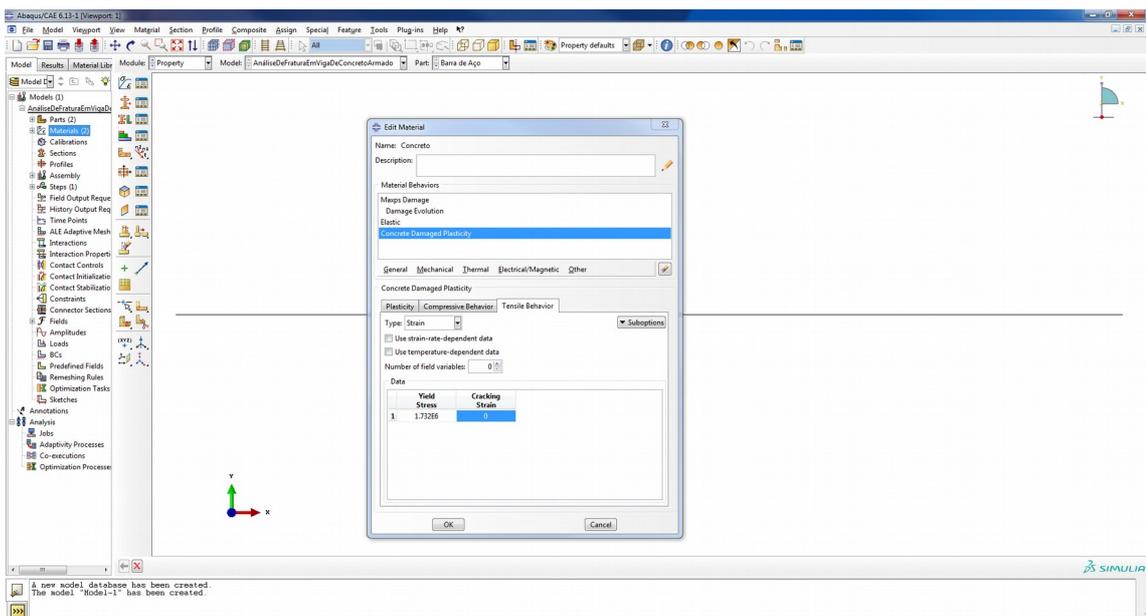
- ✓ **Selecione Mechanical>Plasticity>Concrete Damage Plasticity, digite 38 – 0.1 – 1.16 – 0.6666 – 0, nessa ordem, na aba Plasticity.**



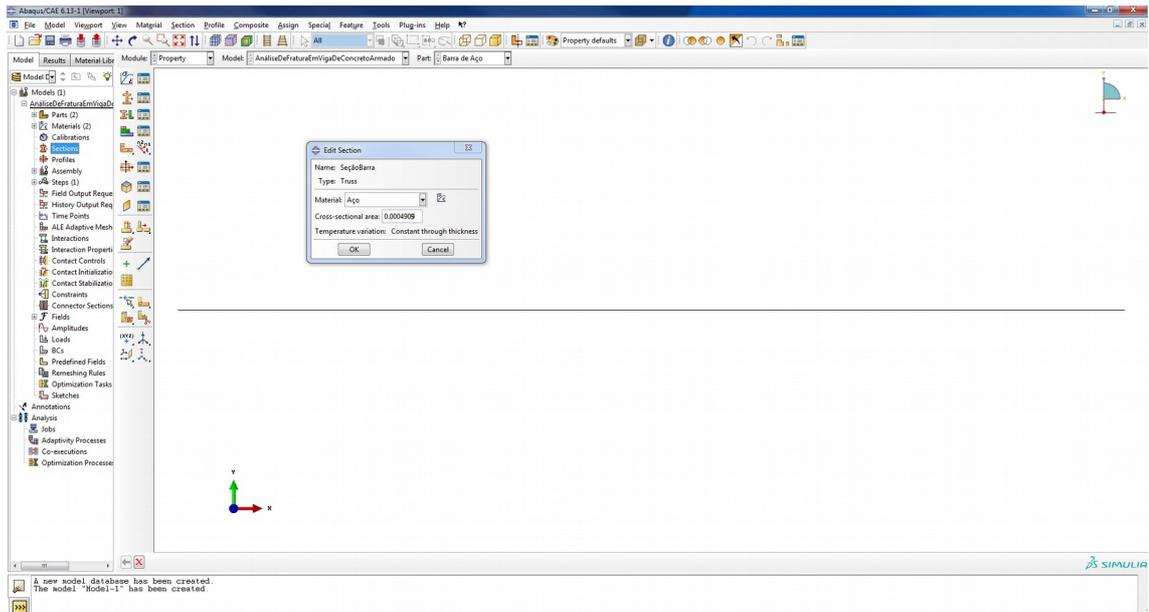
- ✓ **Altere para a aba Compressive Behavior, digite 6.61E6 em Yield Stress (tecle TAB), 0 em Inelastic Strain (tecle Enter) e continue como na imagem.**



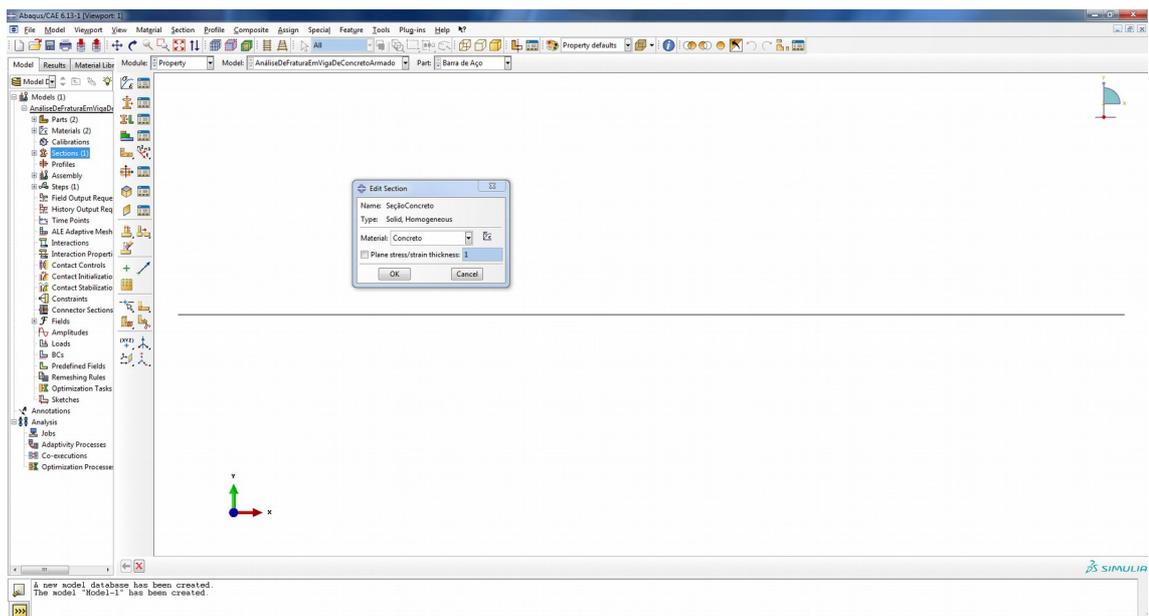
✓ **Altere** para a aba **Tensile Behavior**, **digite** 1.732E6 em Yield Stress **(tecle TAB)**, 0 em Cracking Strain e **clique** em OK.



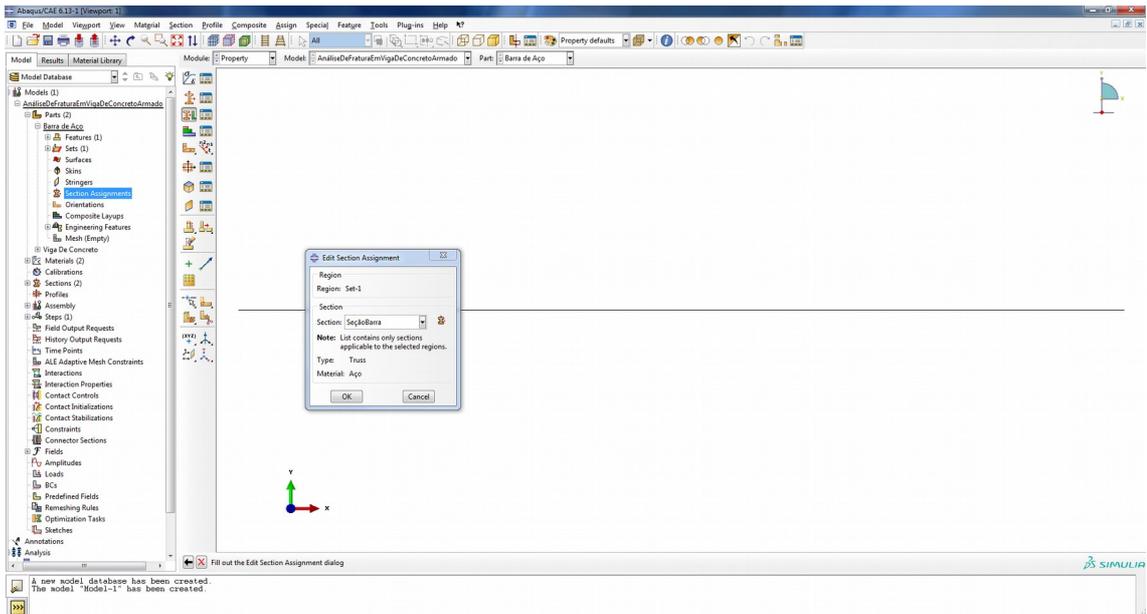
✓ No menu **Model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Sections**. No campo **Name**: **digite** SeçãoBarra, em **Category** **selecione** Beam, e em **Type** **selecione** Truss. **Clique** em Continue... Na janela **Edit Section**, **selecione** em **Material**: Aço, **digite** 0.0004909 em **Cross-sectional area** e **clique** em OK.



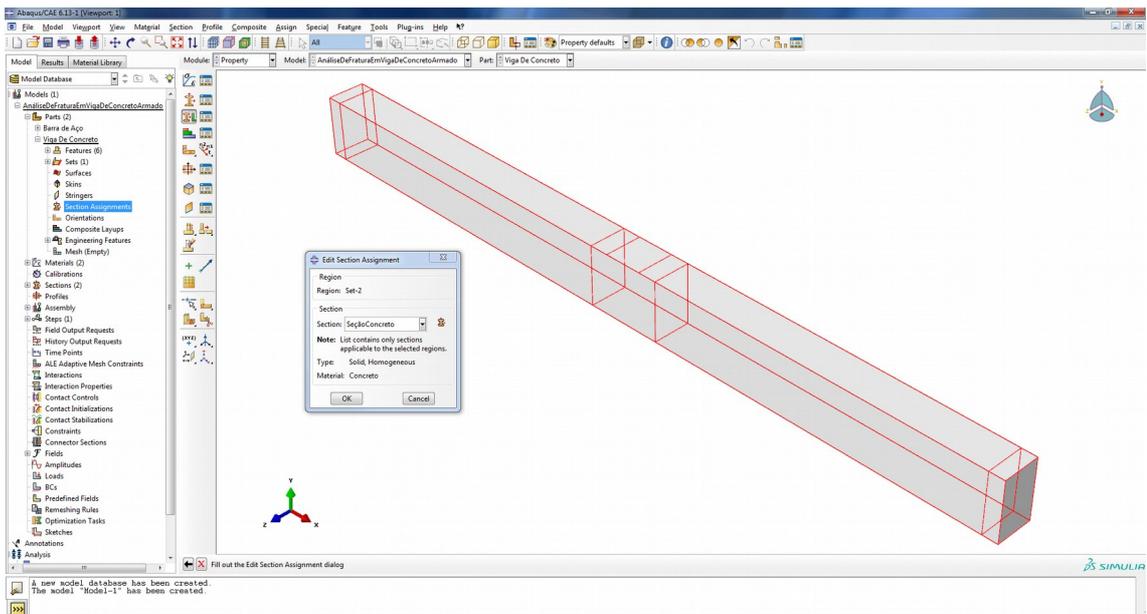
- ✓ **Repita** para criar a **SeçãoConcreto**, selecionado **Solid** e **Homogeneous**, e o material **Concreto**.



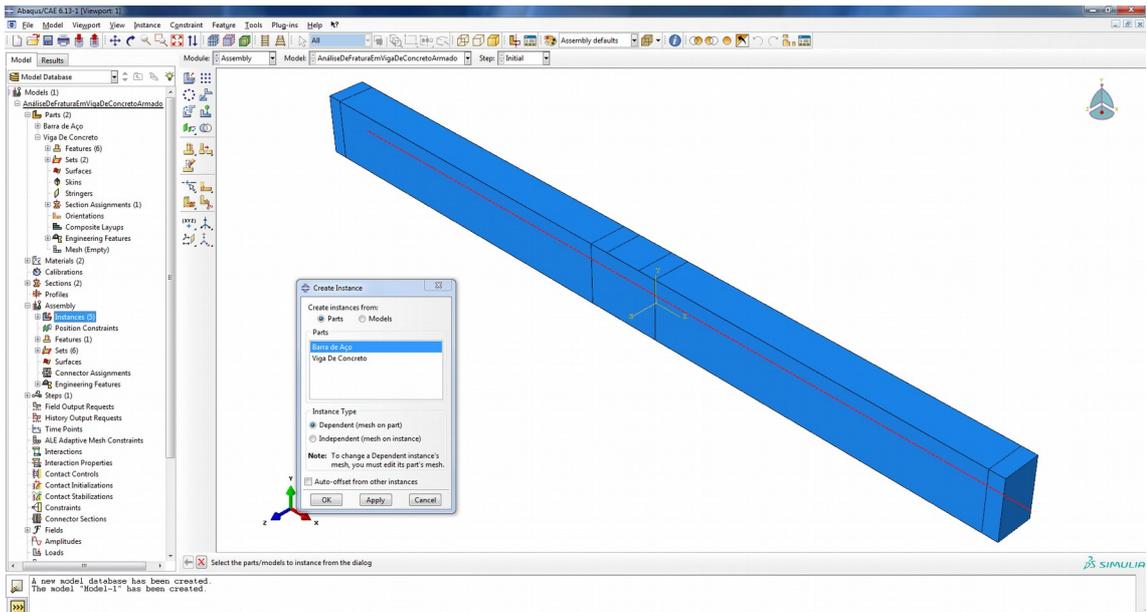
- ✓ No menu **Model** à esquerda, **abra** **Parts (2)>Barra de Aço** e **dê** duplo clique em **Section Assignments**. **Selecione** a barra e **clique** em **Done**. **Selecione** **SeçãoBarra** e **clique** em **OK**.



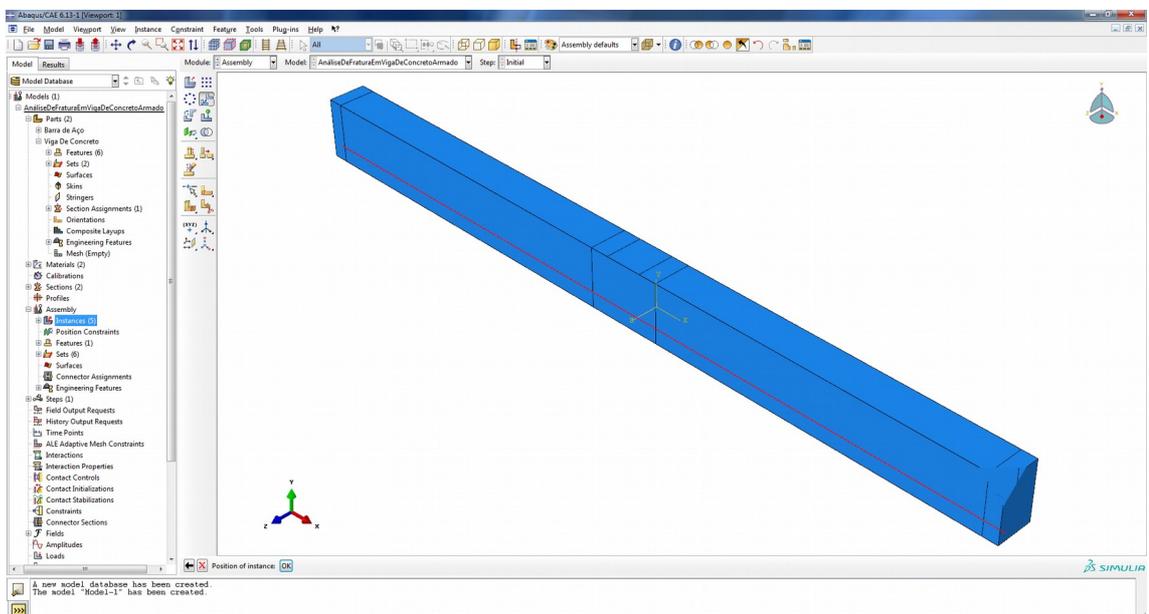
✓ **Repita** para a parte **VigaDeConcreto**, selecionando a **SeçãoConcreto**.



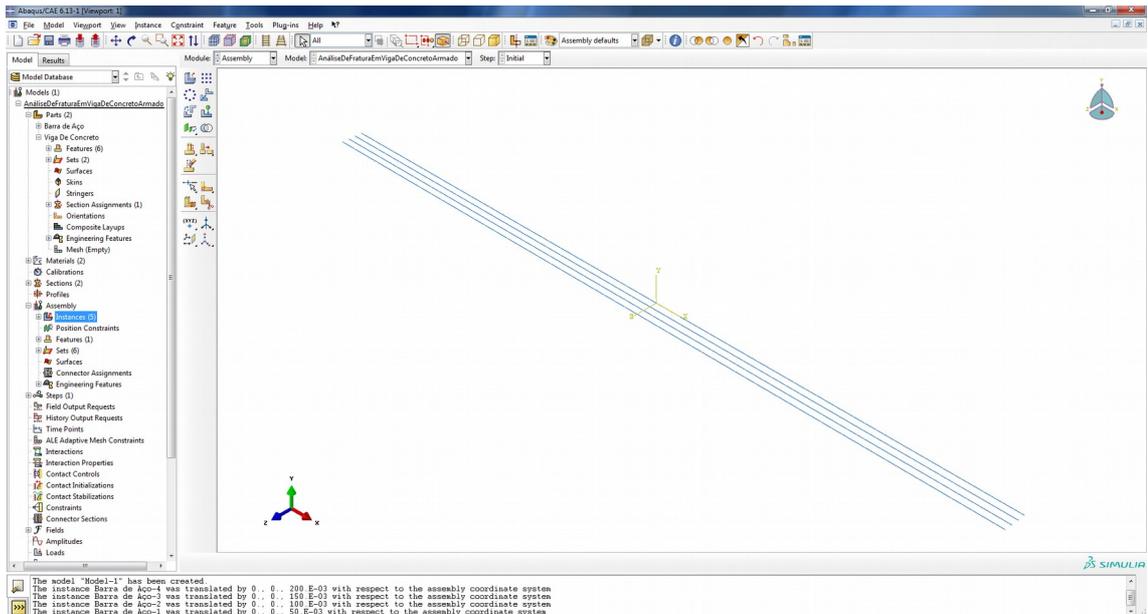
✓ No menu **Model** à esquerda, **abra** **Assembly**, **dê** duplo clique em **Instances**, na janela **Create Instance** **selecione** a parte **VigaDeConcreto** e **clique** em **Apply**. **Selecione** a parte **Barra de Aço** e **clique** em **Apply** por quatro vezes. **Feche** a janela.



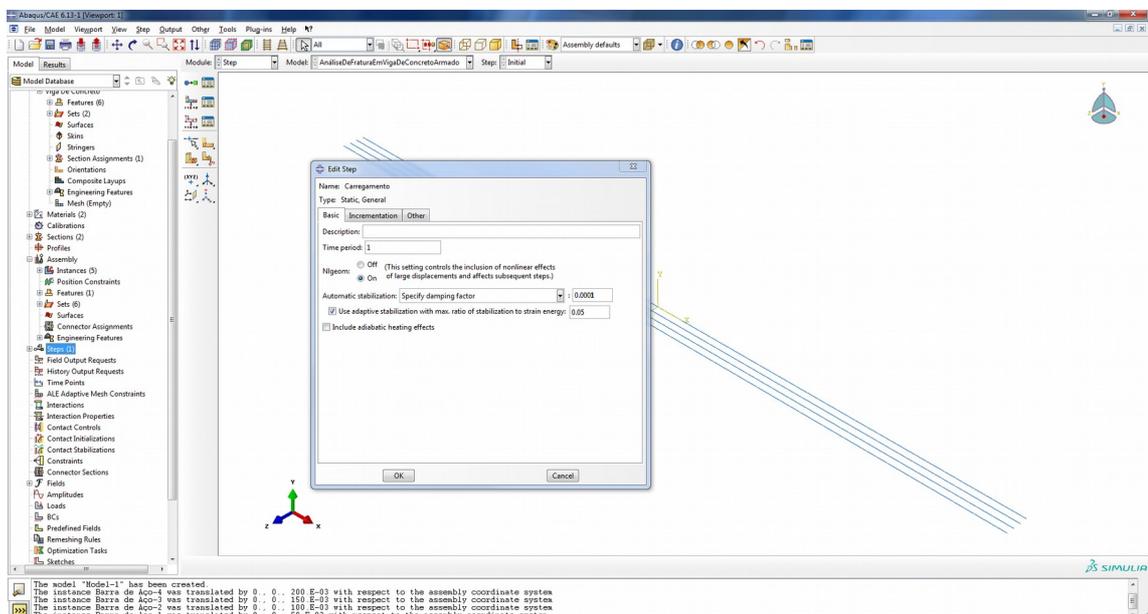
- ✓ Na barra de ferramentas **clique** em Remove Selected, **altere** entities to remove: para Instances, **selecione** a Viga e **clique** em Done duas vezes.
- ✓ Na caixa de ferramentas, **clique** em Translate Instance, **selecione** a barra e **clique** em Done. Use 0,0,0 para coordenada inicial, **tecle** enter, 0,0,0.2 para coordenada final, **tecle** Enter e **clique** em OK.



- ✓ **Repita** para as outras três barras, utilizando 0,0,0 como coordenada inicial e [0,0,0.15 – 0,0,0.1 – 0,0,0.05] como final.

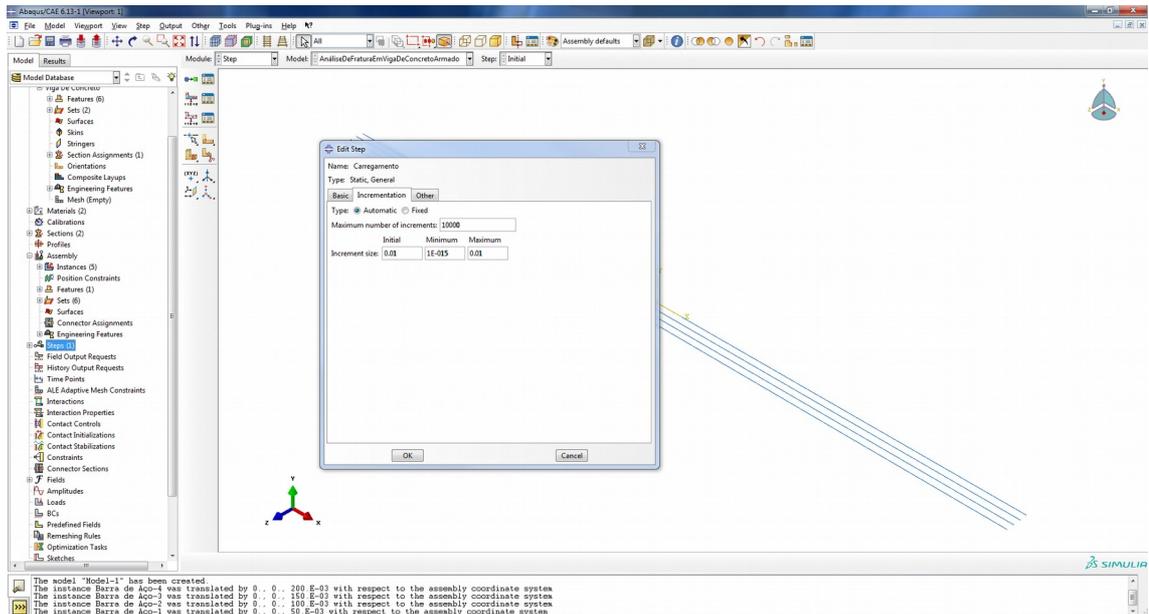


- ✓ No menu **model** à esquerda, dê duplo clique em **Steps**. Digite Carregamento no campo Name: e **Clique** em **Continue....**
- ✓ Na janela **Edit Step**, altere **Nlgeom**: para **On**, **selecione** **Specify damping factor** em **Automatic stabilization**: e **digite** **0.0001**, **marque** a opção **Use adaptive stabilization with max. ratio of stabilization to strain energy**: e **digite** **0.05**.

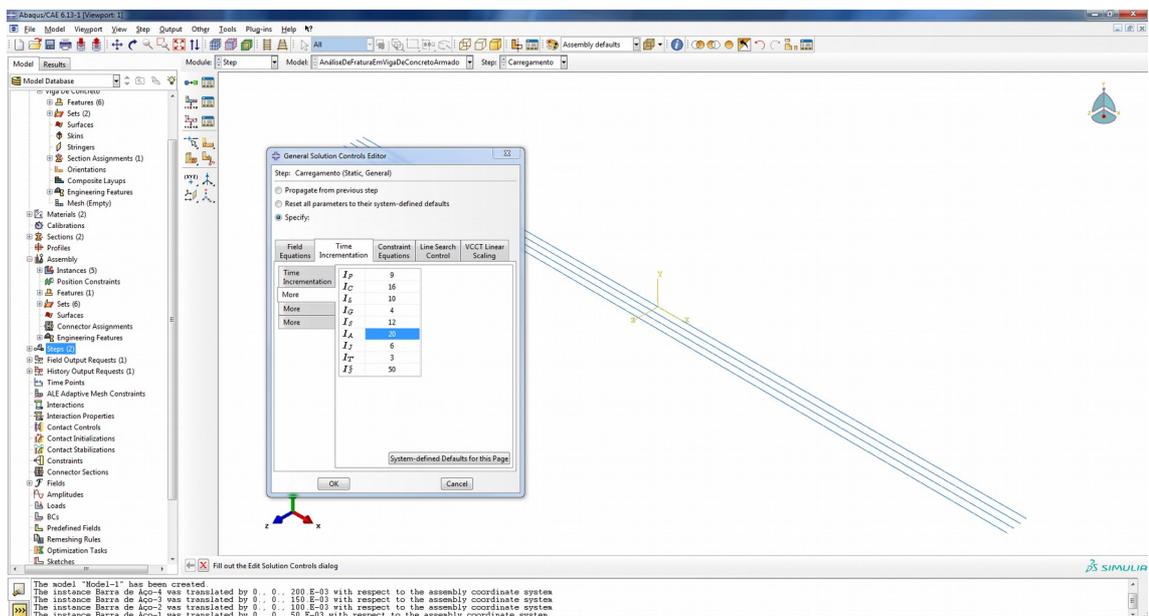


- ✓ **Abra** a aba **Incrementation**, **altere** **Maximum number of increments** para **10000**, **Increment size**:>**Initial** para **0.01**, **Increment**

size:>Minimum para 1E-15, Increment size:>Maximum para 0.01 e clique em OK.

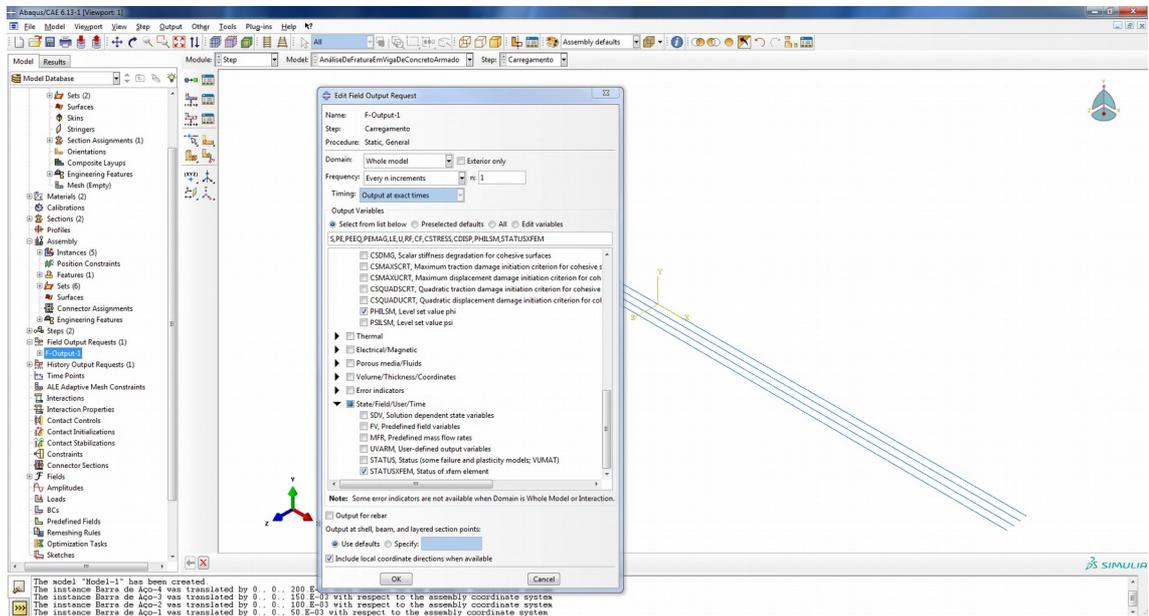


✓ Na barra do menu principal, clique em Other>General Solution Controls>Edit>Carregamento. Na janela de aviso clique em Continue... Clique em Specify:, abra a aba Time Incrementation, marque a opção Discontinuous analysis. Clique sobre a primeira opção More e altere o valor de la para 20. Clique em OK.

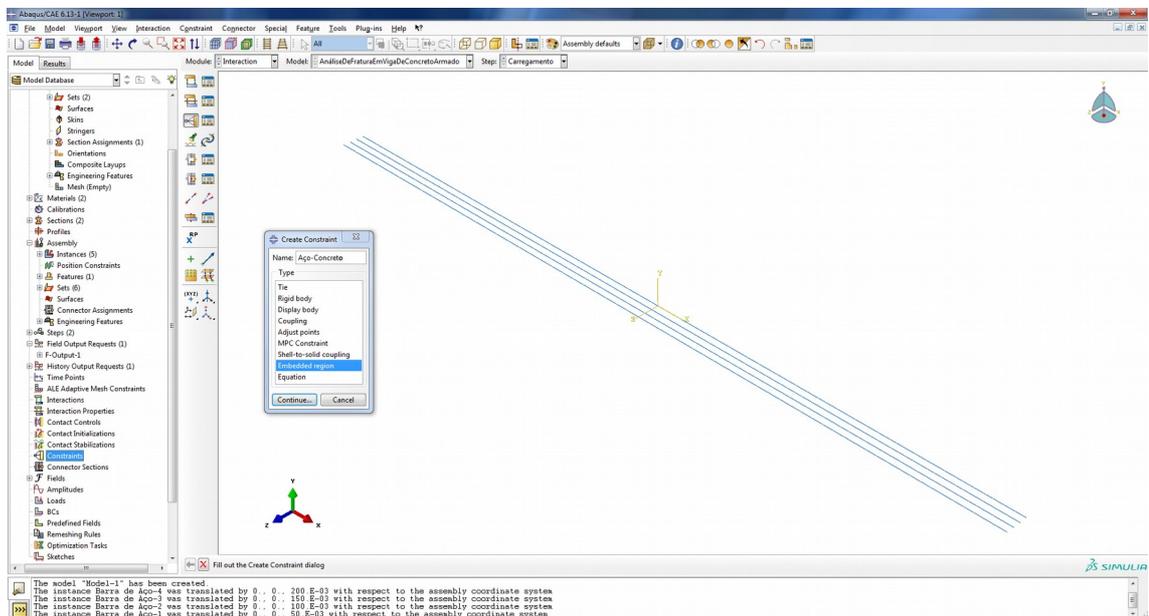


✓ No menu model à esquerda, abra Field Output Requests (1) e dê duplo clique em F-Output-1. Marque as opções

Failure/Fracture>PHILSM, Level set value phi e
 State/Field/User/Time>STATUSXFEM, Status of xfm element.
 Clique em OK.

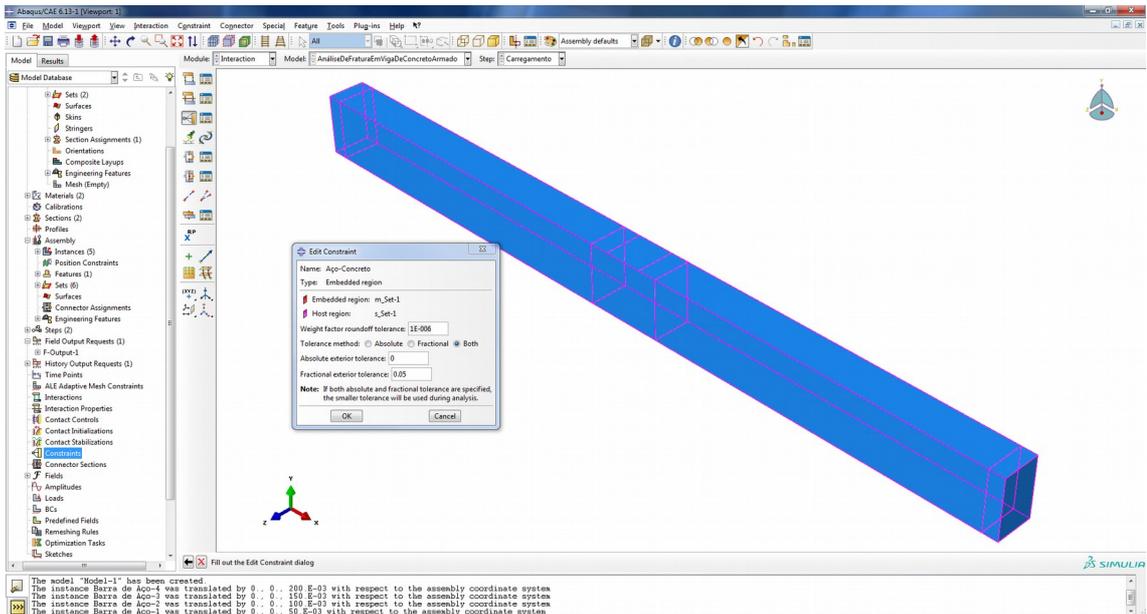


✓ No menu model à esquerda, **clique duplo** em Constraints. Na janela Create Constraint, no campo Name **digite** Aço-Concreto, em Type **selecione** Embedded region e **clique** em Continue...

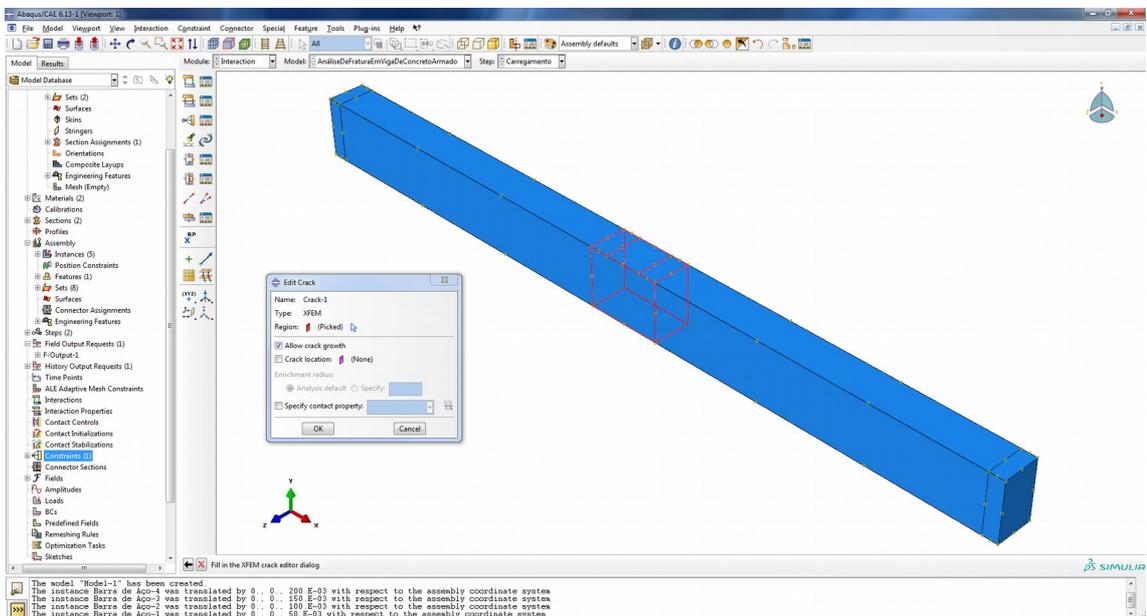


✓ **Selecione** as quatro barras e **clique** em Done. **Clique** em Select Region. Na barra de ferramentas **clique** em Invert Display, **selecione**

toda a viga e **clique** em Done. Na Janela que abre apenas **clique** em OK.

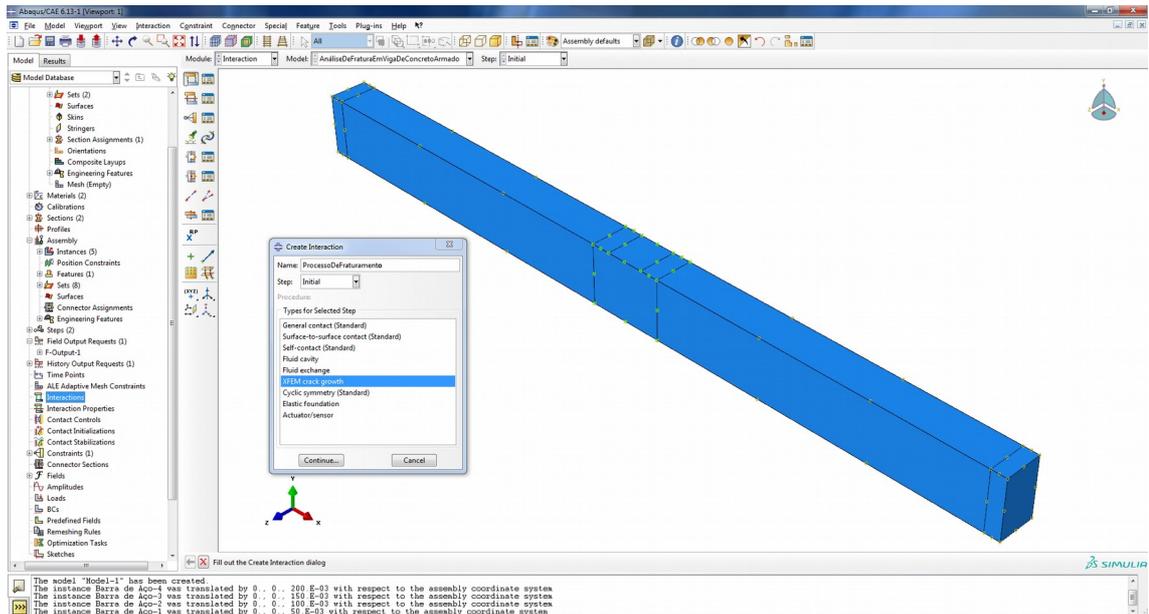


✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Special>Crack>Create...**, **selecione** XFEM e **clique** em **Continue...** **Altere** Select the crack domain para **geometric cells**, **dê** um clique sobre a parte central da viga e na janela que abre **clique** em OK.

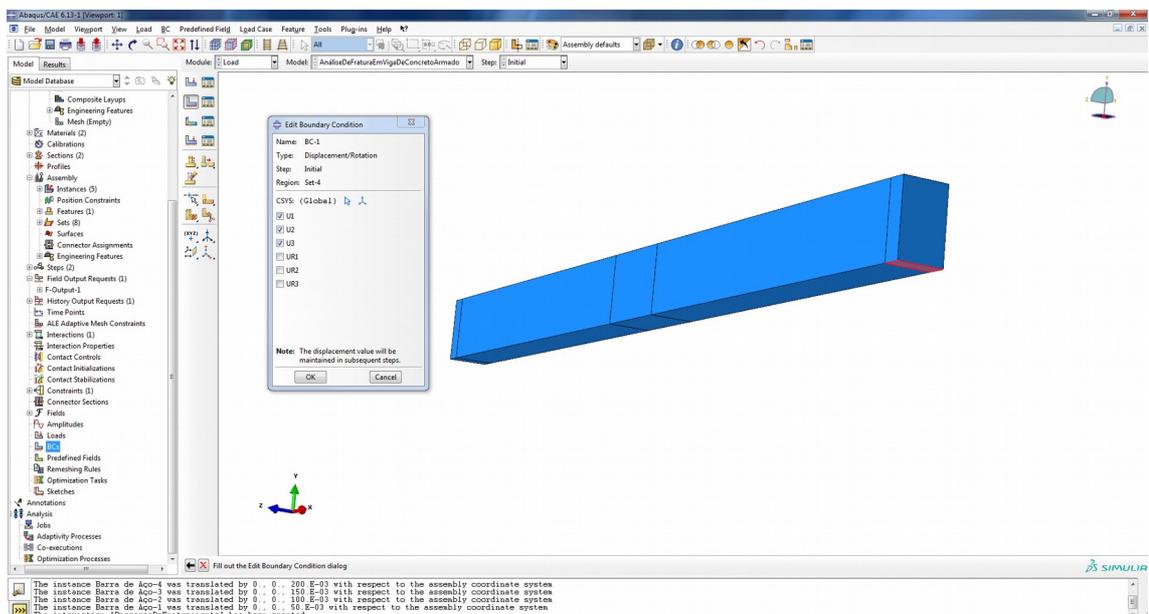


✓ No menu model à esquerda, **dê** duplo clique em **Interactions**. Na janela **Create Interaction**, no campo Name **digite** *ProcessoDeFraturamento*,

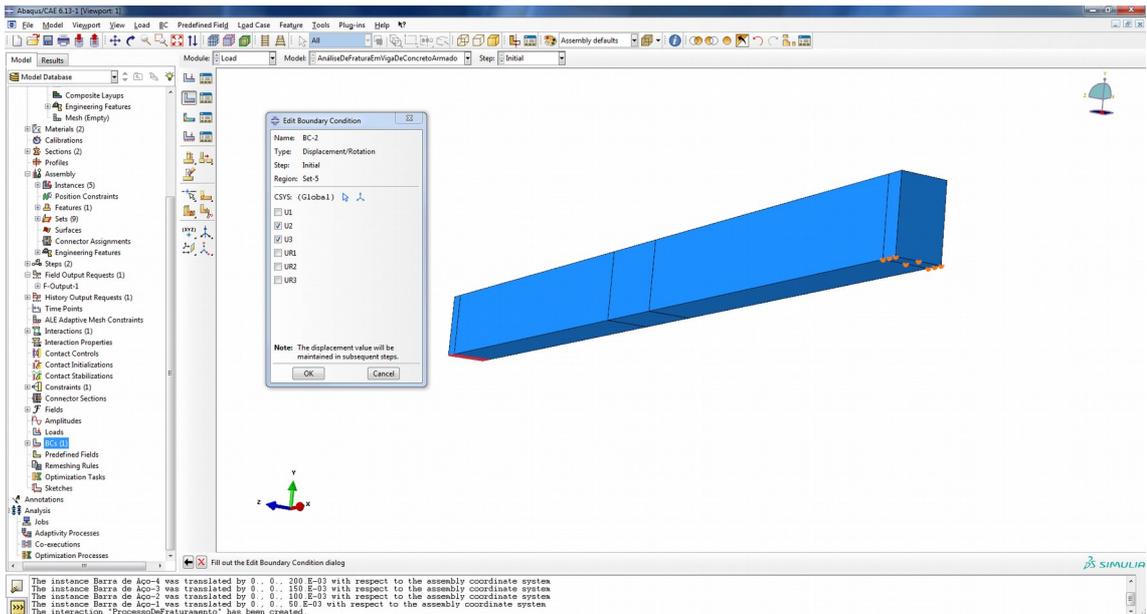
em Types for selected Step, **altere** Step para Initial, **selecione** XFEM crack growth e **clique** em Continue... **Clique** em OK.



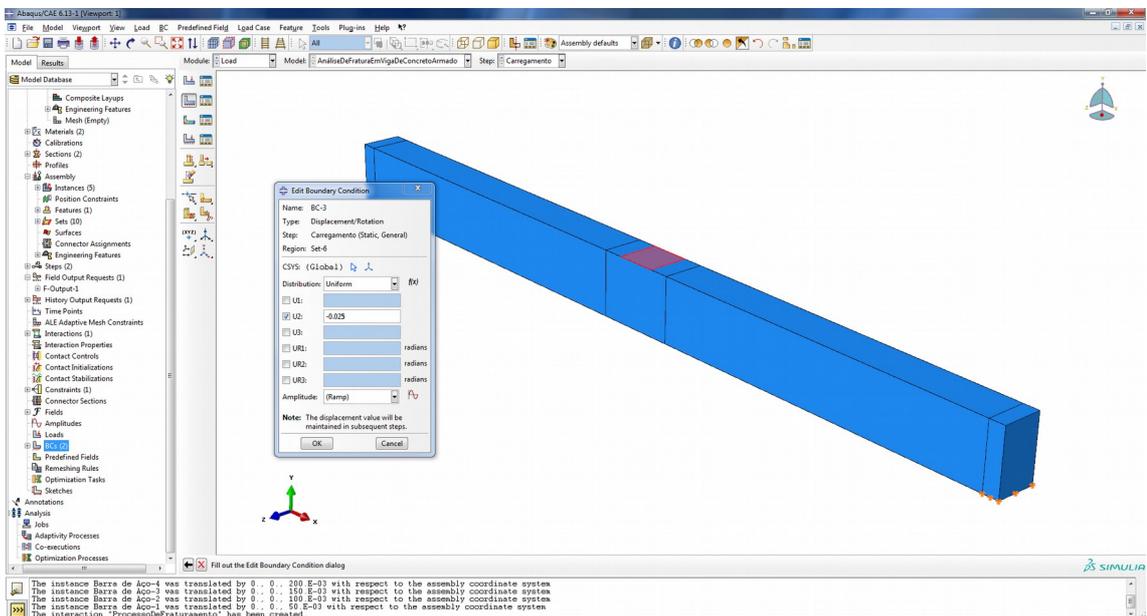
✓ No menu model à esquerda, **dê** duplo clique em BCs. Na janela Create Boundary Condition, **altere** Types for Selected Step para Displacement/Rotation e **clique** em Continue... **Selecione** a area inferior direita da Viga e **clique** em Done. **Marque** U1 , U2 e U3 na janela Edit Boundary Condition e **clique** em OK.



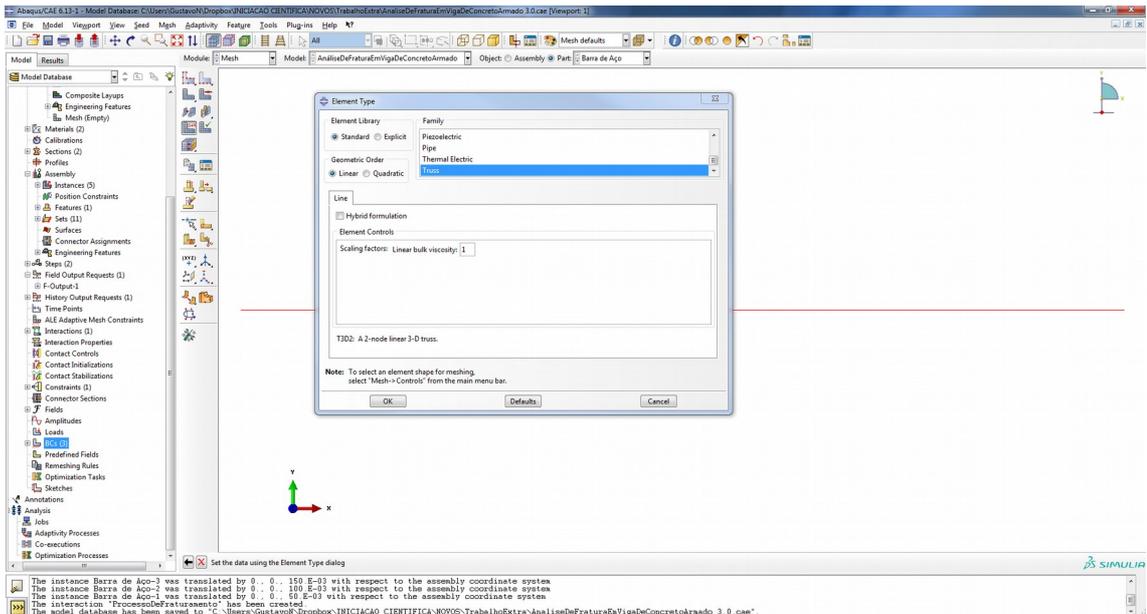
✓ **Repita** para a area inferior esquerda da Viga, selecionando apenas U2 e U3.



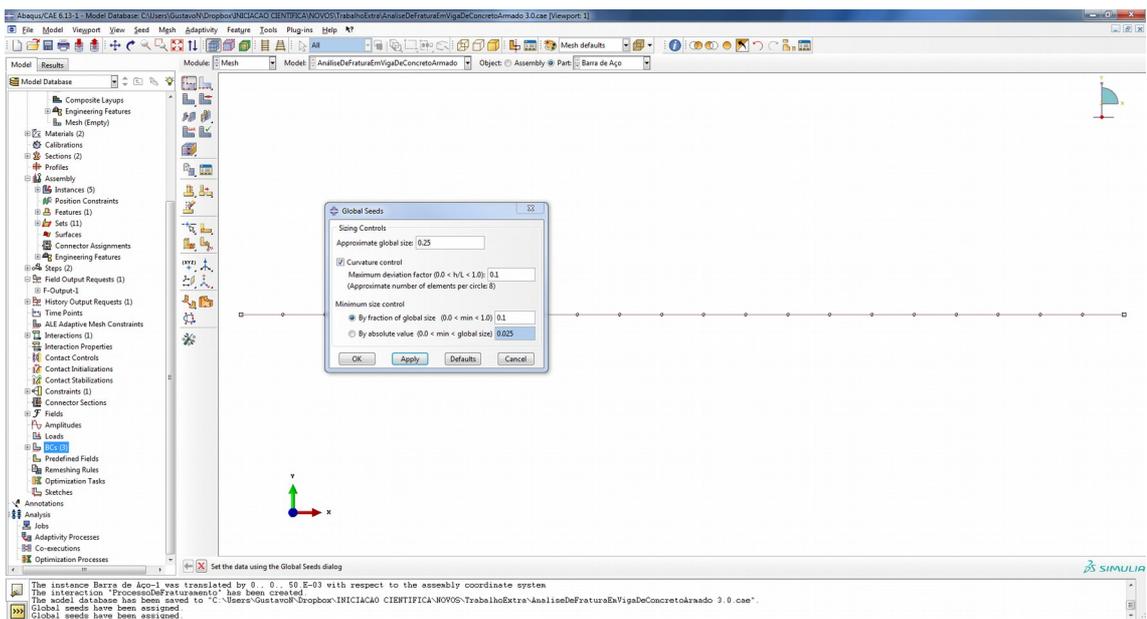
- ✓ **Dê** duplo clique em **BCs (2)**, **altere Step:** para Carregamento e **Types for Selected Step** para Displacement/Rotation. **Clique** em Continue... **Marque** a área superior central da Viga e **clique** em Done. **Marque U2** e **digite -0.025**. **Clique** em OK.



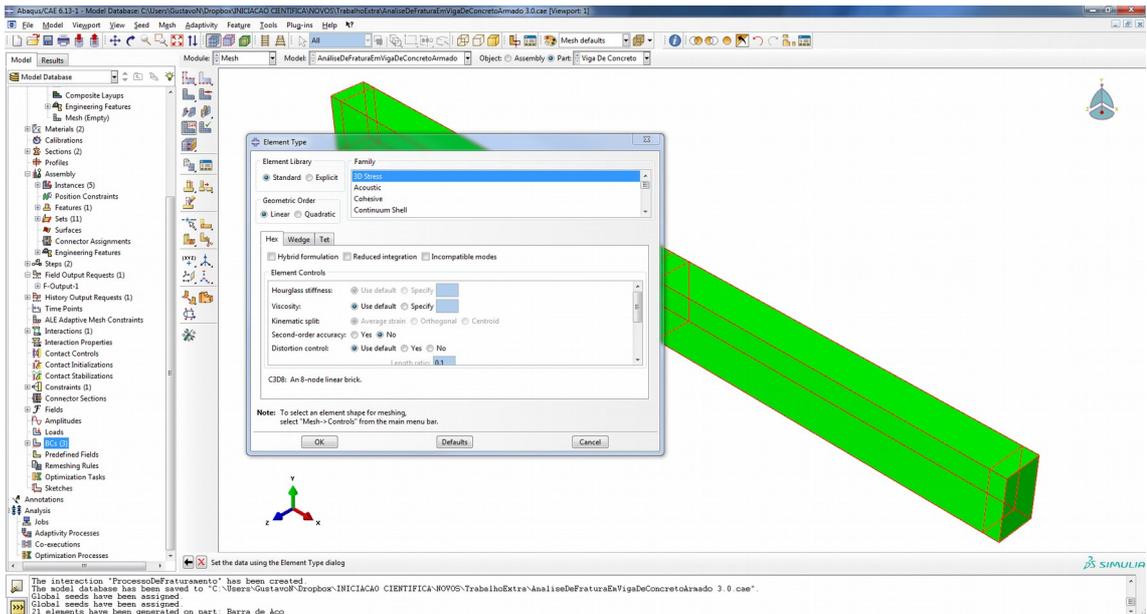
- ✓ Na barra de contexto, em **Module**, **selecione Mesh**, e em **Object**, **selecione Part>Barra de Aço**. Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Element Type** e **selecione** a barra. Clicando em Done, abrirá a janela Element Type. Em Family, **selecione Truss** e em Geometric Order **selecione Linear**. **Clique** em OK.



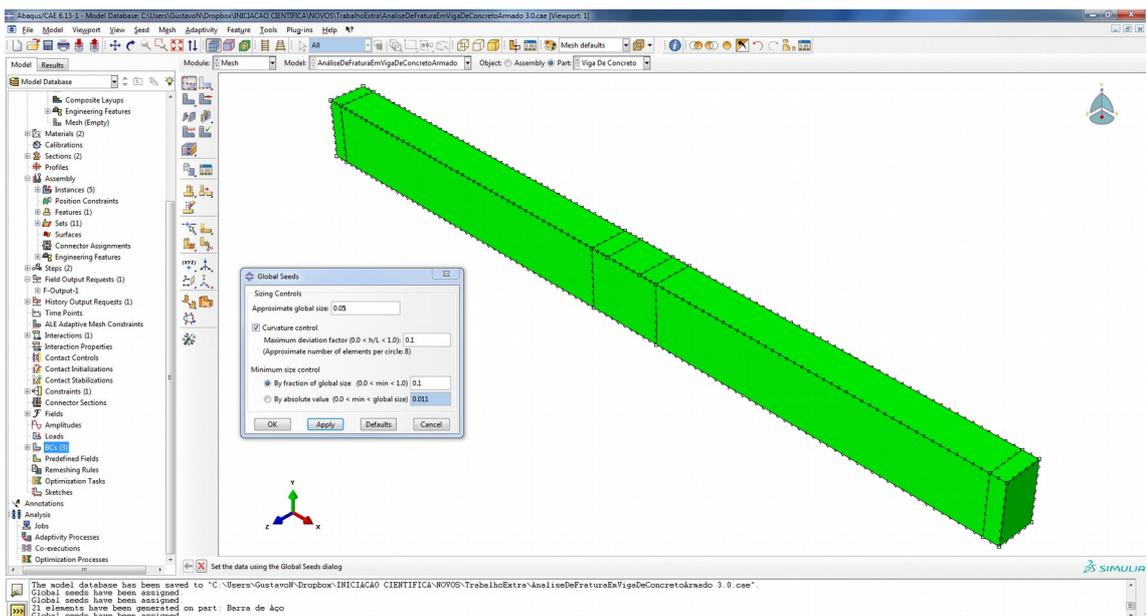
- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Seed>Part**, **digite** 0.25 em **Approximate global size** e **clique** em **Done**.



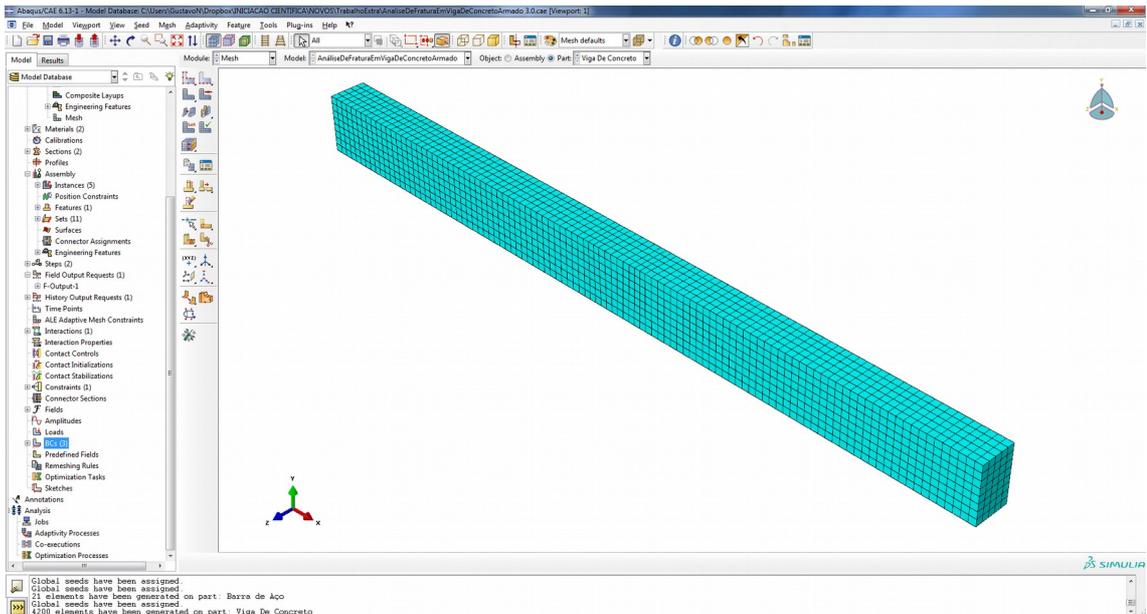
- ✓ Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Part**. Aparecerá a pergunta "OK to mesh the part?", **clique** **Yes**.
- ✓ Na barra de contexto, em **Object**, **selecione** **Part>VigaDeConcreto**. Na barra do menu principal, **clique** em **Mesh>Element Type** e **selecione** toda a **Viga**. Clicando em **Done**, abrirá a janela **Element Type**. Em **Family**, **selecione** **3D Stress**, em **Geometric Order** **selecione** **Linear** e **desmarque** a opção **Reduced integration**. **Clique** em **OK**.



- ✓ Na barra do menu principal, clique em Seed>Part, digite 0.05 em Approximate global size e clique em Done.

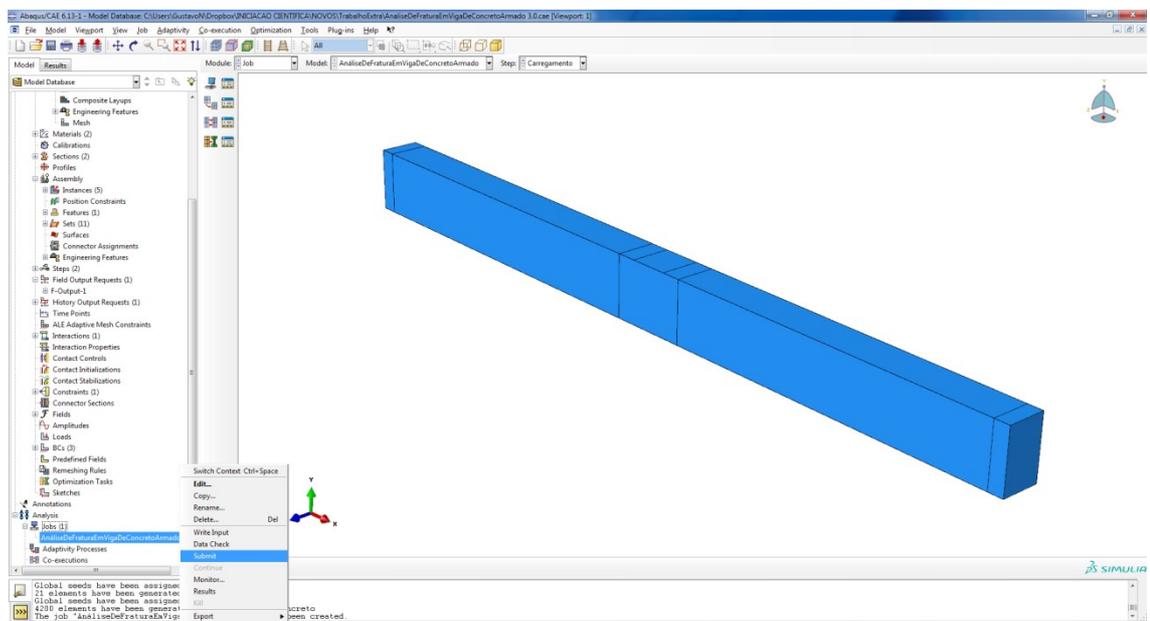


- ✓ Na barra do menu principal, clique em Mesh>Part. Aparecerá a pergunta "OK to mesh the part?", clique Yes.



2.3. PROCESSAMENTO

- ✓ No menu **model** à esquerda, **dê** duplo clique em **Jobs**, **digite** **AnaliseDeFraturaEmVigaDeConcretoArmado** no campo **Name:** e **clique** em **Continue...** **Clique** em **OK.**
- ✓ **Abra** **Jobs (1)**, **clique** com o botão direito em **AnaliseDeFraturaEmVigaDeConcretoArmado** e **clique** em **Submit.**



2.4. PRÉVIA DO PÓS-PROCESSAMENTO

