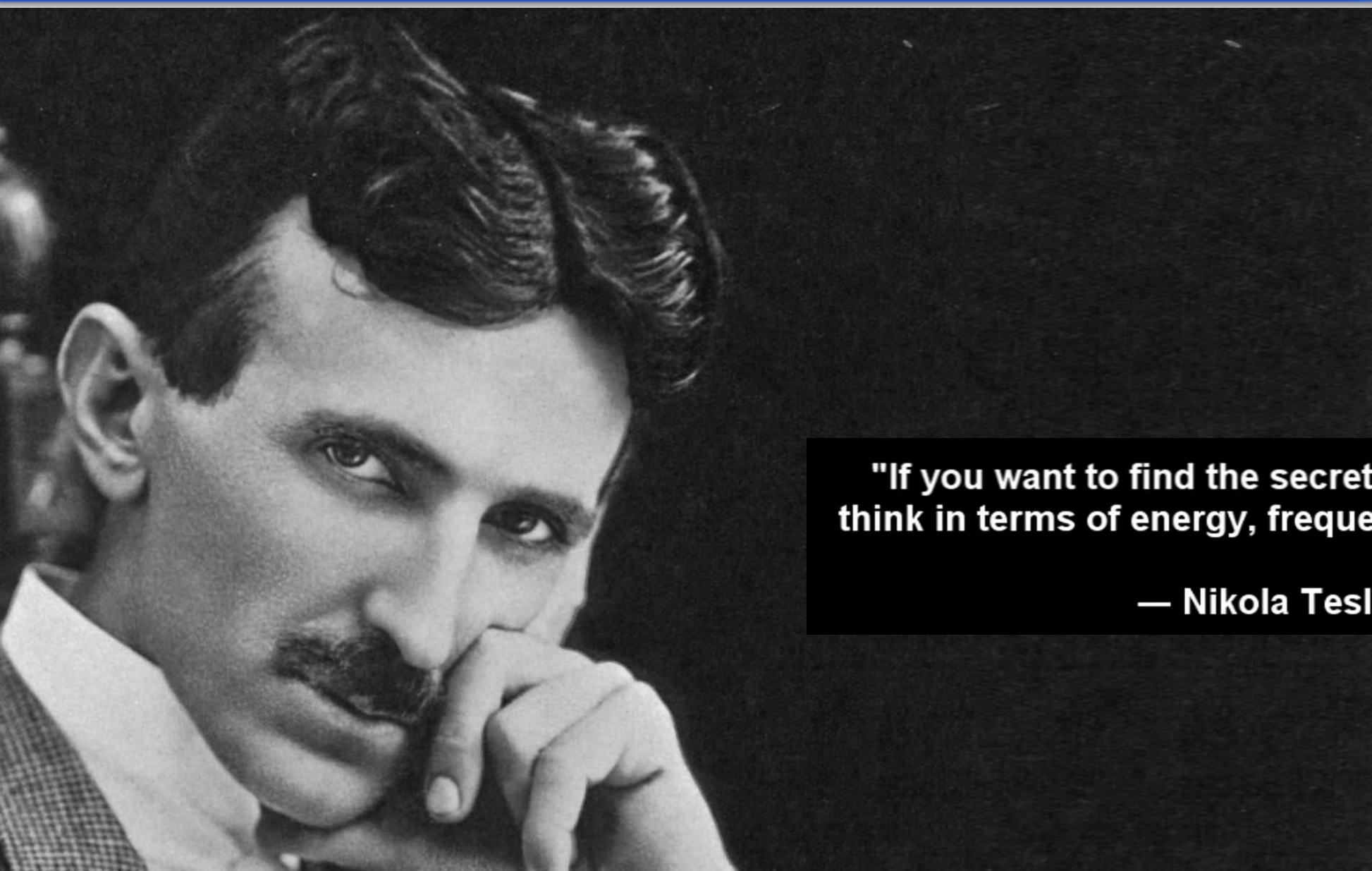


Experimento: Vibração em placas

Profa. Dra. Larissa Driemeier

Prof. Dr. Marcilio Alves

Prof. Dr. Rafael Traldi Moura



**"If you want to find the secrets of the universe,
think in terms of energy, frequency and vibration."**

— Nikola Tesla

The background of the slide features a dark blue field populated with numerous out-of-focus, glowing circles of varying sizes and intensities, creating a bokeh effect. The circles are primarily in shades of blue, with some appearing brighter and more saturated than others, giving a sense of depth and light scattering.

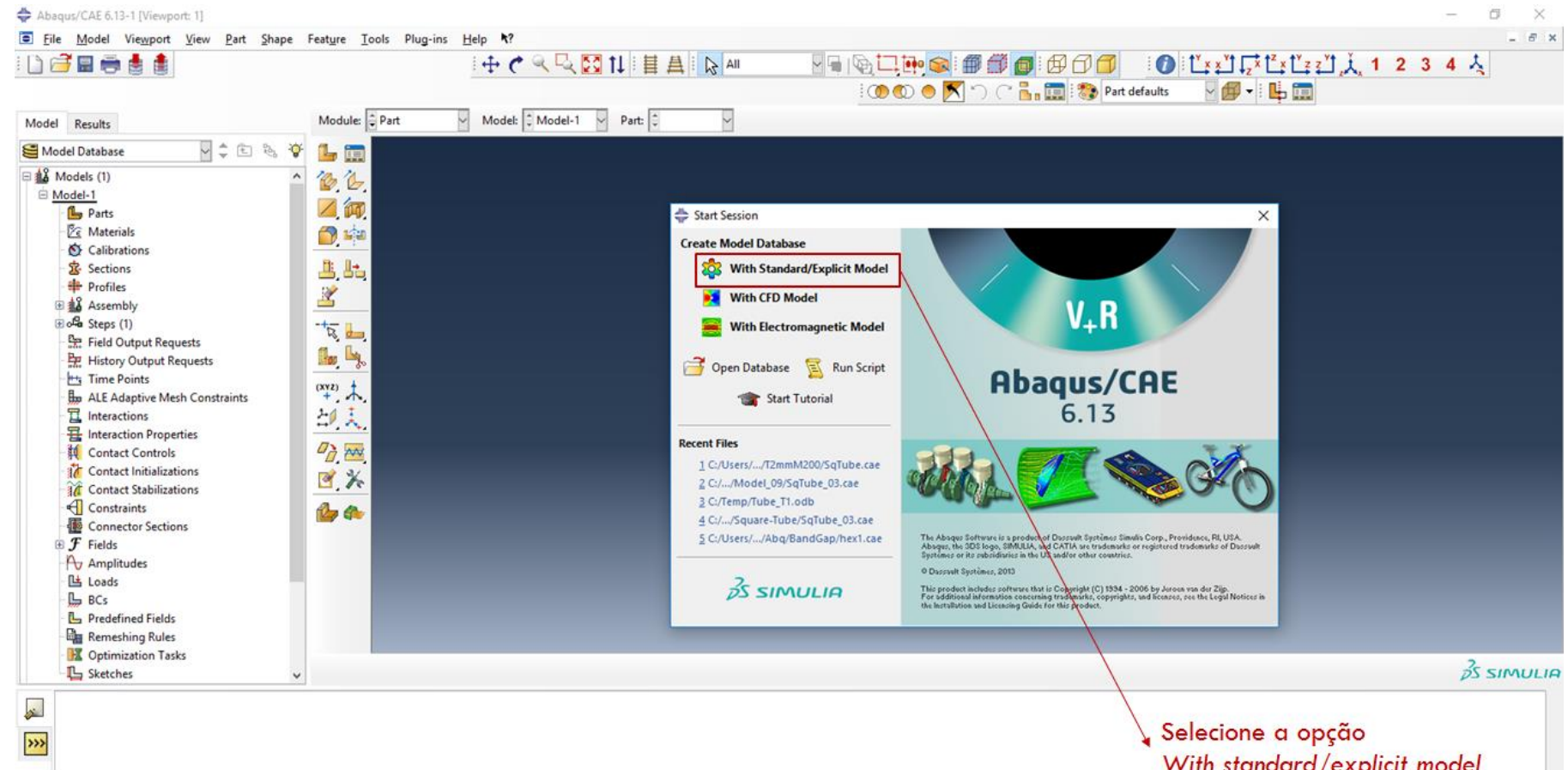
Parte experimental: Tutorial Abaqus



Procure em sua área de trabalho o ícone do Abaqus.



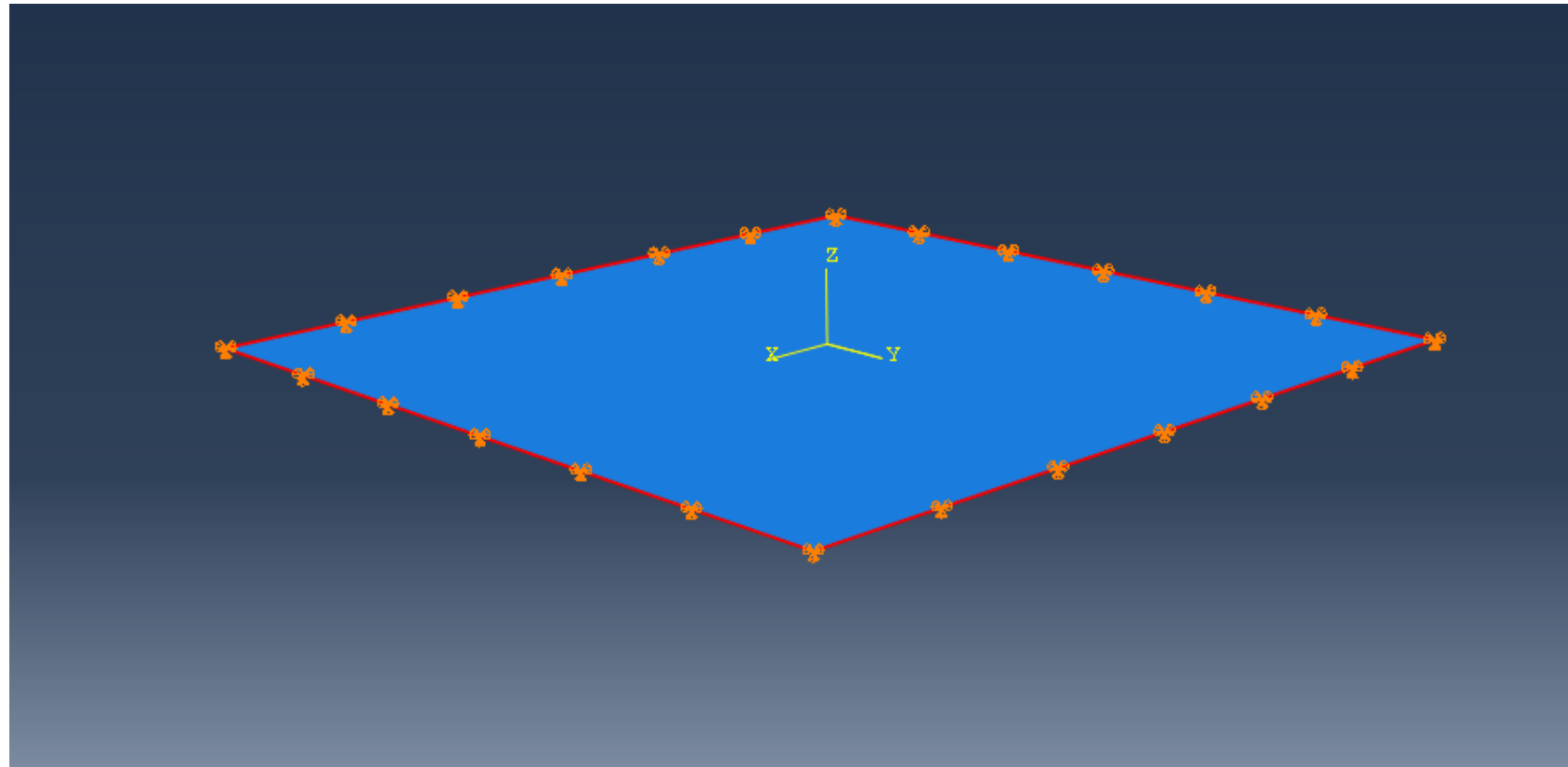
Haverá
verificação de
licença e depois
a seguinte
janela se abre:

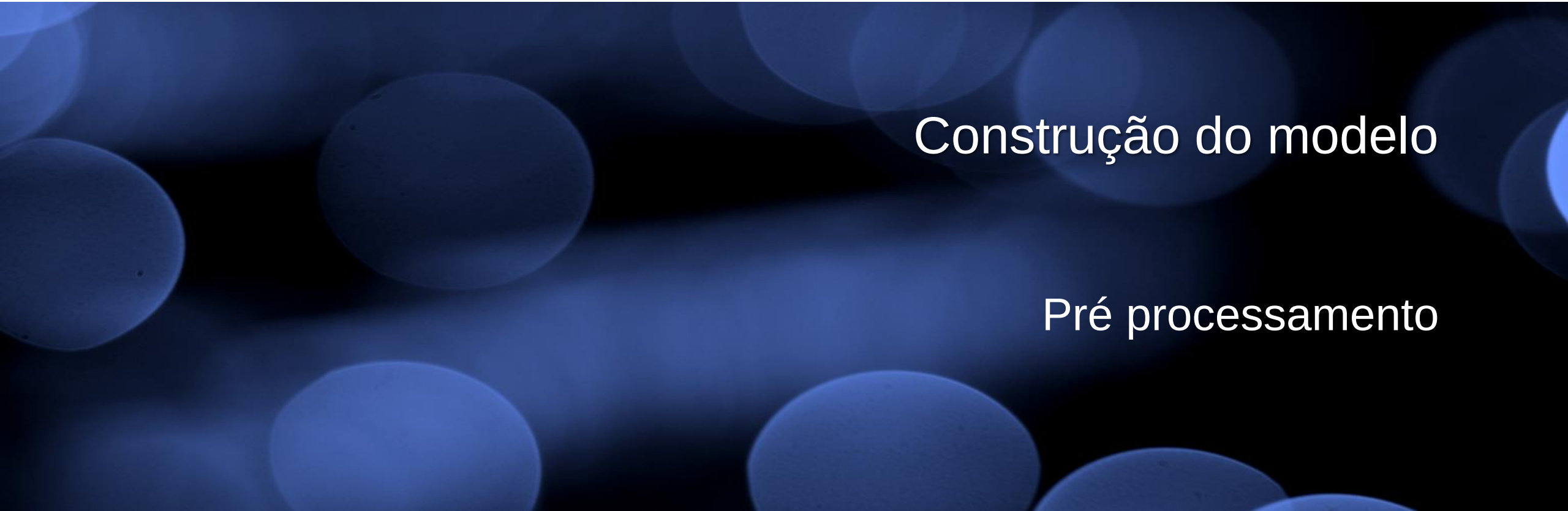




- Você irá fazer o tutorial para análise modal de uma placa de aço $100 \times 100 \text{ mm}^2$, espessura de 1 mm , apoiada nos quatro lados.

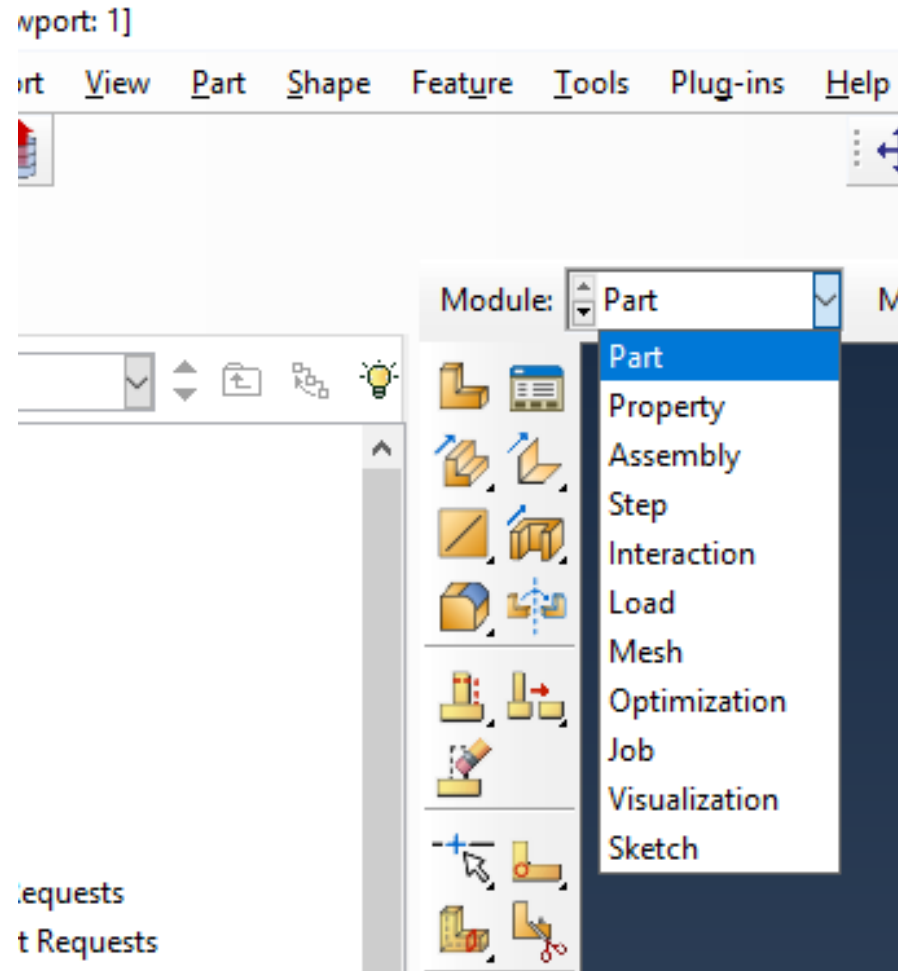
AVISO: não existe um sistema pré-definido de unidades dentro do *Abaqus*. Portanto, o usuário é responsável por garantir que valores corretos (coerentes!) sejam especificados. Sempre que possível, use unidades SI.



The background of the slide features a dark blue field with numerous out-of-focus, glowing blue circles of varying sizes, creating a bokeh effect.

Construção do modelo

Pré processamento



Passaremos pelos itens:

Part: desenho da geometria

Property: material e seção transversal

Assembly: Unir as partes

Step: Carregamento

Interaction: definição de contato

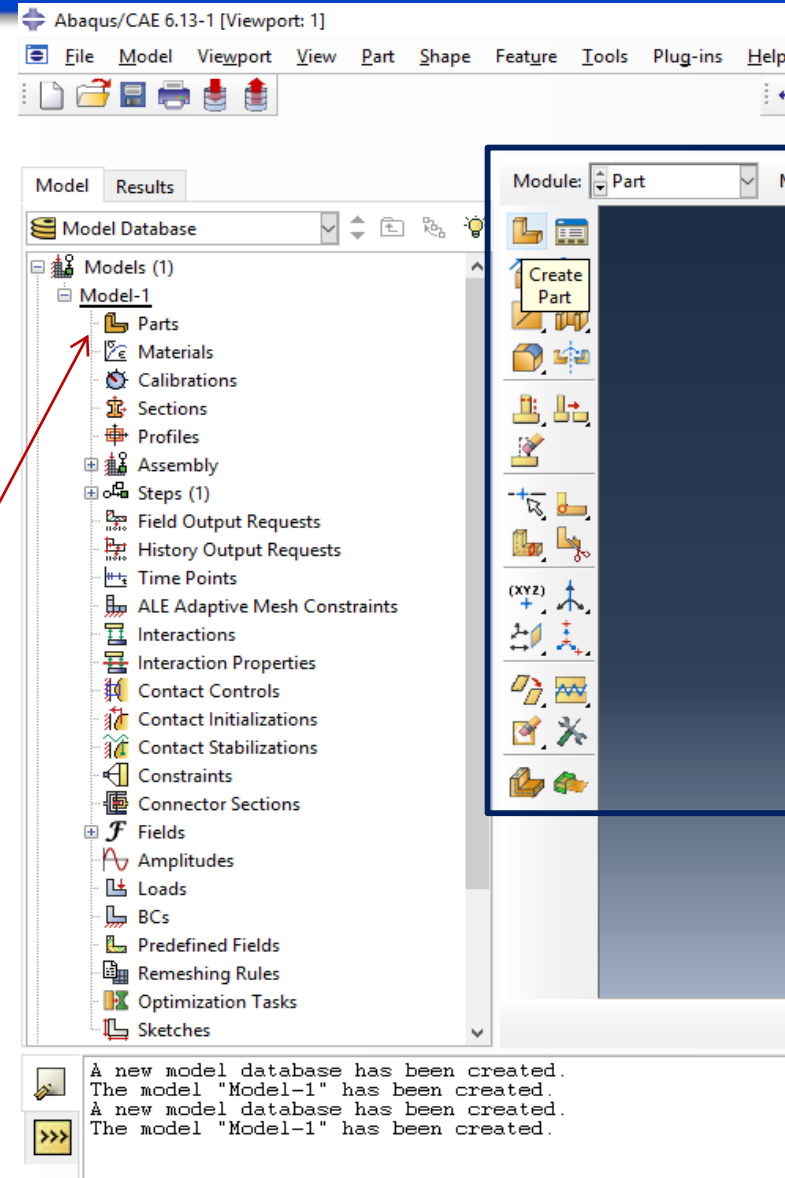
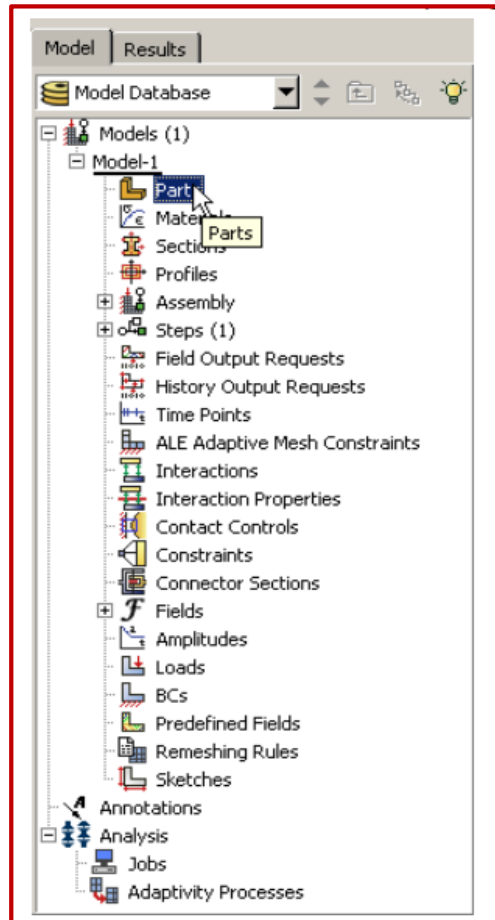
Load: definição de carregamento e condições de contorno

Mesh: malha de elementos finitos

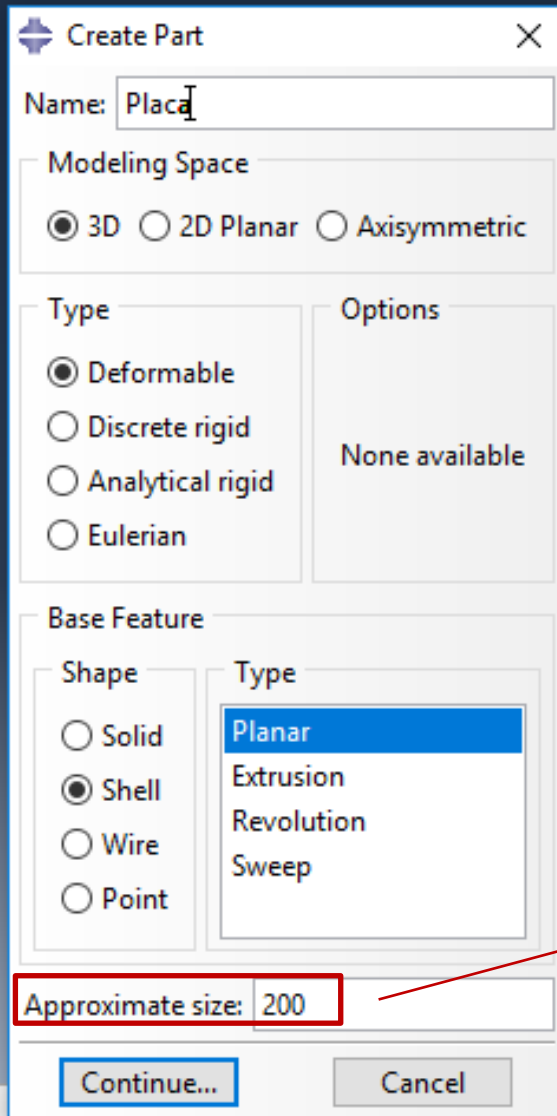
Job: rodar o programa

Visualization: ver resultados

Na árvore do modelo, clique duas vezes em "Part" (ou clique com o botão direito em "Part" e selecione "Create").



Ou, ainda, selecione "Part" em "Module" e "Create Part" na caixa de ajuda ao lado da área de trabalho (chamada de *Viewport* pelo Abaqus).



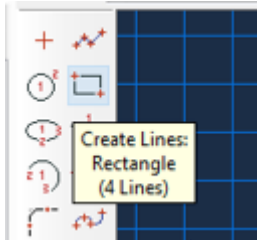
Nomeie a parte **Placa**.

Selecione as configurações um corpo tridimensional (Modeling space 3D) deformável (type deformable) a partir de uma casca plana (shape Shell e type Planar).

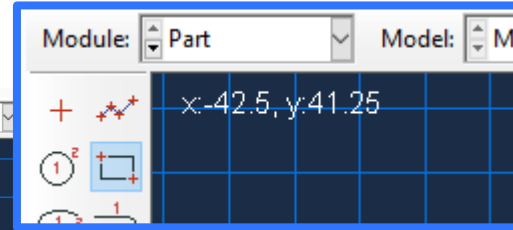
A espessura de 2mm nos permite utilizar elementos bidimensionais de casca e, com isso, diminuir o tamanho do modelo e economizar tempo de processamento.

Approximate size: 200 (determina o tamanho da grade a ser exibida).
Clique "Continue..." e se abrirá a janela de "sketch"

Clique Continue e aparecerá a janela de Sketch

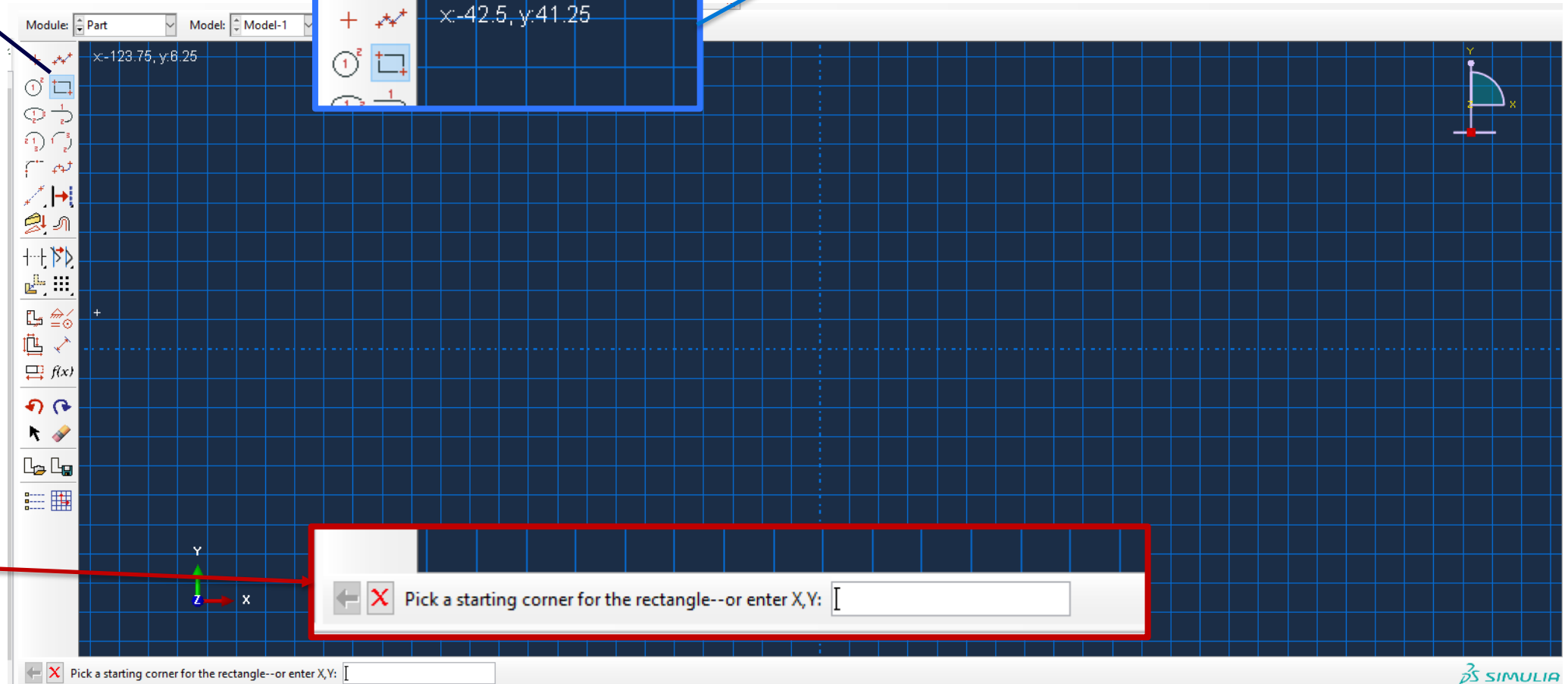


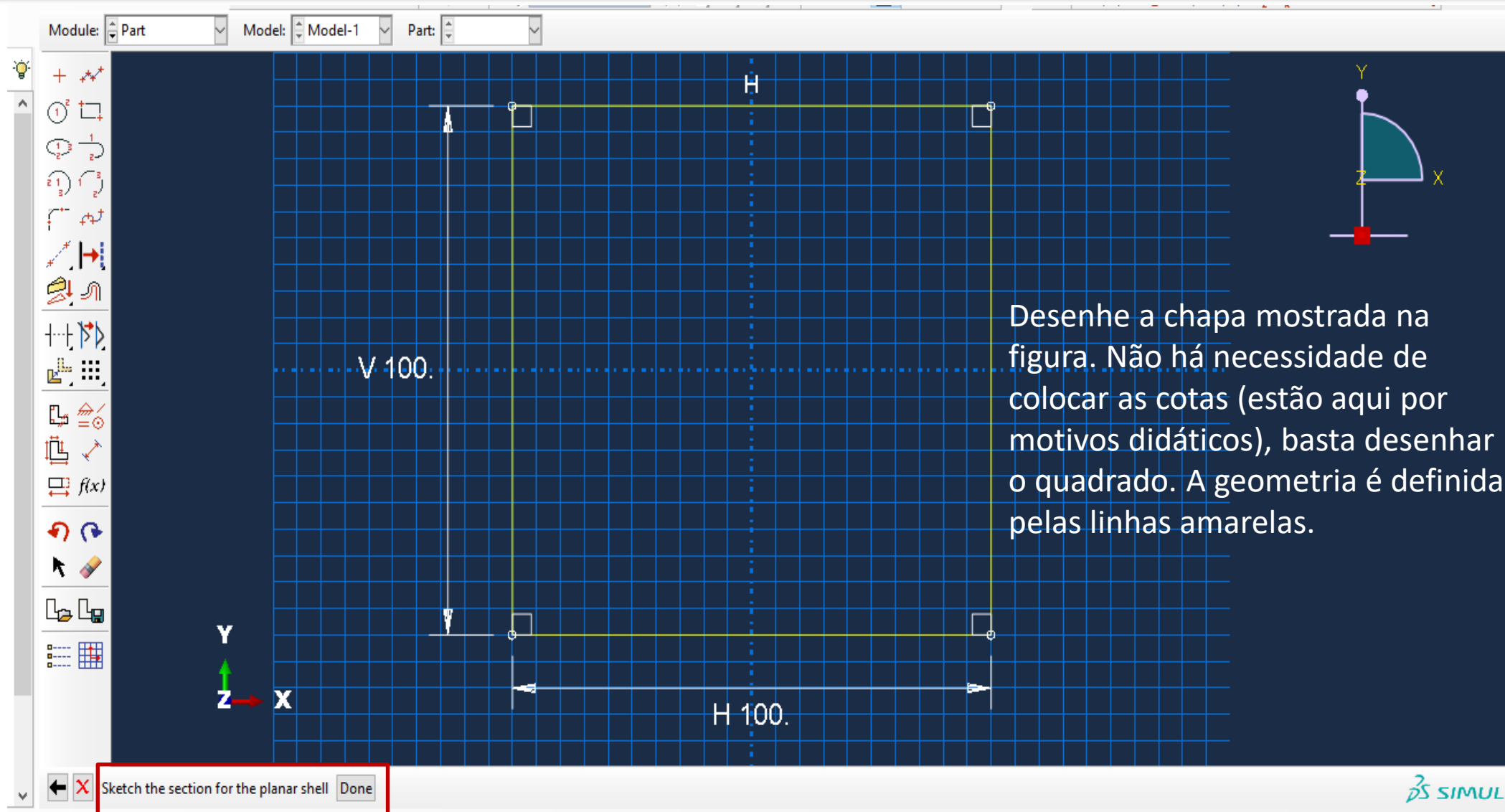
A caixa de commands para desenhar a geometria é intuitiva.
Use a opção de retângulo.



Você pode usar o grid e o mouse (veja coordenadas no canto esquerdo superior)

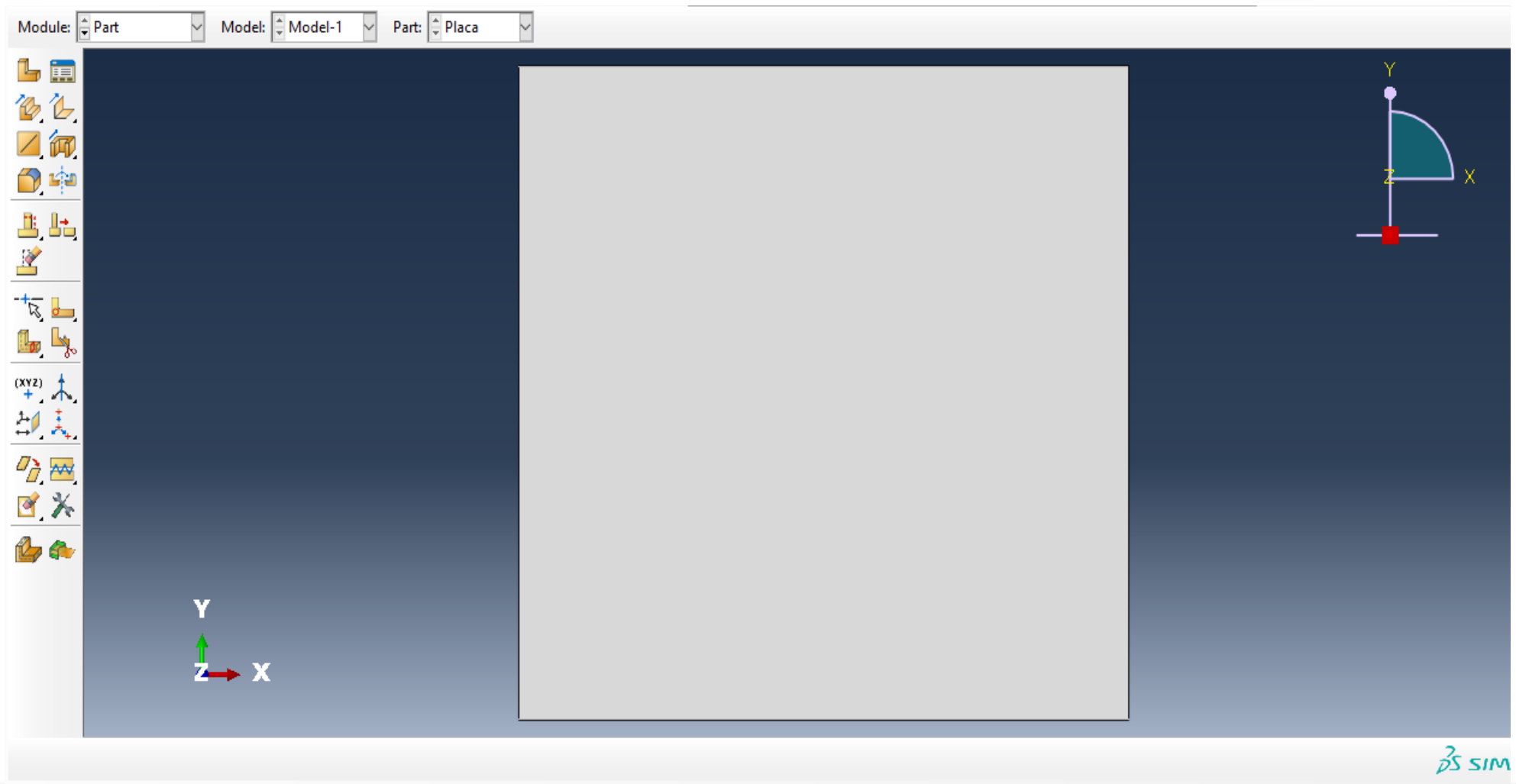
Você pode digitar as coordenadas (veja barra de comandos no canto esquerdo inferior da viewport)

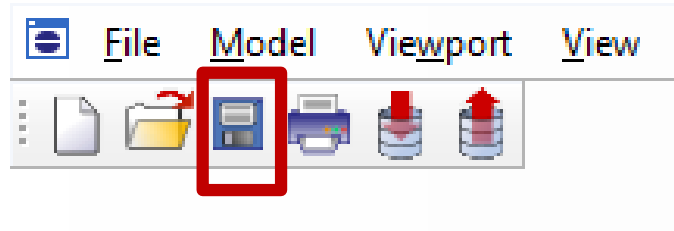




Quando terminar clique "Done"

Este é seu modelo até o momento. Essa geometria não tem material nem espessura definidos. Esses são nossos próximos passos.

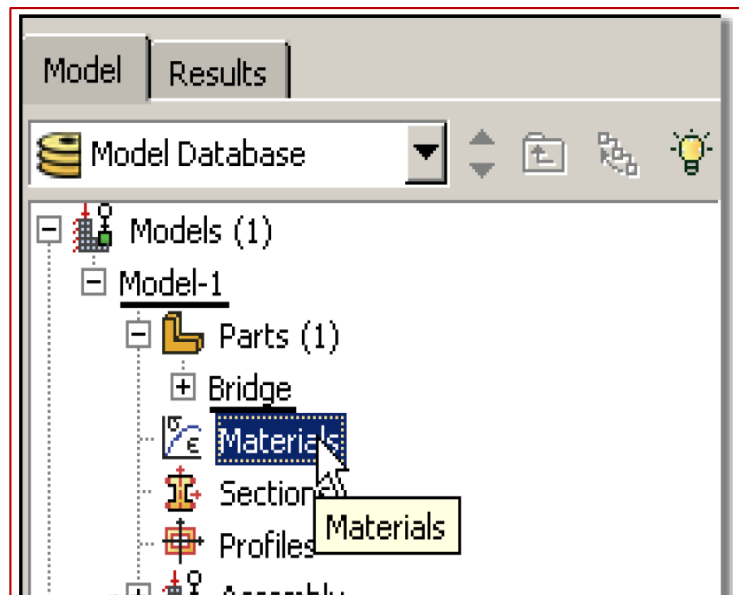




Não precisamos
lembrar você de
salvar o modelo de
vez em quando,
obviamente...



Definição do material



Clique duas vezes em “Materials” na árvore ou, ainda, selecione “Part” em “Module” e “Create Materials” na caixa de ajuda ao lado da *Viewport*.



Edit Material

Name: Aço

Description: Material da viga

Material Behaviors

General Mechanical Thermal Electrical/Magnetic Other

Density

Depvar

Regularization

User Material

User Defined Field

User Output Variables

OK Cancel

Edit Material

Name: Steel

Description: Material da viga

Material Behaviors

Density

General Mechanical Thermal Electrical/Magnetic Other

Density

Distribution: Uniform

☐ Use temperature-dependent data

Number of field variables: 0

Data

	Mass Density
1	7.8e-9

Nomeie o novo material e dê uma descrição (Steel);
Clique na guia "General" → "Density"
Density (7.8e-9)
Clique "OK"

Porque esse valor





Edit Material

Name: Aco

Description: Material da placa

Material Behaviors

Density

General Mechanical Thermal Electrical/Magnetic Other

Elasticity

Elastic

Plasticity

Damage for Ductile Metals

Damage for Traction Separation Laws

Damage for Fiber-Reinforced Composites

Damage for Elastomers

Deformation Plasticity

Damping

Expansion

Brittle Cracking

Egs

Viscosity

Hyperelastic

Hyperfoam

Low Density Foam

Hypogelastic

Porous Elastic

Viscoelastic

Edit Material

Name: Aco

Description: Material da placa

Material Behaviors

Density

Elastic

General Mechanical Thermal Electrical/Magnetic Other

Elastic

Type: Isotropic

Use temperature-dependent data

Number of field variables: 0

Moduli time scale (for viscoelasticity): Long-term

No compression

No tension

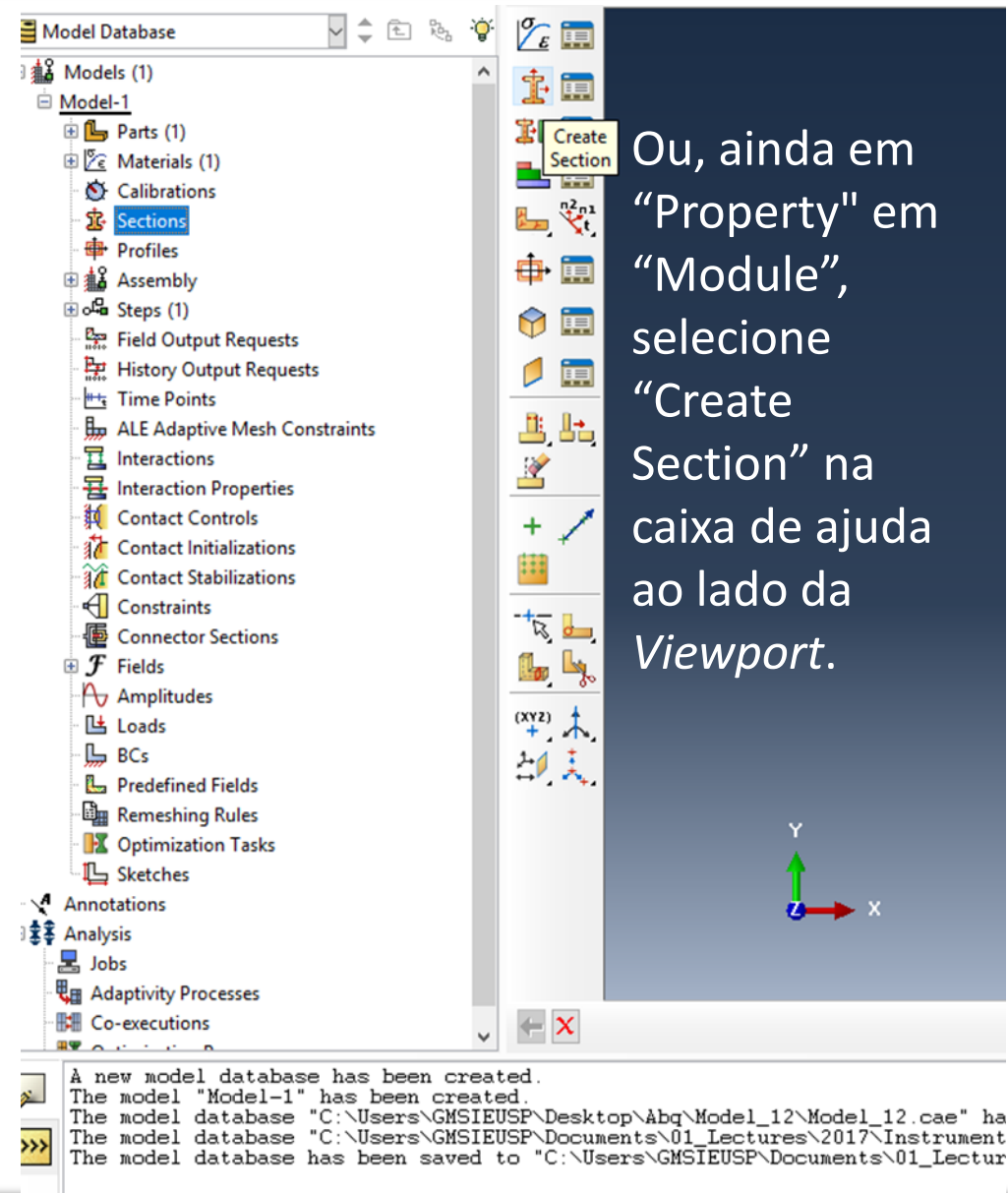
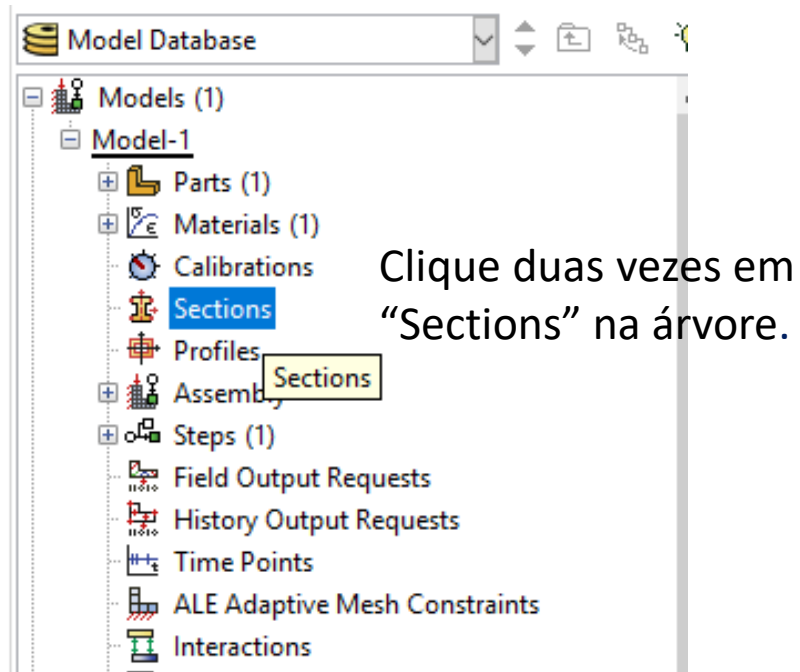
Data

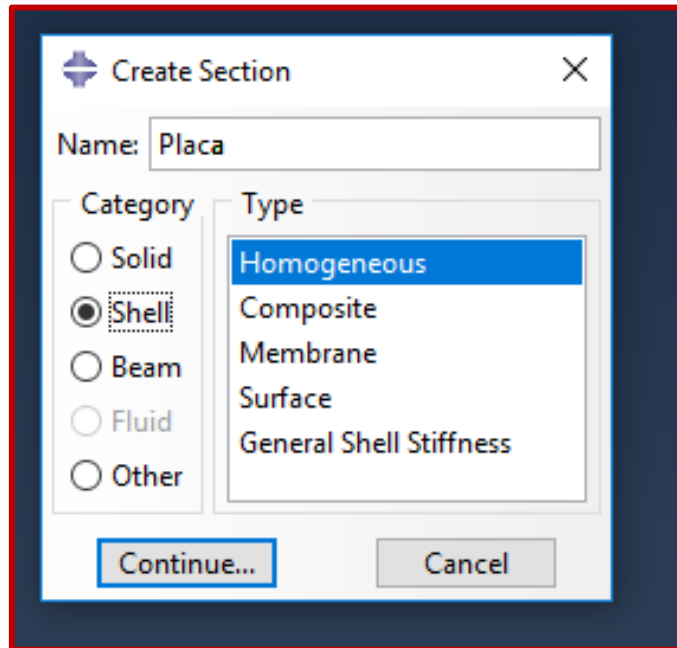
	Young's Modulus	Poisson's Ratio
1	210000	0.27

OK Cancel

Clique na guia "Mechanical" → "Elasticity" → "Elastic"
Definir o Módulo de Young (210000) e Coeficiente de Poisson (0.27)

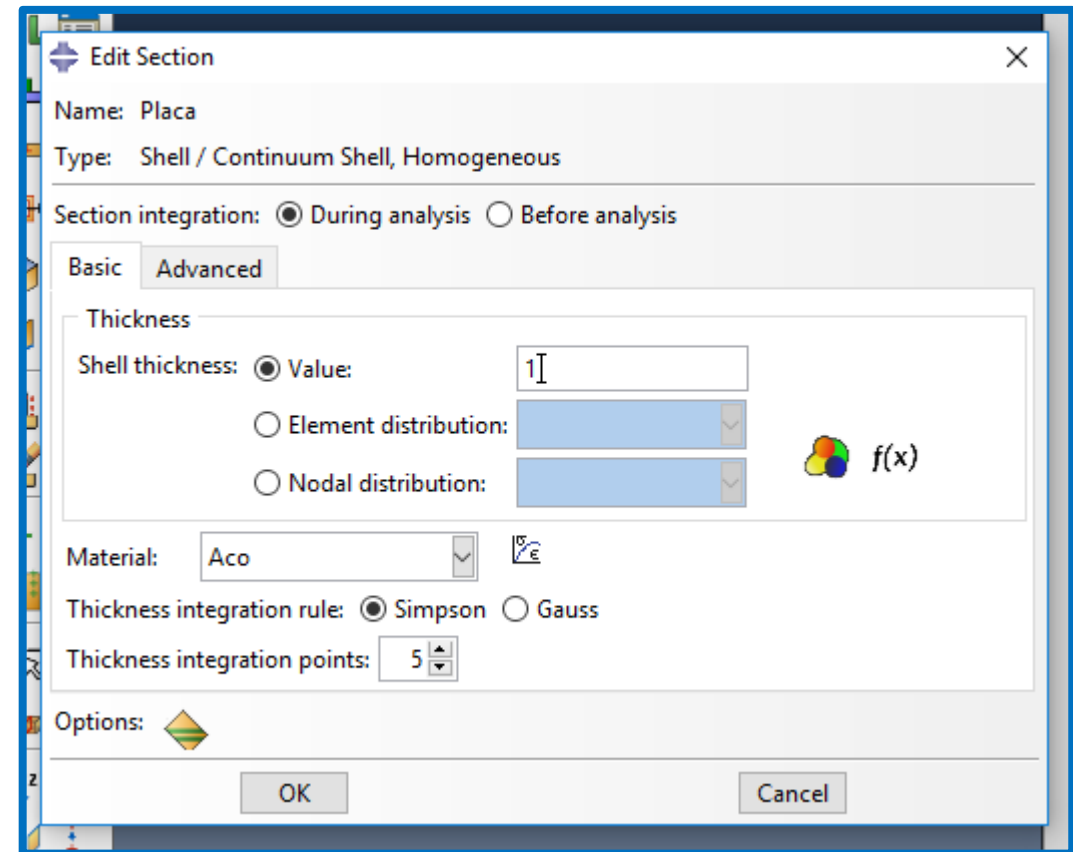
Definição da seção



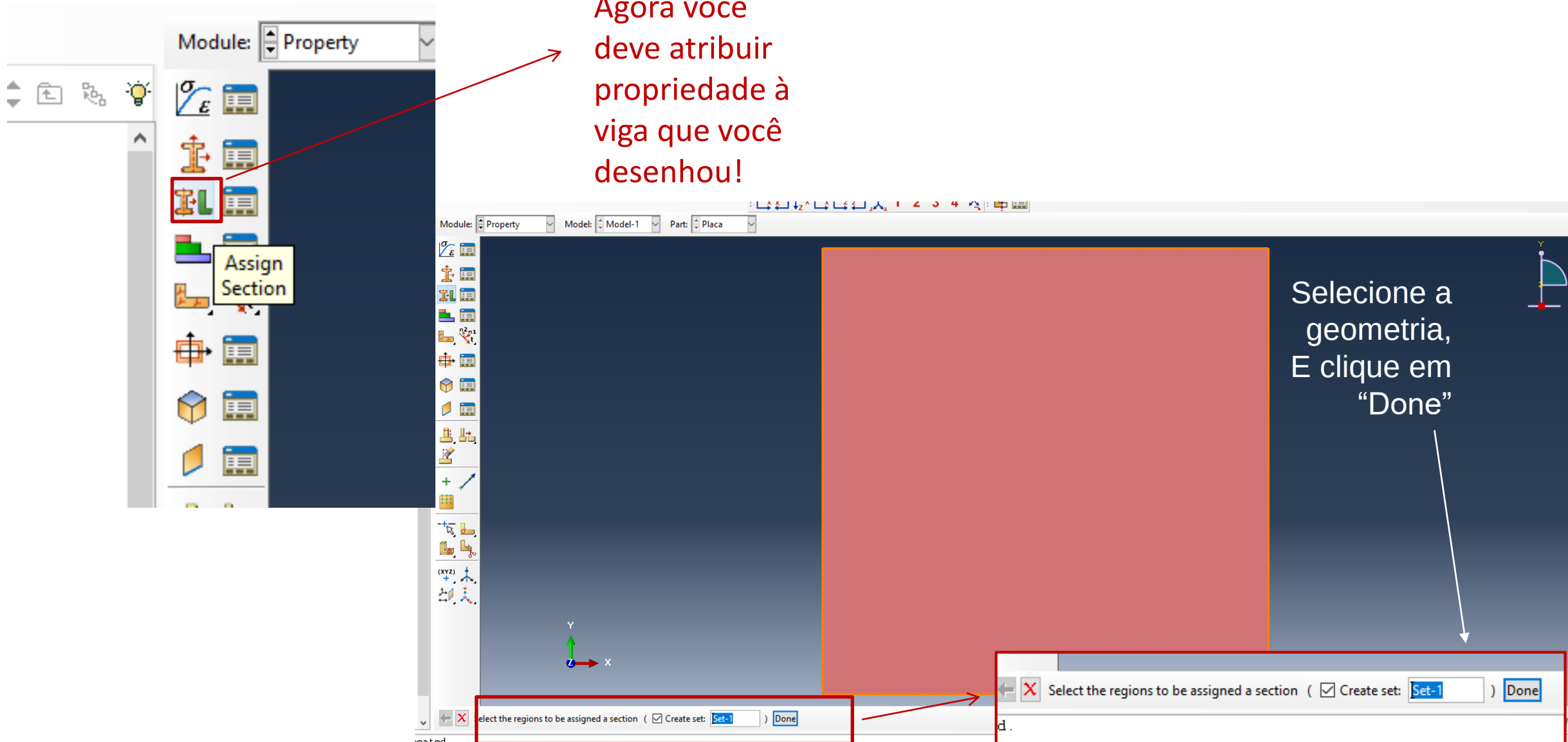


Dê um nome à seção, selecione “Shell” e “Homogeneous”. “Continue...” abrirá a janela abaixo.

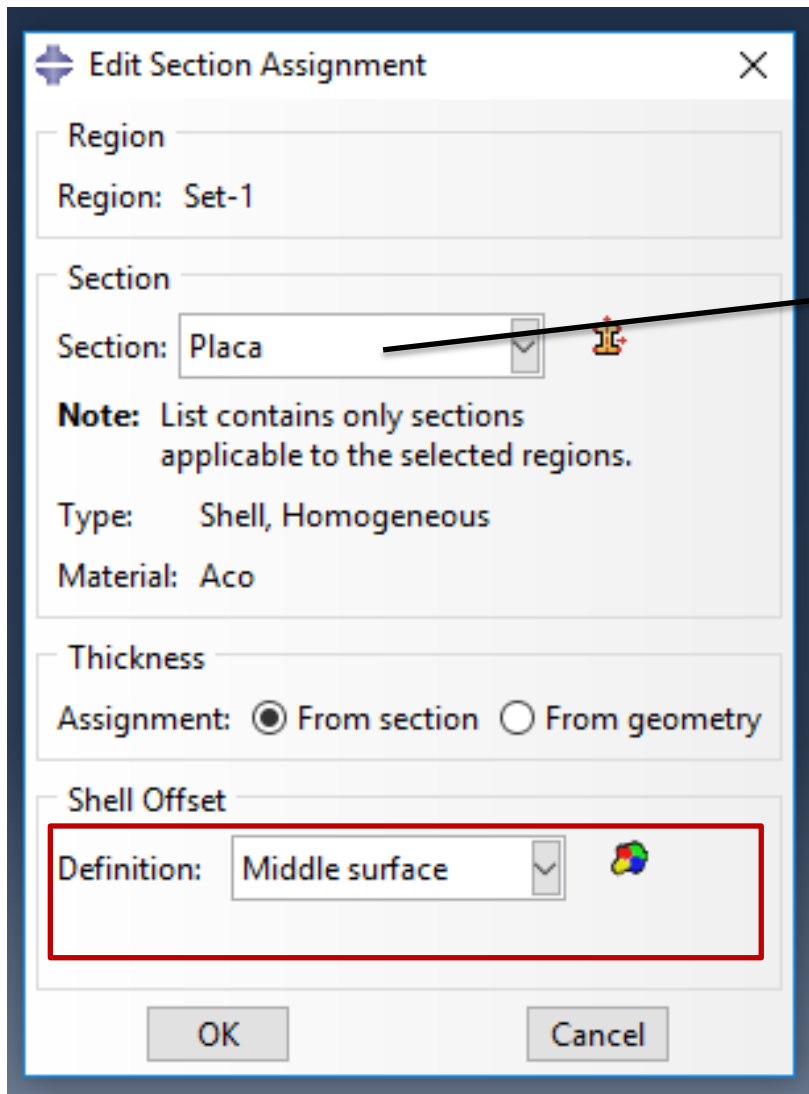
Espessura de 1mm, Material “Aco” (provavelmente já estará selecionado, pois é o único que criamos), demais parâmetros default. Clique “OK”.



Agora você
deve atribuir
propriedade à
viga que você
desenhou!



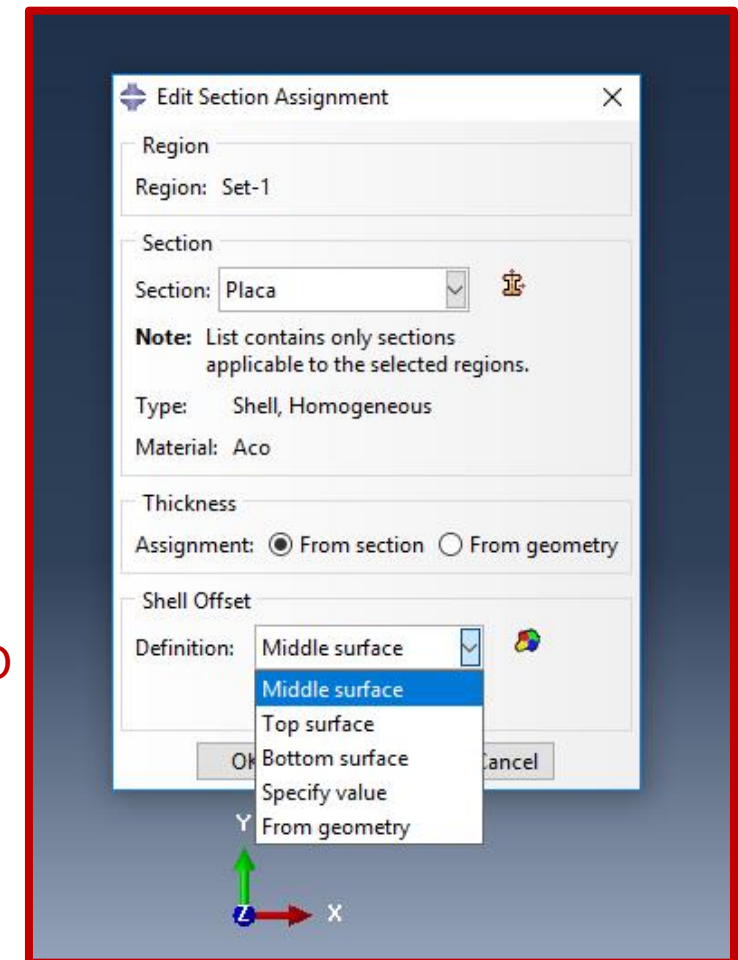
The screenshot shows the software interface with the 'Module: Property' dropdown. The 'Assign Section' tool is highlighted in the toolbar. A red box around the tool icon has an arrow pointing to the text 'Agora você deve atribuir propriedade à viga que você desenhou!'. The main workspace shows a 3D model of a beam. A red box around the beam has an arrow pointing to the text 'Selecione a geometria, E clique em "Done"'. At the bottom, a dialog box is open with the text 'Select the regions to be assigned a section (Create set: Set-1) Done'. A red box around the dialog box has an arrow pointing to the text 'Selecione a geometria, E clique em "Done"'. The dialog box also contains the text 'Select the regions to be assigned a section (Create set: Set-1) Done'.



Provavelmente a seção “Placa” já estará selecionada (inclui a geometria de 1mm com material aço). Se não estiver, clique no ícone e selecione.

Aqui define-se onde será considerada a linha media da casca (que é um elemento com geometria definida em duas direções e espessura constante). O default é “Middle surface”.

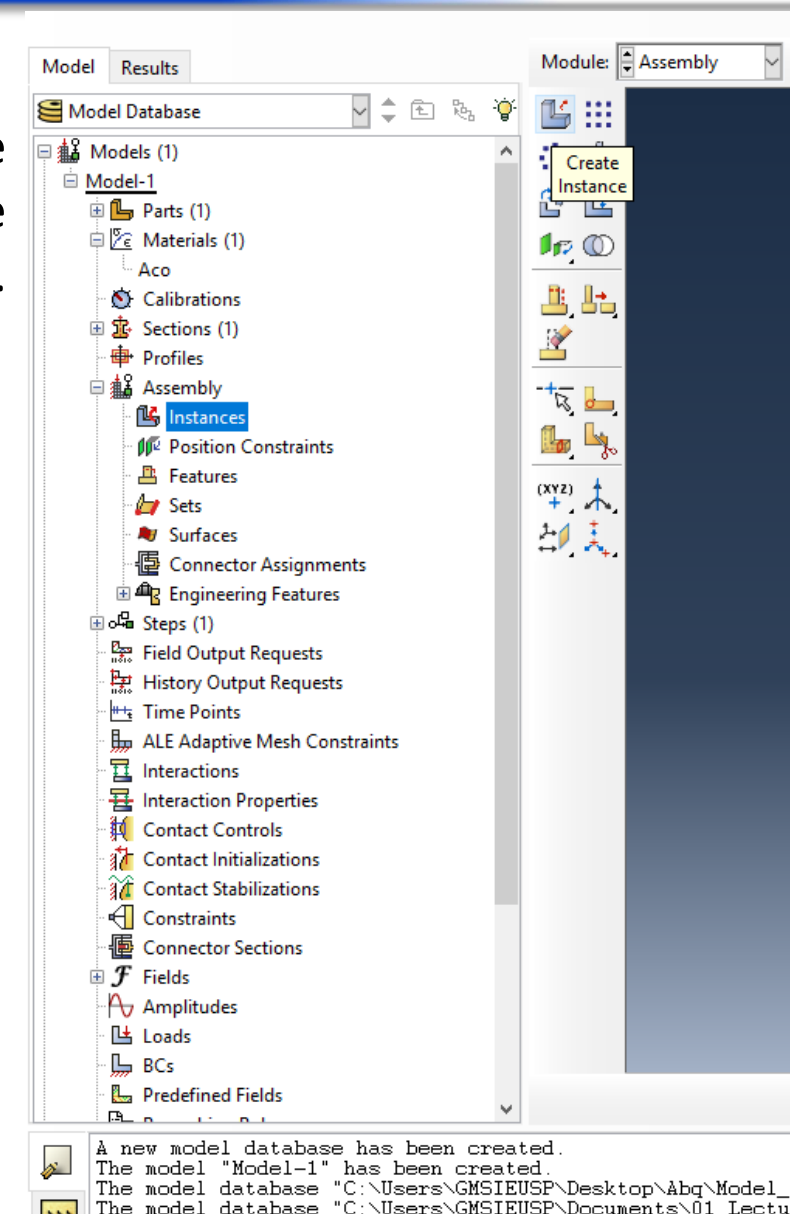
Clique “OK”.





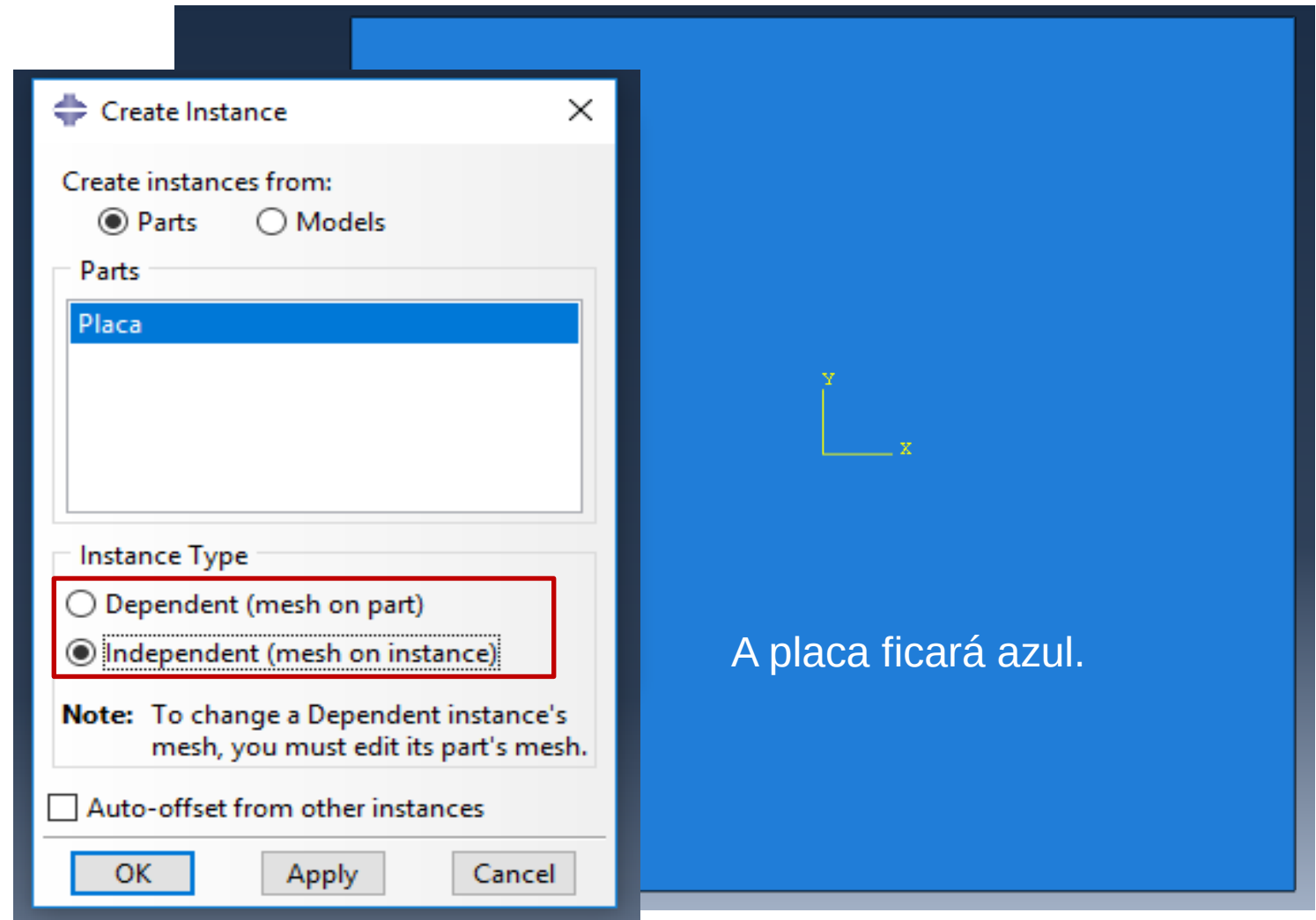
Basta dar duplo clique em “Instances”, dentro de “Assembly” na árvore ou “Create Instance” no painel de ajuda no ViewPort.

Observação importante: Esta etapa é mais útil quando o modelo é formado por várias *partes* (“Part”), e você deve uni-las para criar uma estrutura única. Porém, é uma etapa que não pode ser pulada quando você tem somente uma parte, como nosso caso.



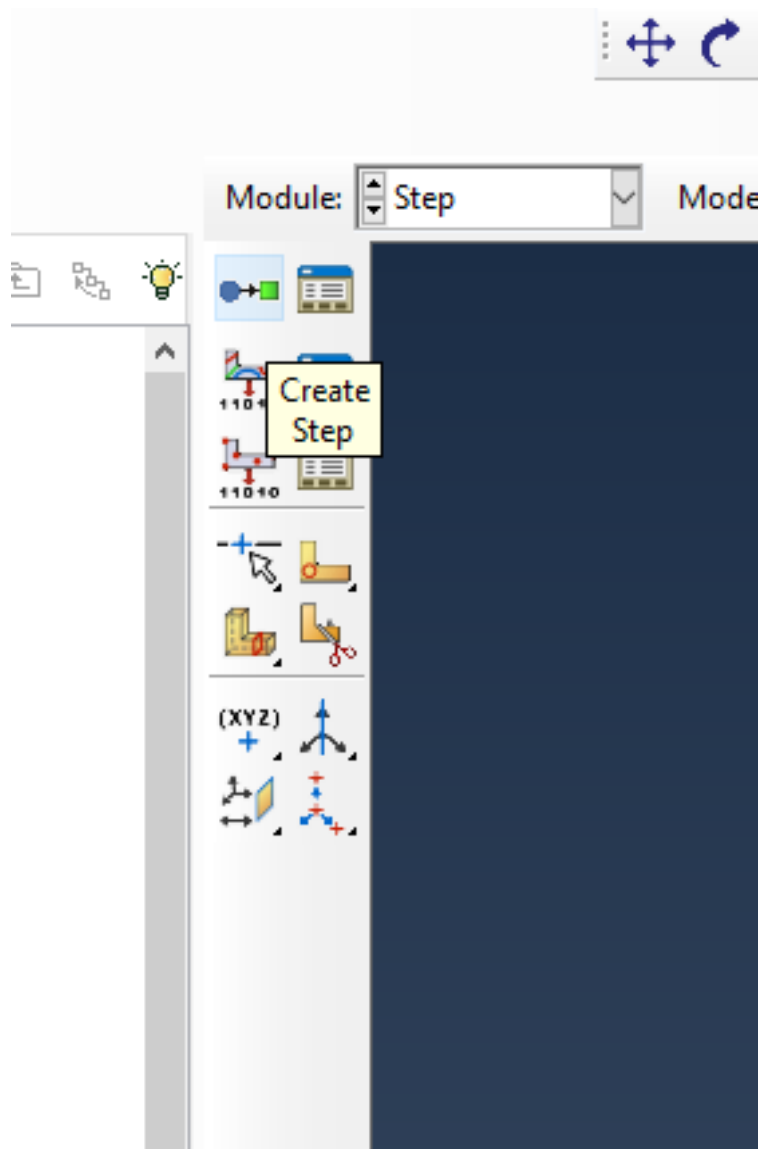


Selecione “Independent” em
“Instance Type”
Clique em “Apply” e “Cancel”.



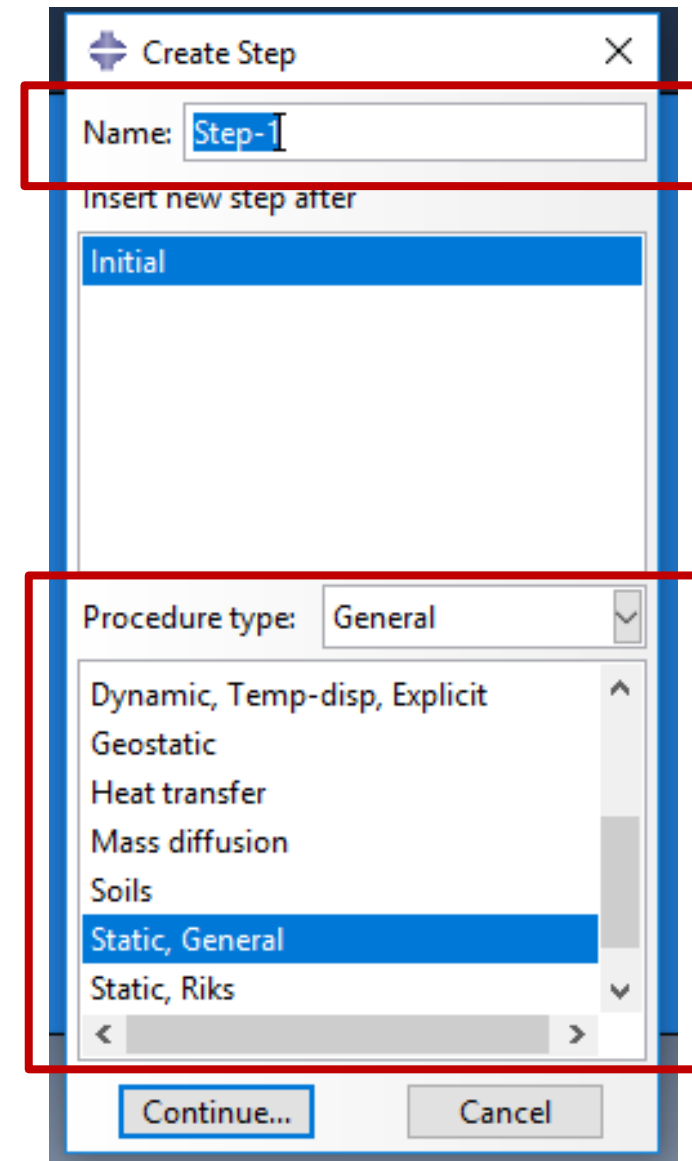


- Agora que você criou sua parte, você pode mover para o módulo **STEP** para definir suas etapas de análise. Para o tutorial da sua placa em balanço, a análise consistirá em duas etapas:
 1. Um passo inicial, no qual você aplicará uma condição de contorno que restrinja uma extremidade da viga;
 2. Um passo de análise, que pode ser análise modal (nosso caso) ou de um carregamento qualquer (estático ou dinâmico) aplicado à estrutura.
- ABAQUS/CAE gera automaticamente o passo inicial, mas você deve usar o módulo STEP para criar a etapa de análise você mesmo. O módulo STEP também permite que você solicite saída para qualquer etapa na análise.



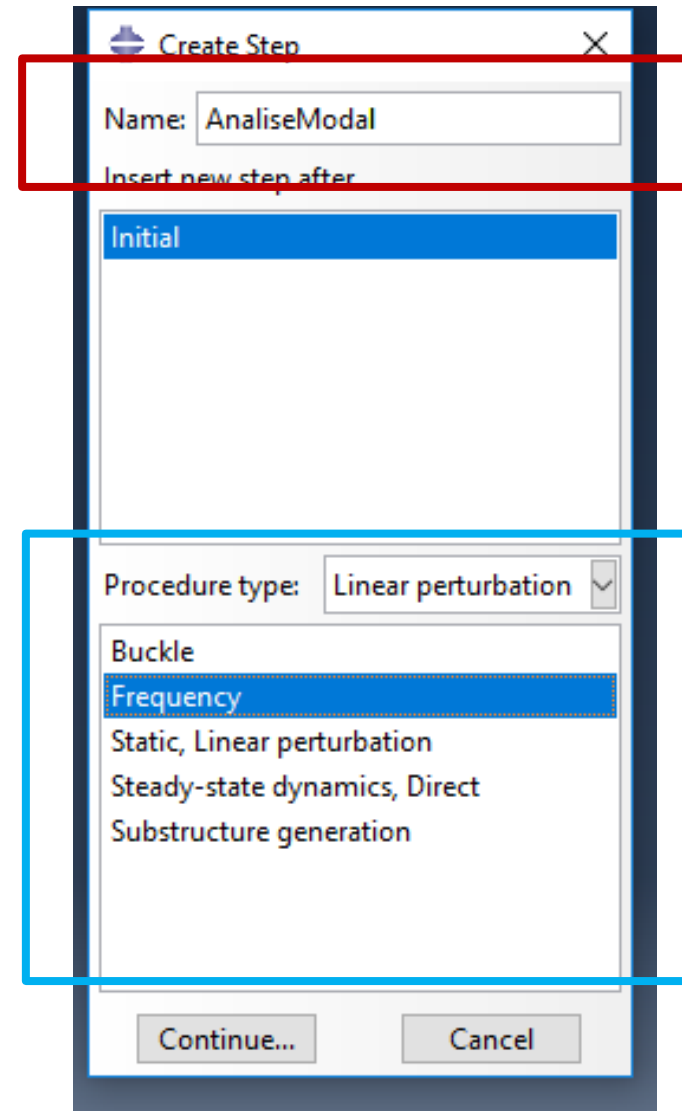
Em “Step” – acho que você já entendeu que pode usar diretamente a árvore do modelo ou o painel ao lado do ViewPort em cada uma das etapas... (e já escolheu seu caminho favorito). 😊😊

Abre-se a caixa de diálogo **Create Step**, com uma lista de todos os procedimentos gerais (por default considera análise estática, mas iremos modificar) e um nome padrão do STEP *Step-1*. Os procedimentos (procedure type) são aqueles que podem ser usados para analisar a resposta linear ou não-linear. No próximo slide iremos modificar os parâmetros necessários.



Dê um nome ao step
(AnaliseModal);

Dê um nome ao step
(AnaliseModal);
Escolha “Linear
perturbation”, em
“Procedure type” ;
Selecione “Frequency”;
Clique “Continue...”





- Dê uma descrição ao step;
- Selecione "Lanczos" para o Eigensolver;
- Selecione a opção "Value" em "Number of eigenvalues requested" e digite, p. ex., 10
- Clique em "OK"

Edit Step

Name: AnaliseModal

Type: Frequency

Basic Other

Description: Análise Modal de Placa

Nlgeom: Off

Eigensolver: ☒ Lanczos ☐ Subspace ☐ AMS

Number of eigenvalues requested: ☐ All in frequency range ☒ Value: 10

☐ Frequency shift (cycles/time)**2:

☐ Minimum frequency of interest (cycles/time):

☐ Maximum frequency of interest (cycles/time):

☒ Include acoustic-structural coupling where applicable

Block size: ☒ Default ☐ Value:

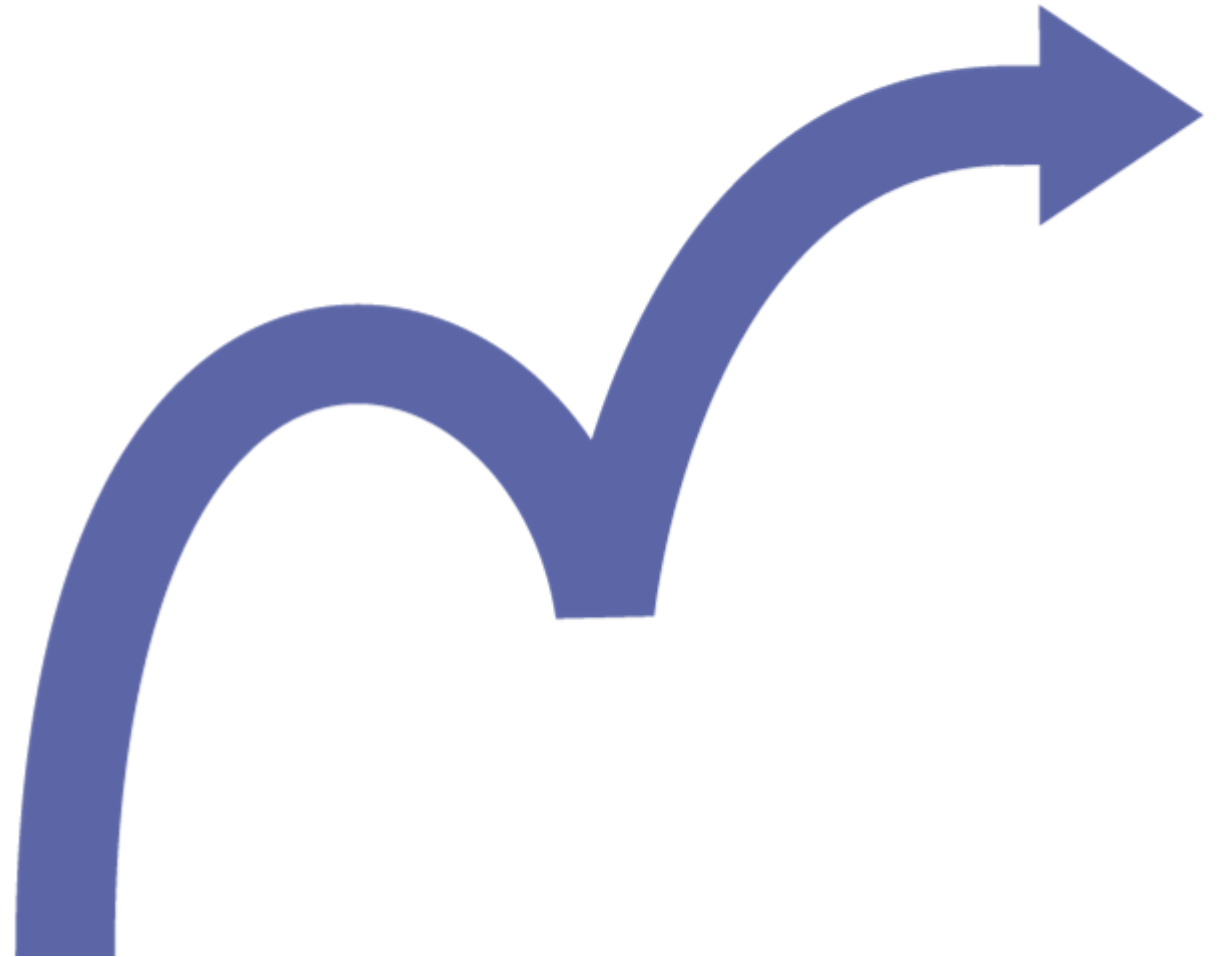
Maximum number of block Lanczos steps: ☒ Default ☐ Value:

☐ Use SIM-based linear dynamics procedures

☐ Include residual modes

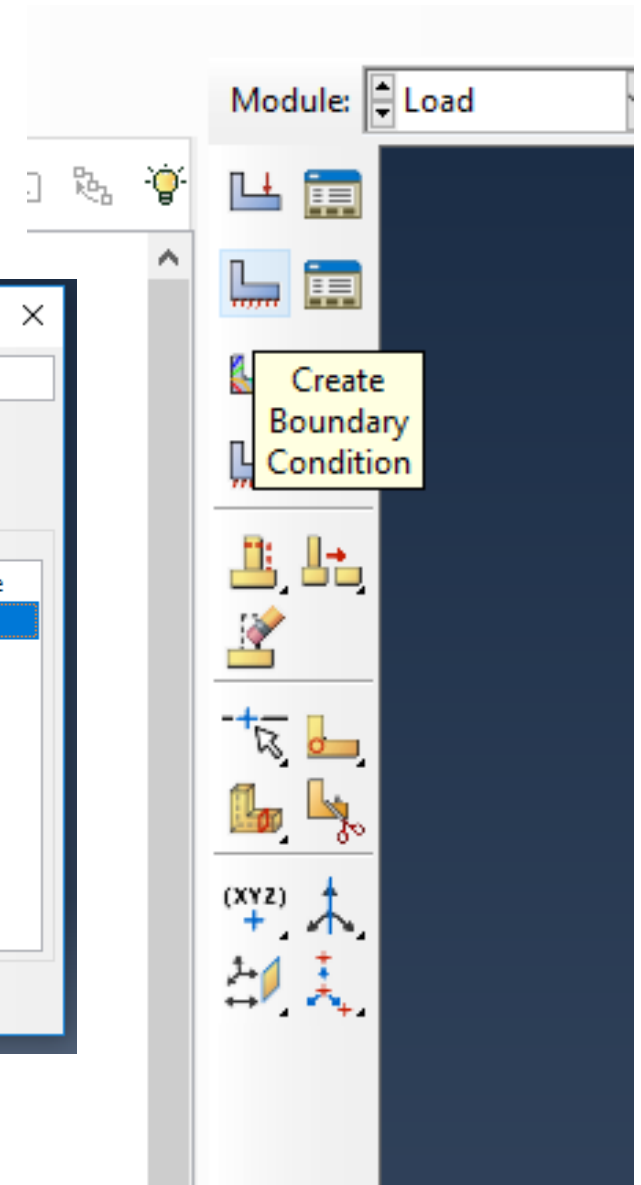
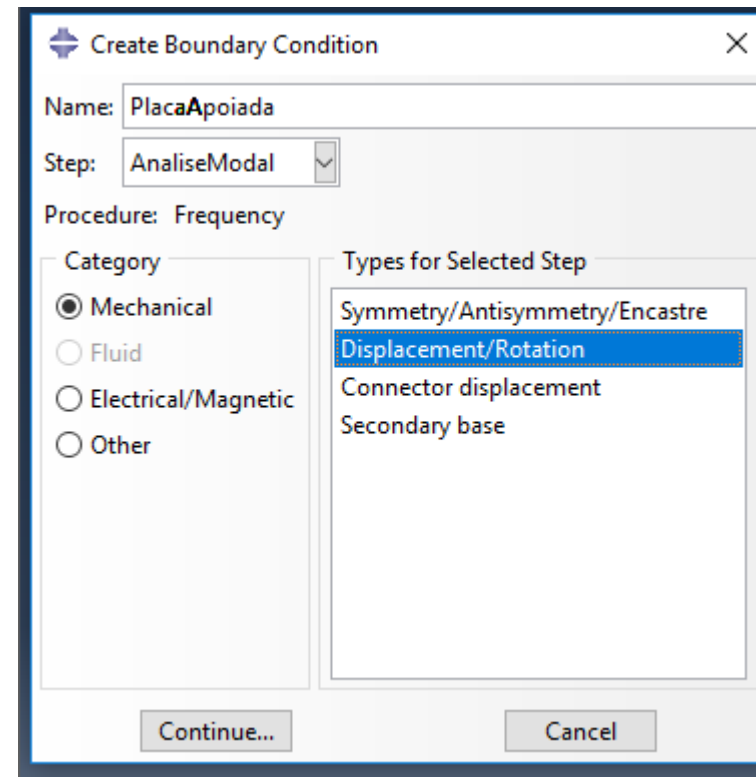
OK Cancel

Vamos para o passo **Load**.
Pulamos o passo **Interaction**.
Esse passo é necessário
quando temos que definir a
relação entre partes. Por
exemplo, o atrito, contato,
interações (movimentos
dependentes entre partes)...
Em nosso caso, temos
somente uma parte: a placa.



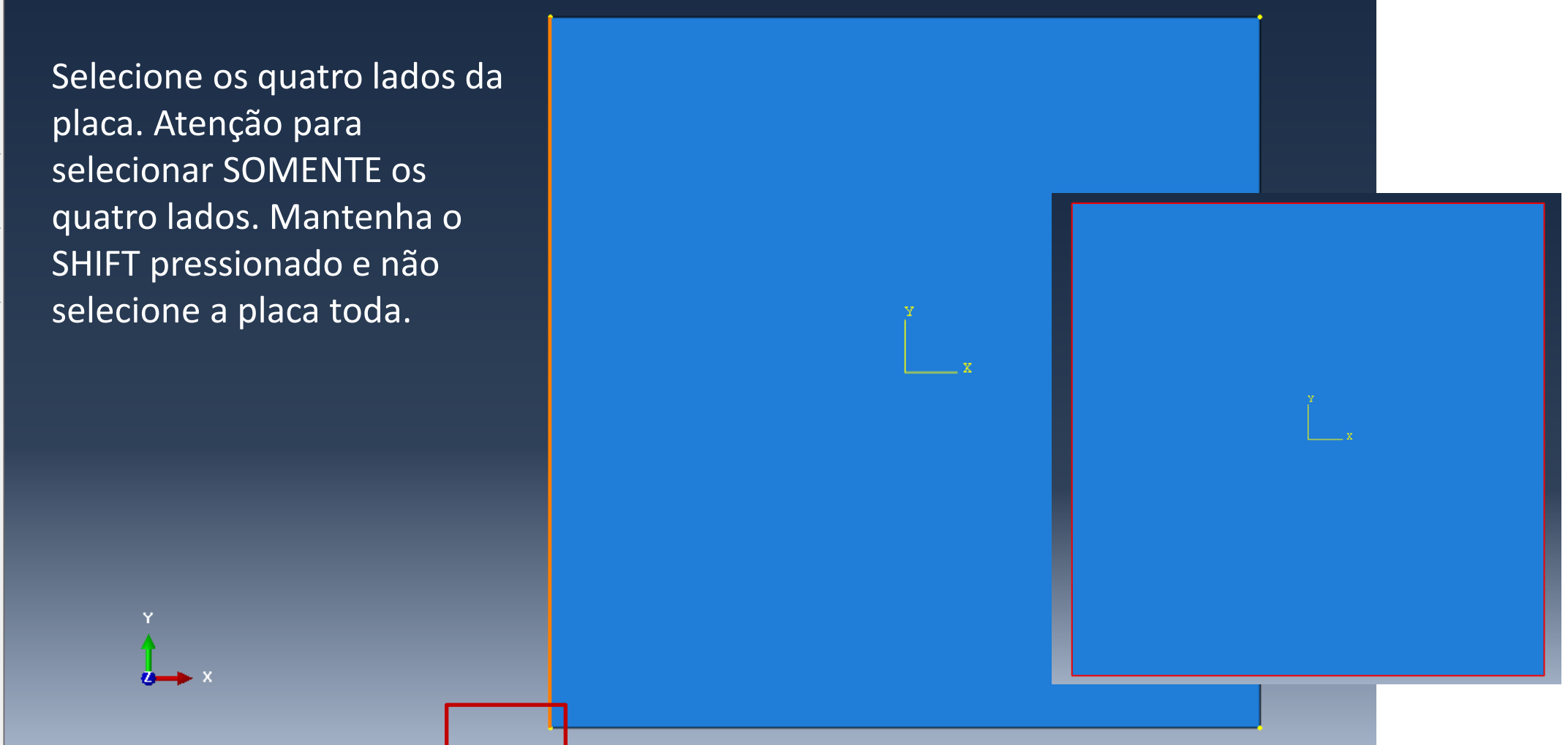
Em Load, clique em “Create Boundary Condition”

- Nomeie a condição de contorno (PlacaApoiada)
- Para “Types for Selected Step” selecione “Displacement/Rotation”
(se você quiser engastar sua placa use a opção “Symmetry/Antisymmetry/Encastre”)
- Clique “Continue...”



Module: Load Model: Model-1 Step: AnaliseModal

Selecione os quatro lados da placa. Atenção para selecionar SOMENTE os quatro lados. Mantenha o SHIFT pressionado e não selecione a placa toda.



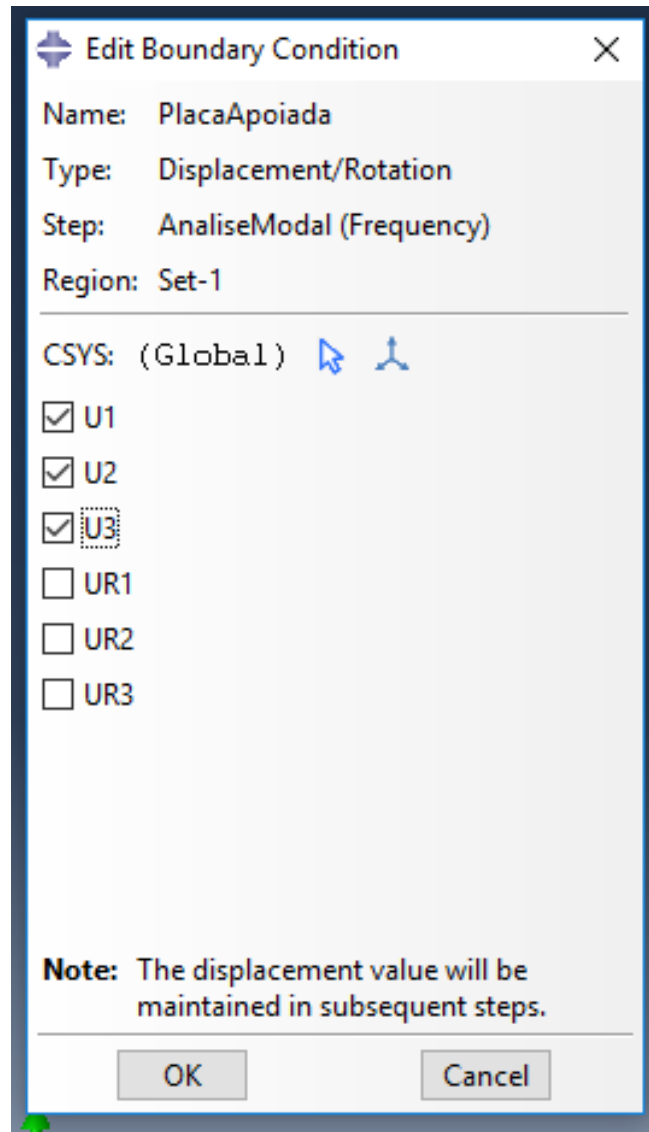
Y X

Y X

Y X Z

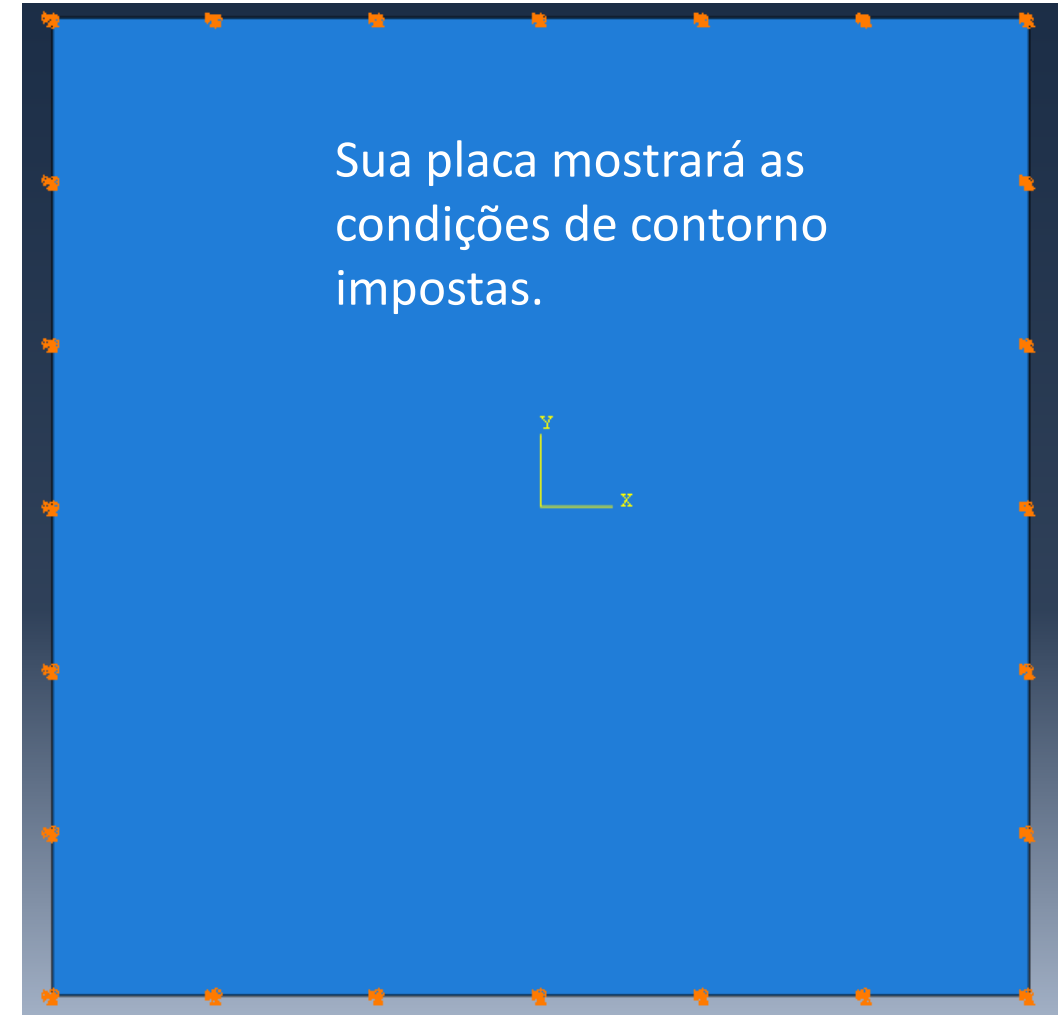
Select regions for the boundary condition (☒ Create set: Set-1) Done

Clique "Done"



Impeça somente deslocamentos e não as rotações das laterais.

Clique em “OK”.



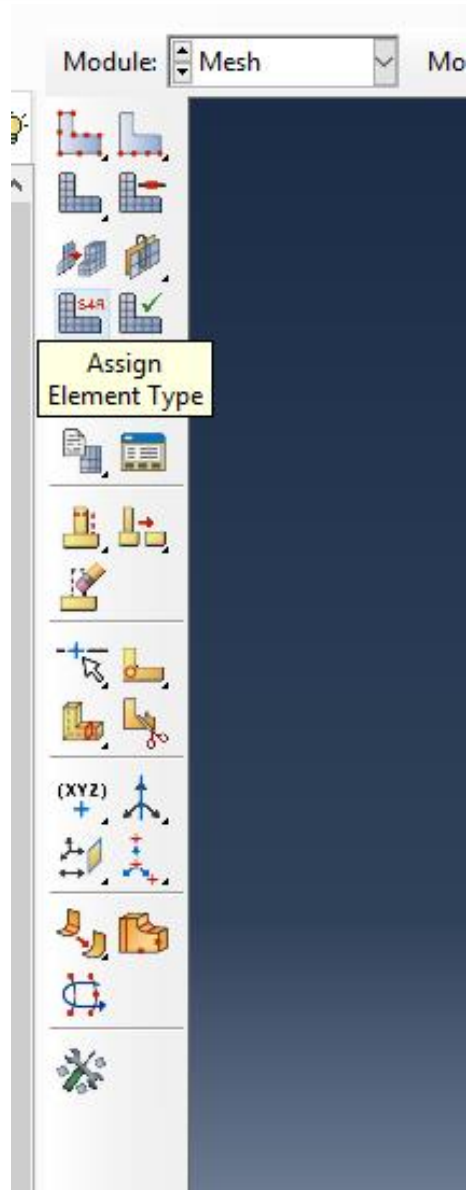
Sua placa mostrará as condições de contorno impostas.



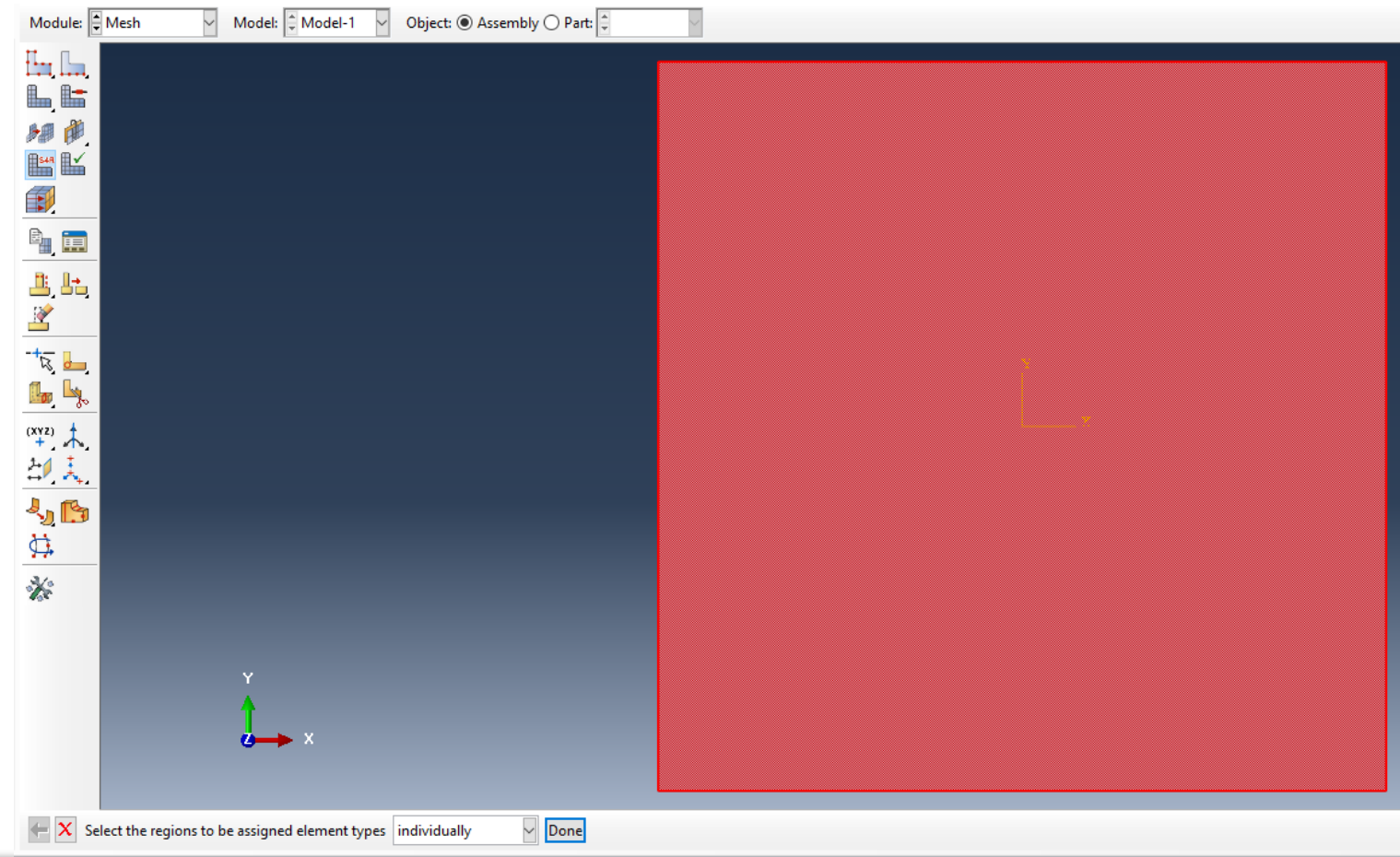
Na lista Module, localizada na barra de ferramentas, clique em Mesh para entrar no módulo de malhamento do problema.

Importante:

Embora você possa criar uma malha em qualquer ponto após a criação da **Assembly**, você geralmente faz isso depois de configurar o resto do modelo, já que itens como cargas, condições de contorno e etapas *dependem da geometria subjacente e não da malha*. Se você faz com que dependam da malha (por exemplo, impõe condições de contorno (cc) nos nós e não na face), cada vez que mudar a malha deverá refazer as cc.



- Para escolher o tipo de elemento,
- clique em “Assign Element Type”;
 - selecione a placa;
 - “Done”



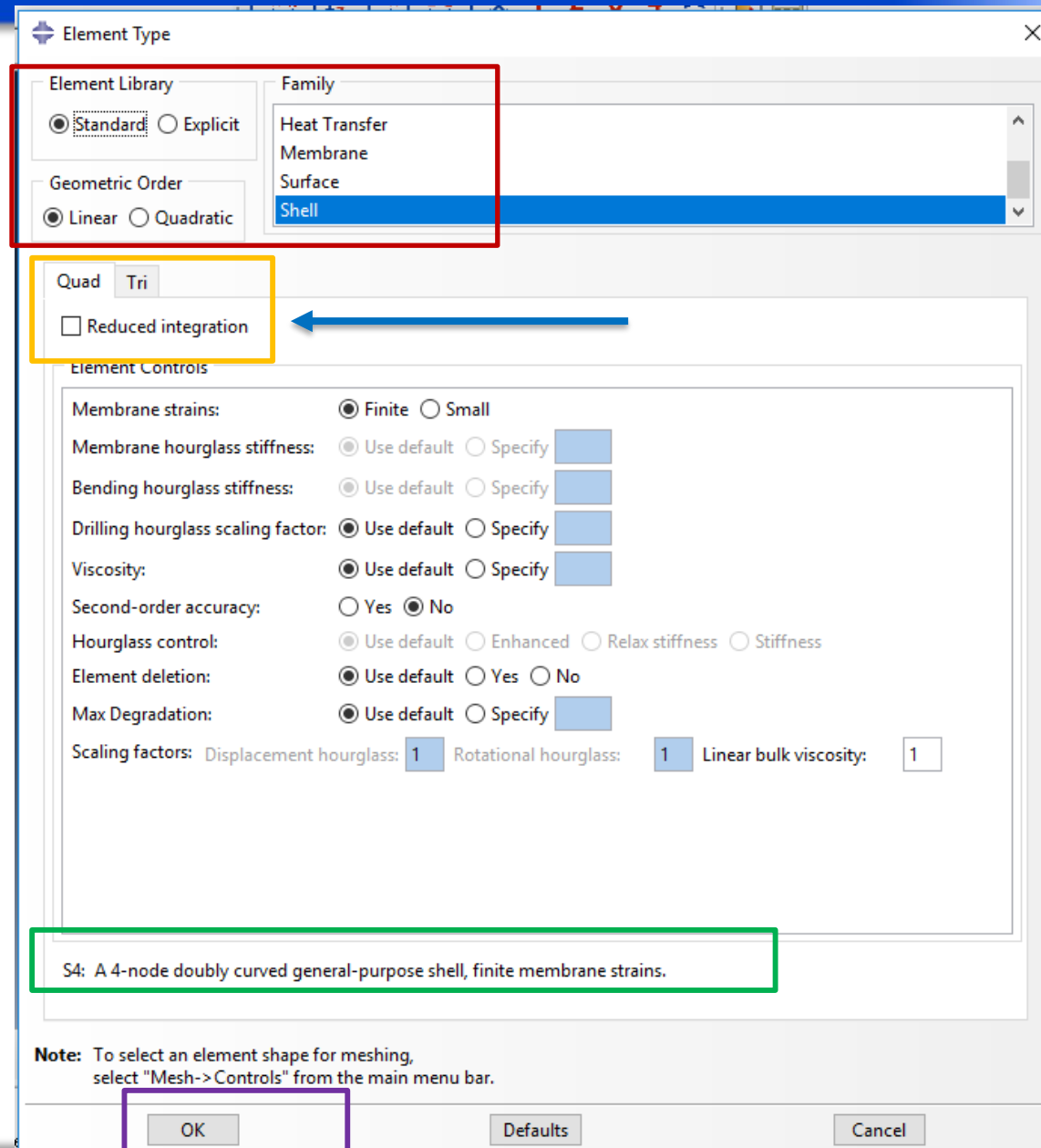
Na caixa de diálogo que se abriu, aceite as seguintes seleções default que controlam os elementos disponíveis:

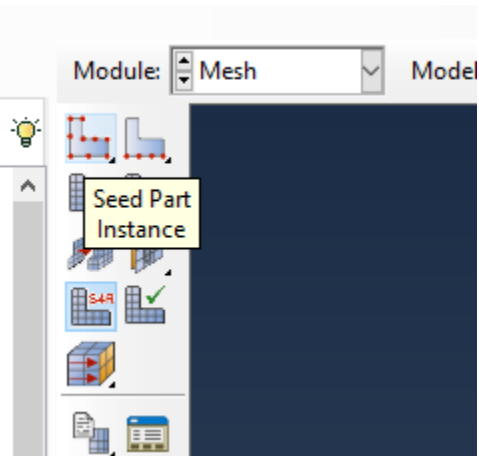
- Em **Element Library** o default é **Standard**.
- **Linear** é a **Geometric Order** default .
Uma vez que o modelo shell, são mostrados apenas os tipos de elementos planos de quatro nós **Quad**, e três nós **Tri**.

Clique na guia **Quad** tire a opção de “Reduced Integration”.

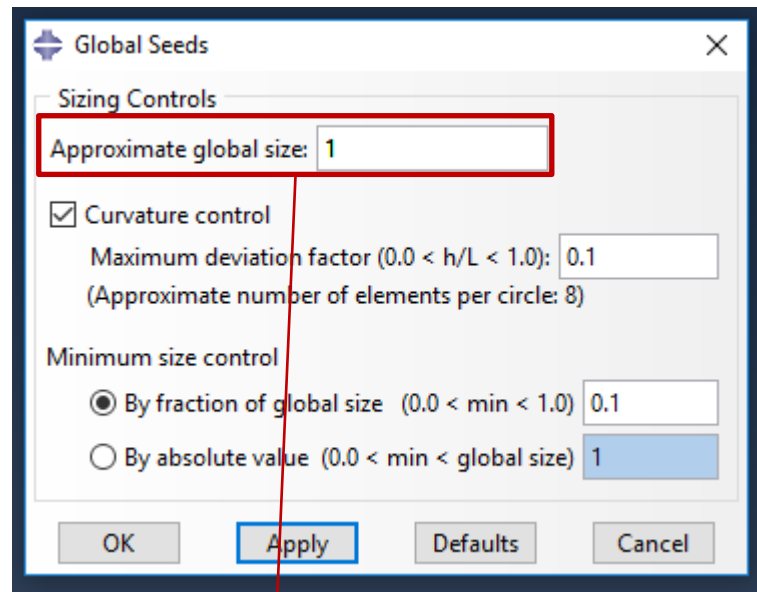
Uma descrição do tipo de elemento S4 aparece na parte inferior da caixa de diálogo. O software agora irá associar elementos S4 com os elementos na malha.

Clique OK

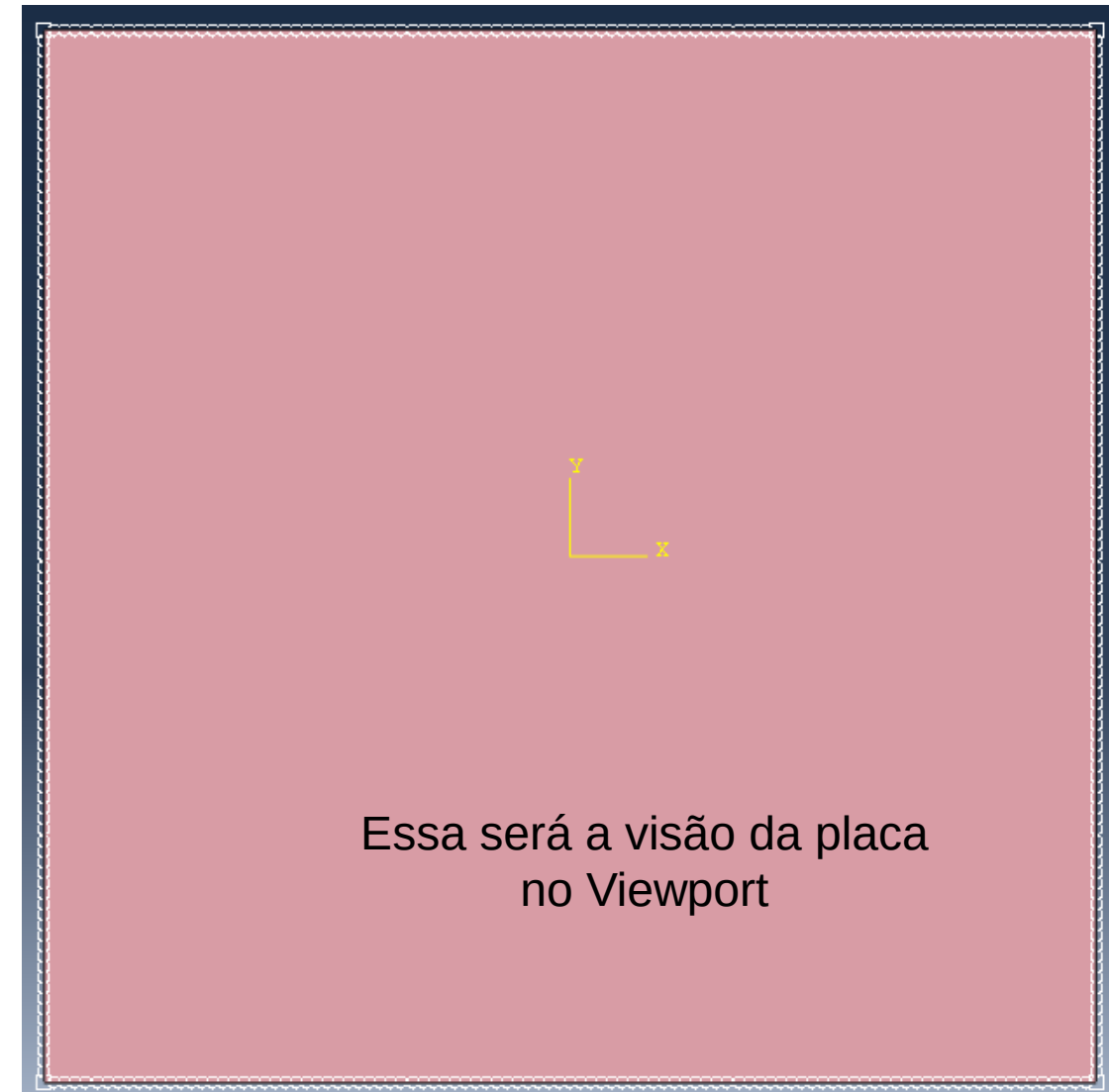




Clique em “Seed Part Instance” para definir a dimensão da malha



Escolha uma dimensão aproximada para seu elemento. Em geral, menor elemento, maior precisão, maior custo computacional (se seu Abaqus tem limite de nós, verifique se esse valor não foi ultrapassado).

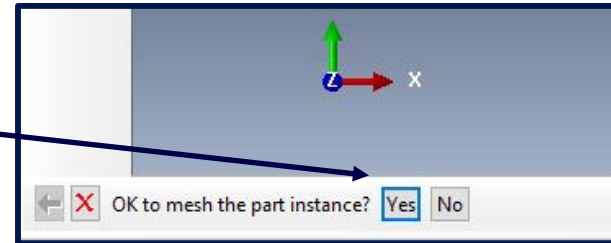


Essa será a visão da placa no Viewport

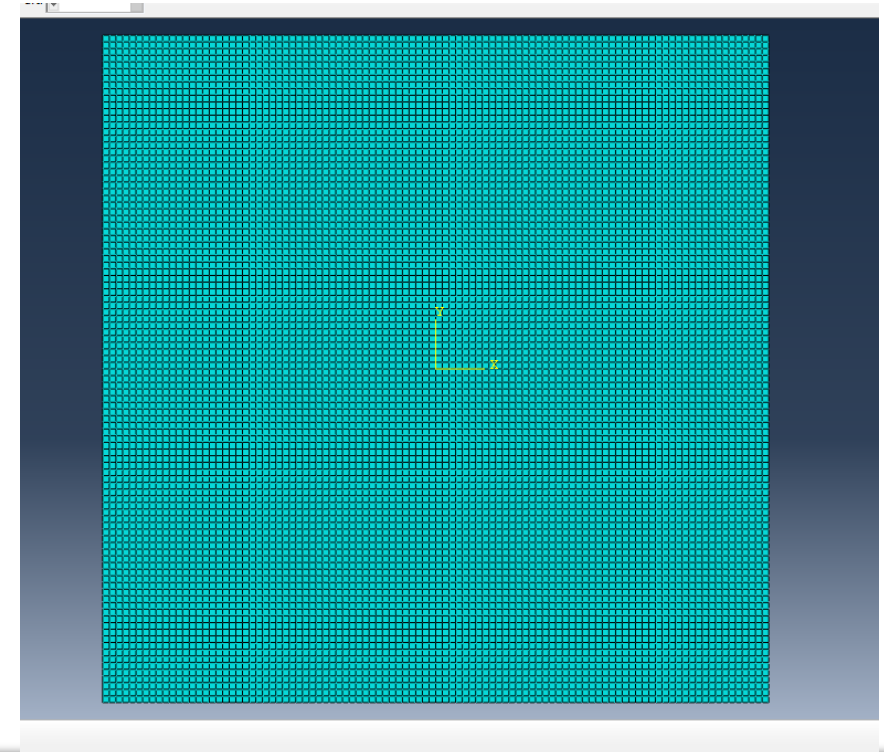


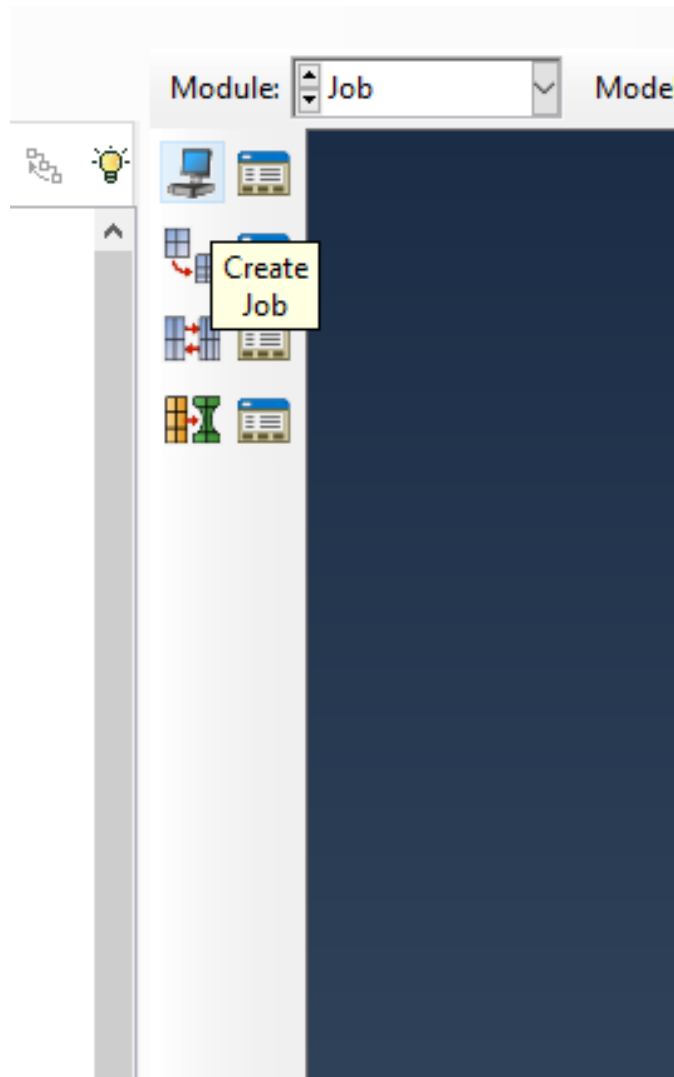
Clique em “Mesh Part Instance” para gerar a malha.

Clique em “Yes”.

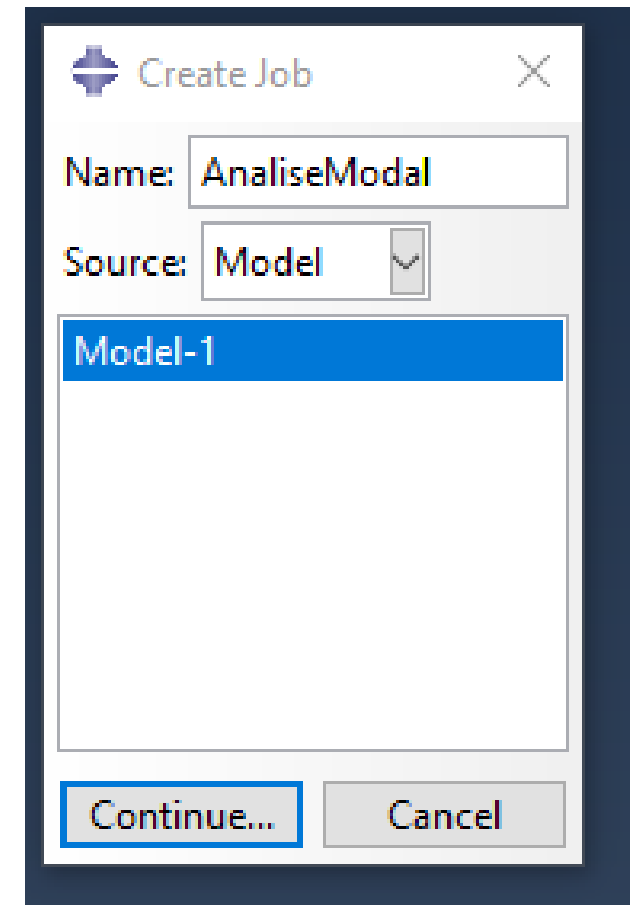


Sua malha está pronta.





Clique em “Create Job”
Dê um nome para seu Job (AnaliseModal)
Clique em “Continue...”



Edit Job

Name: AnaliseModal

Model: Model-1

Analysis product: Abaqus/Standard

Description: **Descreva seu Job**
Análise Modal de uma placa simplesmente apoiada

Submission General Memory **Parallelization** Precision

Job Type

☒ Full analysis

☐ Recover (Explicit)

☐ Restart

Run Mode

☒ Background ☐ Queue: Host name: Type:

Submit Time

☒ Immediately

☐ Wait: hrs. min.

☐ At:

OK Cancel

Edit Job

Name: AnaliseModal

Model: Model-1

Analysis product: Abaqus/Standard

Description: Análise Modal de uma placa simplesmente apoiada

Submission General Memory Parallelization Precision

☒ Use multiple processors

☐ Use GPGPU acceleration

Abaqus/Explicit

Number of domains:

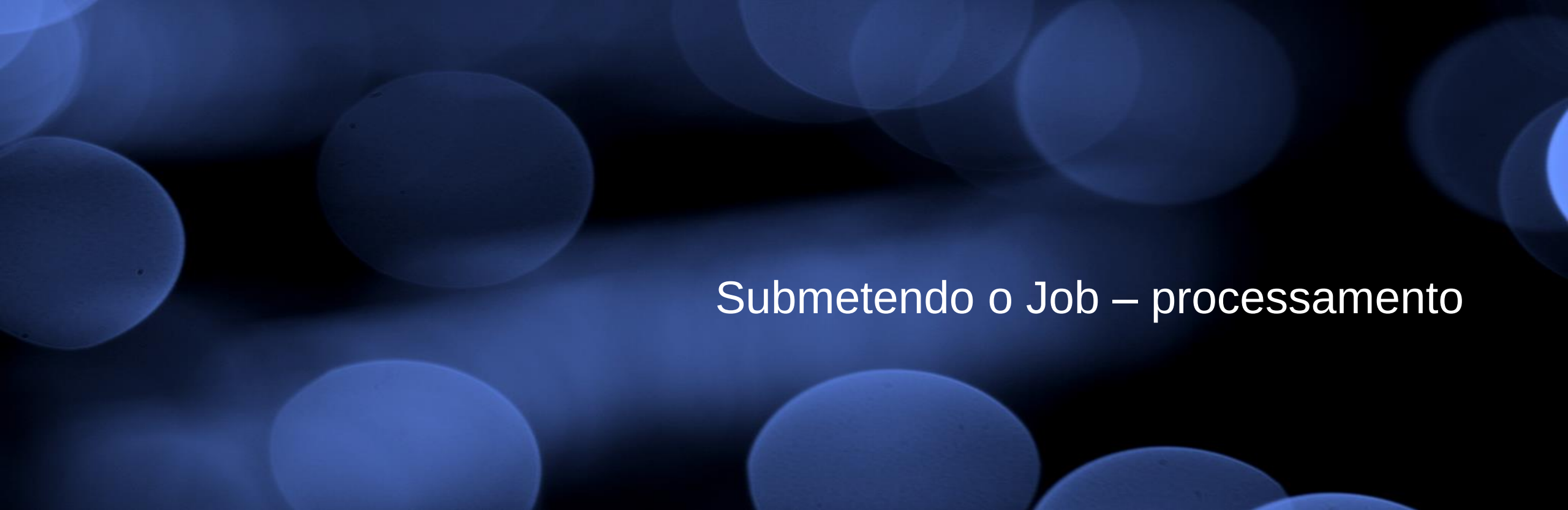
Parallelization method:

Multiprocessing mode:

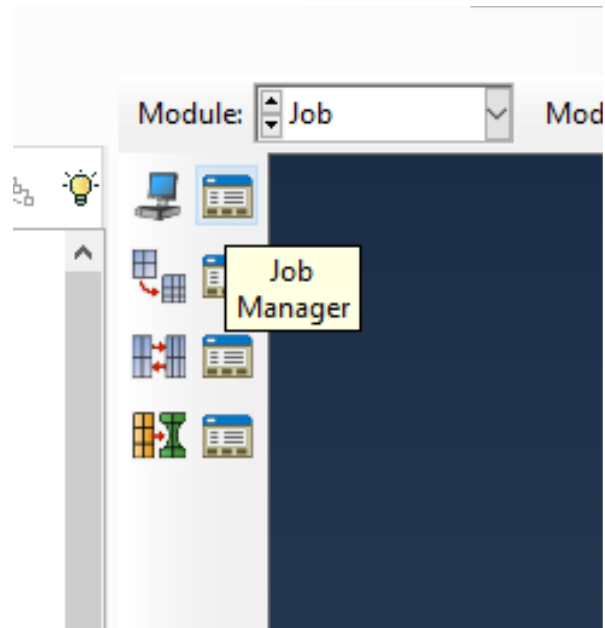
Para problemas grandes, defina o número de processadores (aqui não é necessário).

Clique "OK".

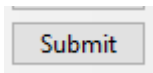
OK Cancel

The background of the slide features a dark blue field populated with numerous out-of-focus, glowing circles of varying sizes and intensities, creating a bokeh effect. The text is centered horizontally and vertically within this area.

Submetendo o Job – processamento

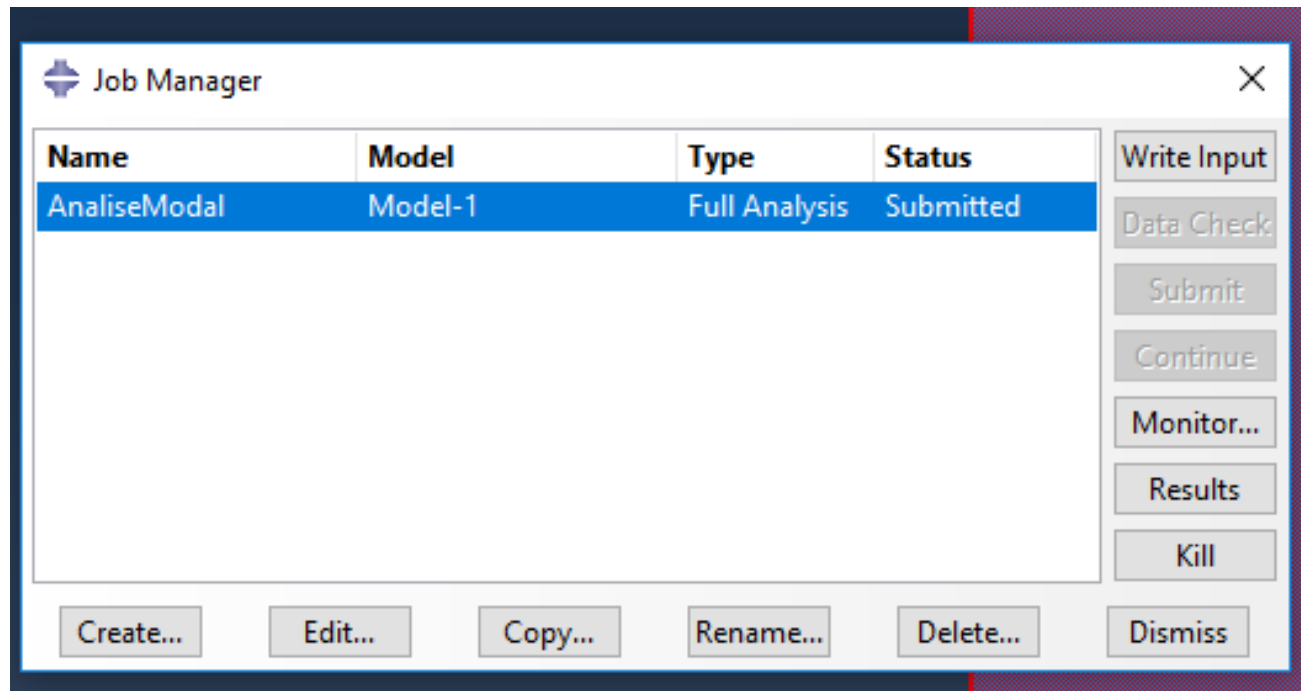


Em “Job Manager”, submeta seu trabalho,





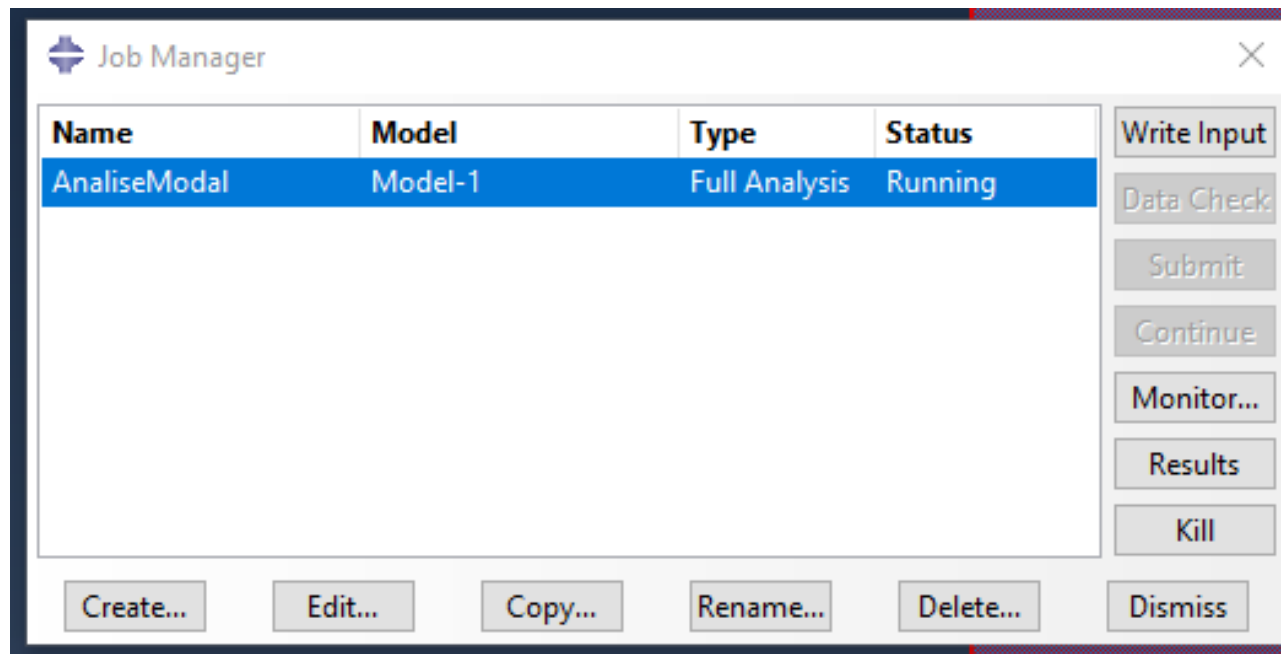
Primeiro, o programa irá analisar se seu modelo está ok (status *Submitted*)

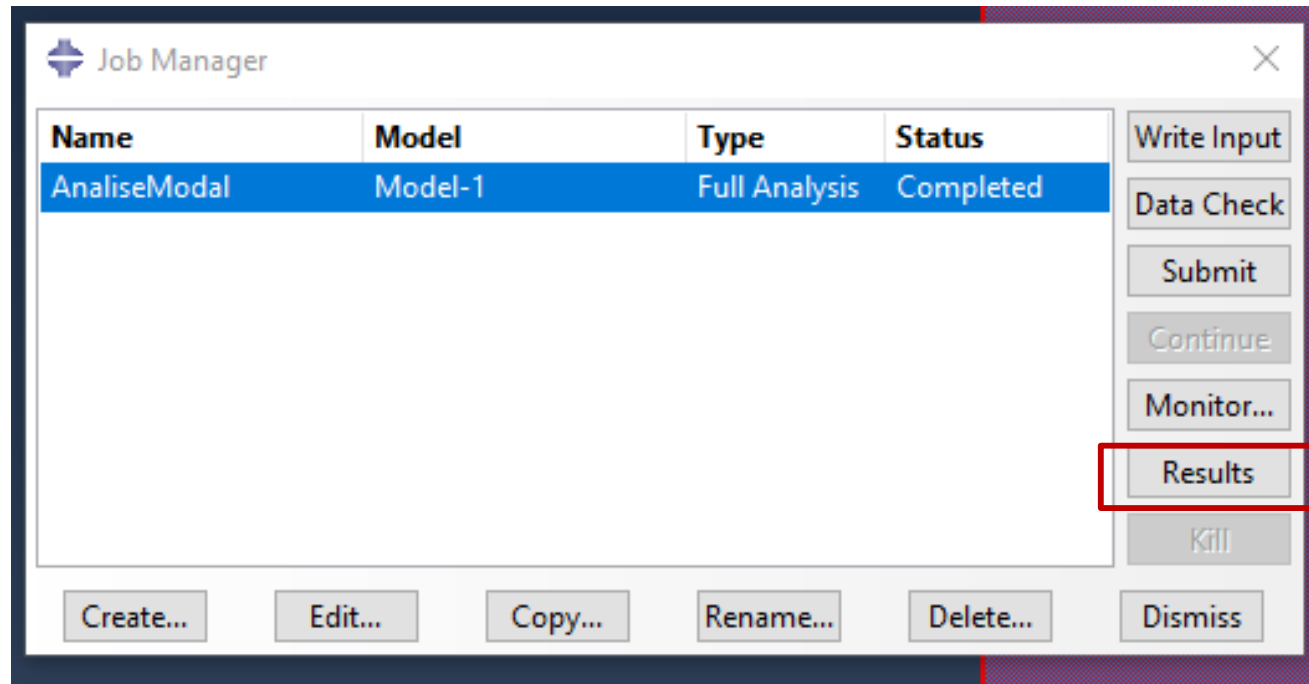


```
The job "AnaliseModal" has been created.  
The job input file "AnaliseModal.inp" has been submitted for analysis.
```



Depois, a análise modal se inicia (status *Running*).



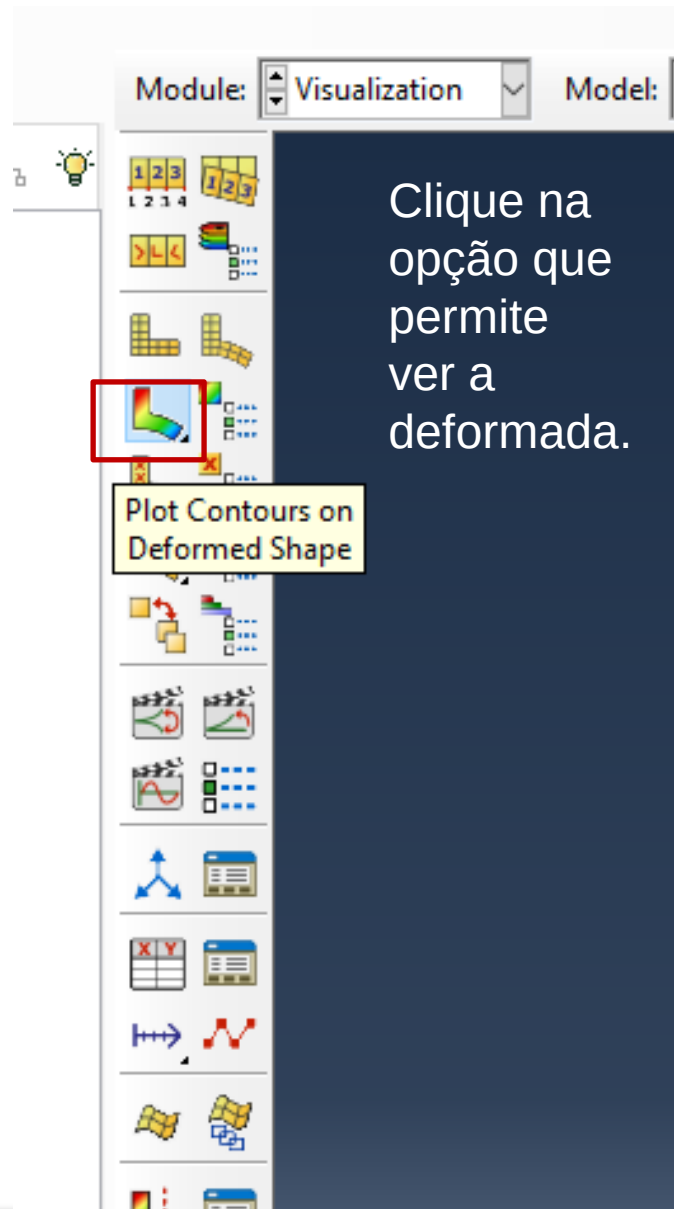


Quando a análise tiver terminado (status "Completed"), clique em "Results"

```
The job "AnaliseModal" has been created.  
The job input file "AnaliseModal.inp" has been submitted for analysis.  
Job AnaliseModal: Analysis Input File Processor completed successfully.  
Job AnaliseModal: Abaqus/Standard completed successfully.  
Job AnaliseModal completed successfully.
```

The background of the slide features a dark blue field with numerous out-of-focus, glowing circles of varying sizes, creating a bokeh effect. The text is centered in the lower half of this area.

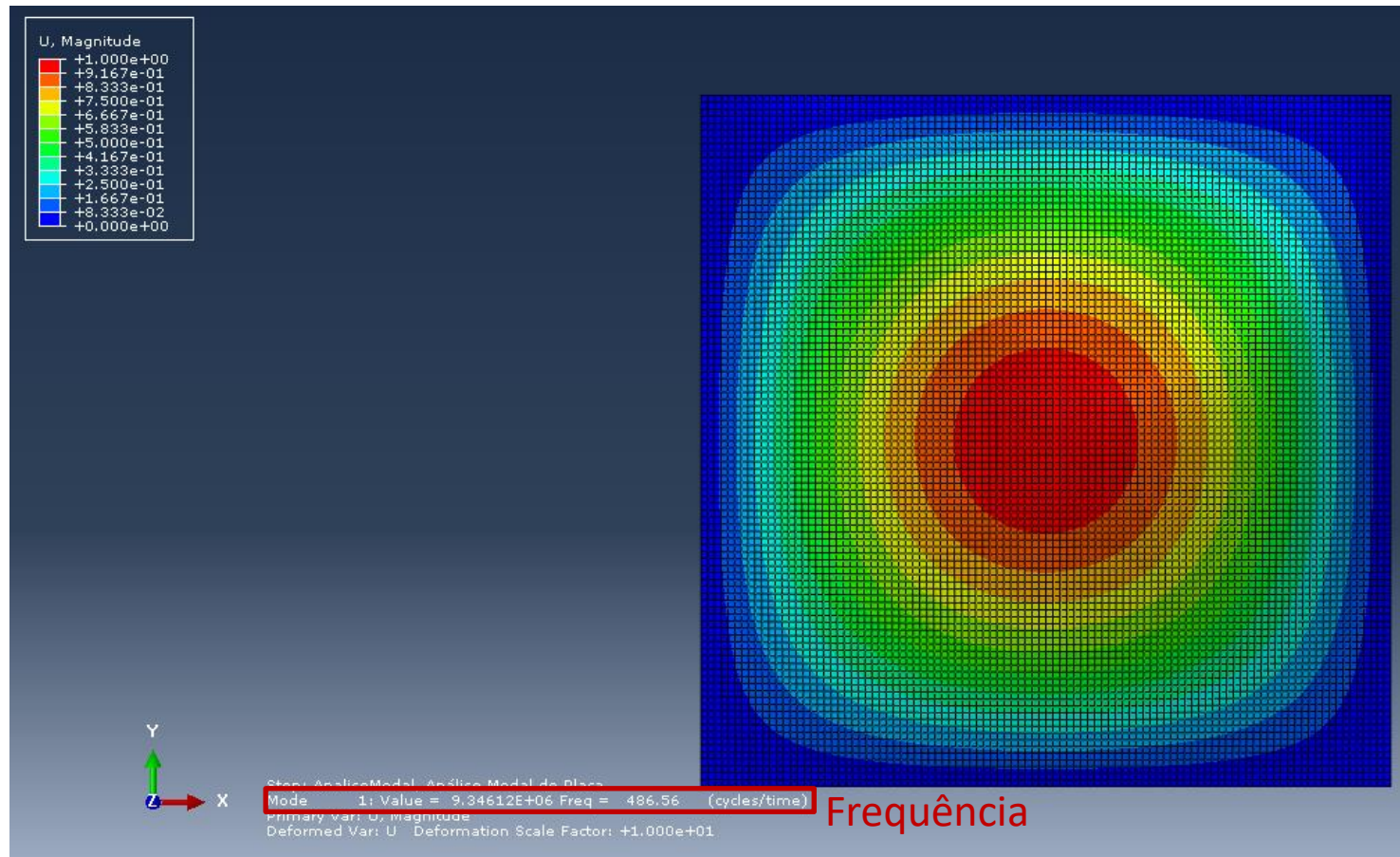
Resultados – Pós processamento



Veja os 10 modos e frequências clicando nos botões à direita, acima do Viewport.



Primeiro modo (veja os demais...)





Parte extra – se vocês precisarem....

Como eu prendo um nó qualquer no centro da minha geometria?!?!?



- Crie um nó central;
- Verifique se esse nó central coincide com algum nó da malha:
 - Se sim – aplique as condições de contorno (c.c.) que você quer no nó da malha.
 - Se não – crie um set com os nós da malha mais próximos e depois aplique as c.c. nesse set.

Vamos fazer isso passo a passo.





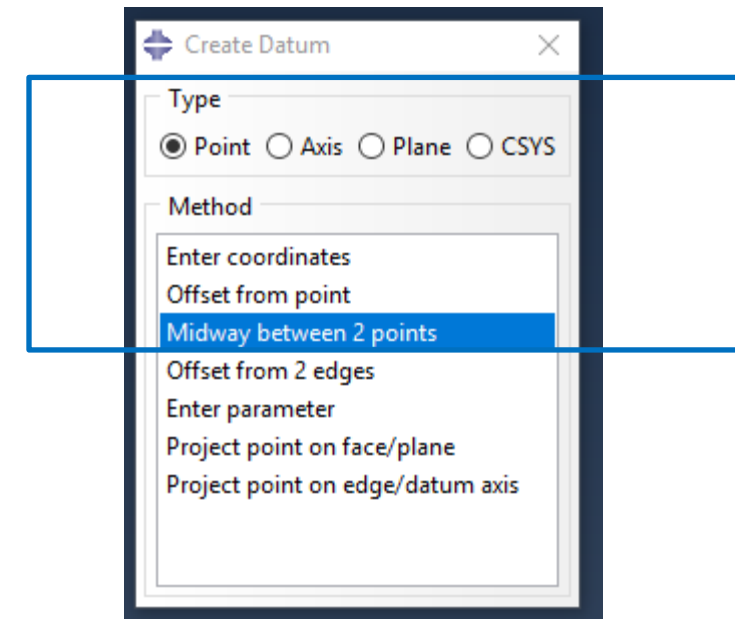
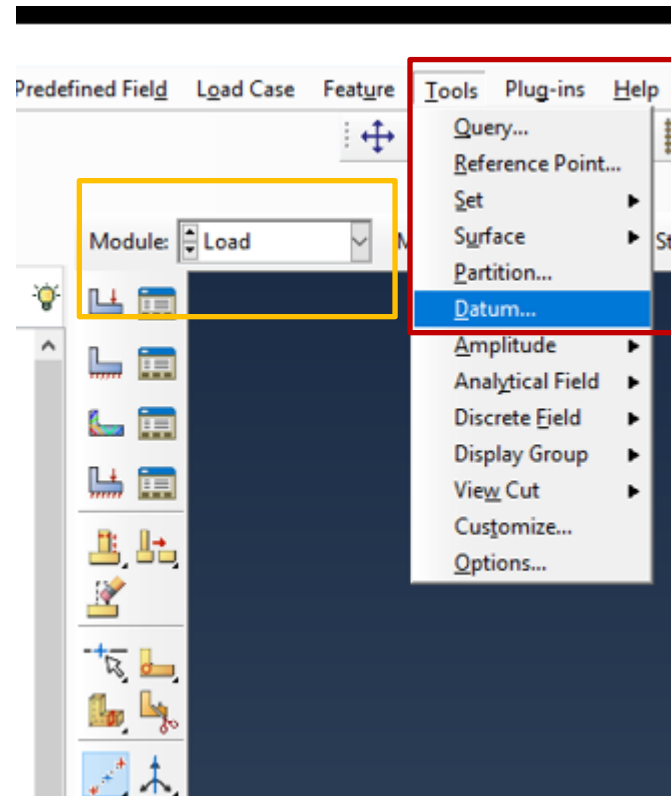
Em “Load” clique em:

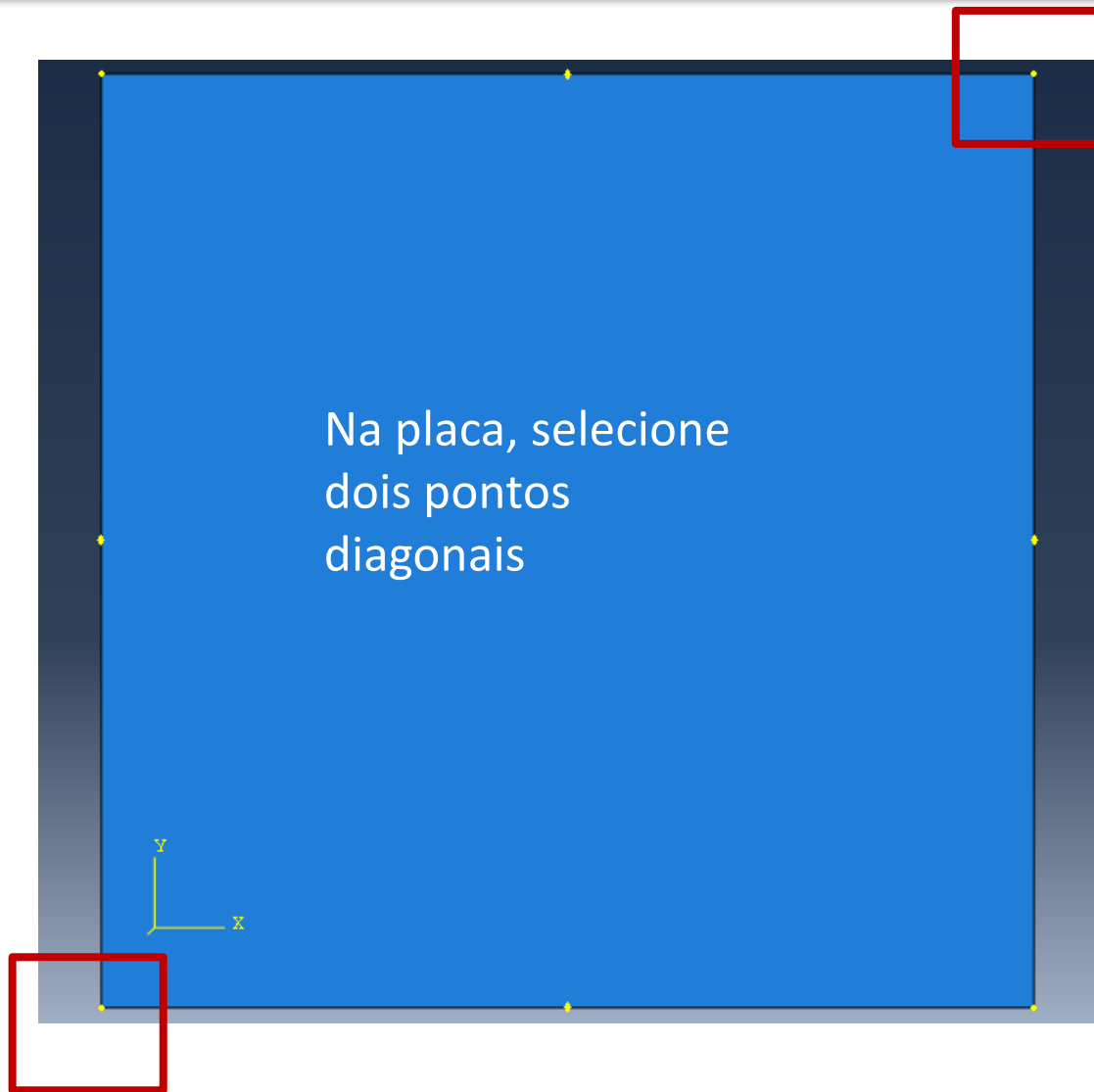
Tools

Datum...

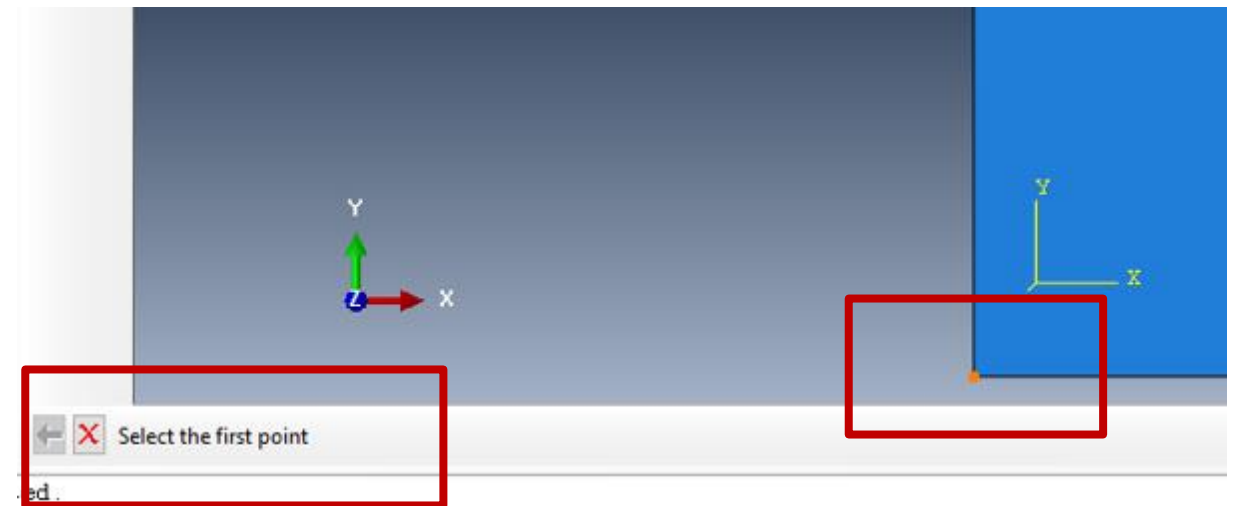
Type: Point

Method: Midway between 2 points

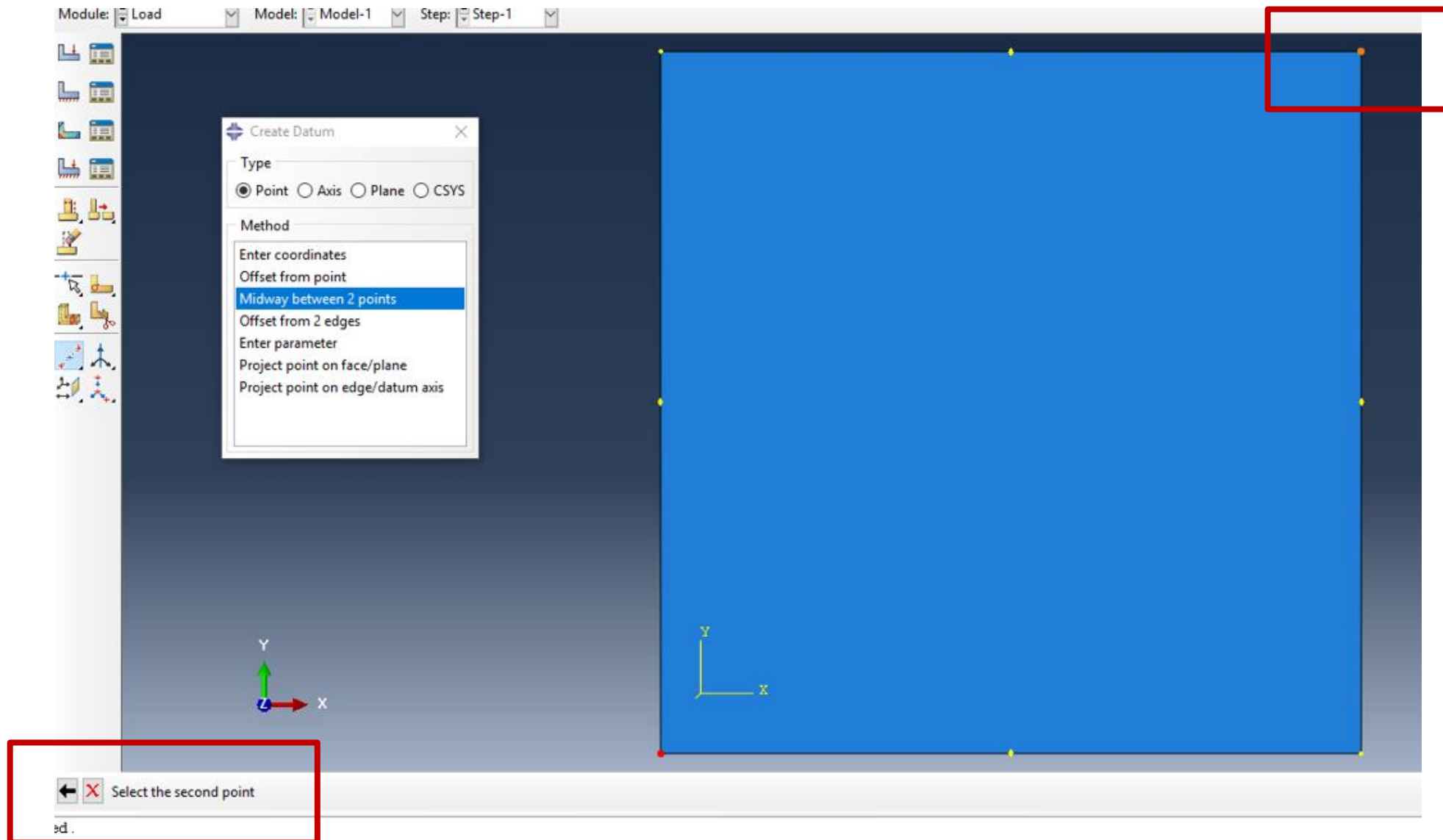


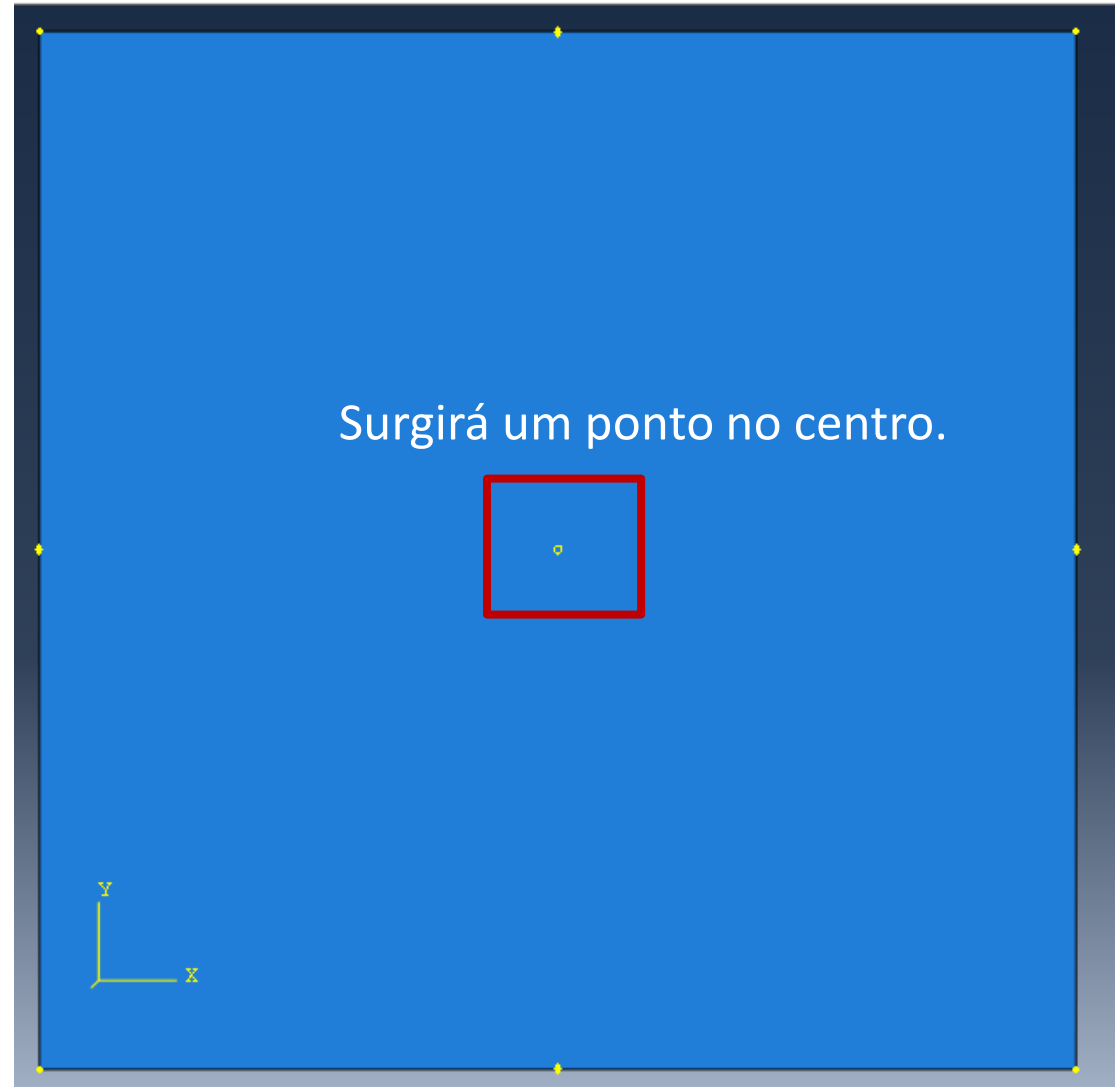
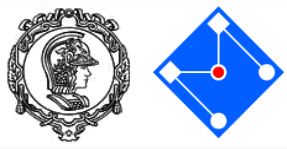


Na placa, selecione
dois pontos
diagonais

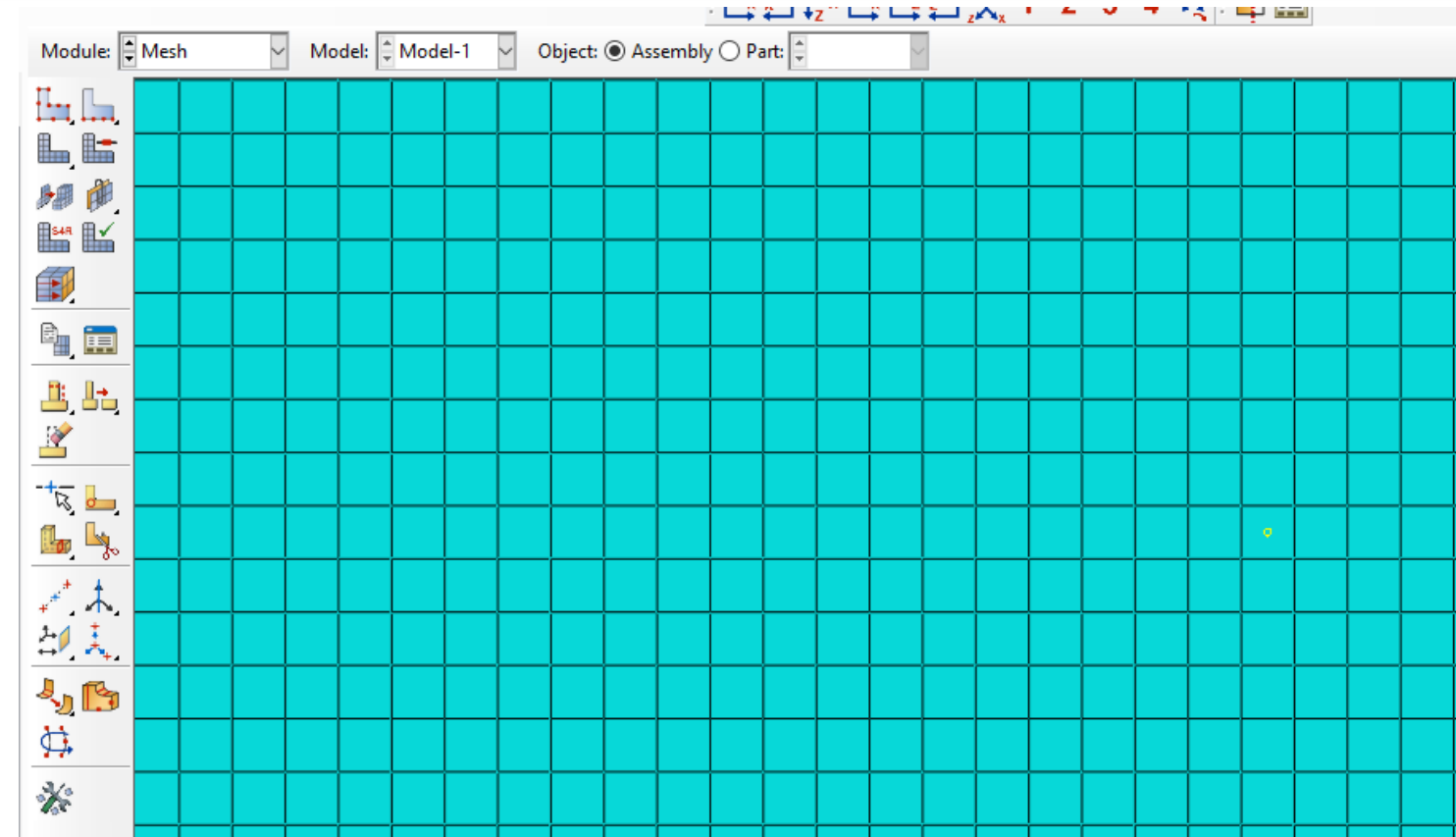
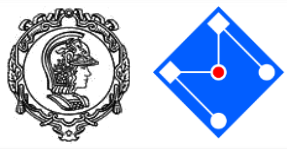


Aplicando c.c. em nós da malha

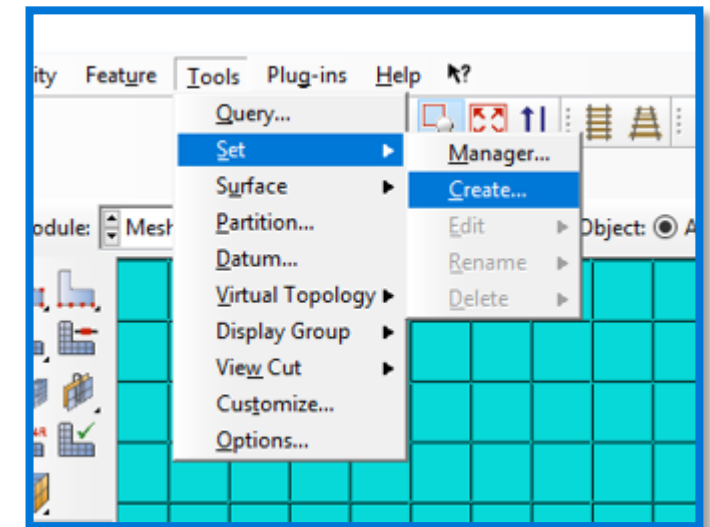


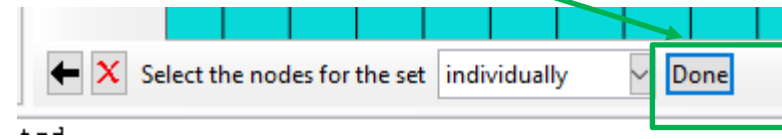
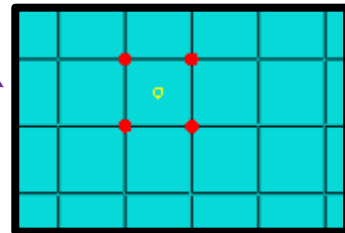
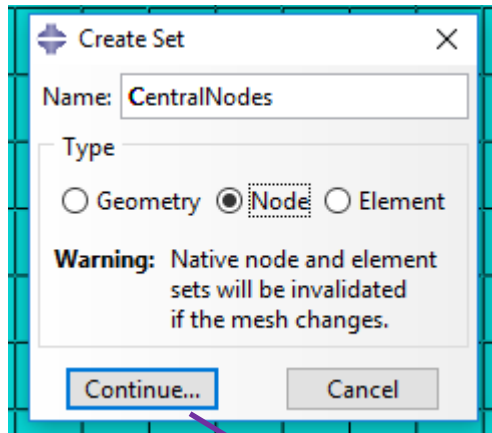


Aplicando c.c. em nós da malha

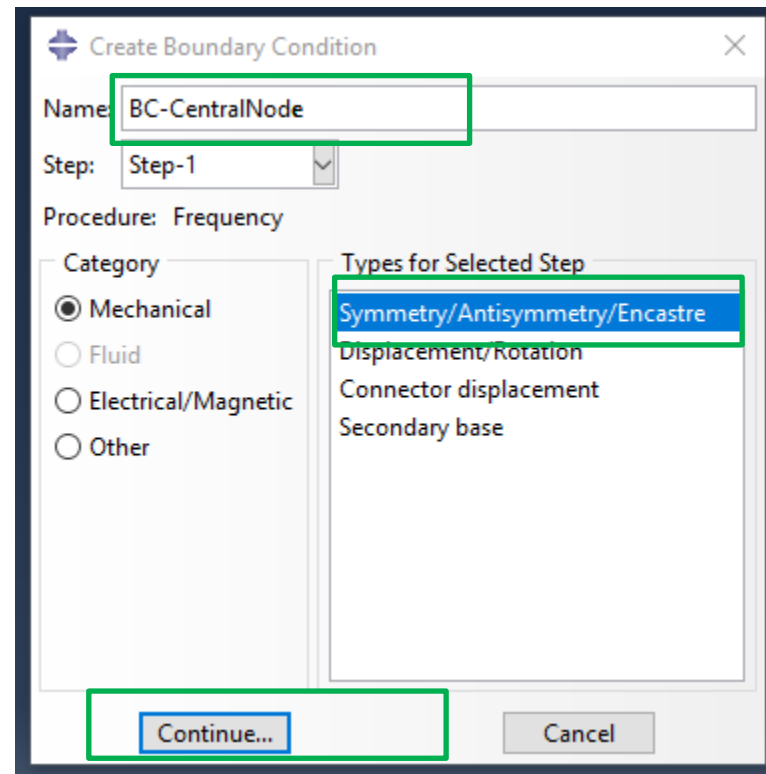
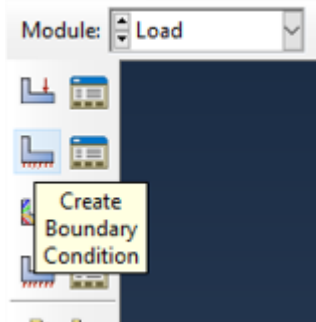


Em “Mesh” dê um zoom na malha e encontre seu ponto. Crie um “Set” com o nó da malha que está em cima do seu ponto ou os nós mais próximos.





Em “Load”, “Create Boundary Conditions”

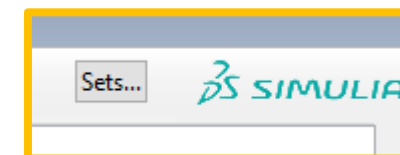
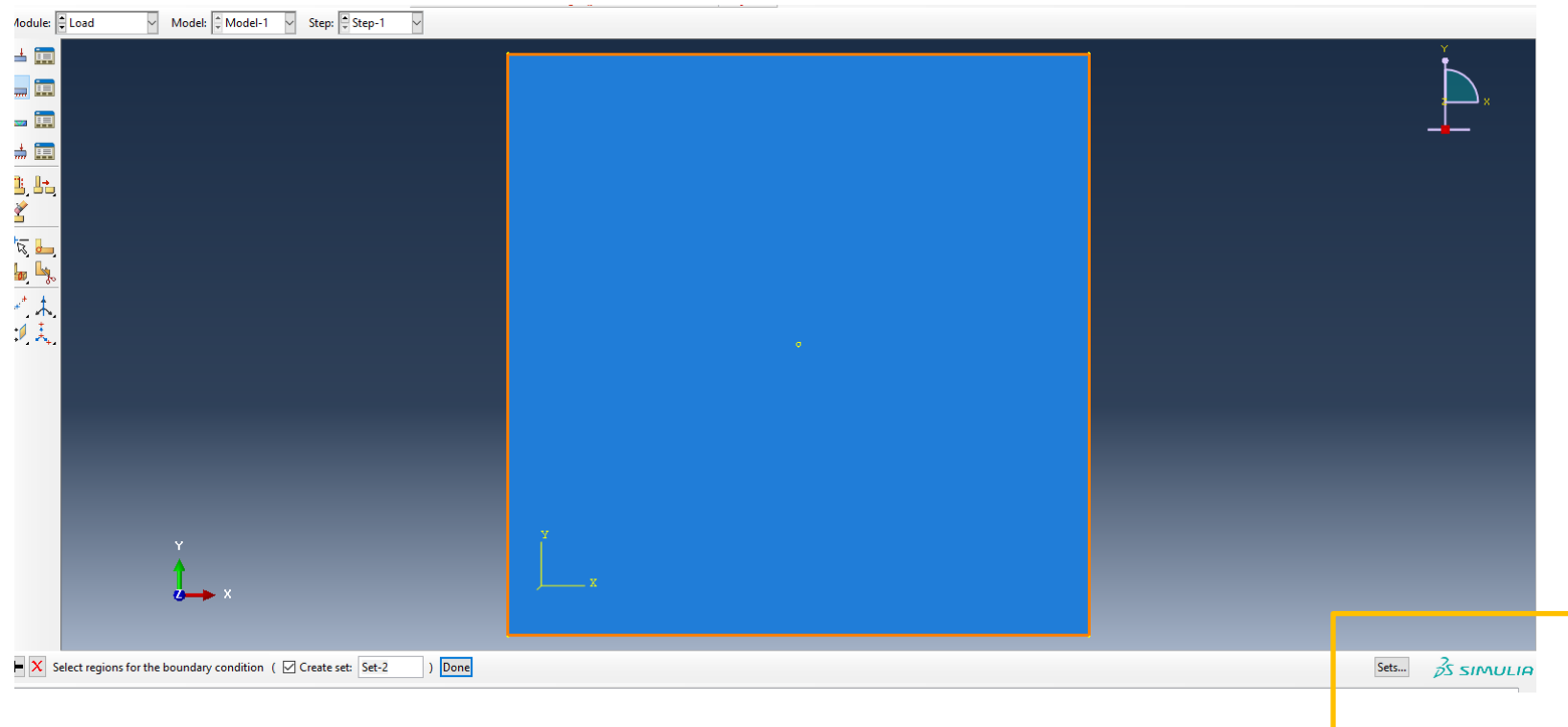
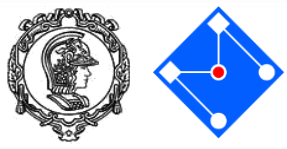


Dê um nome

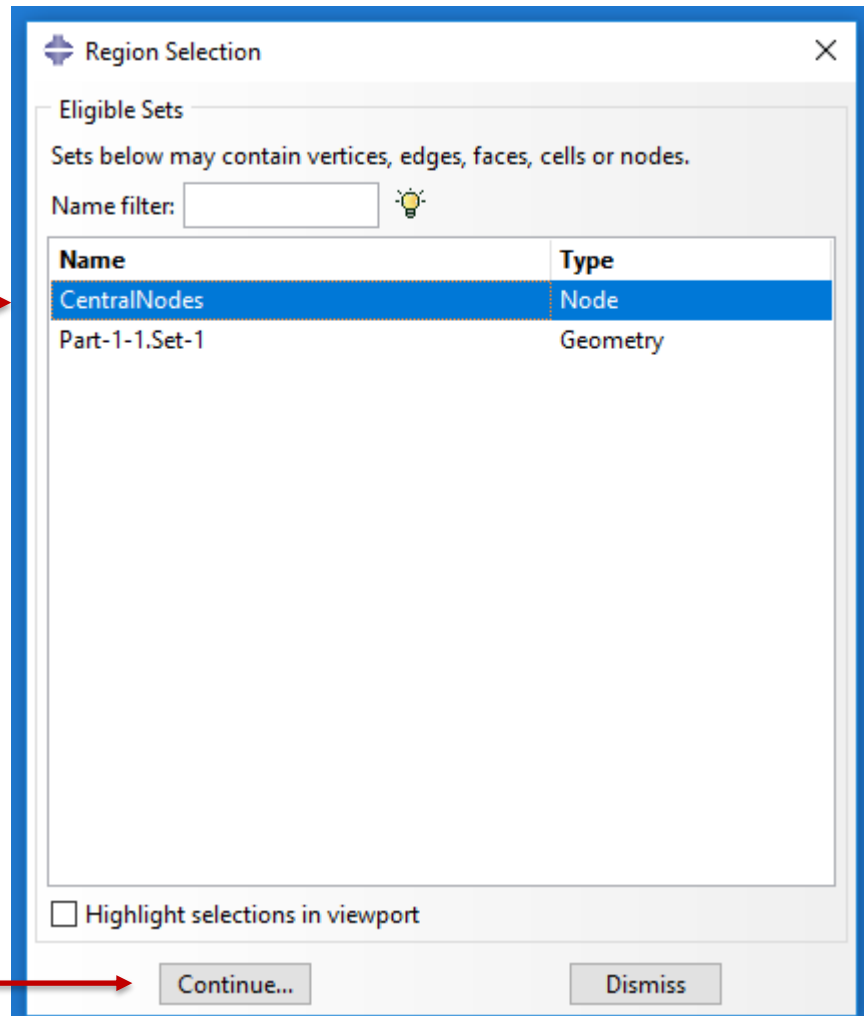
Selecione o
tipo de c.c.

Continue

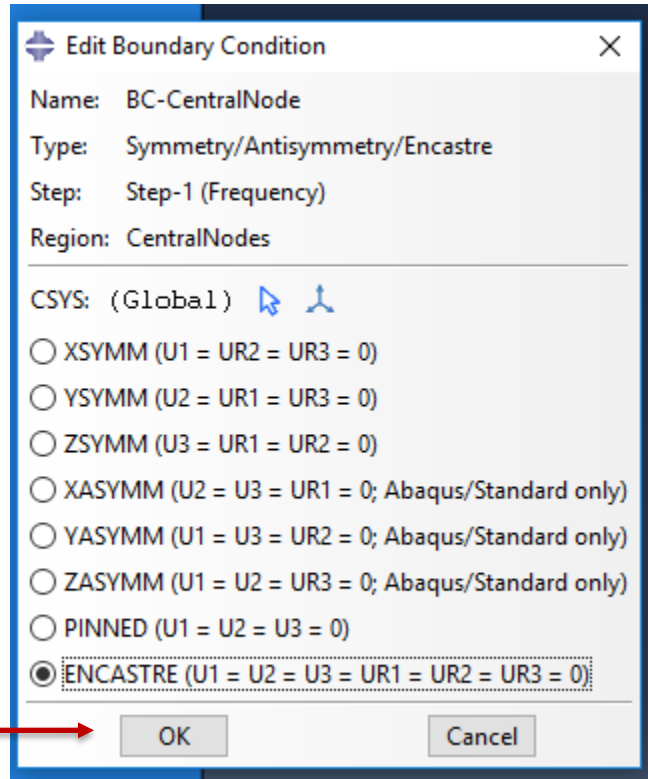
Aplicando c.c. em nós da malha



Selecione “Sets...” no canto
esquerdo inferior da Viewport

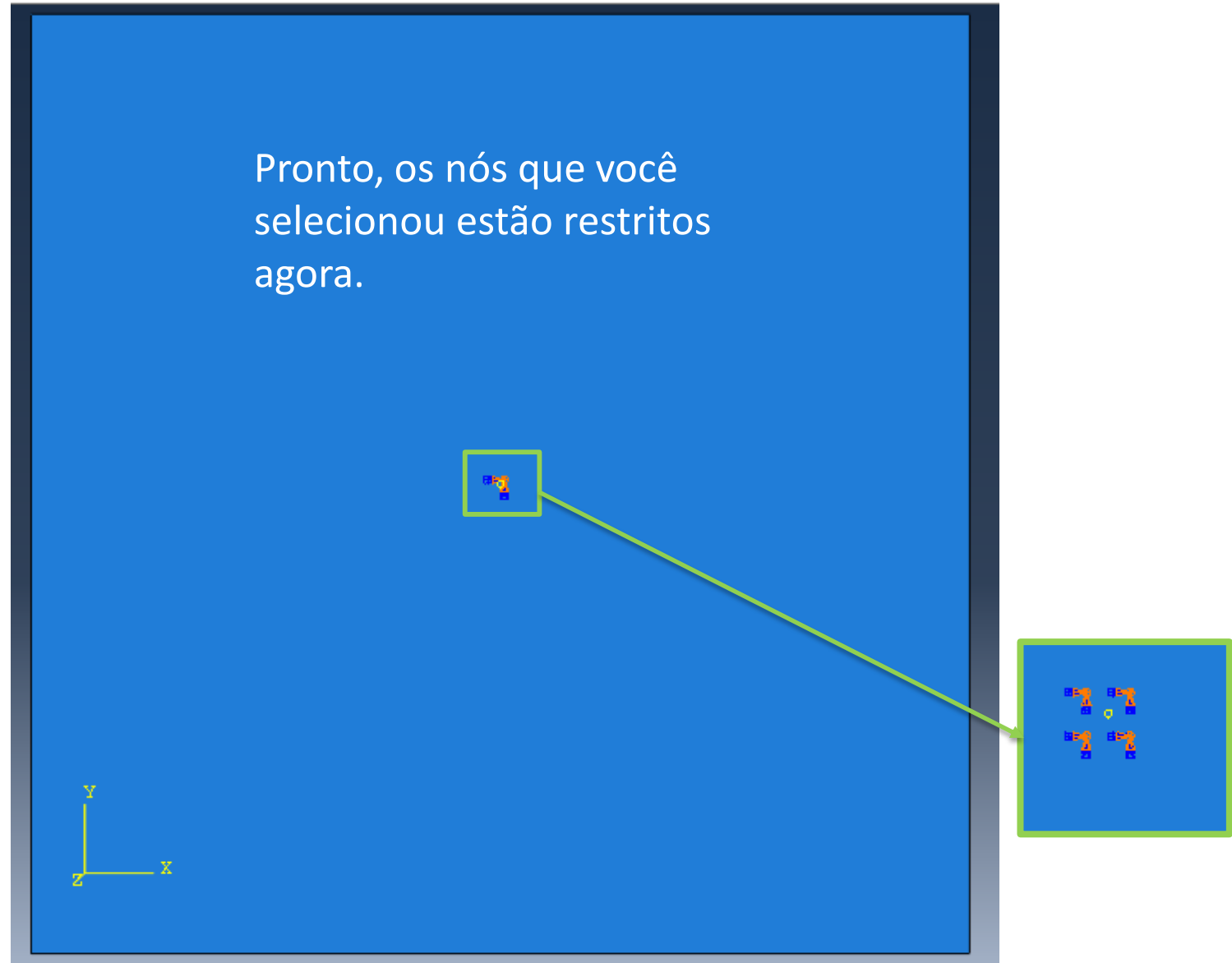


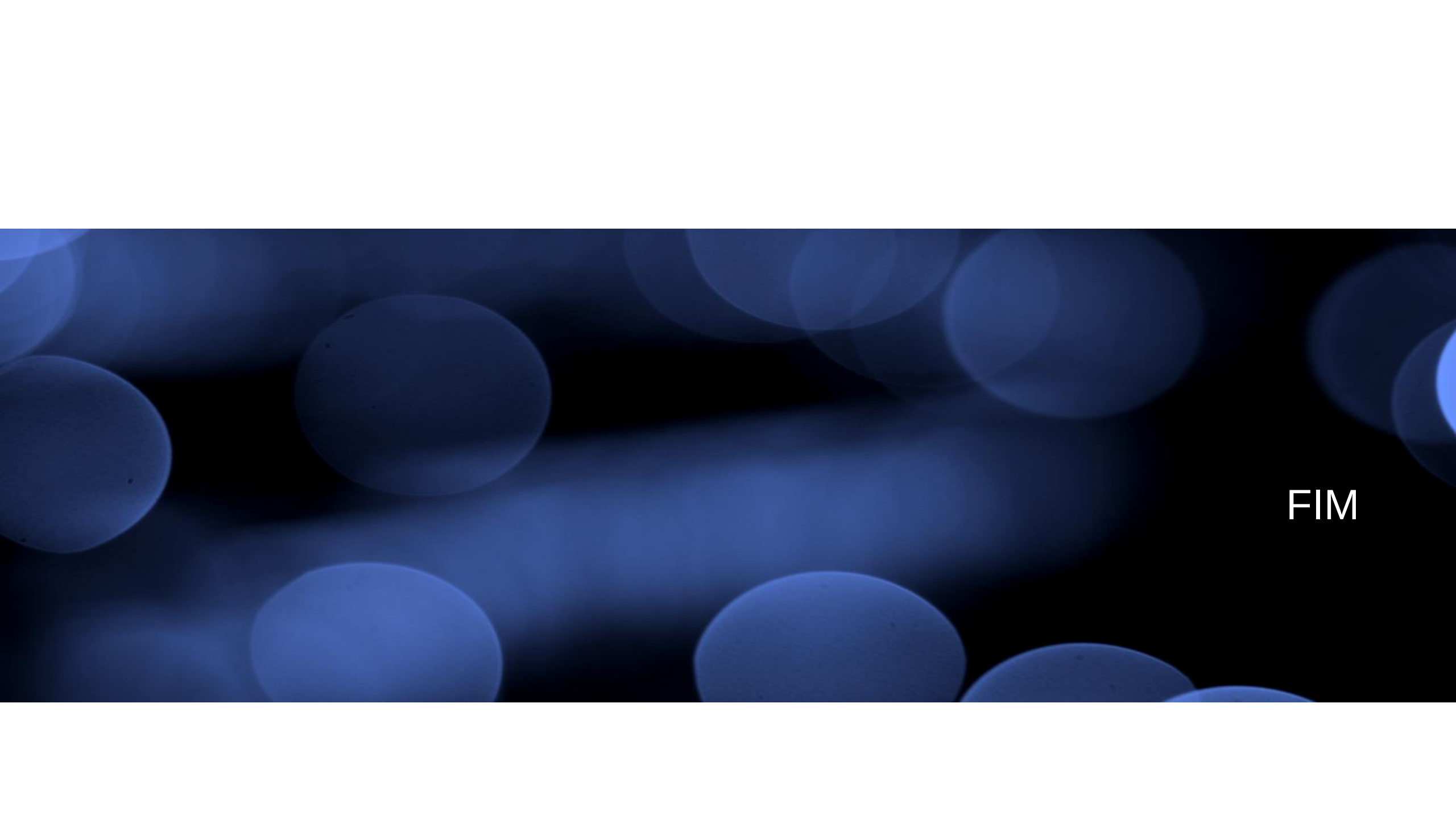
Selecione o set que você criou e continue.



Selecione o tipo de c.c. e ok.

Pronto, os nós que você selecionou estão restritos agora.



The image features a dark blue gradient background. Scattered across the lower half are several semi-transparent, glowing blue circles of varying sizes, creating a bokeh effect. The circles are more concentrated on the left and bottom edges, with a few on the right. The overall aesthetic is modern and minimalist.

FIM