

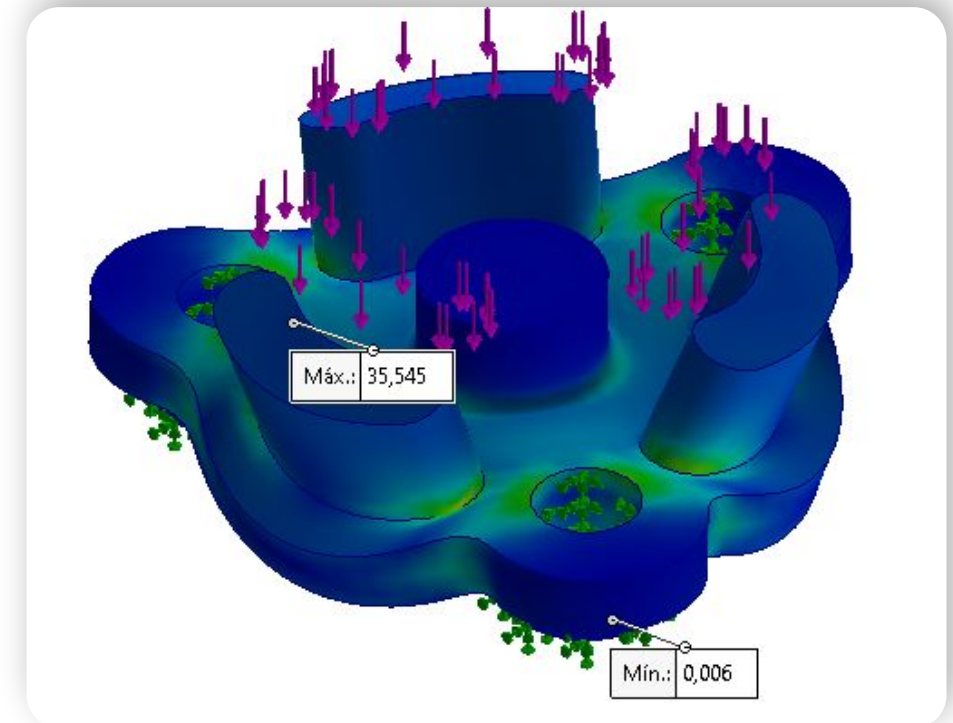


Projeto e Fabricação Assistidos por Computador

Simulation

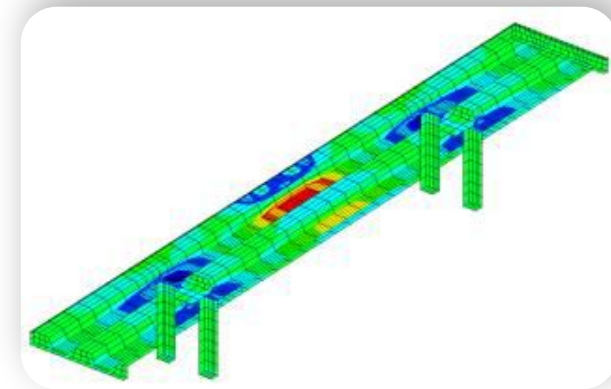
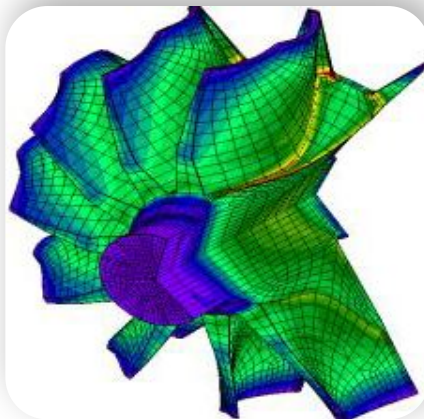
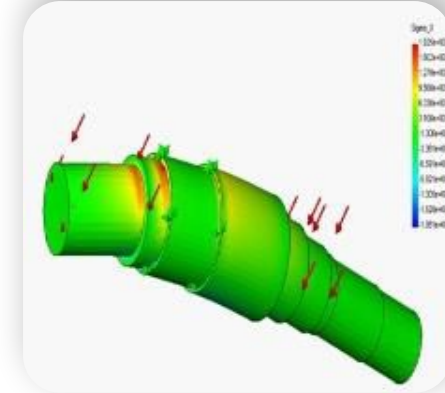
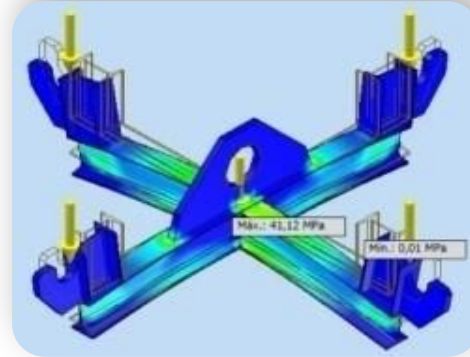
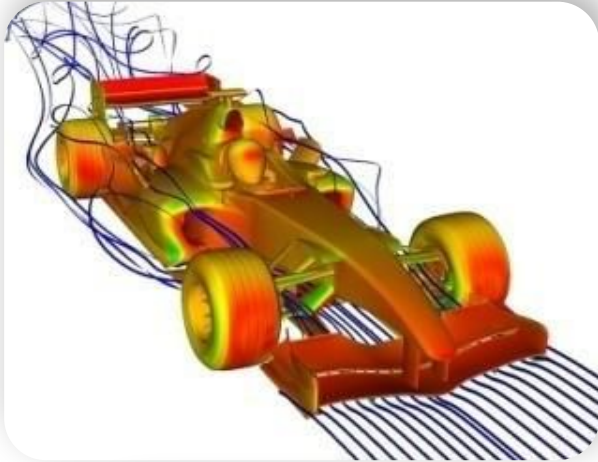
Prof. Me Herbert Severino

- Apresentação do SolidWorks Simulation;
- Localizar e aplicar comandos do SolidWorks Simulation;
- Conhecer as funcionalidades dos comandos disponíveis para análises de peças;
- Aplicar e editar definição de materiais em peças;
- Opções de plotagens;
- Realizar a primeira análise de uma peça;
- Avaliar os resultados obtidos da análise.

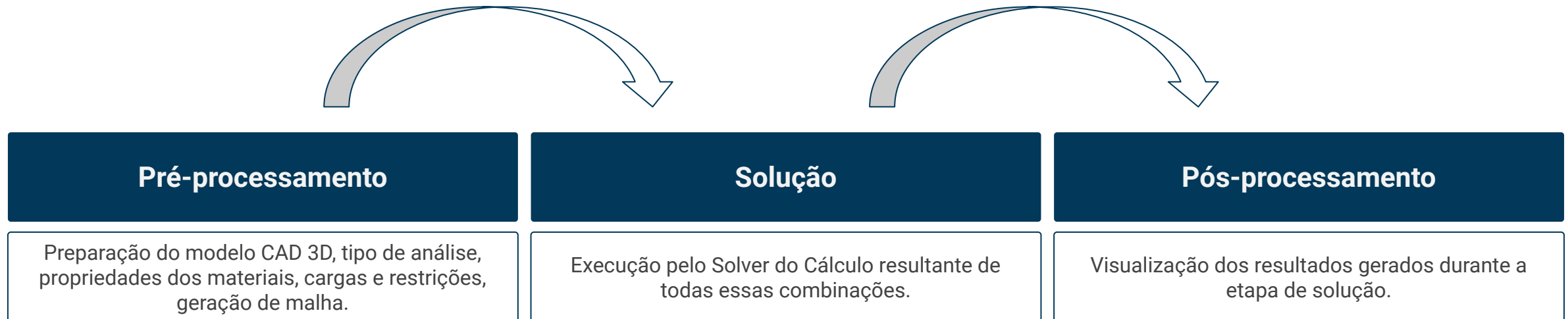


Clique na imagem para acessar a peça de estudo.

Método dos Elementos Finitos - MEF

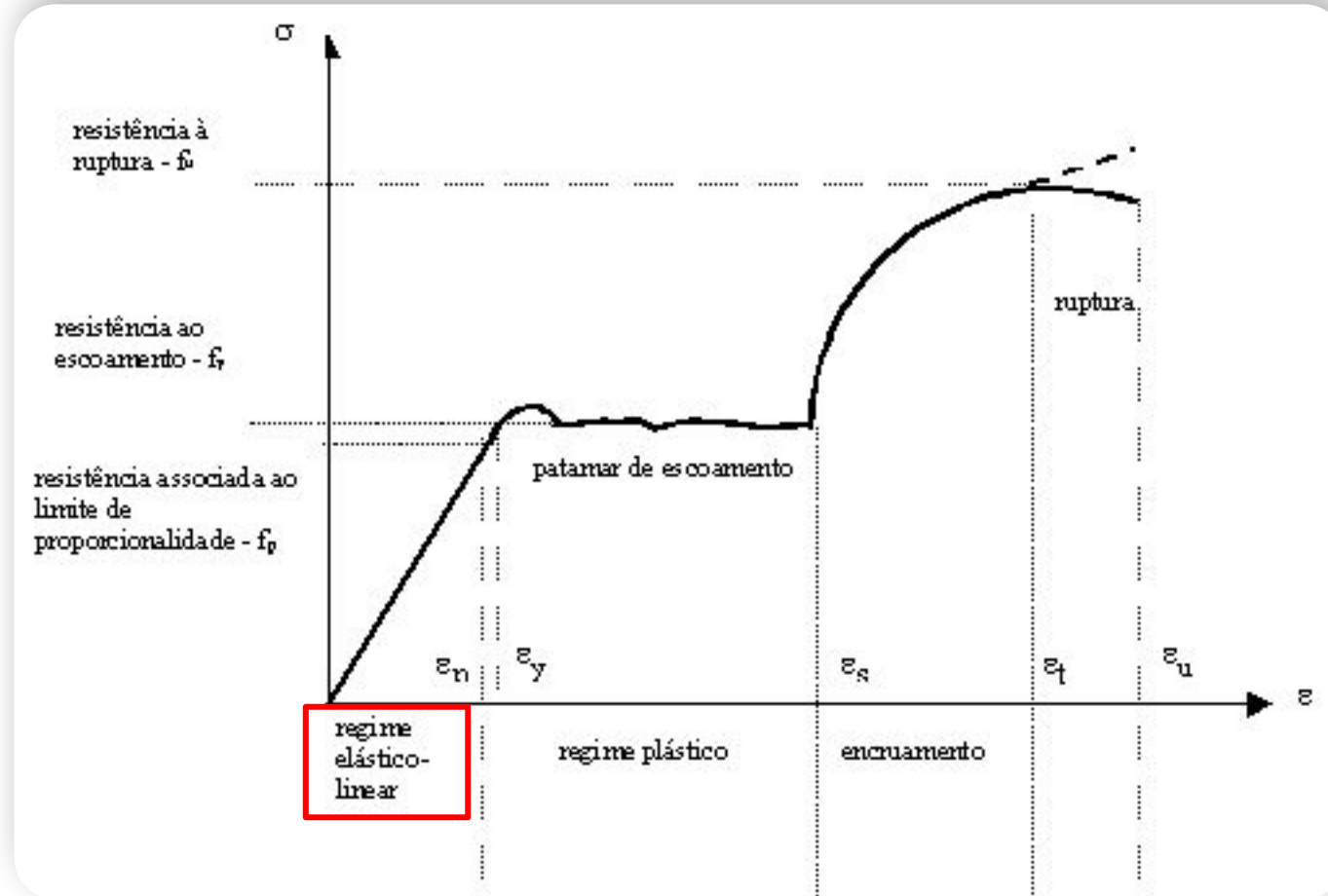


Etapas do processo de análise



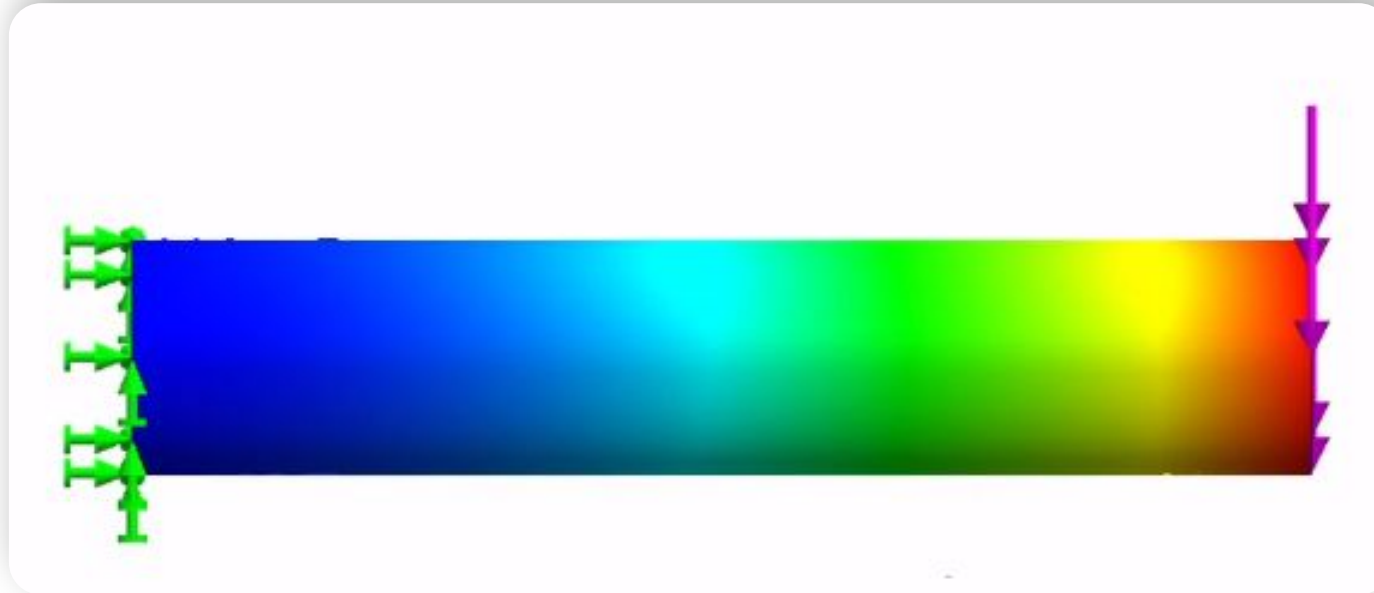
Limitações do Simulation

Linearidade do material



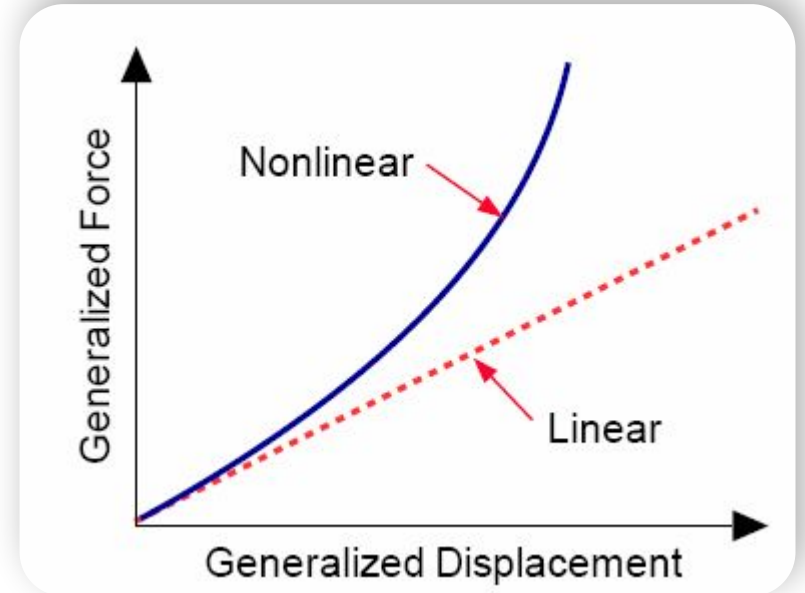
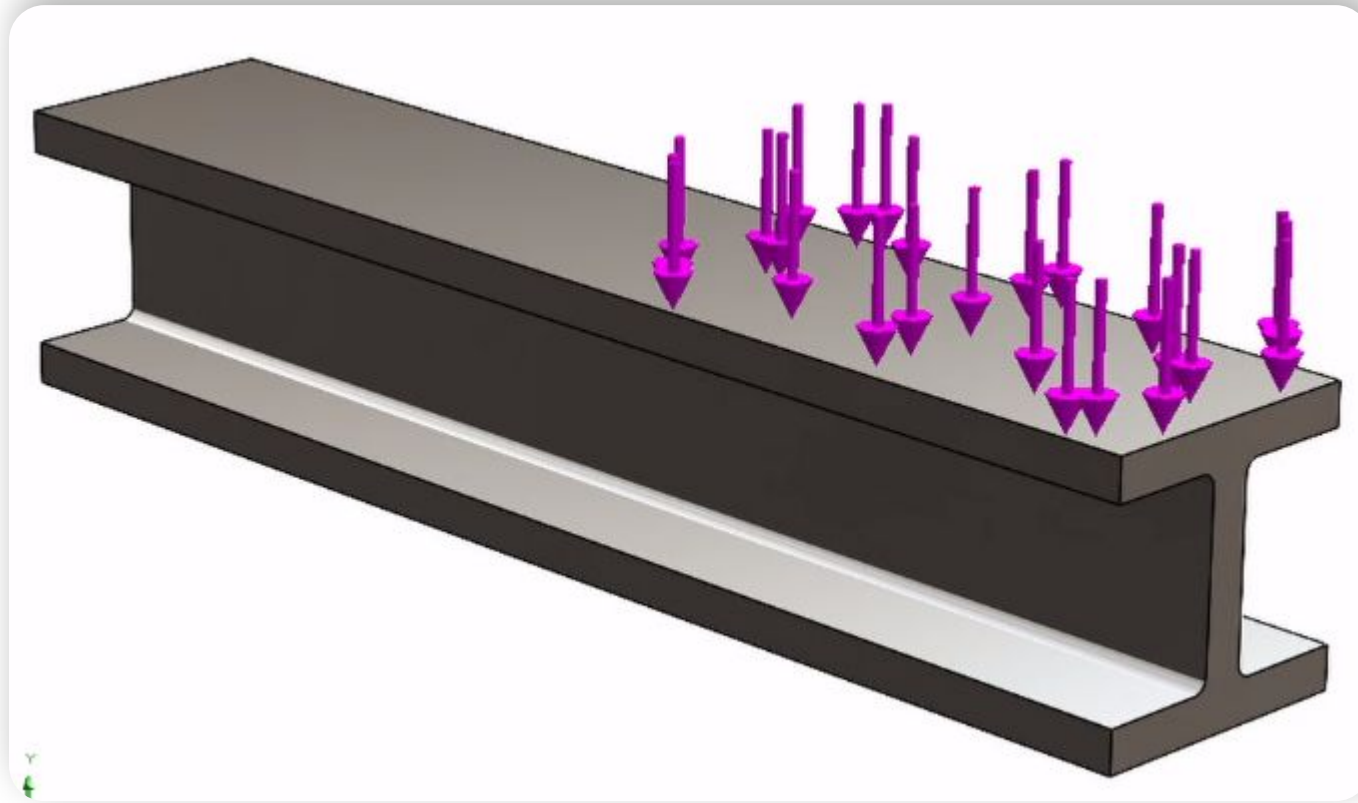
Limitações do Simulation

Pequenas deformações

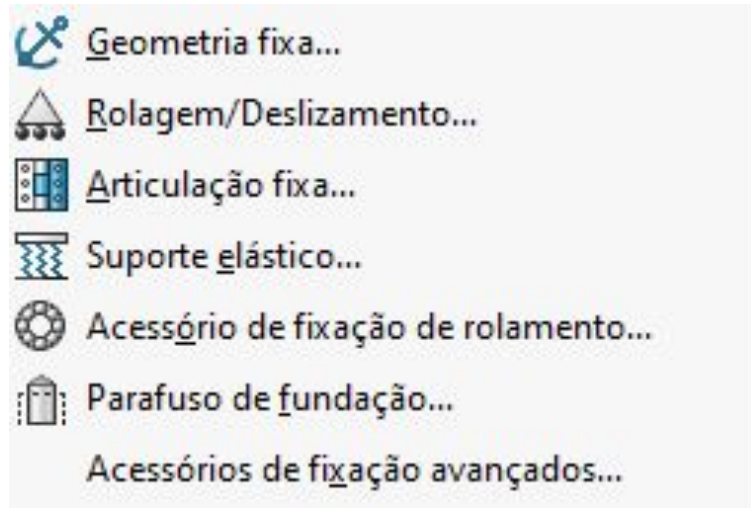


Limitações do Simulation

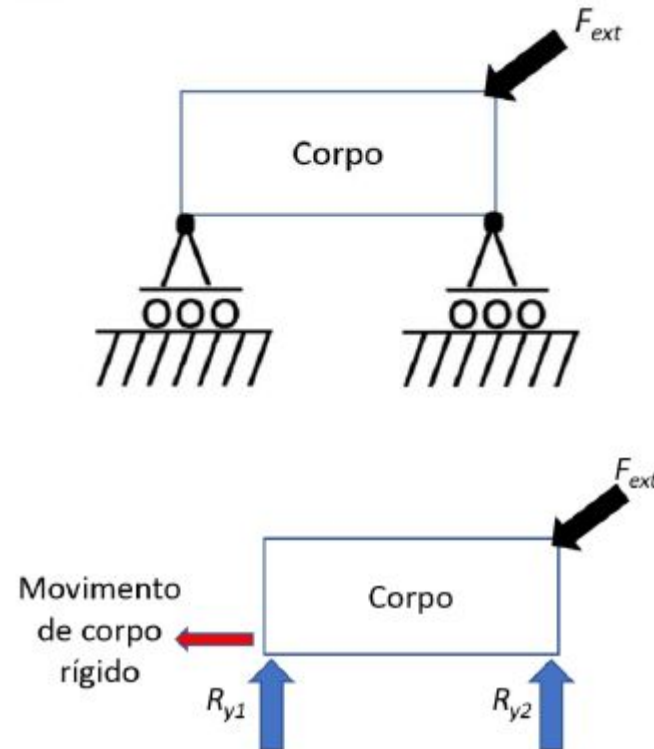
Carregamentos estáticos



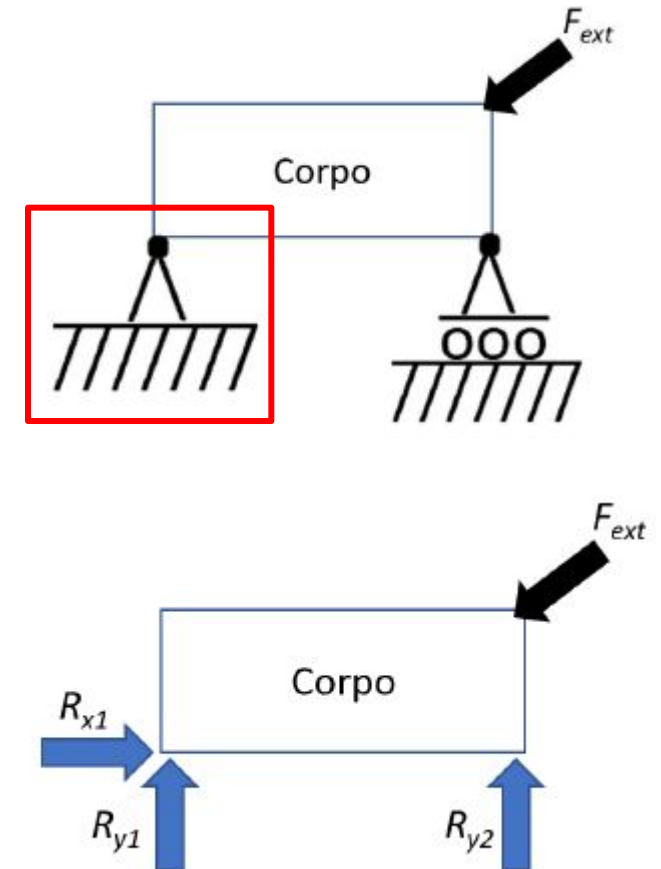
Fixações



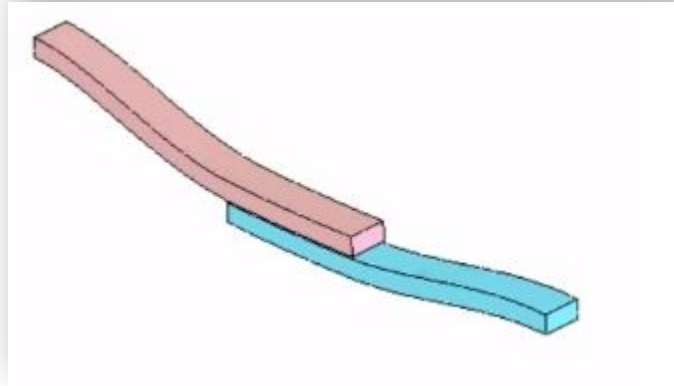
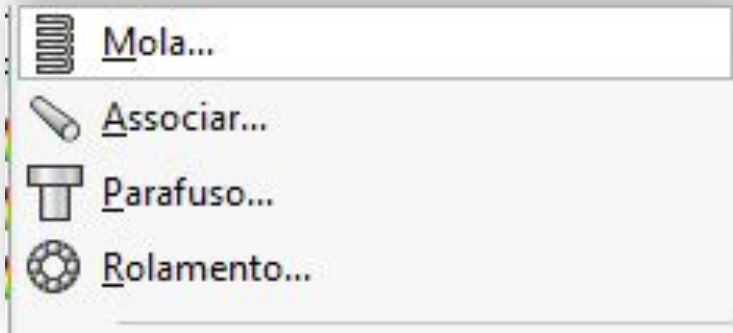
Rolagem/ Deslizamento



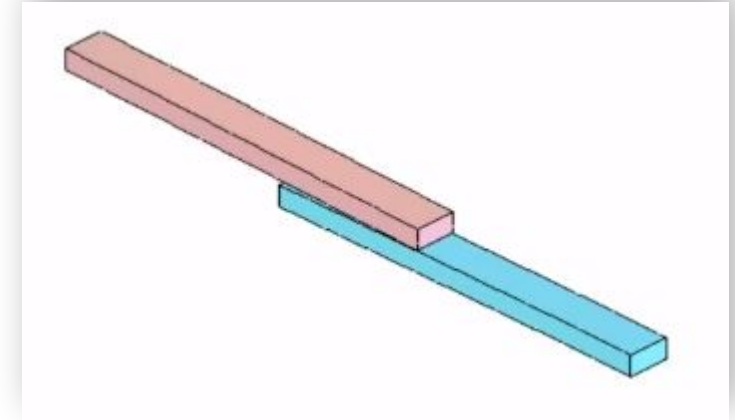
Geometria Fixa



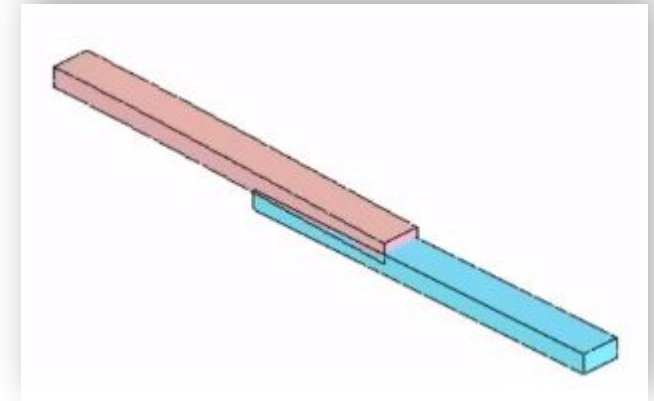
Conexões e interações



Unido



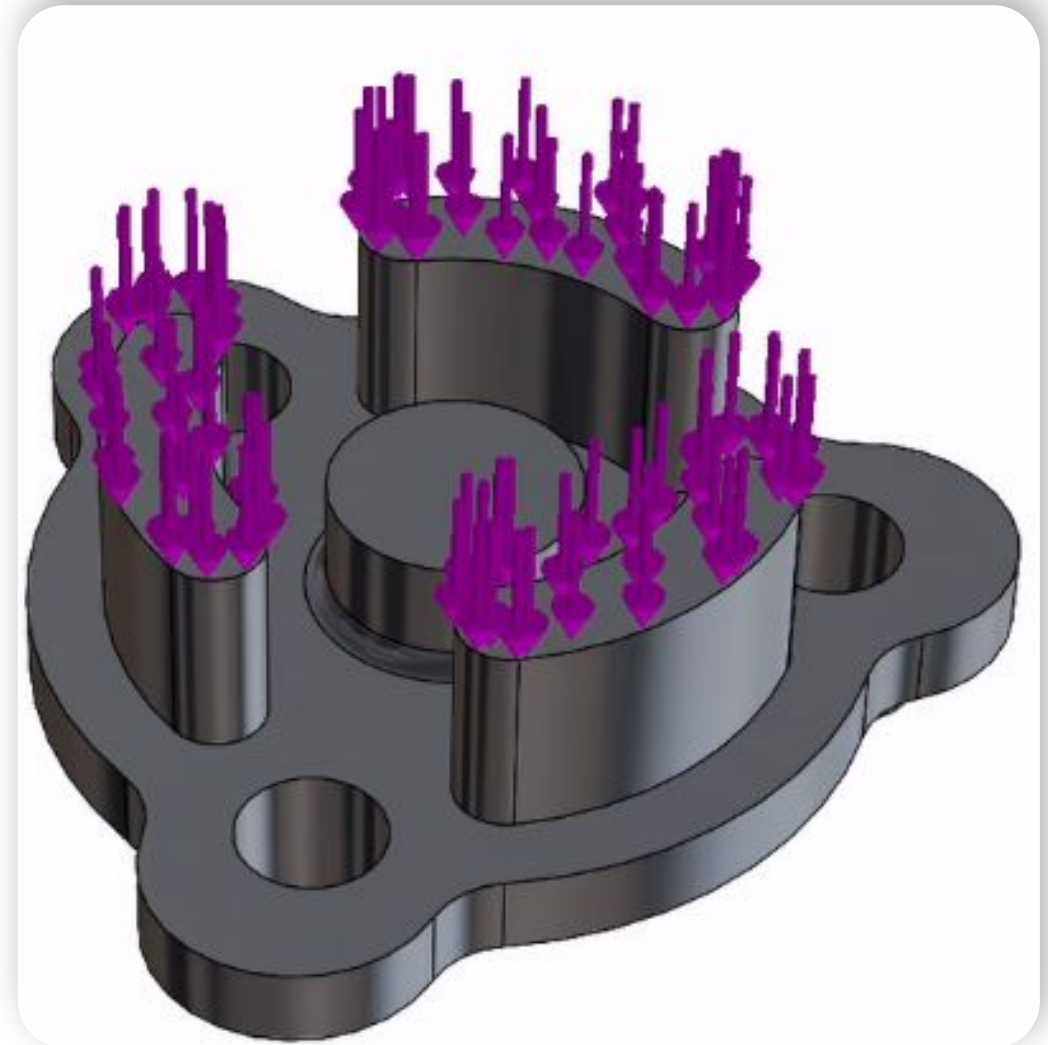
Contato



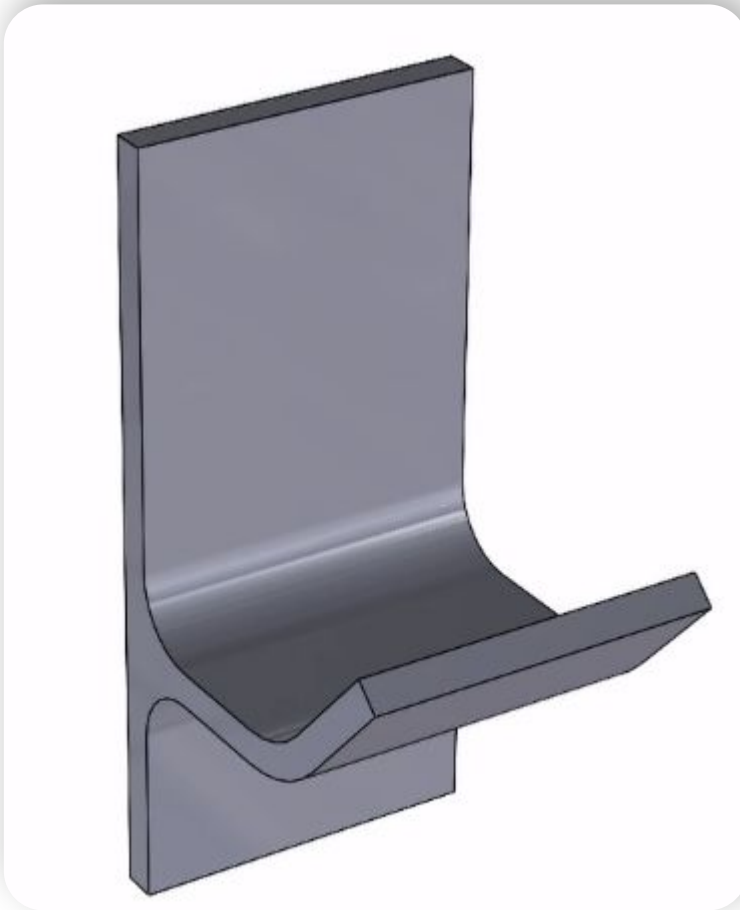
Livre

Tipos de carregamento

-  Força...
-  Torque...
-  Pressão...
-  Gravidade...
-  Centrífuga...
-  Carga de mancal...
-  Temperatura...
-  Deslocamento prescrito...



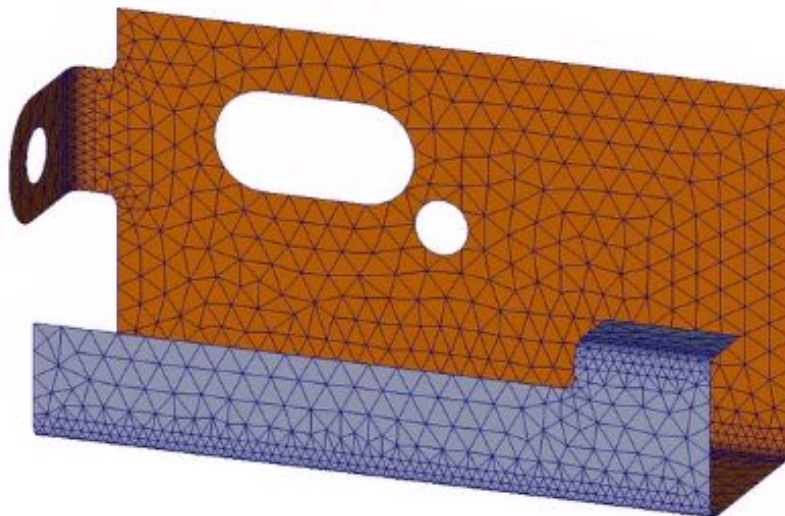
Malhas



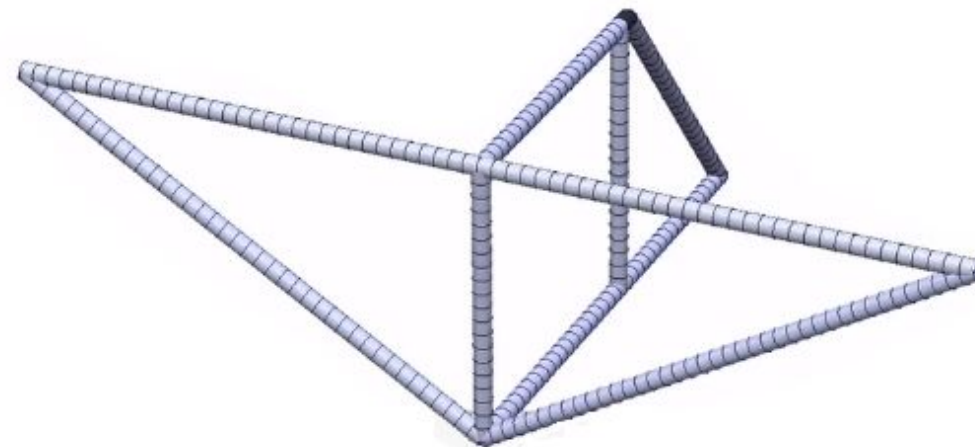
Tipos de Malhas



Sólida



Casca



Viga

Qualidade de malha

Malha	1º Ordem Qualidade Rascunho	2º Ordem Alta Qualidade
Sólida		
Casca		
Viga		



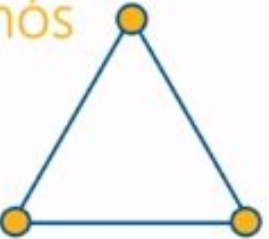
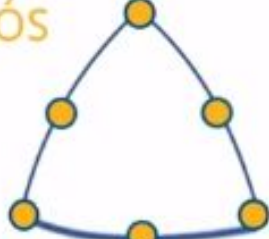
1º Ordem (Qualidade Rascunho)

Estudos preliminares.
Análises de deslocamento.

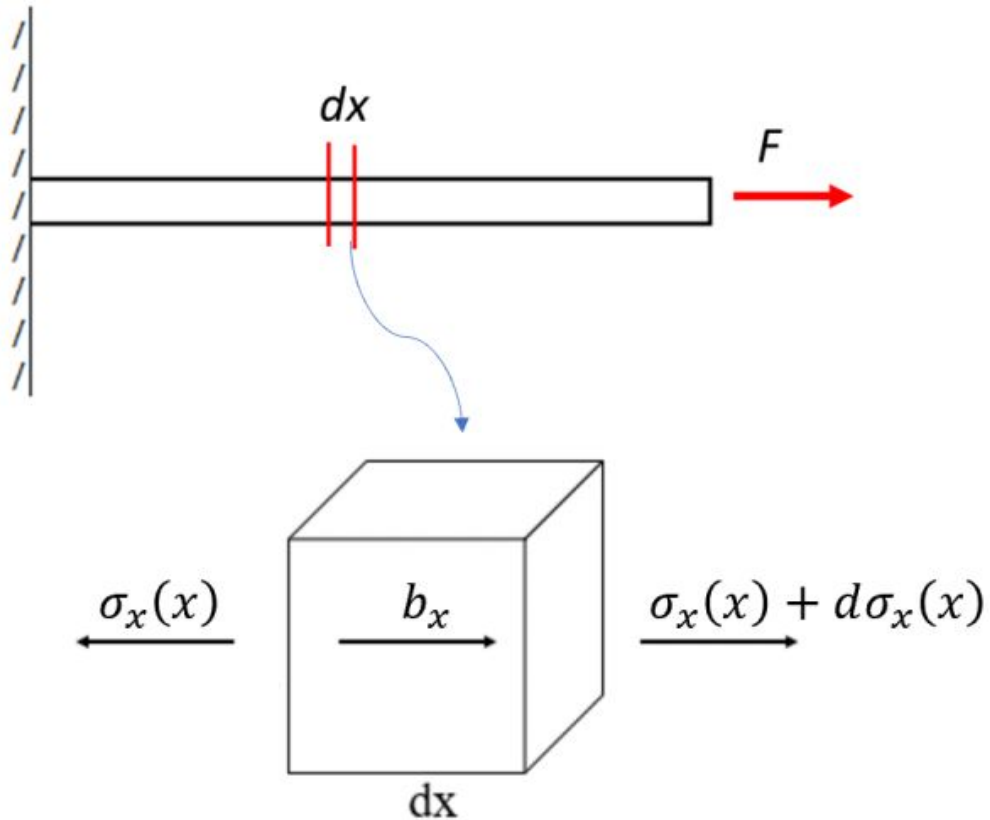
2º Ordem (Alta Qualidade)

Resultados precisos.
Análises de tensão.

Sólida VS Casca

Malha	1° Ordem Qualidade Rascunho	2° Ordem Alta Qualidade
Sólida	4 nós 	10 nós 
Casca	3 nós 	6 nós 

Análise estática pela Método de Elementos Finitos (MEF)



O equilíbrio de forças obtido em um elemento conforme destacado na figura, deste modelo unidimensional, é dado pela equação diferencial.

$$\frac{d\sigma_x(x)}{dx} + b_x = 0,$$

onde b_x é a força interna de corpo e $\sigma_x(x)$ é a tensão normal na direção x , obtida pela equação

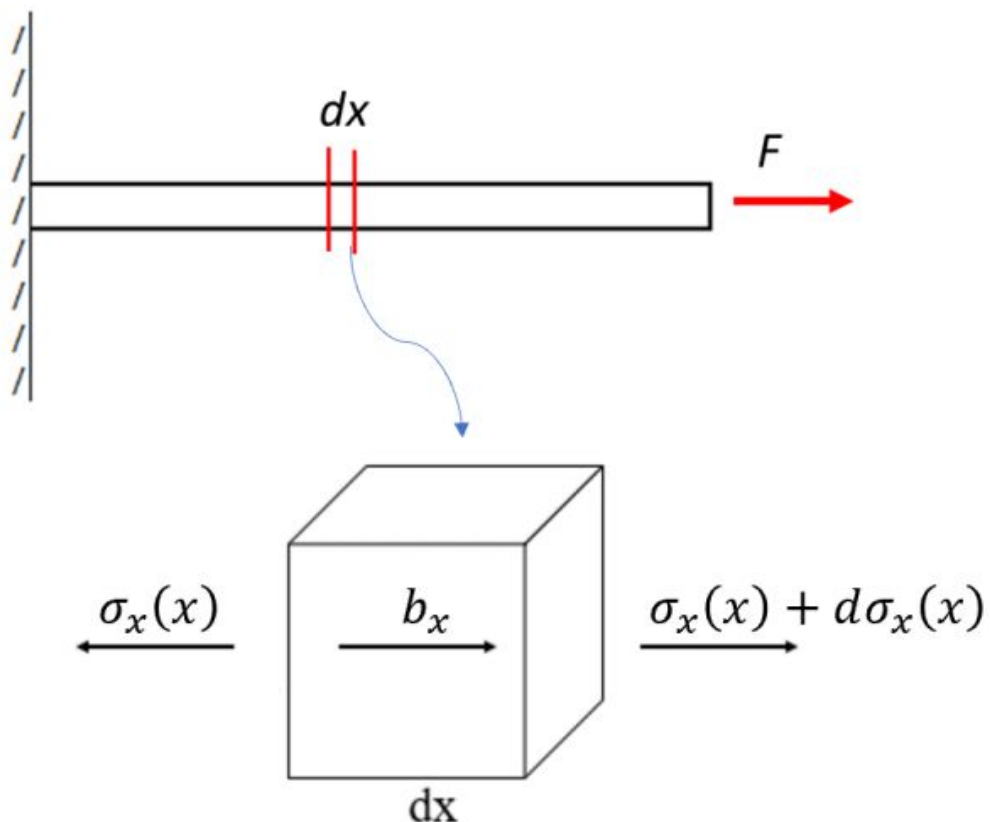
$$\sigma_x(x) = (E \times \varepsilon),$$

E é o módulo de elasticidade do material e ε é a deformação calculada pela equação

$$\varepsilon = \frac{du_x(x)}{dx},$$

onde du_x é a variação do deslocamento em x e dx é o tamanho do elemento.

Análise estática pela Método de Elementos Finitos (MEF)



A partir da resolução da equação diferencial dada, chega-se nas matrizes de rigidez (K) e de inércias (M) do sistema, que possuem dimensões $n \times n$, onde n é o número de graus de liberdade, sendo que M não será utilizada para análises estáticas, apenas para análises dinâmicas. O vetor de forças (F) possui dimensões $n \times 1$ e contém as informações de forças e momentos nodais do sistema.

Para realização da análise estática, o solver do SolidWorks Simulation calcula o vetor de deslocamentos nodais pela equação

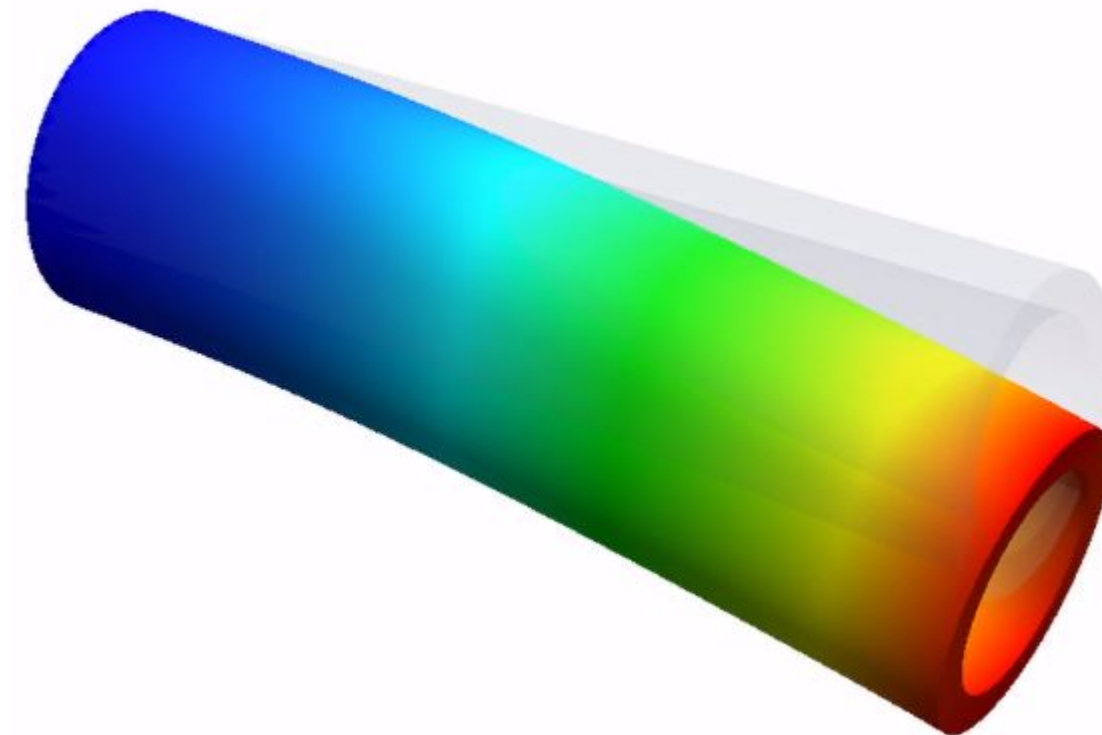
$$U = K^{-1}F.$$

A partir da obtenção de U , as deformações e tensões em cada elemento podem então ser obtidas, conforme visto anteriormente.

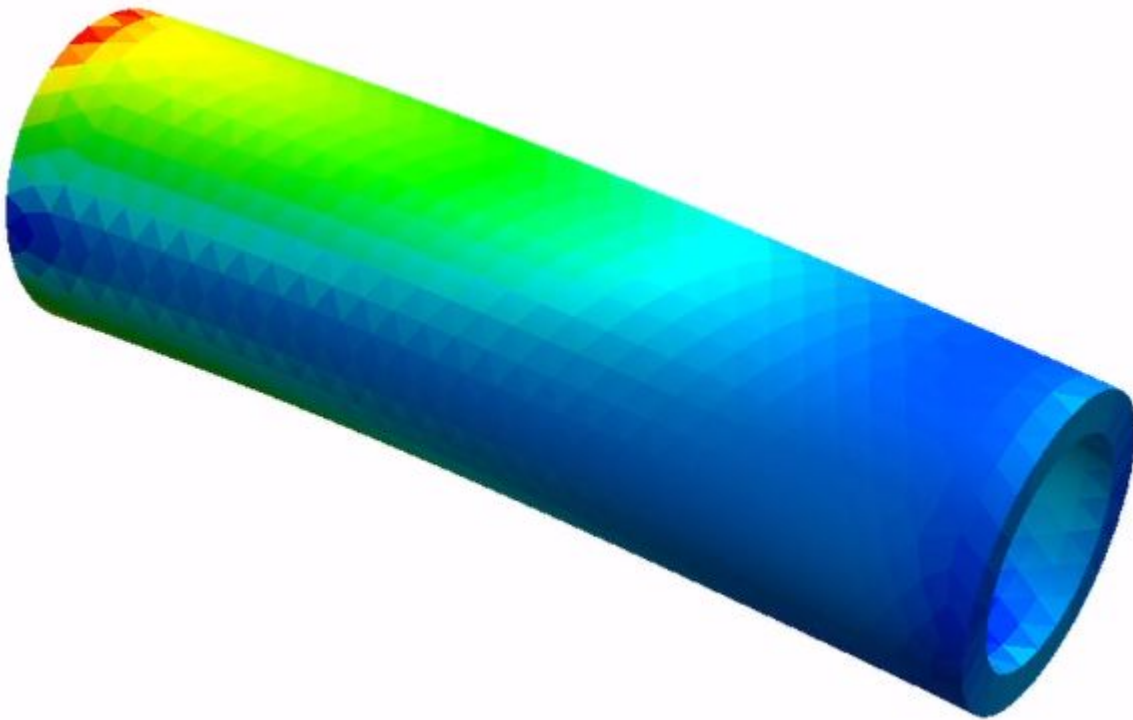
Deslocamento

Deslocamento (mm)

Estimativa de quanto um determinado ponto (nó) moveu-se em uma determinada direção.



Deformação



Deslocamento (admissional)

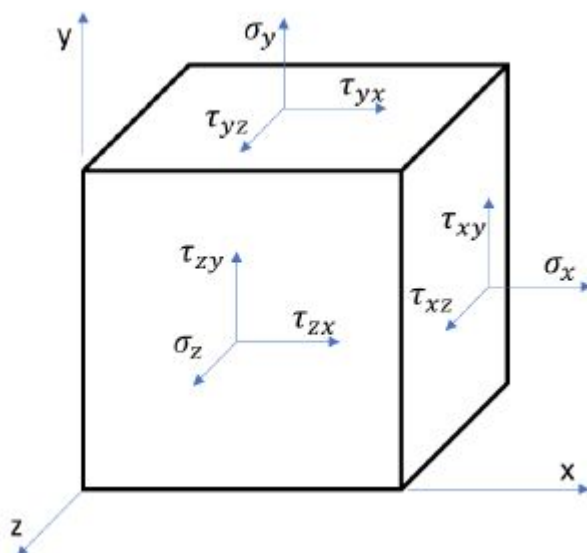
A deformação da estrutura em cada elemento, é obtida pela equação

$$\epsilon_{xx} = \frac{du_x(x)}{dx},$$

Onde:

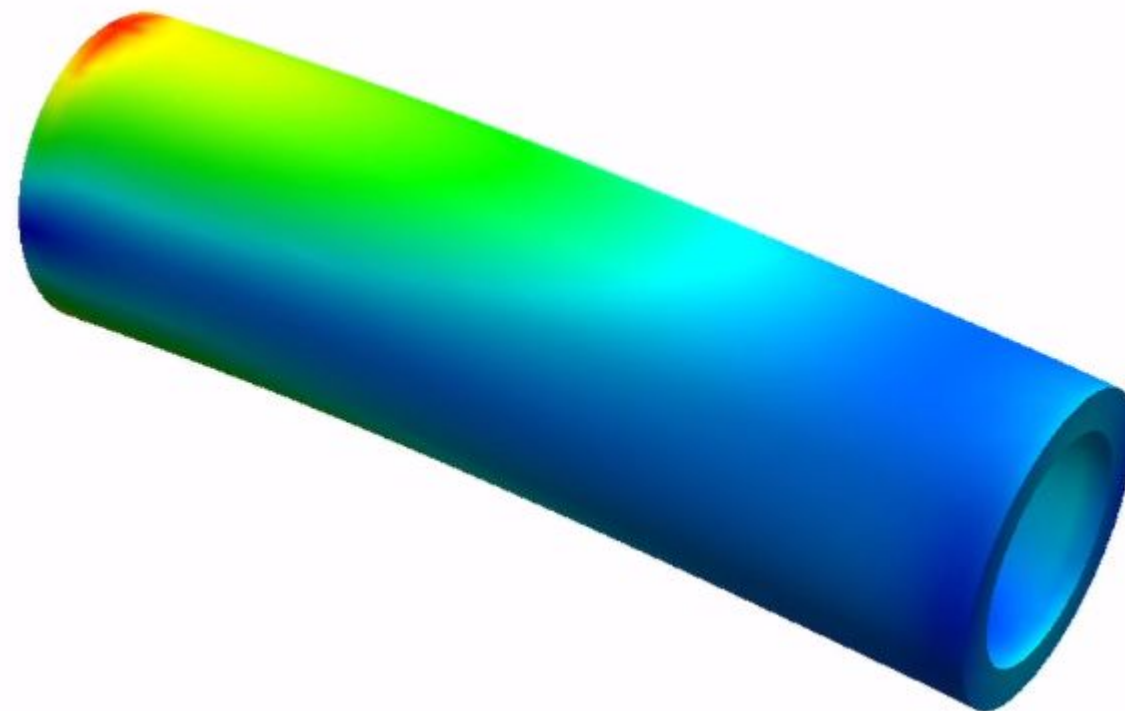
$du_x(x)$ - variação do comprimento do elemento (mm);
 dx - comprimento inicial do elemento (mm).

Tensão (MPa)

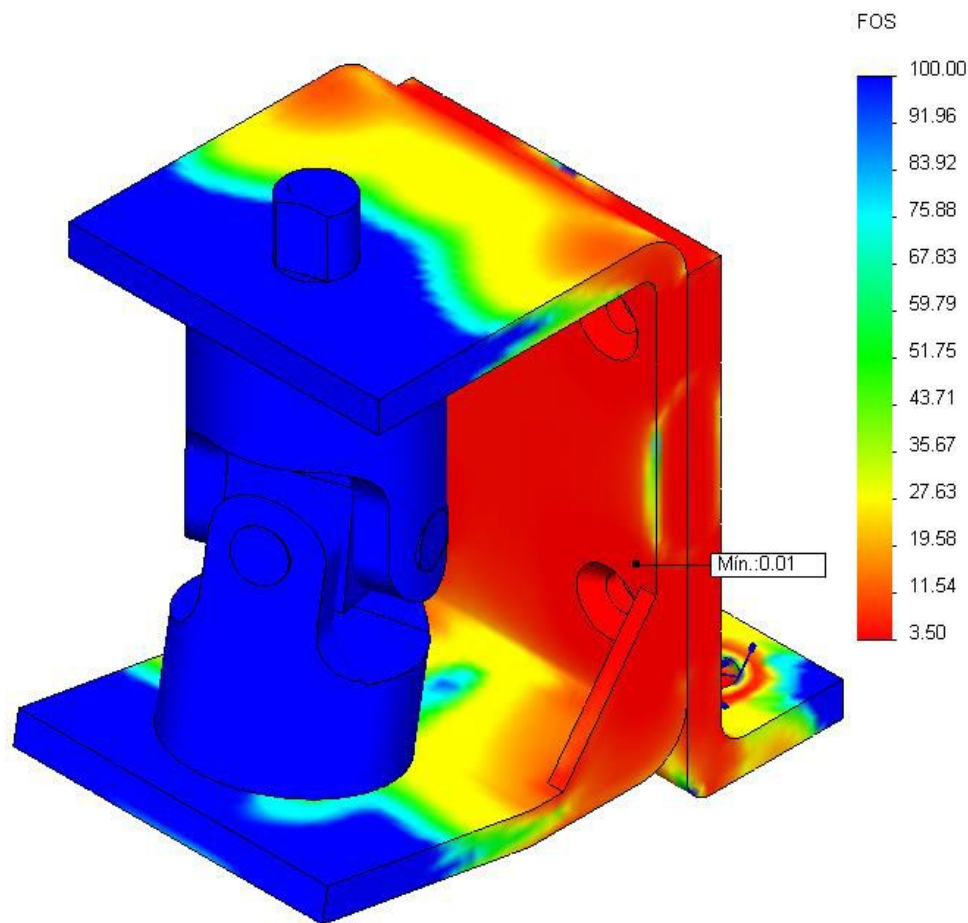


Uma tensão equivalente (proposta por Von-Mises) que é uma combinação de todos esses componentes é a solução mais genérica e comumente utilizada como um parâmetro de tensão proposta pelo SolidWorks Simulation, calculada pela equação:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_z - \sigma_y)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2] + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{zy}^2 + \tau_{xz}^2)}.$$



Coeficiente de segurança



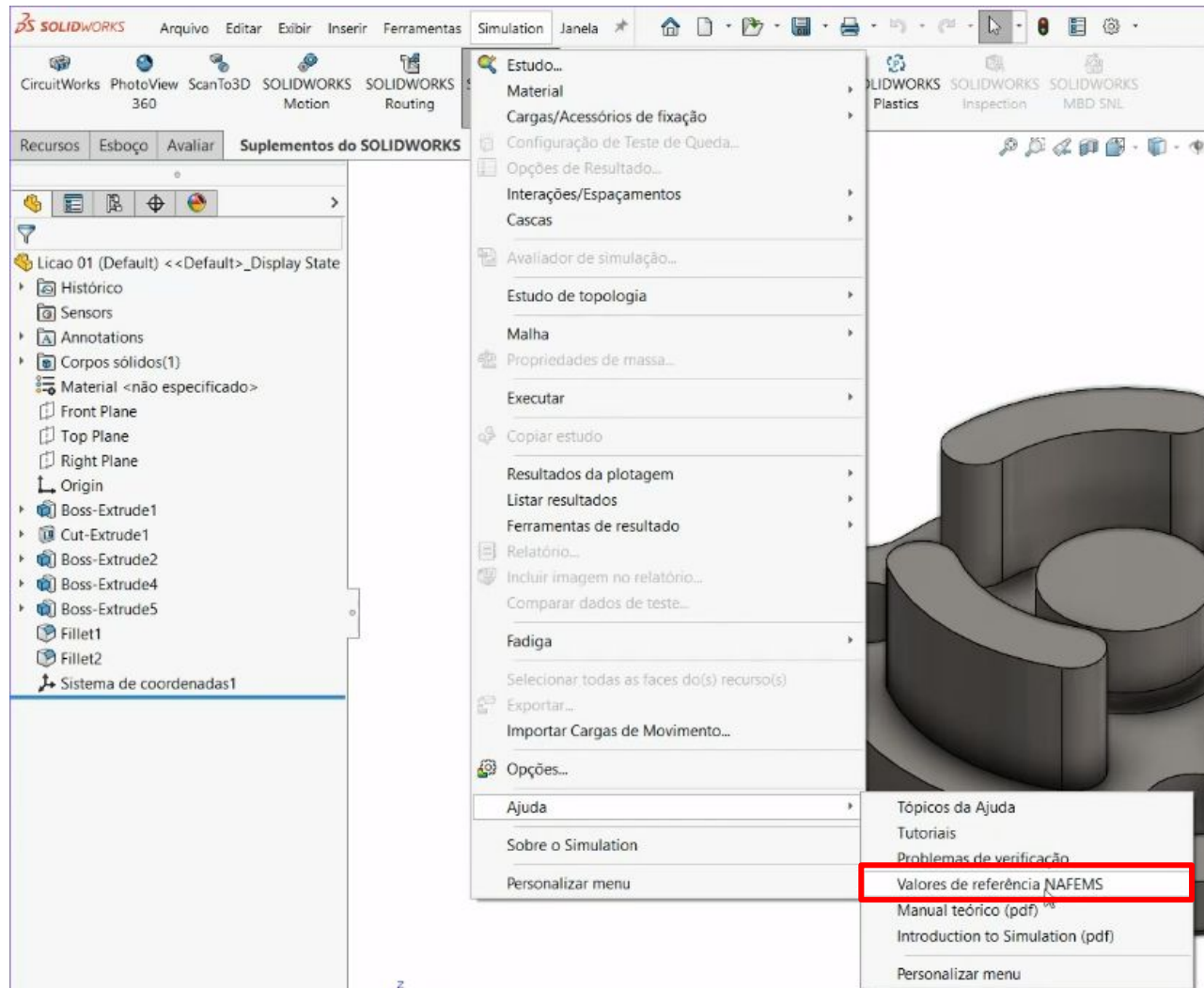
É importante ressaltar que a tensão de Von Mises é independente do Sistema de coordenadas. Dessa forma, pode-se verificar se a tensão equivalente de Von-Mises é maior, menor ou igual a tensão de escoamento do material. Um projeto seguro, deve-se manter a tensão de Von Mises abaixo do limite da tensão de escoamento.

Para verificar o nível de segurança do projeto se costuma utilizar o quociente entre tensão de escoamento (σ_e) e tensão de Von Mises (σ_{eq}), originando um coeficiente de segurança conforme equação

$$FOS = \frac{\sigma_e}{\sigma_{eq}}$$

Em geral, o objetivo da análise é determinar a resposta de um sistema submetido a algum tipo de carga. Observe a seguir, exemplo de uma Plotagem de Fator de Segurança (FOS).

Valores de referência NAFEMS



Problemas de verificação do SOLIDWORKS Simulation e val...

Mostrar Voltar Imprimir

Valores de referência NAFEMS para análise estática linear

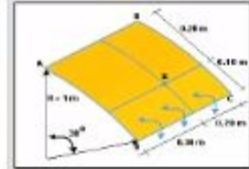
Problemas de verificação estática	Problemas de verificação de frequência	Problemas de verificação não linear
Problemas de verificação térmica	Problemas de verificação de Teste de Queda	Problemas de verificação de flambagem
Valores de referência NAFEMS para análise	Valores de referência NAFEMS para análise não	Valores de referência NAFEMS para análise
Valores de referência NAFEMS para frequência	Valores de referência NAFEMS para vibração	Valores de referência NAFEMS para compostos

Os problemas de valores de referência NAFEMS demonstram a precisão do SOLIDWORKS Simulation para os módulos de análise de estática linear, térmica, de não linearidade geométrica e de material, e dinâmica linear.

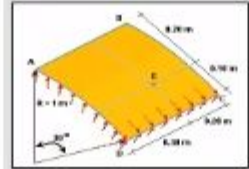
Esses exemplos mostram os valores de referência NAFEMS para problemas de estática linear

Para abrir os modelos de valores de referência NAFEMS, você deve ativar o suplemento SOLIDWORKS Simulation.

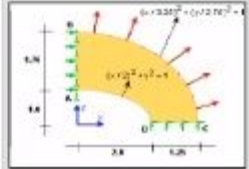
Casca cilíndrica sob momento de aresta




Casca cilíndrica sob carga de pressão




Membrana elíptica sob pressão




Viga cantilever de seção Z sob curvatura torcional



Geometria afunilada - Carregamento de aresta

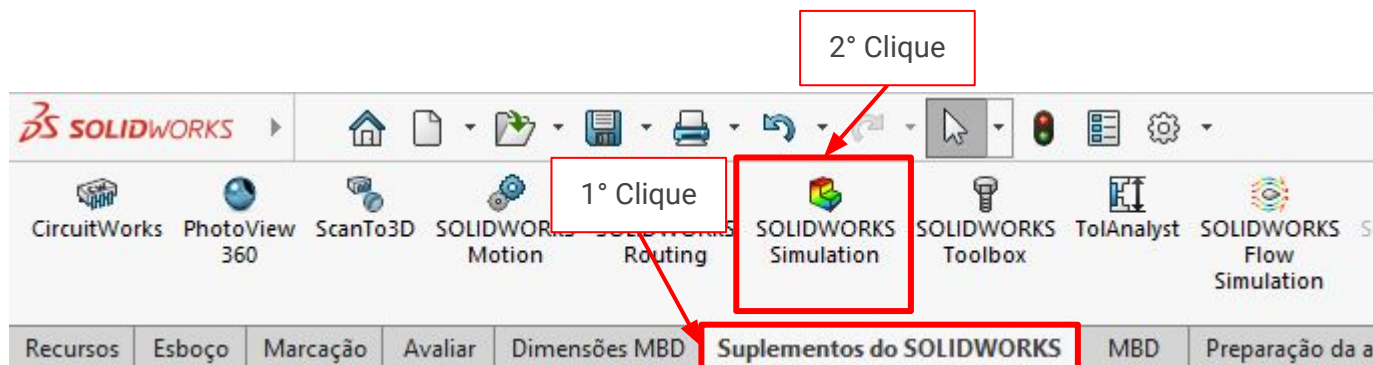


Geometria afunilada - Carregamento de gravidade

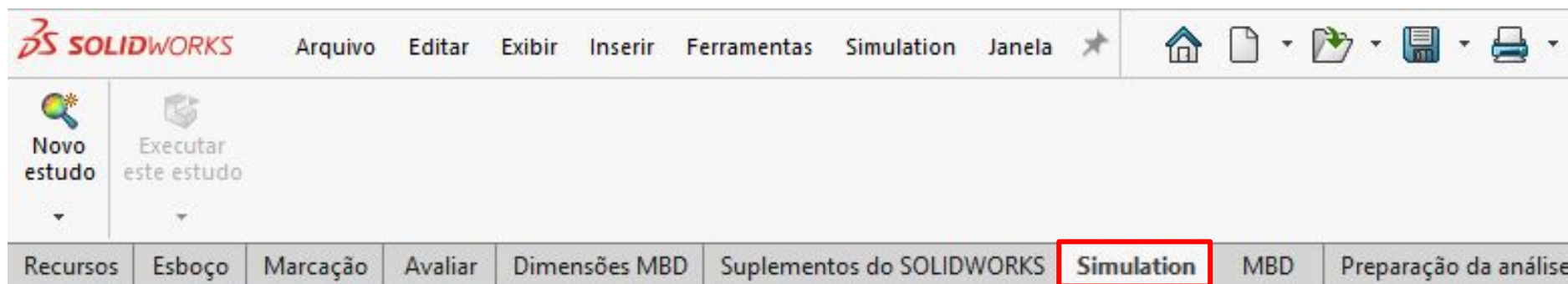


Simulation

Vamos ativar o suplemento Simulation:



1° Ative o suplemento **SOLIDWORKS Flow Simulation**.



2° Selecione o **Simulation** na Barra de Ferramentas.

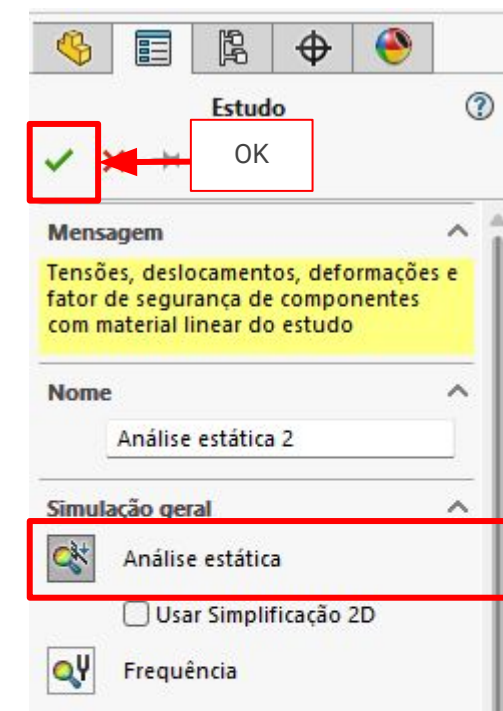
Simulation

Podemos iniciar a simulação! Primeiro iniciamos um Novo estudo.

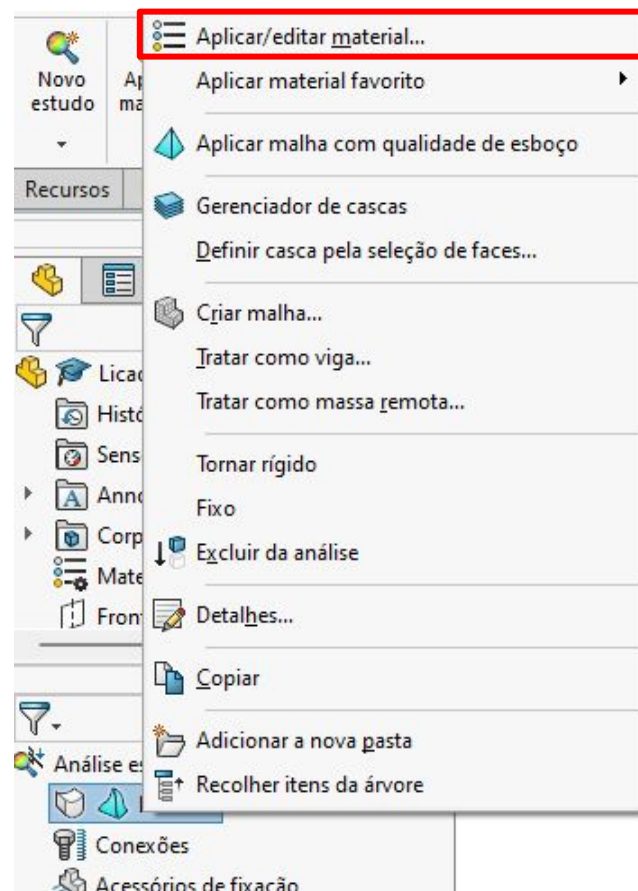


1° Clique em Novo estudo

2° Selecione Análise estática. Verifique o nome.
(Pode manter o padrão Análise estática 1).
Em seguida clique em OK.

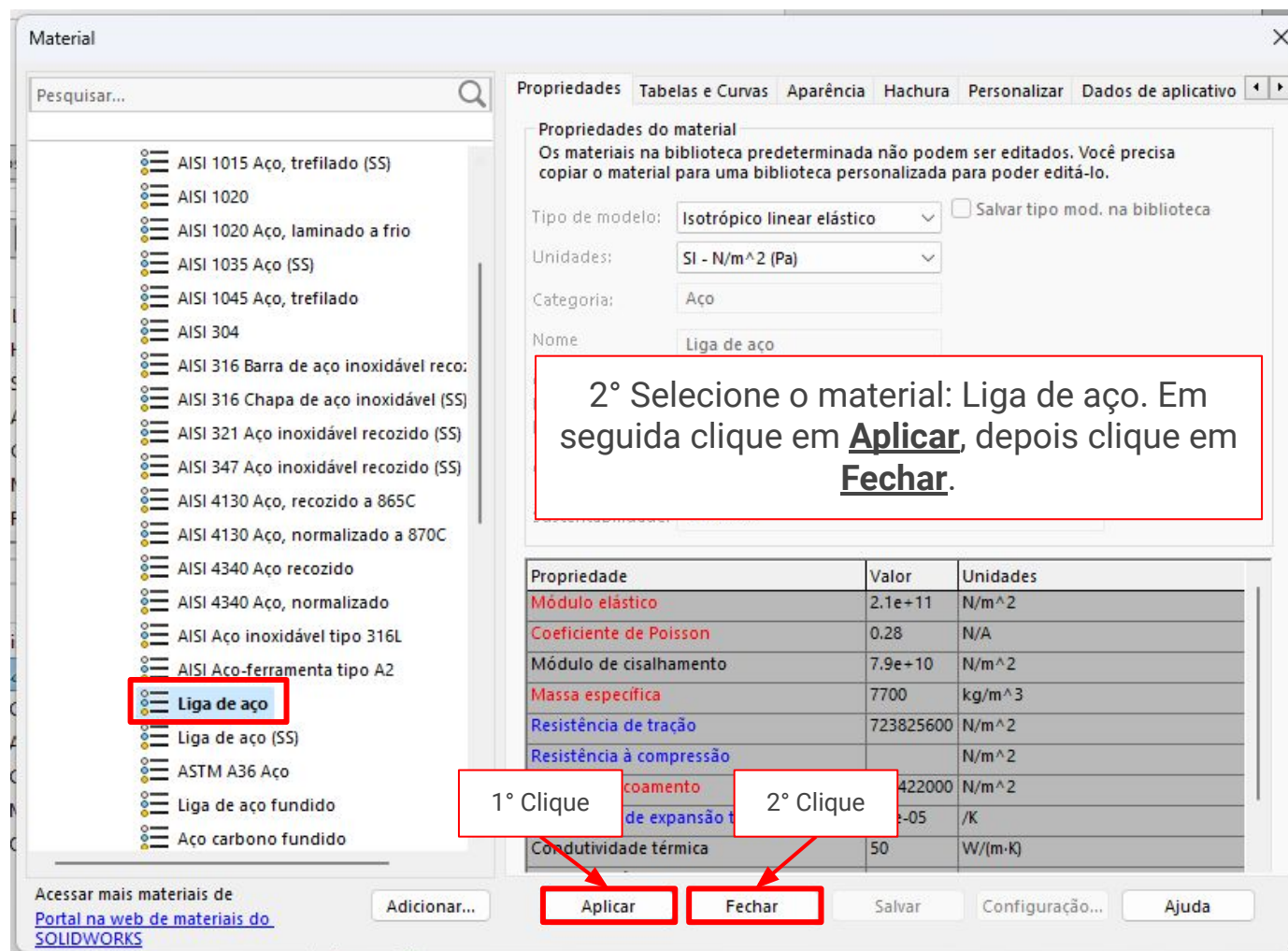


Vamos fazer o pré-processamento:

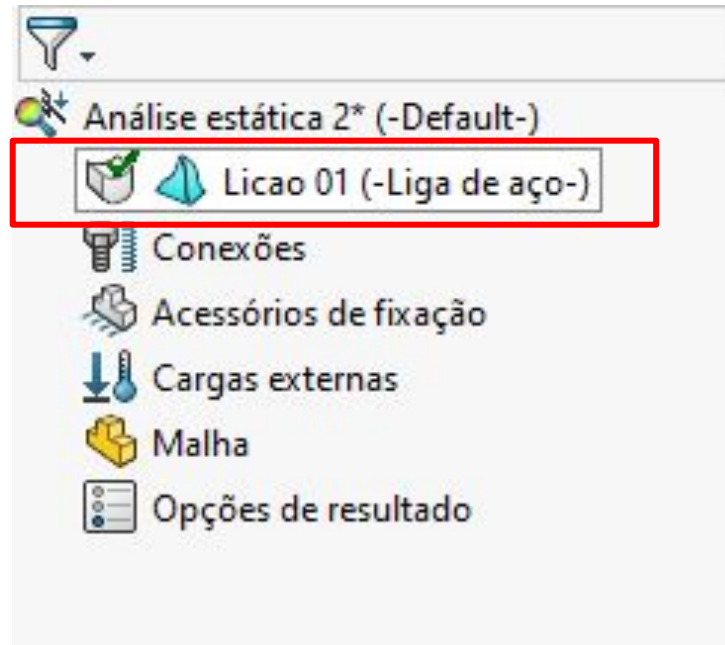


1º Insira o material:

- Clique com o botão direito em Licao 01
- Selecione Aplicar/ editar material....

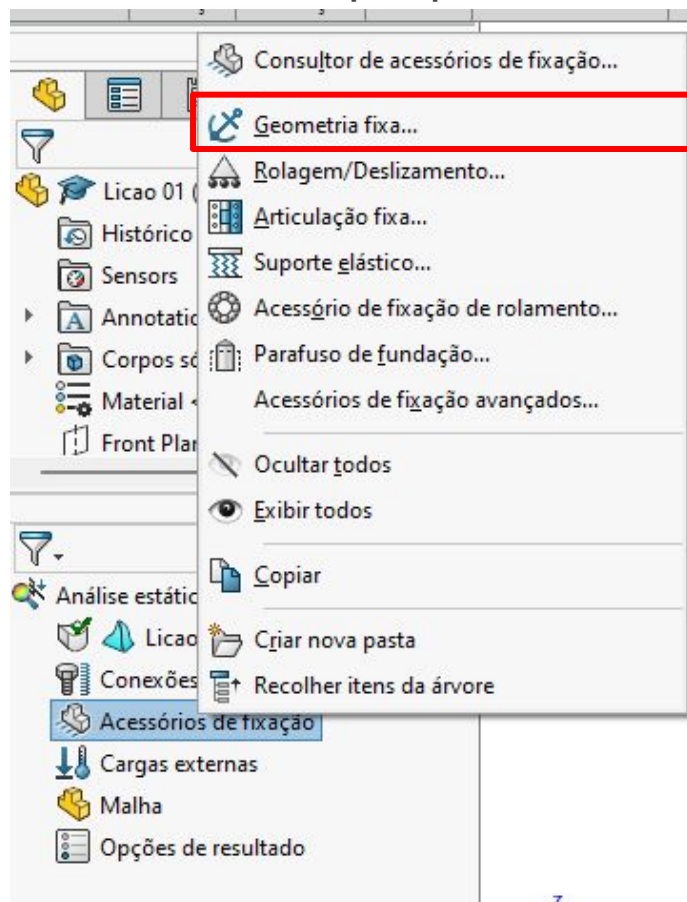


Vamos fazer o pré-processamento:



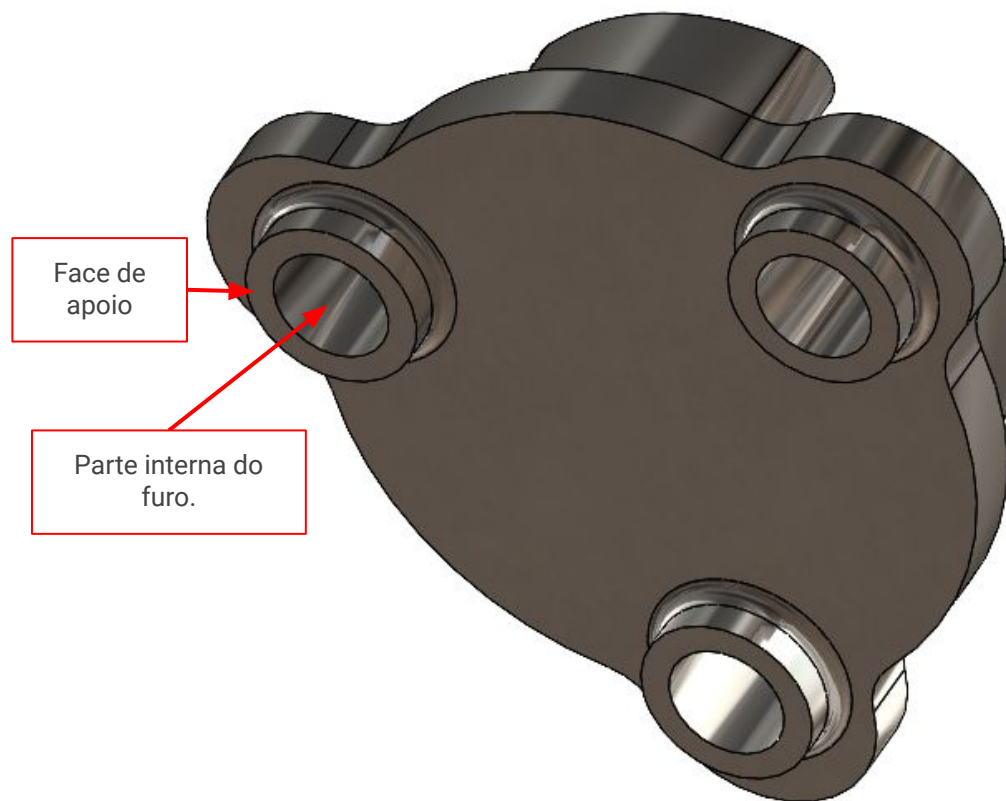
Como deverá ficar.

Vamos fazer o pré-processamento:



1º Selecione os tipos de Fixações:

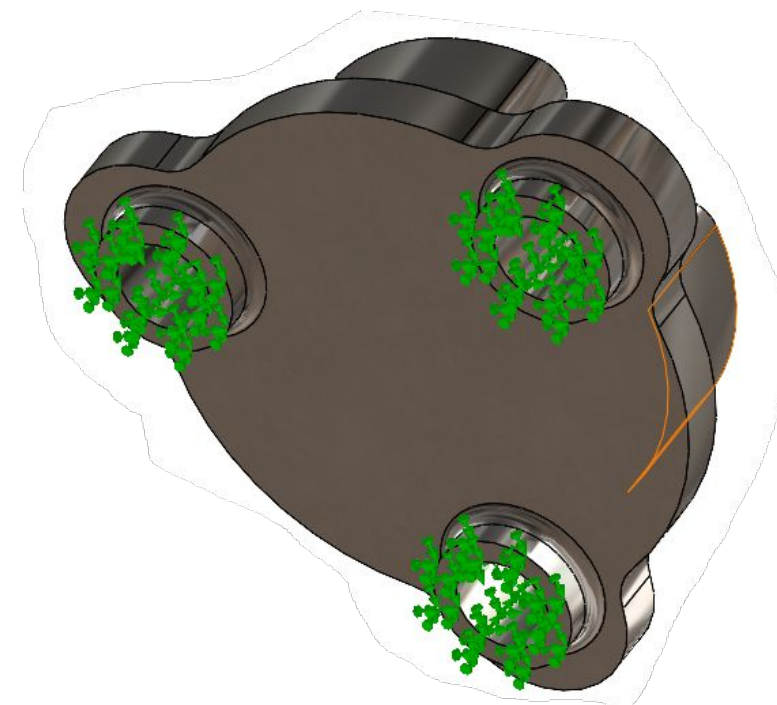
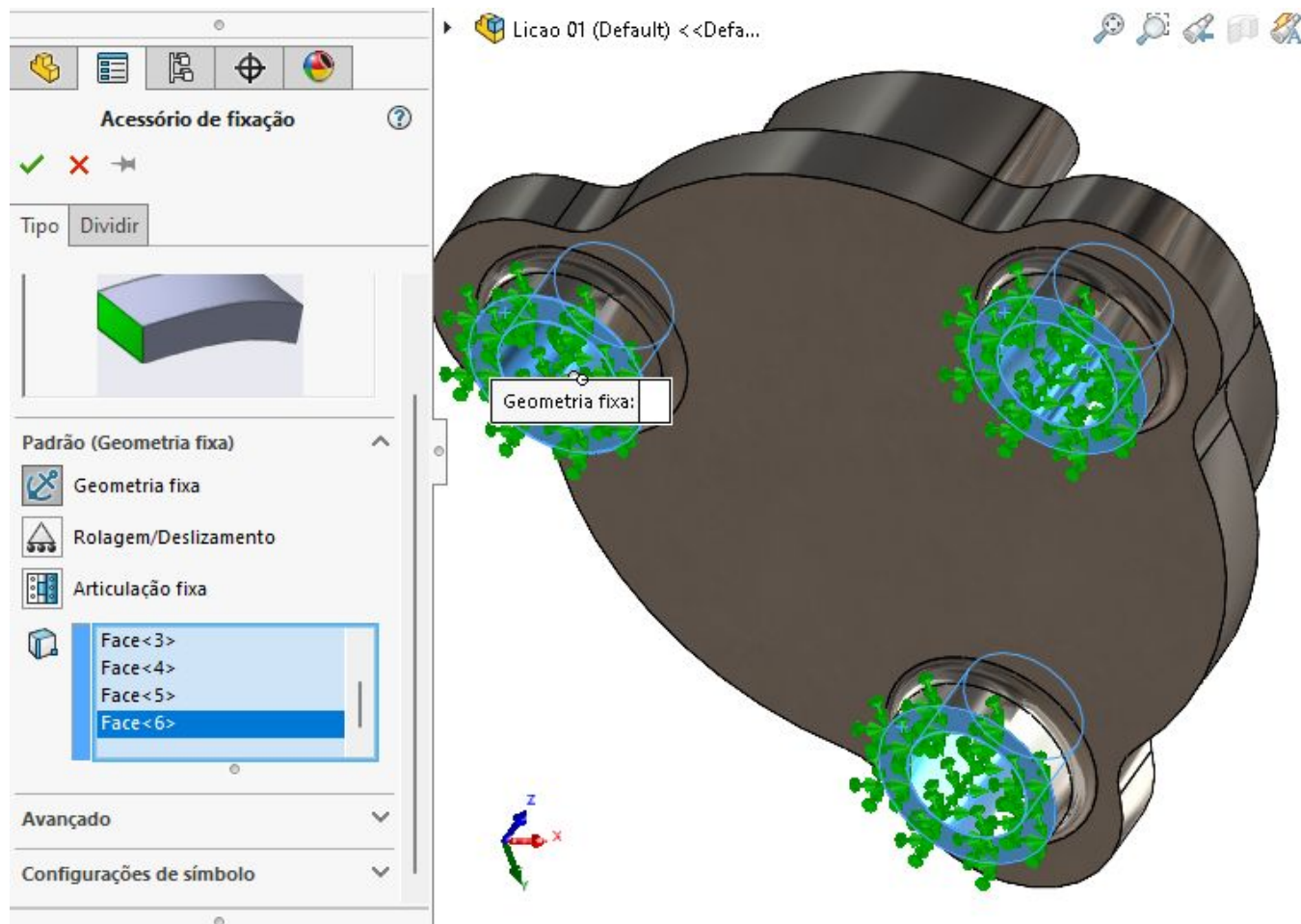
- Clique com o botão direito em Acessórios de fixação.
- Selecione Geometria Fixa.



2º Selecione os locais de fixação:

- Nos pontos de parafusamento selecione a face de apoio e a parte interna do furo.
- Faça o mesmo processo com os três furos.

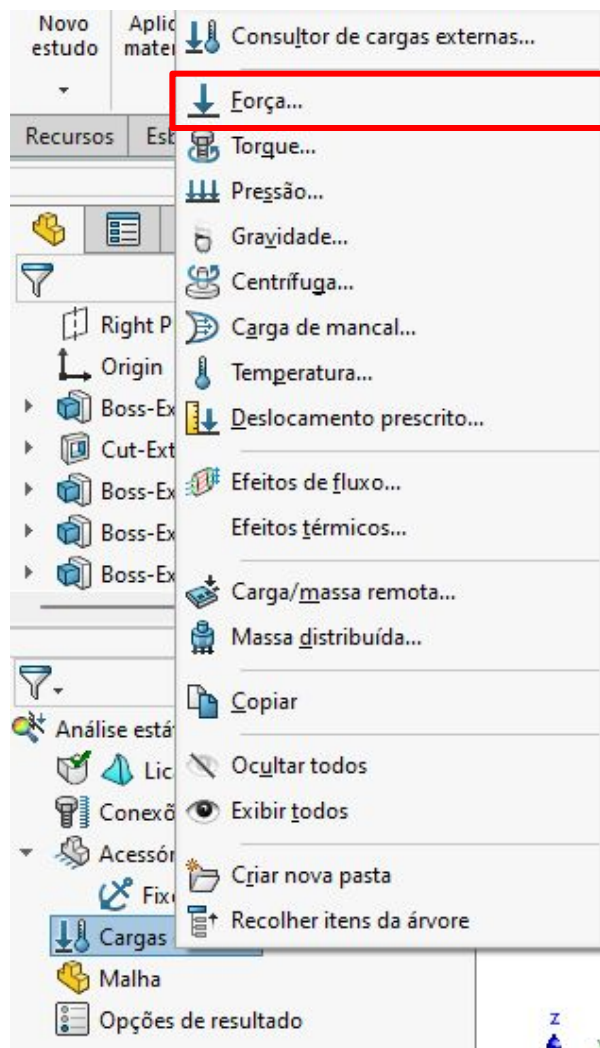
Vamos fazer o pré-processamento:



Como deverá ficar.

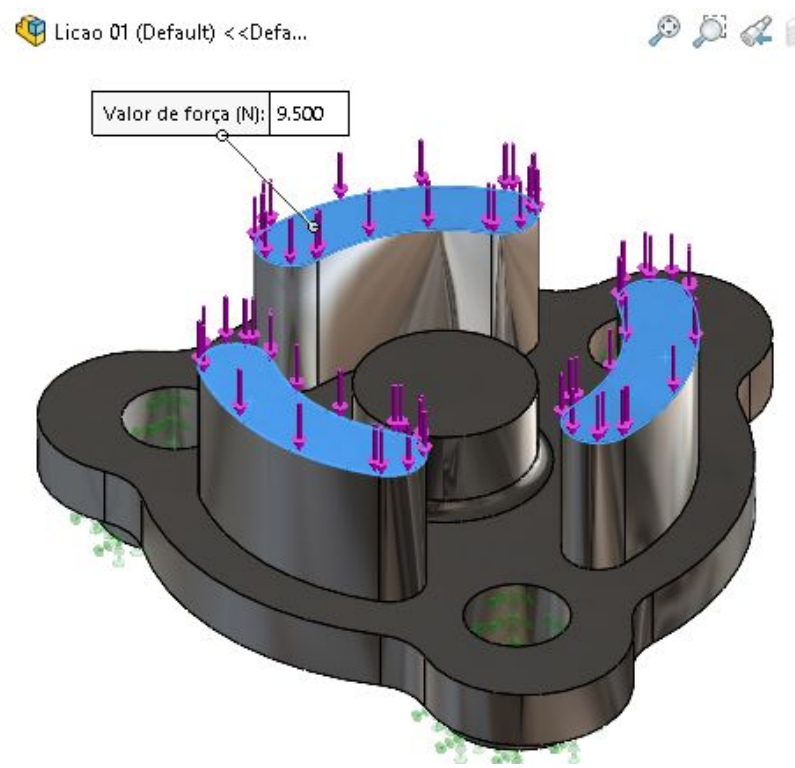
3º Após seleção das faces conforme a imagem, clique em OK.

Vamos fazer o pré-processamento:



1º Selecione o tipo de carga:

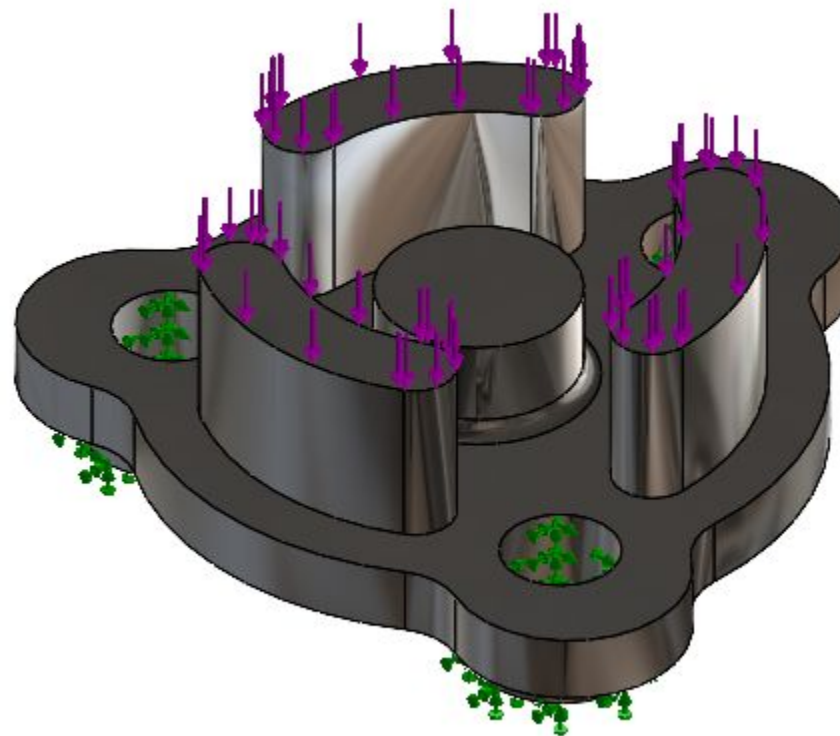
- Clique com o botão direito em Cargas.
- Selecione Força.



2º Configure conforme a imagem:

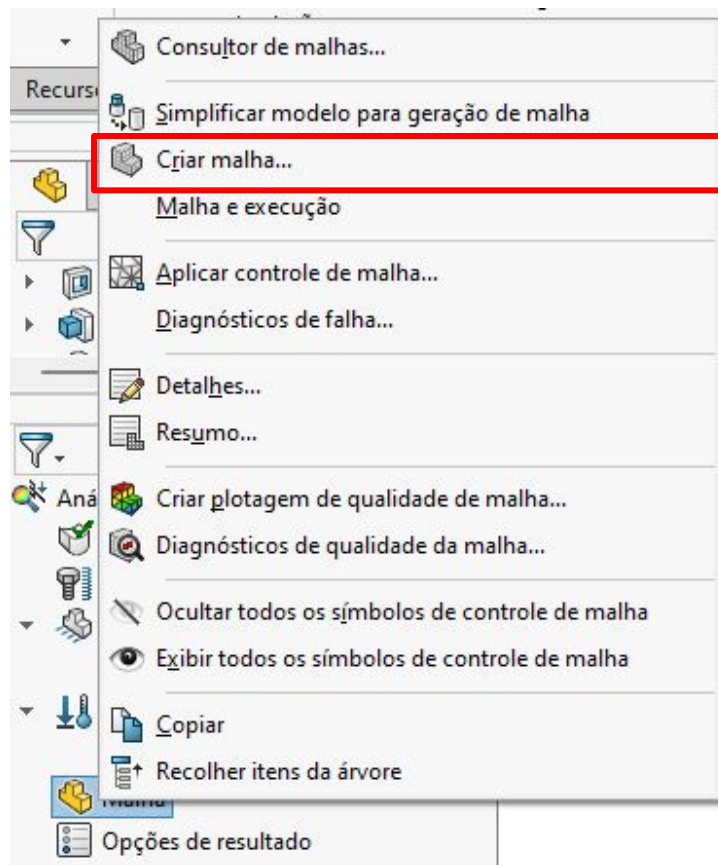
- Selecione as três faces;
- Valor da força: 9500N
- Selecione: Por item.
- Clique em OK.

Vamos fazer o pré-processamento:



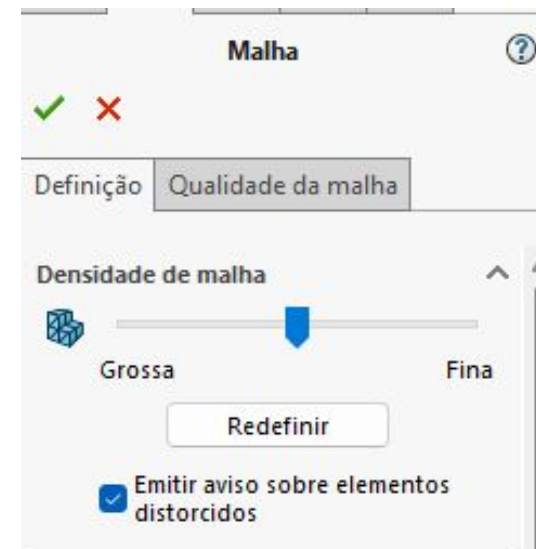
Como deverá ficar.

Vamos fazer o pré-processamento:



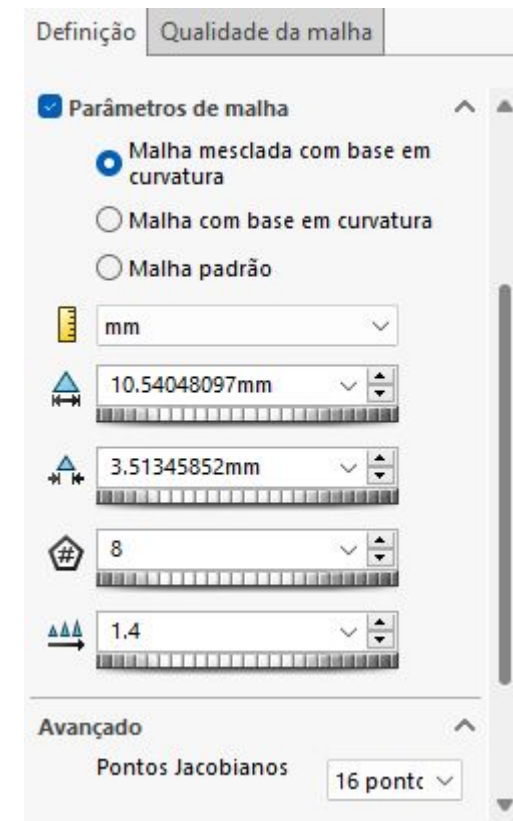
1° Vamos gerar a malha:

- Clique com o botão direito em Malhas.
- Selecione Criar malha.

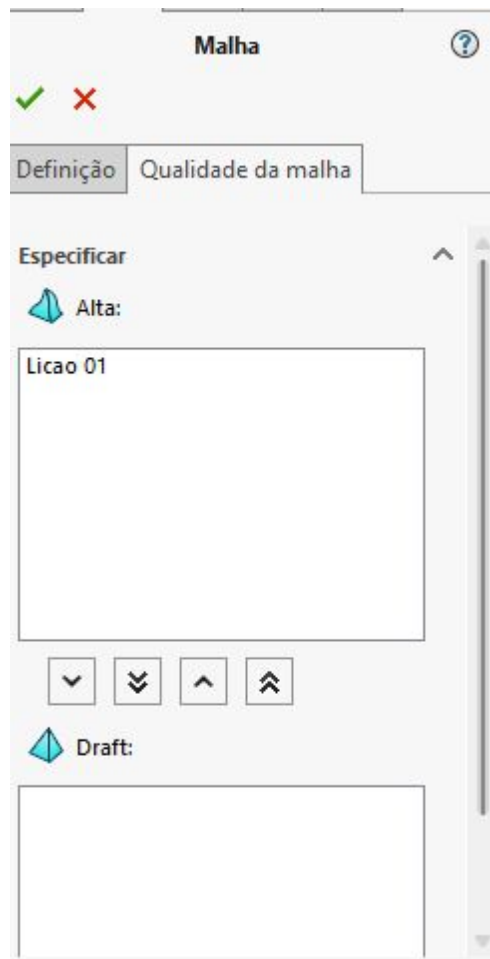


2° Configure a malha: Definição

- Densidade de malha: Padrão.
- Parâmetros de malha
 - Malha mesclada com base em curvatura.
 - Demais medidas: Manter o padrão do sistema.

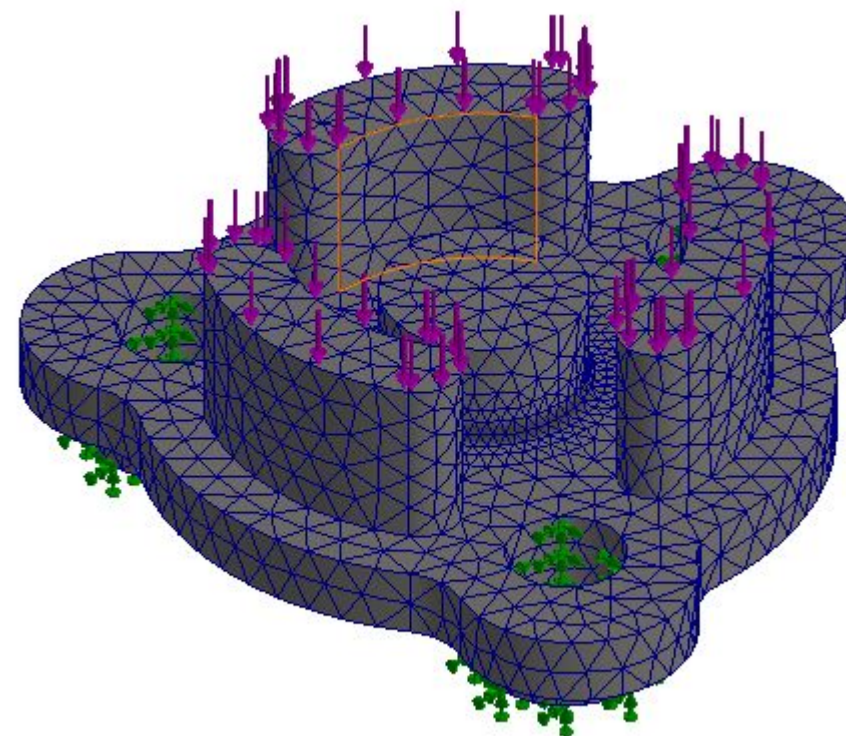
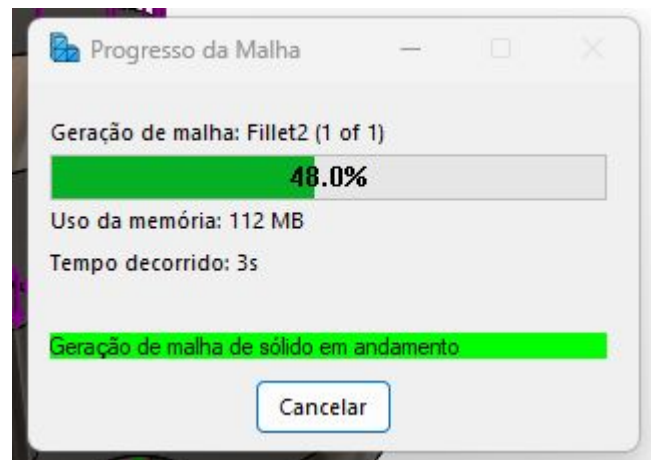


Vamos fazer o pré-processamento:



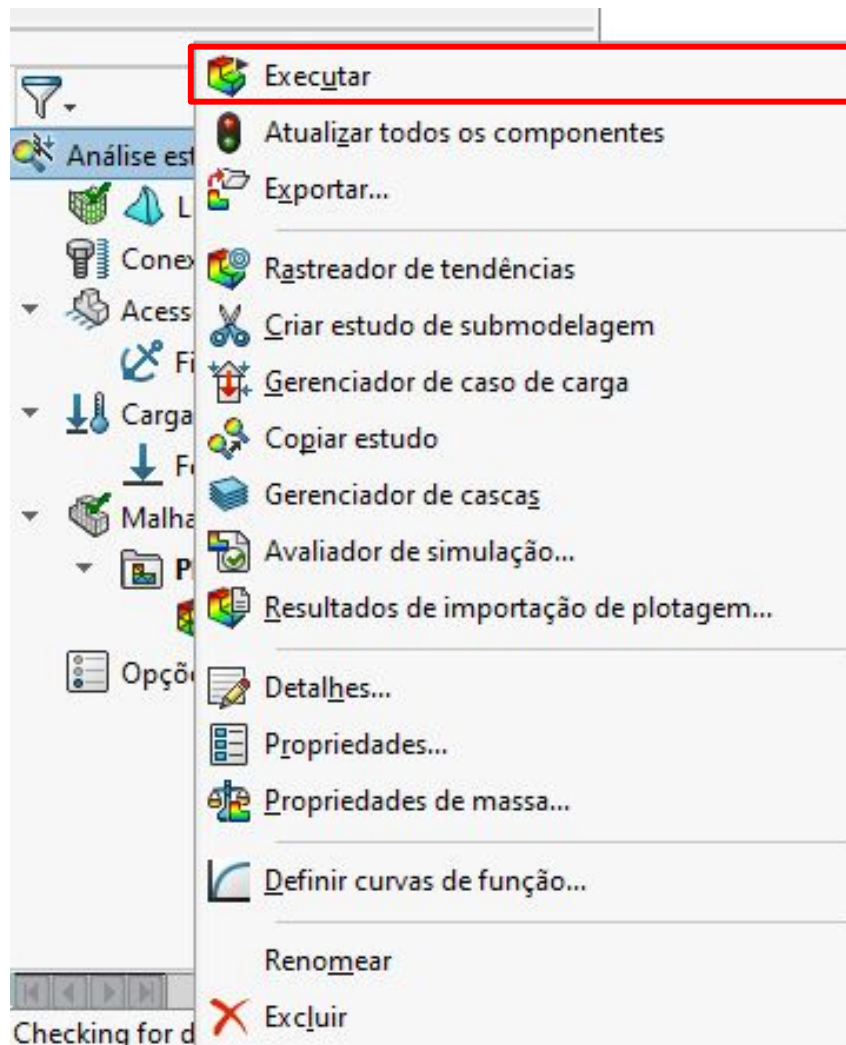
3º Configure a Qualidade de malha:

- Especificar: Alta
- Clique em OK.



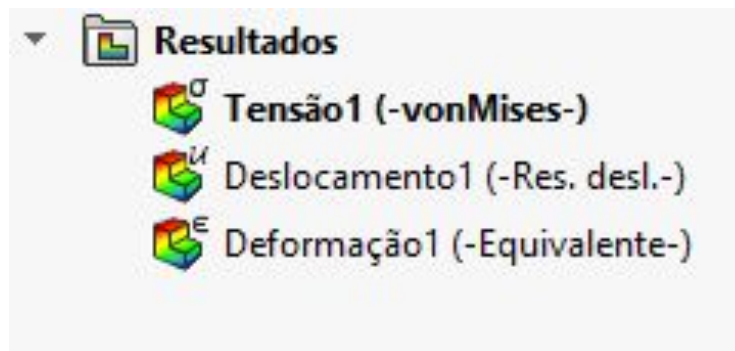
Como deverá ficar.

Chegou a hora da verdade!! Vamos executar:



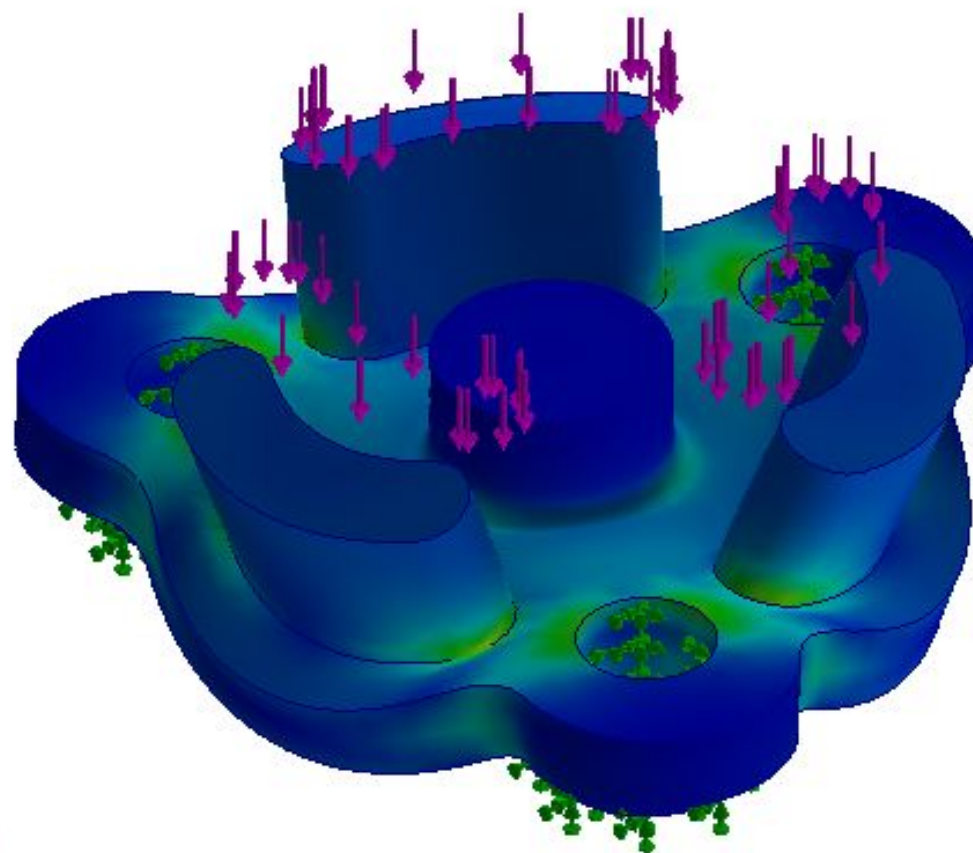
- Clique com o botão direito no nome do estudo (Análise estática 2).
- Selecione Executar.

PRONTO!!

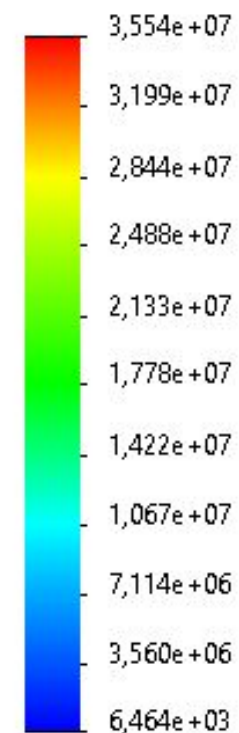


Resultados: Tensão Von Mises

Nome do modelo: Licao 01
Nome do estudo: Análise estática 2(-Default-)
Tipo de plotagem: Análise estática tensão nodal Tensão1
Escala de distorção: 2.765,03



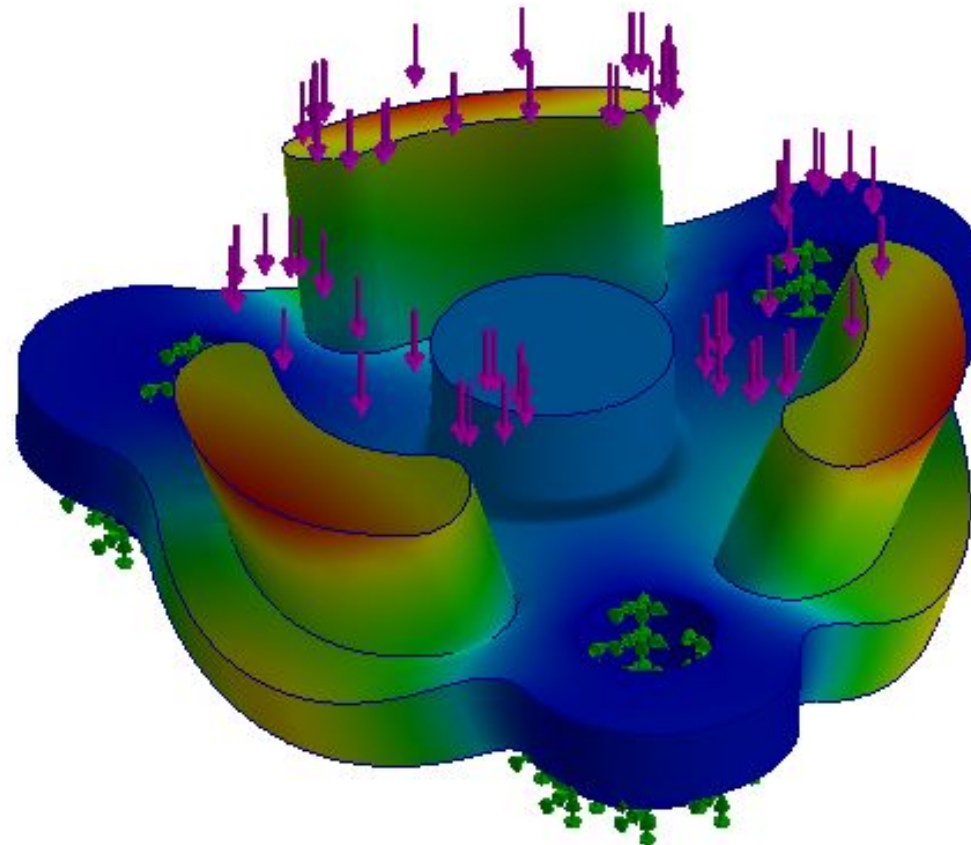
von Mises (N/m²)



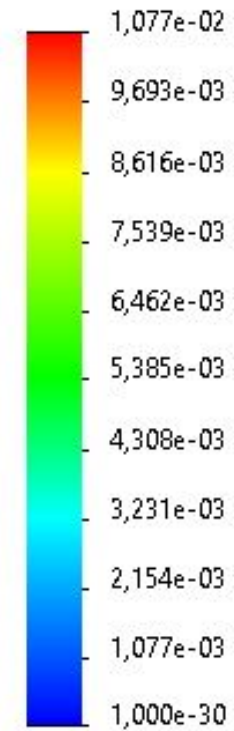
→ Limite de escoamento: 6,204e+08

Resultados: Deslocamento

Nome do modelo: Licao 01
Nome do estudo: Análise estática 2(-Default-)
Tipo de plotagem: Deslocamento estático Deslocamento1
Escala de distorção: 2.765,03

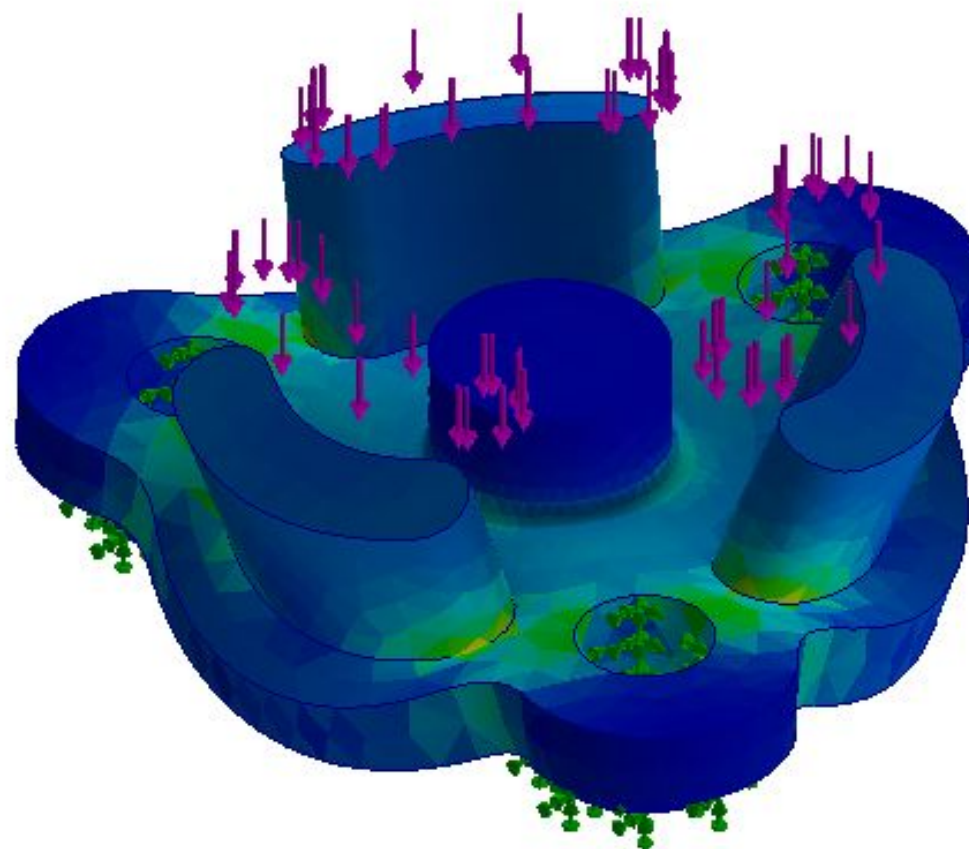


URES (mm)

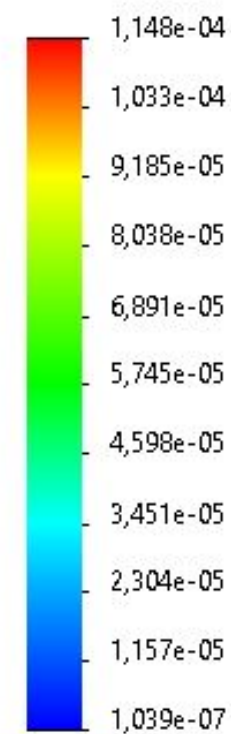


Resultados: Deformação

Nome do modelo: Licao 01
Nome do estudo: Análise estática 2(-Default-)
Tipo de plotagem: Deformação estática Deformação1
Escala de distorção: 2.765,03



ESTRN



Você aprendeu:

- Apresentação do SolidWorks Simulation;
- Localizar e aplicar comandos do SolidWorks Simulation;
- Conhecer as funcionalidades dos comandos disponíveis para análises de peças;
- Aplicar e editar definição de materiais em peças;
- Opções de plotagens;
- Realizar a primeira análise de uma peça;
- Avaliar os resultados obtidos da análise.

