



Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0
Manufatura Inteligente – Prof. Dalberto Dias da Costa



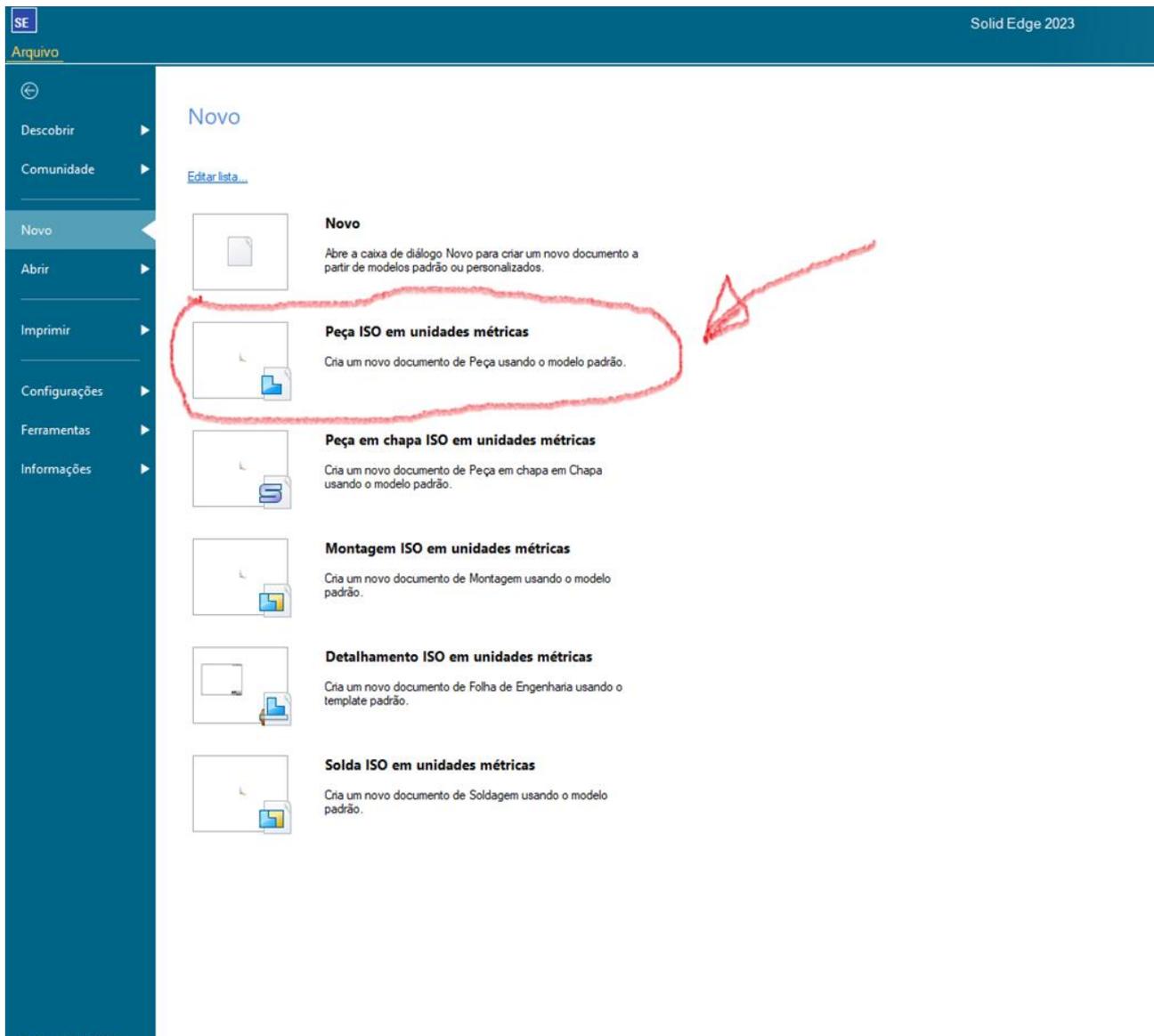
ATIVIDADE I

- Modelagem de um componente simples em CAD 3D
- Planejamento e simulação da usinagem com auxílio de um sistema CAM
 - Discussões sobre interoperabilidade, integração e inteligência no planejamento

UFPR, abril de 2023

Roteiro para modelagem de uma peça de revolução simples no Solid Edge¹

[PASSO 1]: Após abrir o Solid Edge escolha a opção “PEÇA ISO”



¹ Software de propriedade da empresa Siemens. Versão gratuita disponível em <https://resources.sw.siemens.com/en-US/download-solid-edge-student-edition>



Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0
Manufatura Inteligente – Prof. Dalberto Dias da Costa



[PASSO 2]: Caso apareça a tela “ORDENADO COMO PADRÃO” – ative a opção “Continuar com Ordenado”

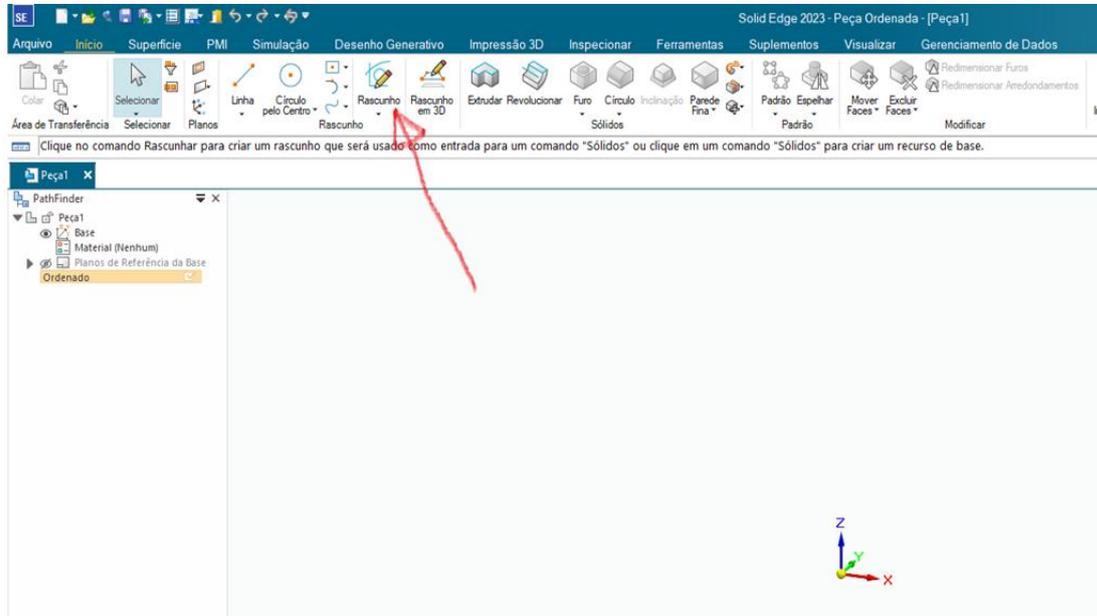




Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0
Manufatura Inteligente – Prof. Dalberto Dias da Costa

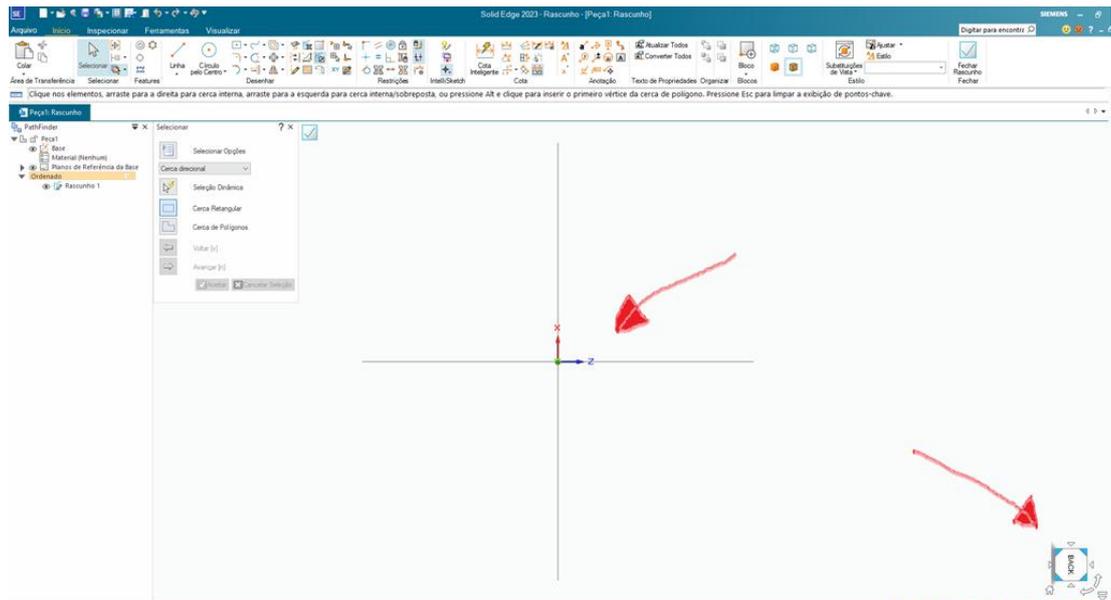


[PASSO 3]: Click no menu “Rascunho” para inicial do desenho 2D do perfil da peça



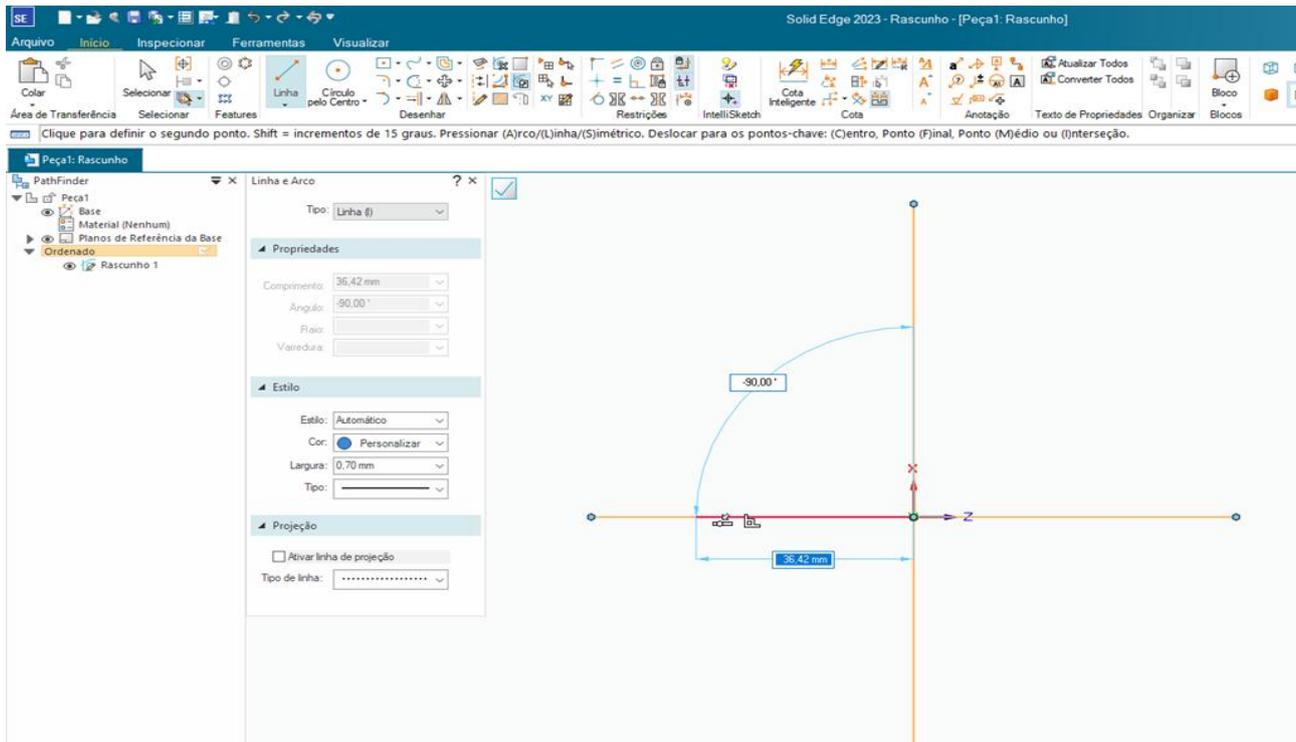


[PASSO 4]: Selecione o plano de referência para iniciar o esboço. No exemplo: plano X-Z (plano base). Depois, utilizando o controle do sistema de vistas ortográficas (canto inferior direito da tela) escolha a vista traseira (back) e gire o sistema de coordenadas para que o eixo Z fique na horizontal e o X na vertical. Essa alteração da vista e orientação dos eixos não é obrigatória, mas será feita aqui apenas para facilitar a visualização da peça de acordo com o sistema de coordenadas do torno.

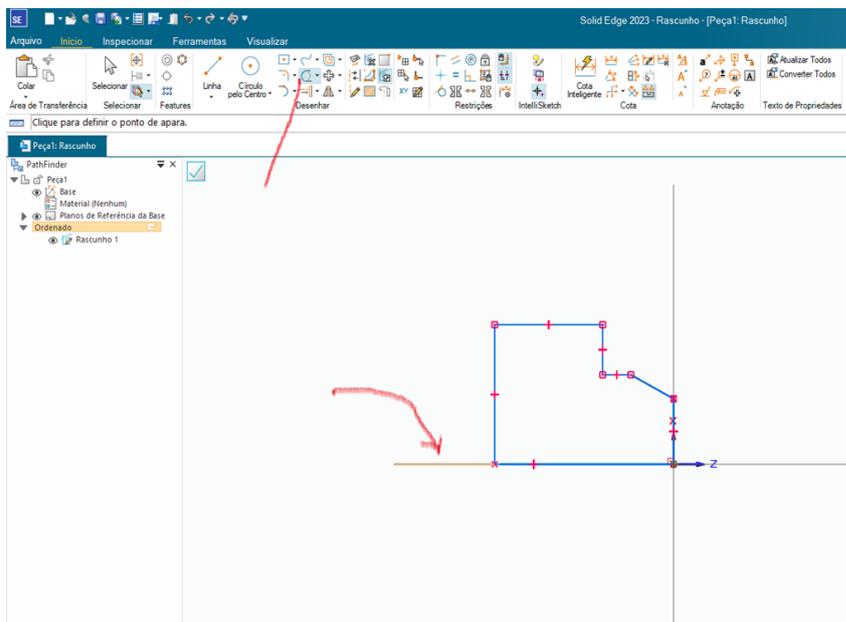
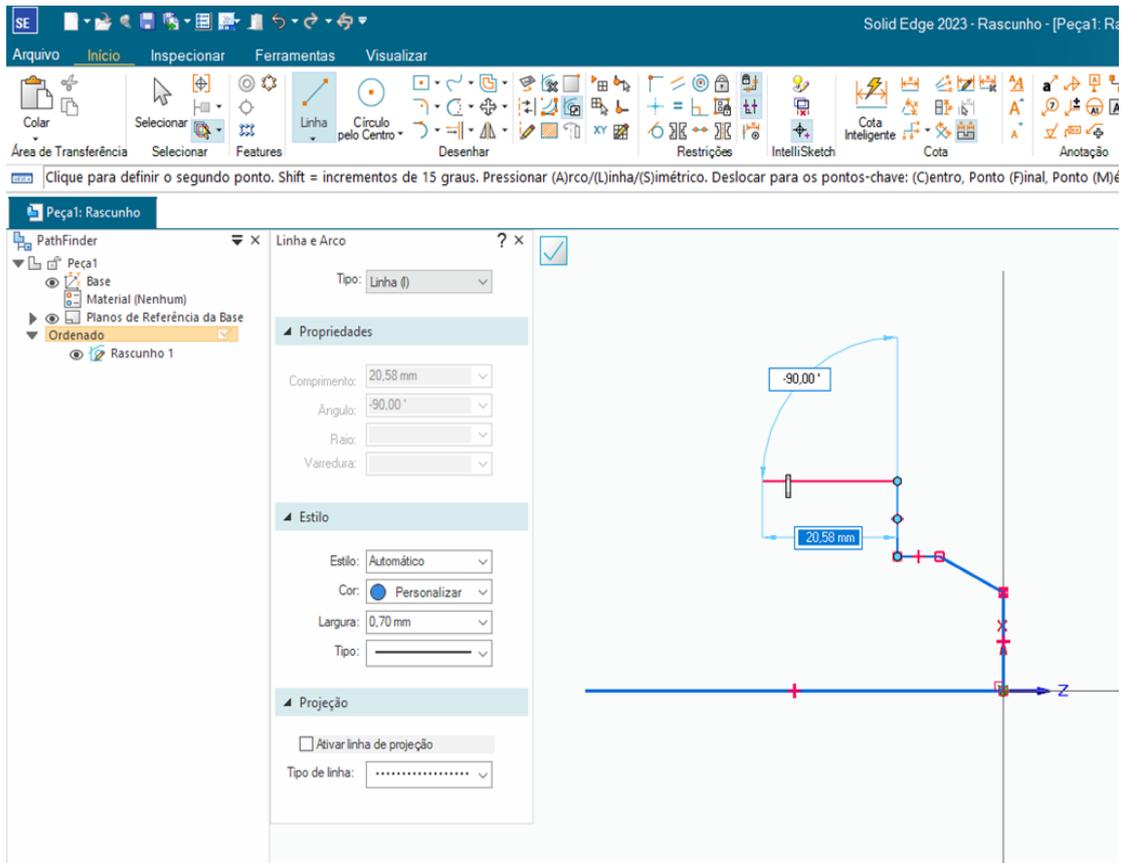




[PASSO 5]: Trace uma linha horizontal, partindo da origem. Essa linha será utilizada posteriormente como eixo de revolução. Observe que a dimensão da linha vai sendo alterada, à medida que você movimenta o mouse.

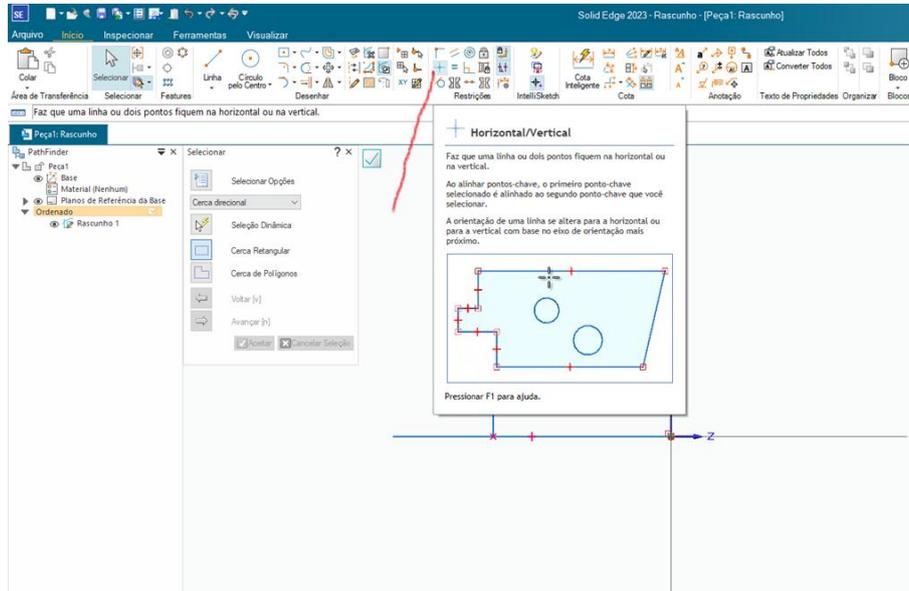


[PASSO 6]: desenha as outras linhas de acordo com o croqui elaborado. Para fazer outra linha, partindo de outro ponto, basta clicar com o botão direito do mouse para interromper o desenho.

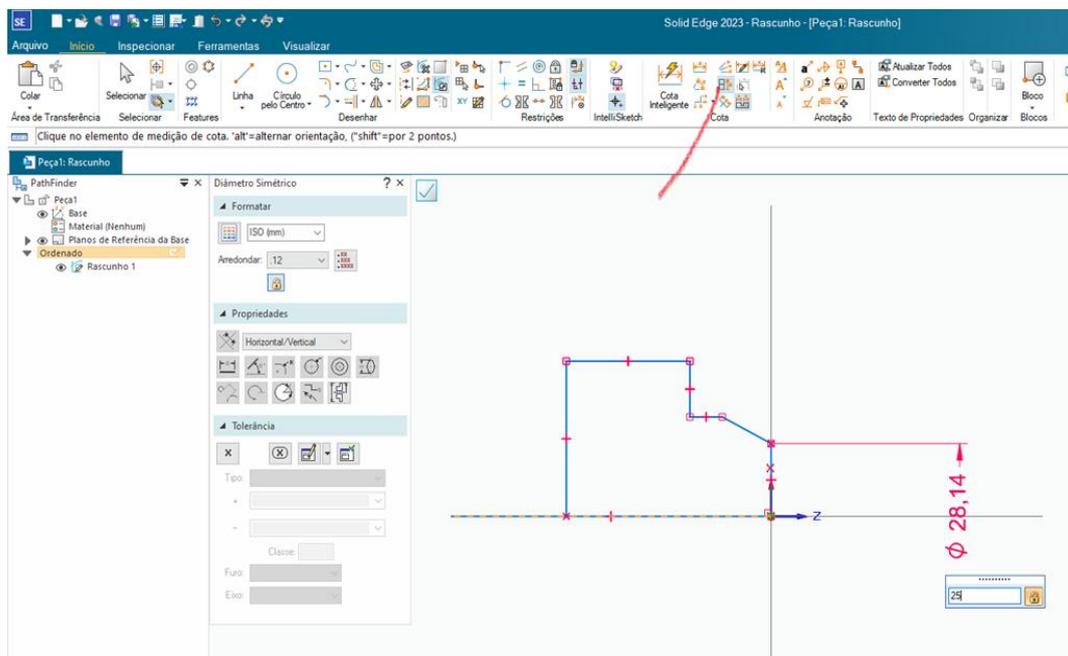


Se for necessário, utilize o recurso “Aparar” para cortar segmentos de linhas no esboço.

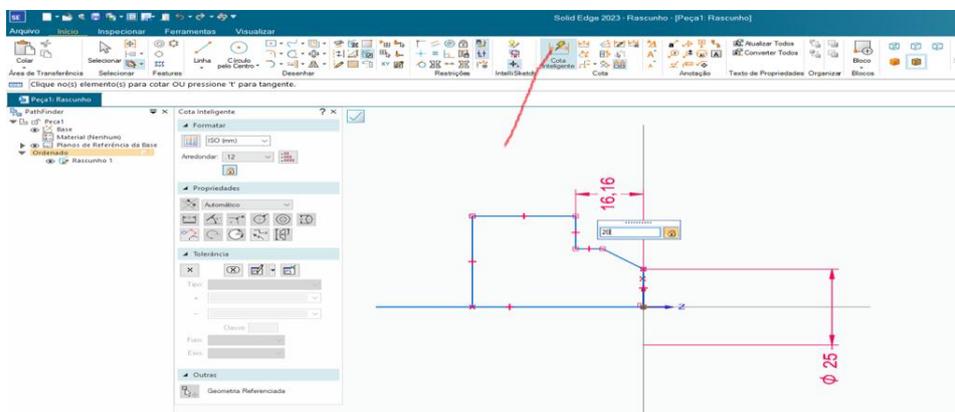
Caso a orientação de uma linha desenhada não fique na horizontal ou vertical, você poderá utilizar o recurso “Horizontal/Vertical” para efetuar essa correção, tal como mostrado na figura seguinte.



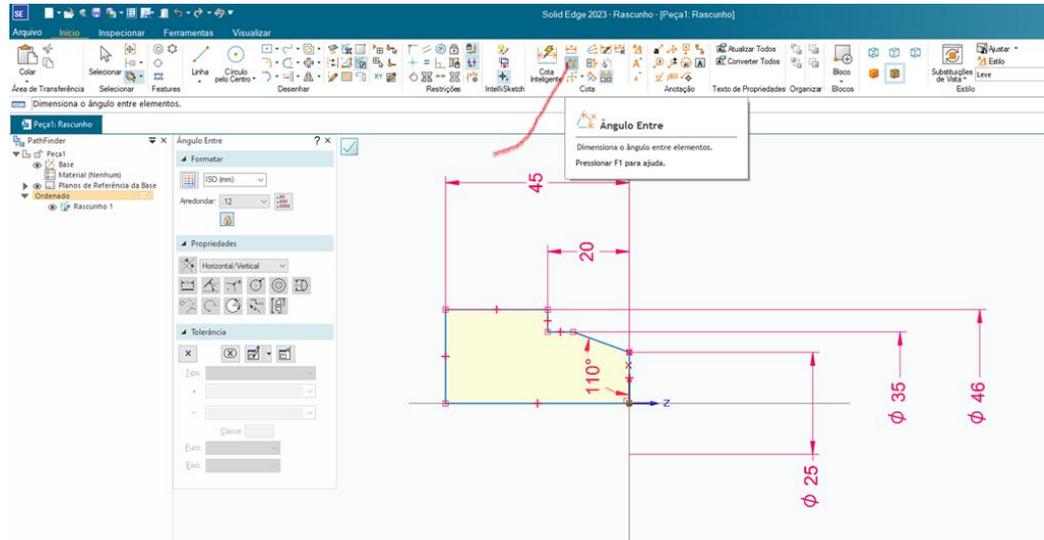
[PASSO 7]: Depois de traçar todas as linhas do perfil 2D da peça, faça o seu dimensionamento (cotagem). Seguindo as dimensões do croqui. Inicie pela cotagem dos diâmetros menores. Para isso, selecione o recurso “Diâmetro Simétrico” e clique na linha horizontal central (eixo de revolução) e depois na linha/ponto que deseja incluir a cota. Depois que o segundo elemento for selecionado, aparecerão as linhas de chamada, o símbolo de diâmetro (\varnothing) e uma caixa de texto com o valor da dimensão, a qual poderá ser editada.



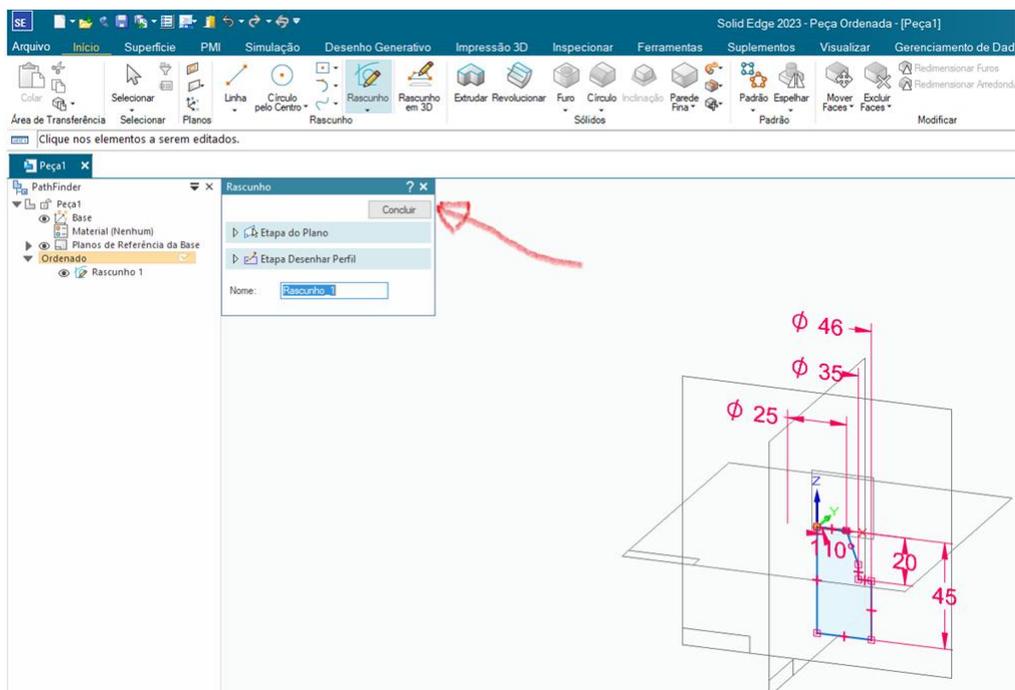
Depois de finalizar a cotagem dos diâmetros, utilize o recurso “Cota inteligente” para cotar as dimensões horizontais do esboço.



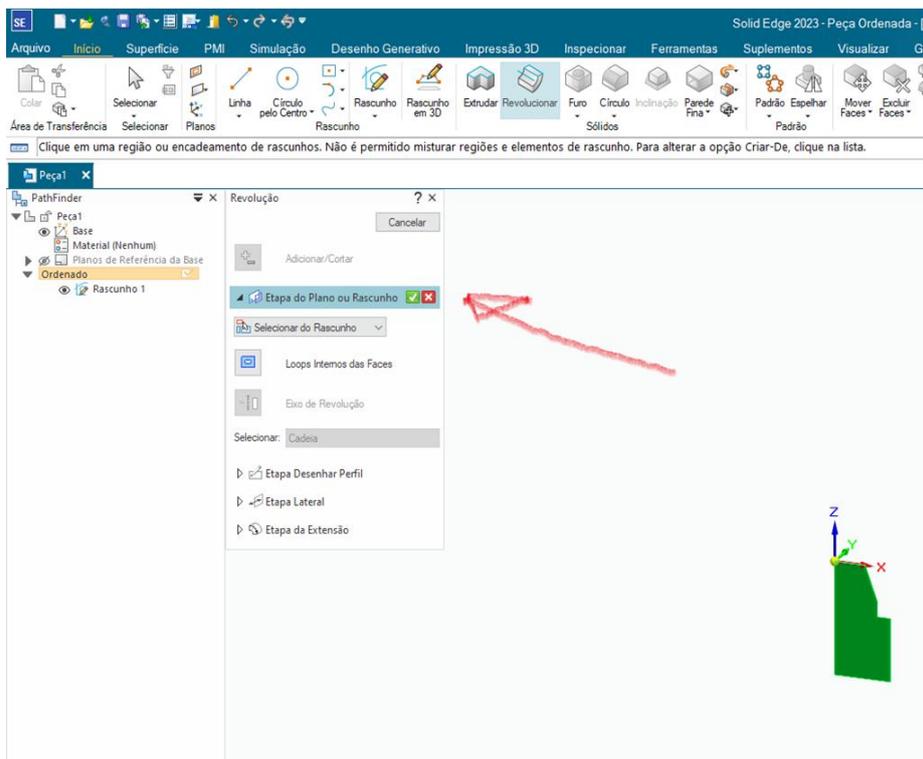
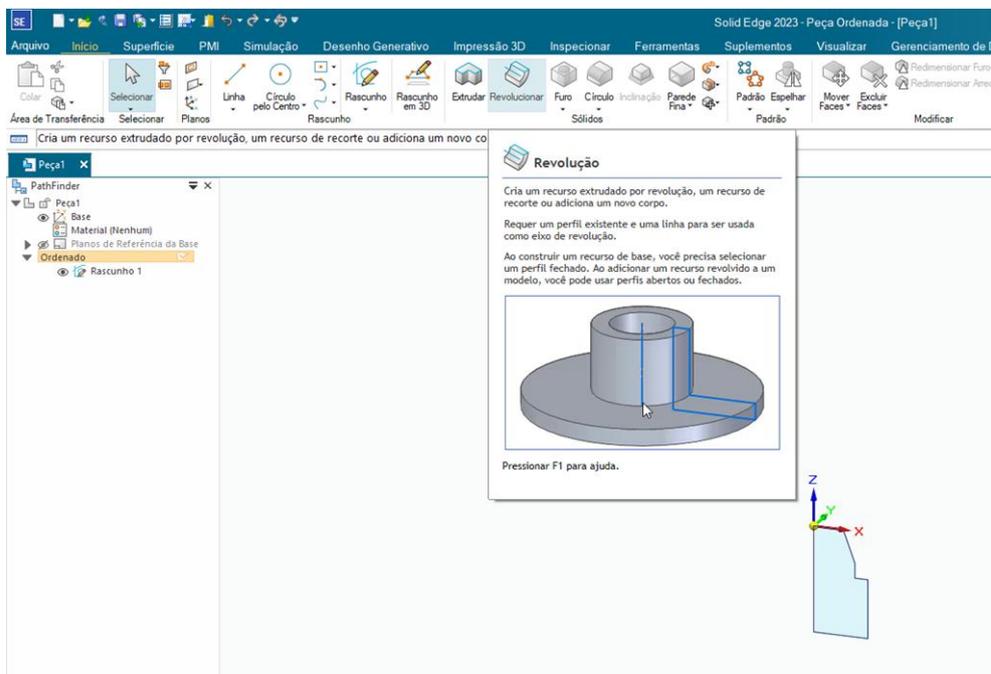
Por fim, dimensione os ângulos utilizando o recurso “Ângulo entre”



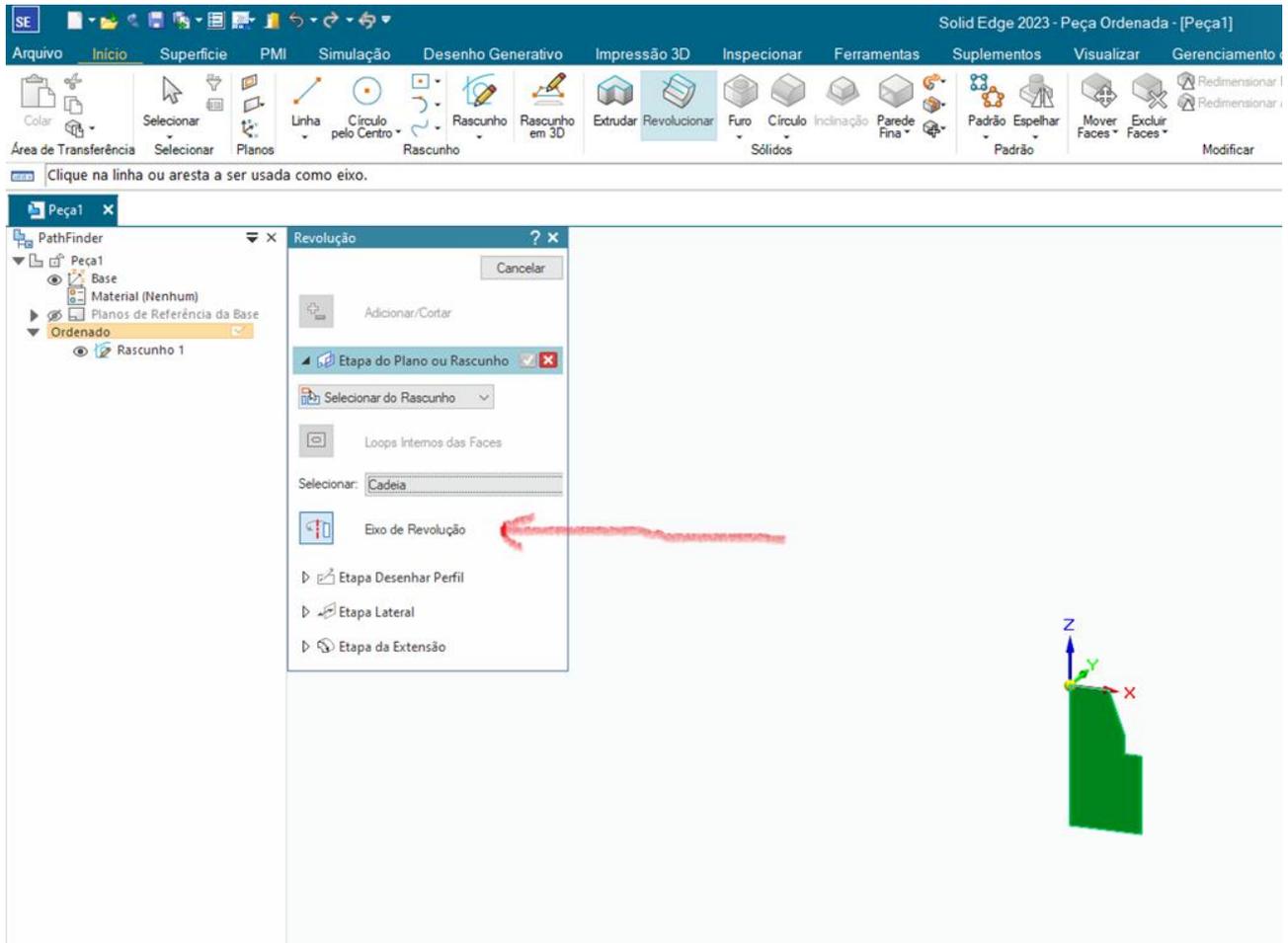
[PASSO 8]: Após concluir todo o dimensionamento, feche o esboço clicando “Fechar Rascunho” e depois em “Concluir”



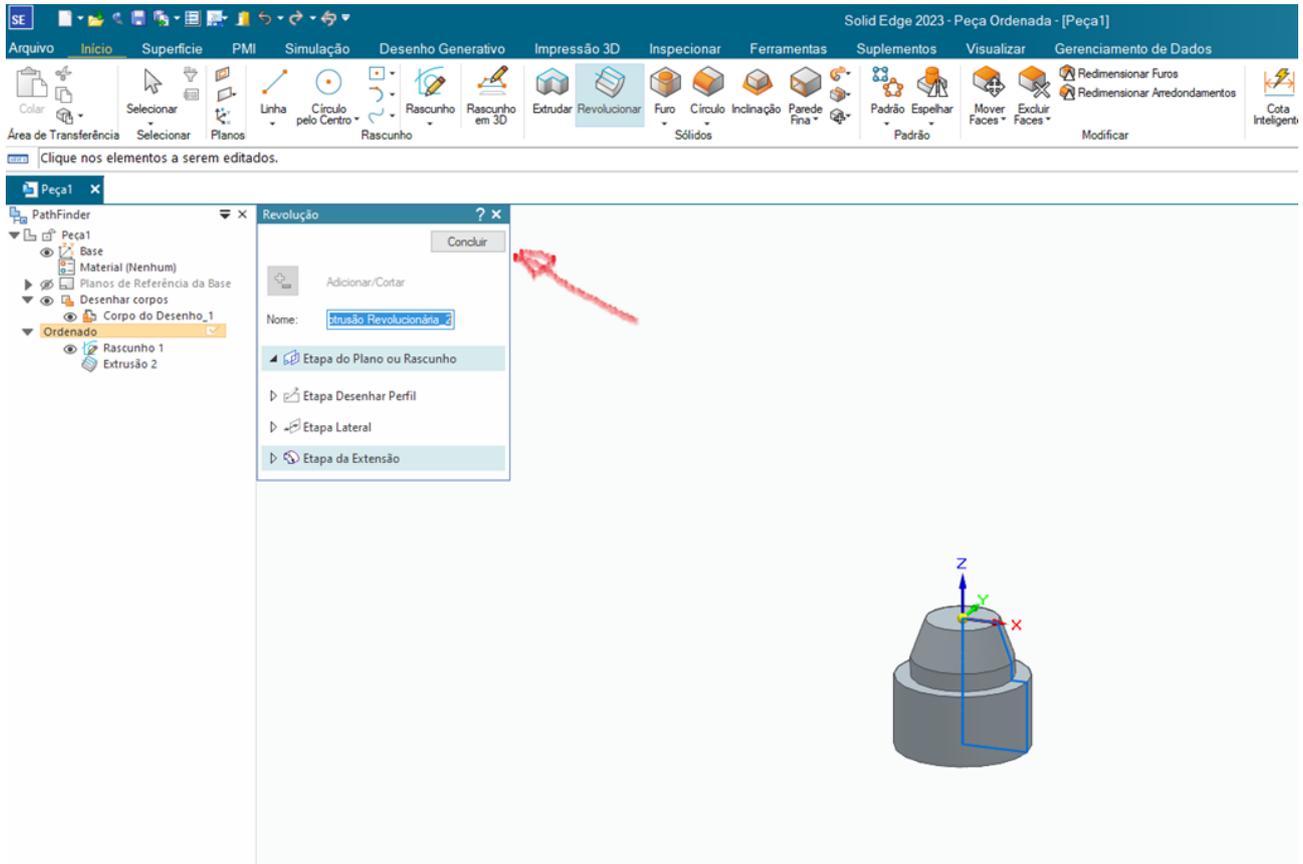
[PASSO 9]: Após a conclusão do rascunho, faremos a revolução do perfil desenhado. Para isso, basta selecionar o recurso “Revolução” e informar/selecionar os dados solicitados.



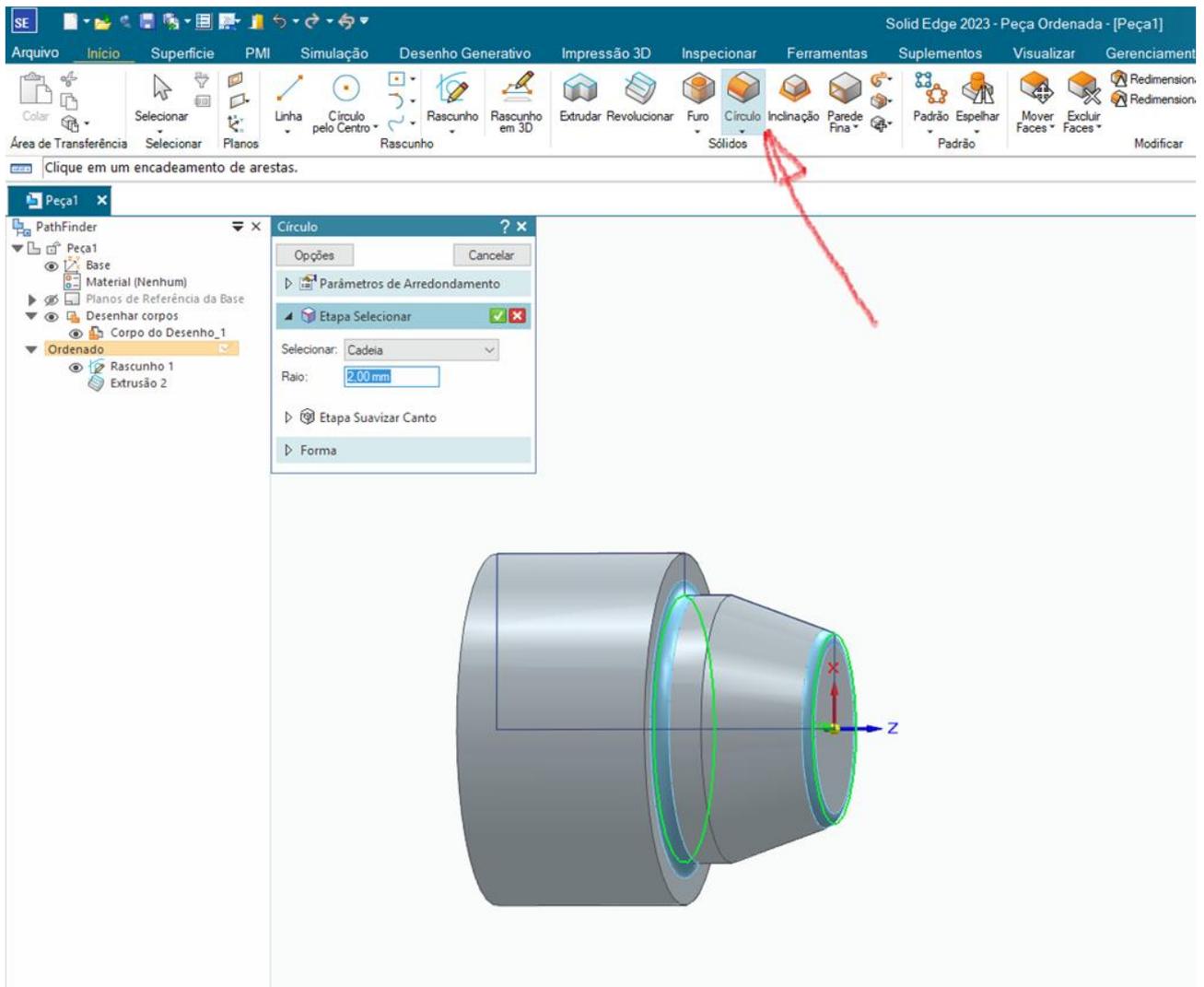
Em “Eixo de Revolução” selecione a linha paralela ao eixo Z que passa por $X = 0$ (linha de centro)



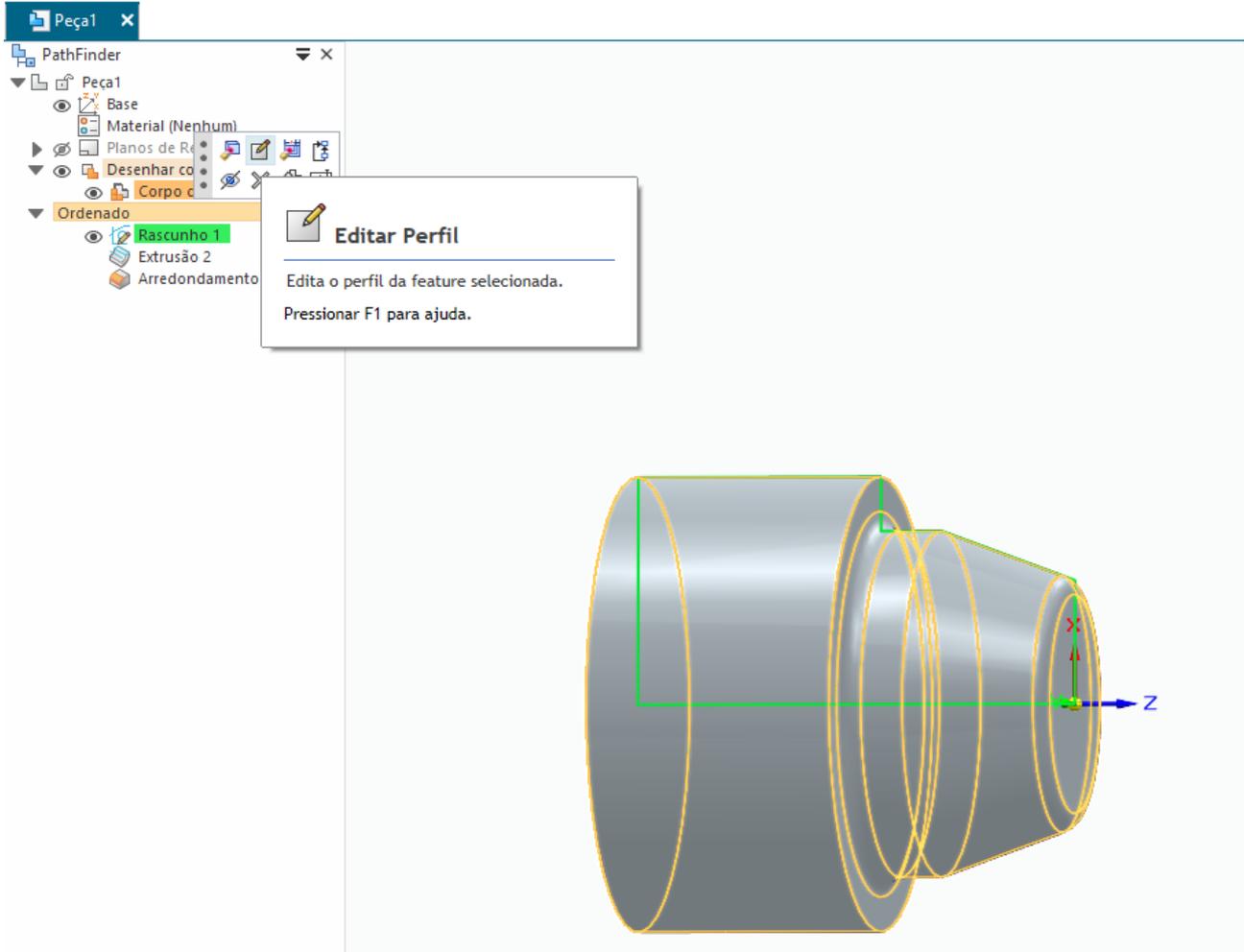
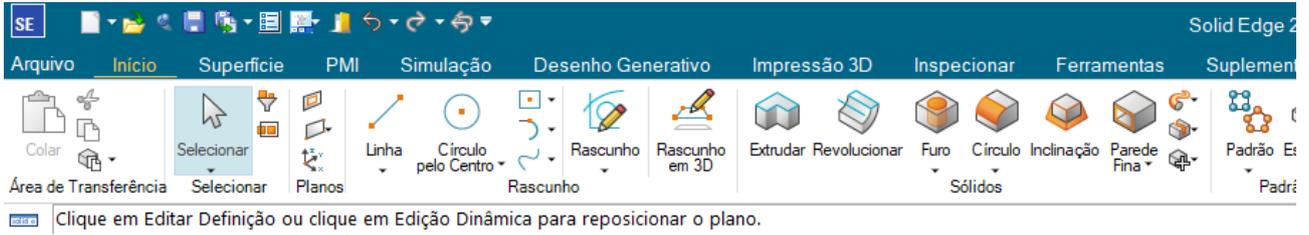
Depois click em “concluir” para finalizar a revolução.

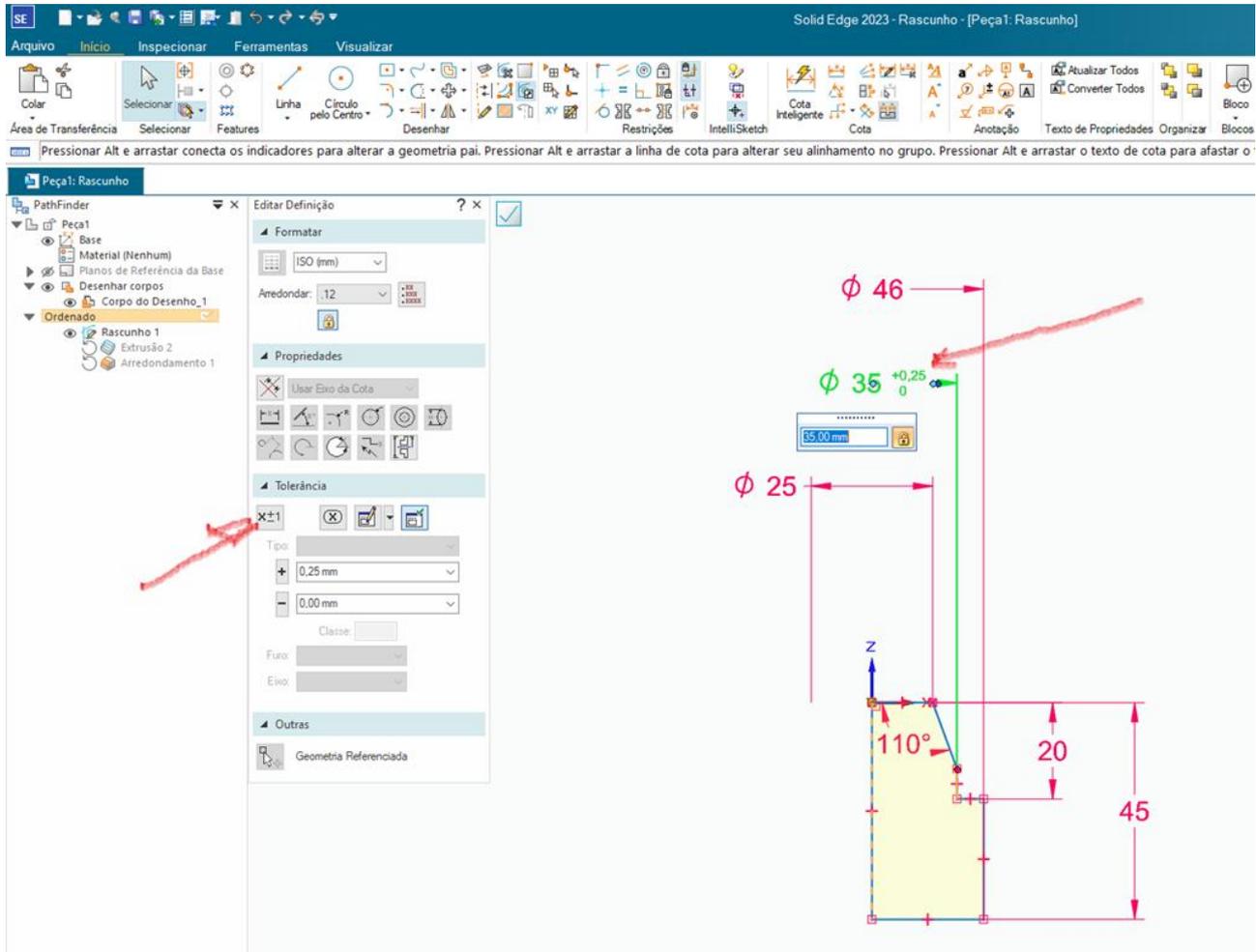


Caso necessário, finalize o modelo incluindo arredondamentos e/ou chanfros selecionando as arestas de interesses. Vide figura a seguir.

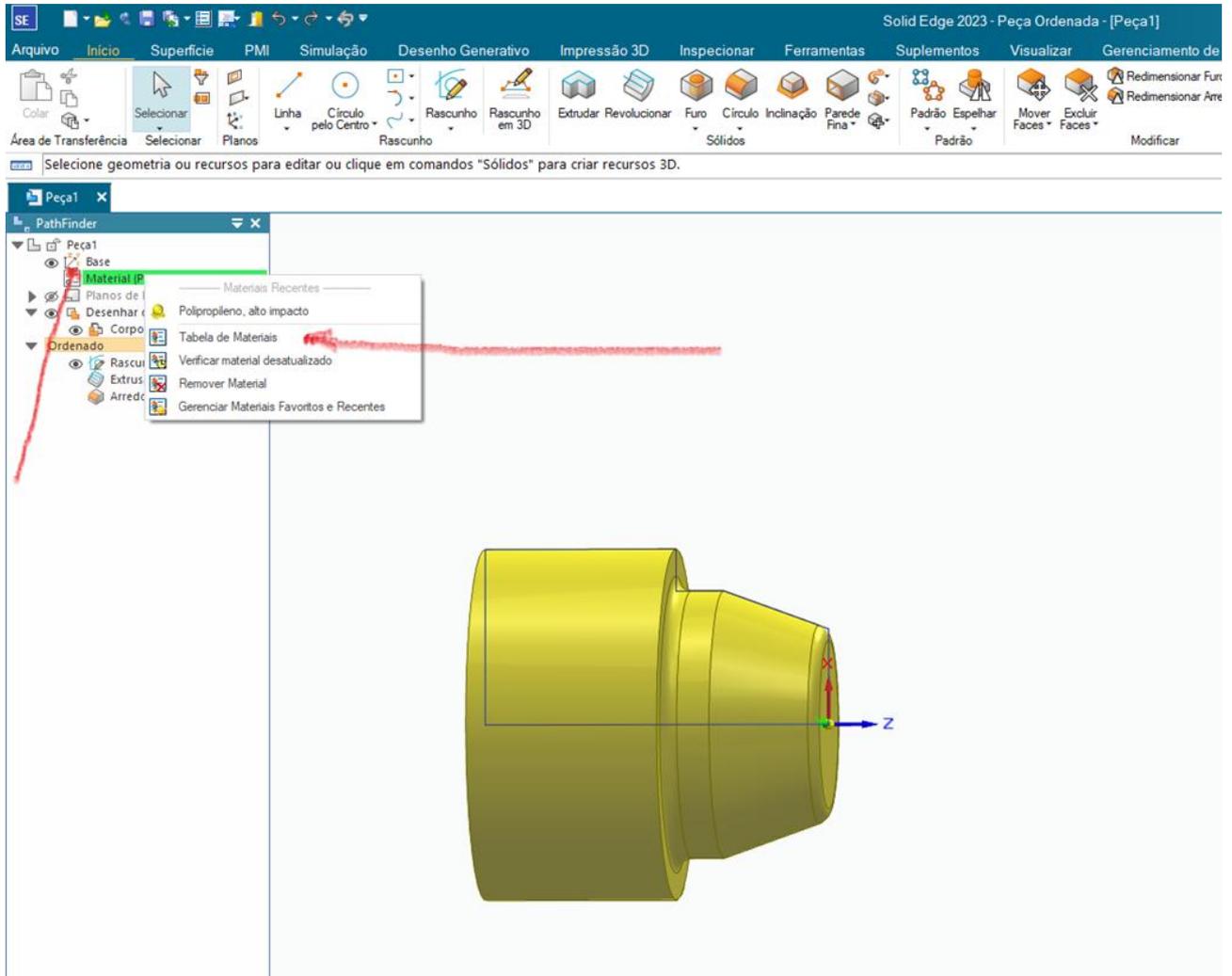


[PASSO 10]: Edite novamente o perfil. Basta selecionar “Rascunho” e depois a opção “Editar Perfil”. Com o perfil aberto, escolha uma das cotas e inclua uma tolerância dimensional . Basta clicar na cota e depois no “X” que aparece no canto superior esquerdo (Editar Definição), escolher o tipo e o valor dos afastamentos a serem incluídos, conforme mostrado na figura a seguir.





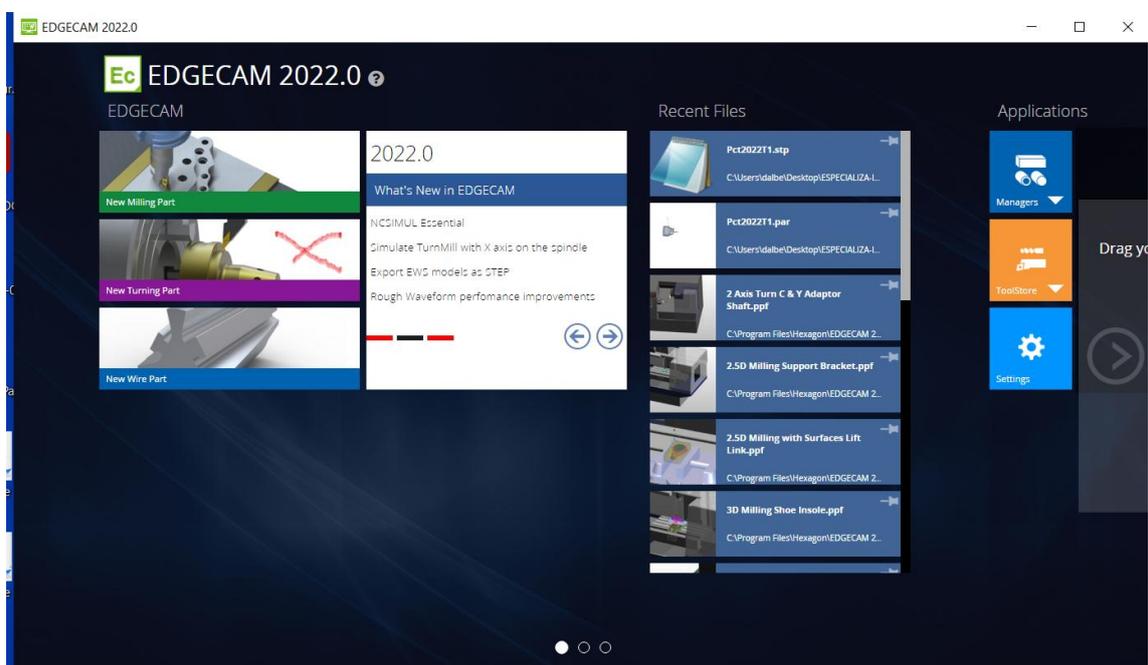
[PASSO 11]: Após incluir as tolerâncias, feche o rascunho. Selecione o material da peça, conforme identificação feita anteriormente e lista disponível.



[PASSO 12]: Por último, grave o modelo criado utilizando o formato proprietário do Solid Edge (*.par) e depois grave (salvar como) no formato STEP (*.STP) em conformidade com o AP 242. A indicação de tolerâncias, a definição do material e a gravação nos formatos proprietário/STEP serão discutidos quando utilizarmos o software de CAM para planejar a usinagem.

Roteiro para planejamento e simulação do torneamento utilizando o software Edgcam²

[PASSO 1]: Após abrir o programa Edgcam Launcher, escolha a opção “**New Turning Part**”



O aplicativo Edgcam será aberto com propriedades default configuradas para o processo de torneamento.

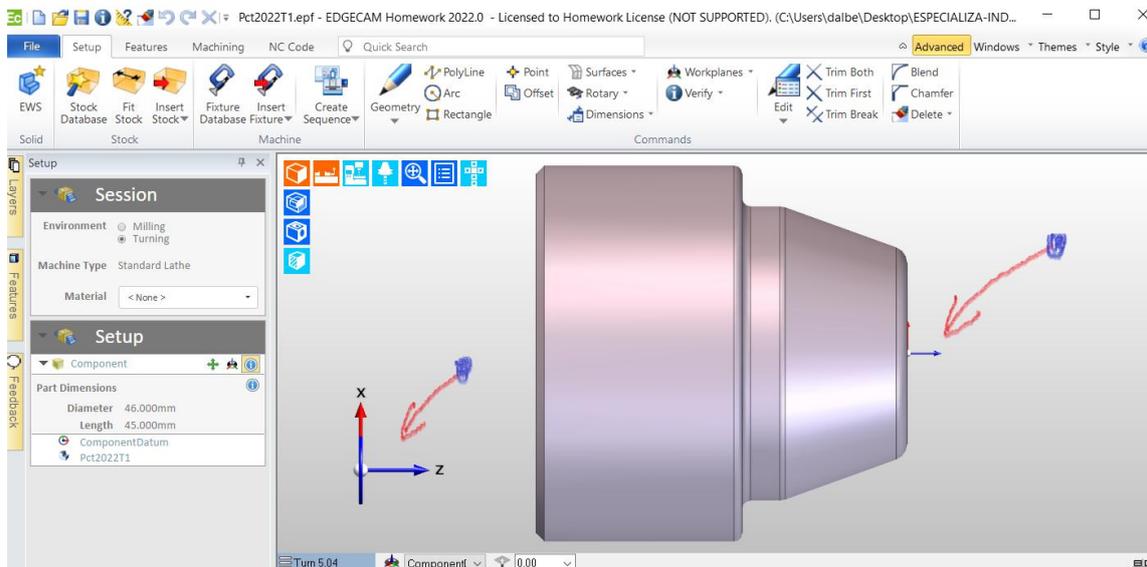
Uma tela com a mensagem “**EDGE CAM Homework**” irá aparecer. Clique em “**Sim**” para prosseguir.

[PASSO 2]: No Edgcam, selecione o menu “**File**”, depois “**Open**” para carregar a peça modelada com o Solid Edge (formato proprietário) ou, se preferir, abra o modelo em STEP. O resultado deve ser o mesmo.

O modelo carregado deverá aparecer tal como mostrado na figura a seguir, porém as informações tecnológicas referentes ao dimensionamento da peça (material, dimensões e

² Software de propriedade da empresa Hexagon. Versão estudante disponível em: <https://www.edgcam.com/students>

tolerâncias) não serão recuperadas. Apenas **geometria** e **topologia** são transferidas. Essa questão é de suma importância e será discutida durante a aula.



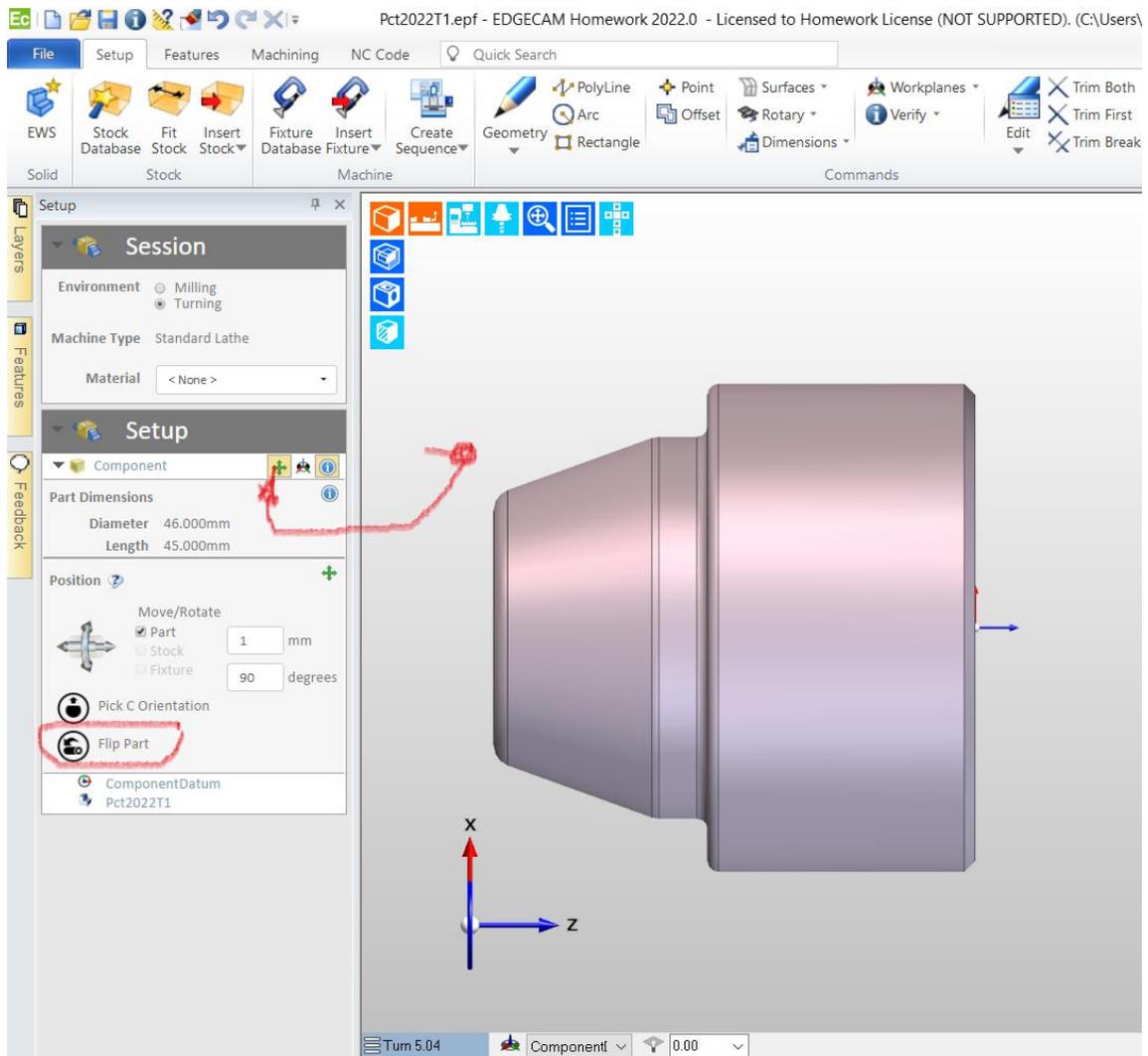
Observe a indicação dos sistemas de coordenadas (X-Z). No canto inferior esquerdo da tela gráfica aparece o sistema de coordenadas global (SCG) e na face da peça o sistema de coordenadas da peça (SCP). Esses sistemas estão “acoplados”. Ao girar a peça (botão direito do mouse travado) os dois sistemas indicarão a rotação realizada. Entretanto, ao transladar a peça (botão do meio (rodinha) travada) apenas o SCP acompanhará o movimento. Dessa forma, diz-se que o SCG possui origem fixa e reflete o que acontecerá na máquina.

[PASSO 3]: Definição do sistema de coordenadas da peça (SCP).

O sistema de coordenadas global (SCG) é fixo, mas a origem do SCP pode ser transladada para qualquer ponto no espaço disponível na máquina. Entretanto, no caso dos tornos de 2 eixos comandados, a sua orientação não pode ser alterada. Isto é, o eixo Z é sempre o eixo axial e, obviamente, o eixo X é perpendicular. Para fins práticos, a origem do SCP é sempre definida em uma das extremidades da peça, sendo mais usual na face oposta à placa de fixação, tal como mostrado na figura anterior.

Considerando que a peça em questão será feita em duas fixações³, serão necessários dois SCPs. O primeiro deles (vide figura a seguir) indica uma rotação da peça de 180° em torno do eixo X. O segundo é exatamente o que foi mostrado na figura anterior. Para fazer o giro da peça basta clicar na “**cruzeta**” em verde e depois em “**flip part**”

³ Em tornos com alimentadores automáticos de barras (vide: <https://www.youtube.com/watch?v=OO-YPSi8GZE>) essa peça poderia ser usinada em apenas uma fixação.



[PASSO 4]: Definição das features de usinagem. No contexto da usinagem, uma feature⁴ de usinagem é uma entidade geométrica para qual existe, pelo menos, uma operação de usinagem para a sua produção. Neste exemplo temos que separar as features por fixação, ou seja, teremos um conjunto de features para a primeira e outro para a segunda. Como o lado maior da peça já foi usinado no torno convencional, trataremos aqui apenas da segunda fixação.

Para definição da fronteira entre a 1ª e a 2ª fixação temos que arbitrar uma coordenada (eixo Z) de tal forma que peça possa ser fixada na placa do torno sem implicar em interferência entre as ferramentas e as castanhas⁵. Para encontrar o valor dessa coordenada basta mover o

⁴ O termo feature já foi incorporado à literatura técnica em língua portuguesa. Na tradução inglês/português do Edgcam adotou-se foi empregada a palavra “característica”

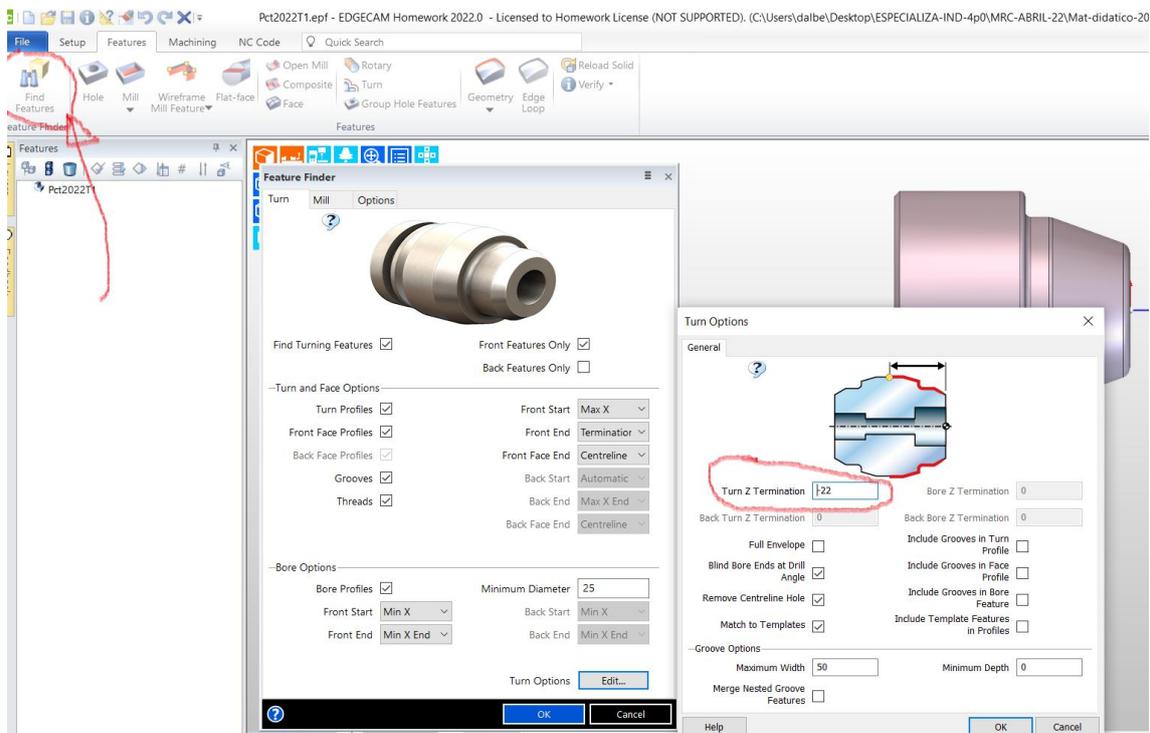
⁵ Vide exemplos de placa e castanhas em: <http://www.labusig.ufpr.br/TMEC105/Tmec105-aula7.pdf>



mouse sobre a peça e registrar a distância (eixo Z) que defina essa fronteira. Neste exemplo, adotaremos o valor Z -21.

O Edgcam extrai, automaticamente, as features. Para isso, basta selecionar o menu “Features” e depois clicar em “Feature Finder”, ícone com binóculo. Marque apenas as opções mostradas na figura a seguir (lado esquerdo) e depois click em “Edit...” para definir o valor do “Termination Z”, o qual define a fronteira entre a primeira e a segunda fixação (lado direito da figura).

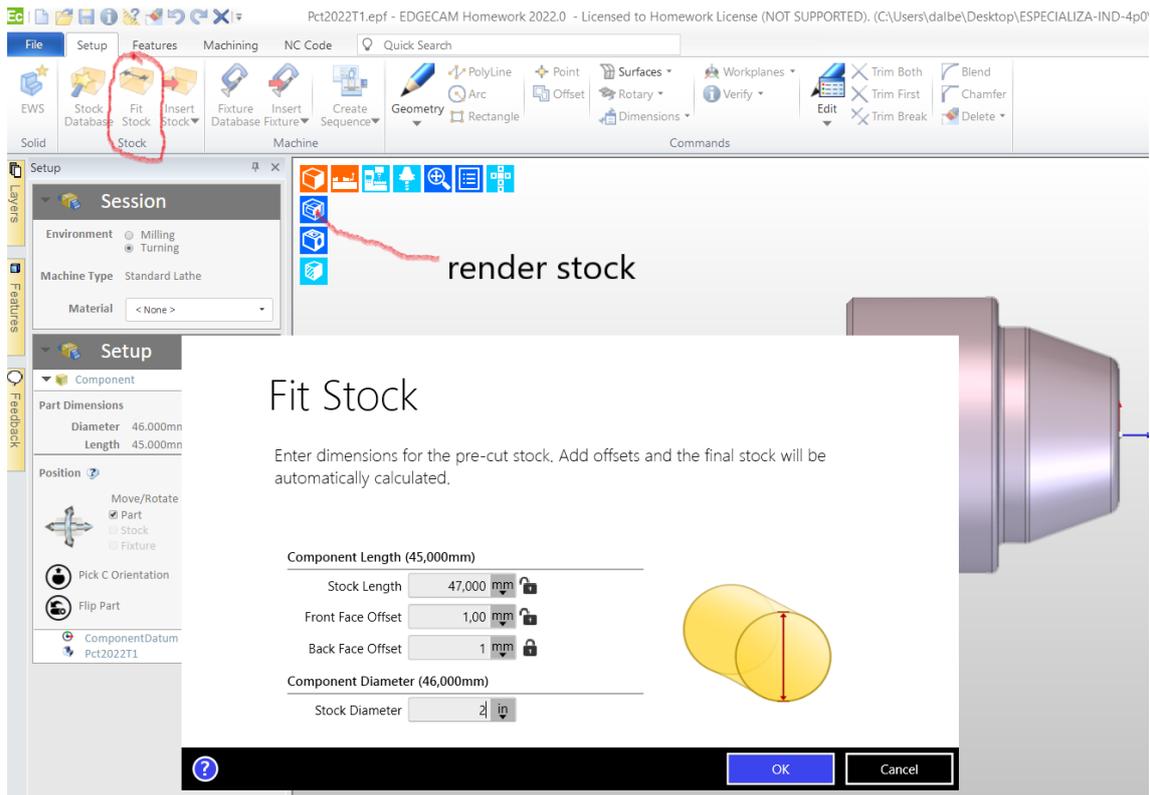
Depois de confirmar os valores, confirme as alterações (**botão OK**) para visualizar a lista de features na aba “Features”.



[PASSO 5]: Definição do material bruto. Baseando-se no contexto definido nesta Atividade III, aonde dois processos de fabricação seriam considerados para a fabricação desta peça, teríamos que, previamente, fazer o desenho do bruto após o forjamento e superpô-lo ao desenho da peça acabada. Entretanto, como não temos esse desenho e nem o bruto pós forjamento, vamos considerar que a usinagem seja feita sobre uma peça de seção circular oriunda de uma barra trefilada⁶.

⁶ Para a inserção e superposição do desenho de um bruto pré formado, vide notas de aula disponíveis em: <http://www.labusig.ufpr.br/cnc/Apostila%20Edgcam%202018R1.pdf>

Para isso, basta selecionar no menu “**Setup**” o comando “**Fit Stock**”. Preencha a tela apresentada com as dimensões do material bruto, as quais irão definir o sobrematerial para usinagem, tal como apresentado na figura a seguir. Depois de confirmar os valores (**botão OK**) visualize o bruto renderizado clicando no botão “**render stock**”.



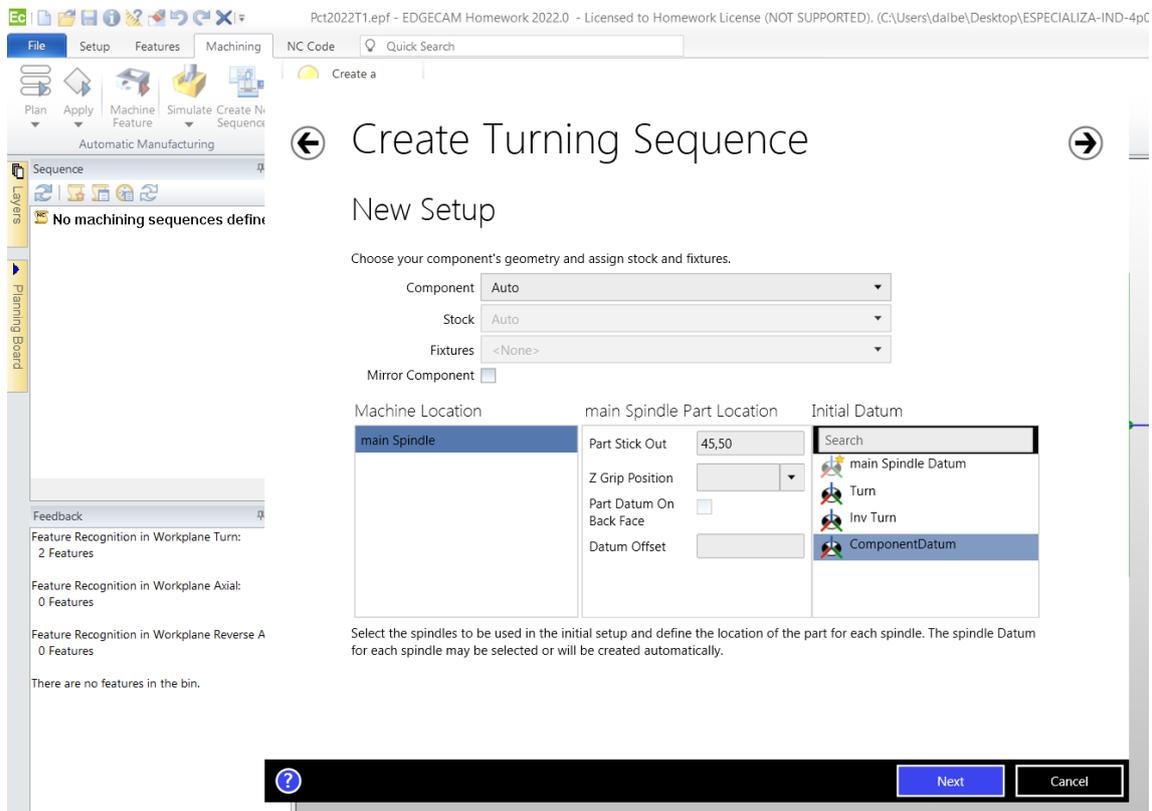
[PASSO 5]: Seleção do torno. Nesta etapa vamos selecionar a máquina-ferramenta para usinagem das features de usinagem extraídas. Para isso, devemos responder as seguintes questões:

1. Qual máquina estará disponível quando a produção desta peça for executada?
2. Existe um pós-processador para a máquina escolhida?
3. O custo da usinagem será influenciado pela máquina escolhida?
4. A empresa dispõe de ferramental para a usinagem desta peça na máquina escolhida?

Essas questões serão debatidas durante a aula. Para fins de exemplificação, vamos utilizar um modelo de torno já configurado no Edgecam, o “**Sample Lathe 2 axis mm**”. Para a selecionar essa máquina, clique no menu “**Machining**”, depois em “**Create New Sequence**” e “**New Turning Sequence**”. Selecione a máquina e confirme no botão “**Next**”.

Por uma questão de simplificação, não iremos definir jogos de ferramentas “**Toolkit**” e nem dispositivos de fixação. Apenas defina o “**Initial Datum**” para “**ComponentDatum**”, tal

como mostrado na figura a seguir. Clique “Next” e depois “OK” para finalizar a seleção da máquina⁷.



[PASSO 6]: Microplanejamento da usinagem⁸. Nesta etapa iremos encadear as operações, selecionar as ferramentas e definir as condições de corte. Na segunda fixação faremos, nesta ordem, três operações: faceamento (em desbaste); desbaste do perfil e acabamento do perfil. Para isso volte ao menu “Features” para visualizar a lista de features. Clique com o botão direito do mouse sobre a feature “Front Face” e escolha a operação “Rough Turning”.

Após essa escolha, aparecerá uma mensagem solicitando “select new start point ...”. Nesse momento, clique com o botão esquerdo do mouse na periferia da peça (linha verde do bruto) para mudar a posição e sentido do movimento de avanço⁹. Confirme essa modificação clicando com o **botão direito do mouse**, apertando a tecla **enter** ou confirmando no “**V**” da mensagem.

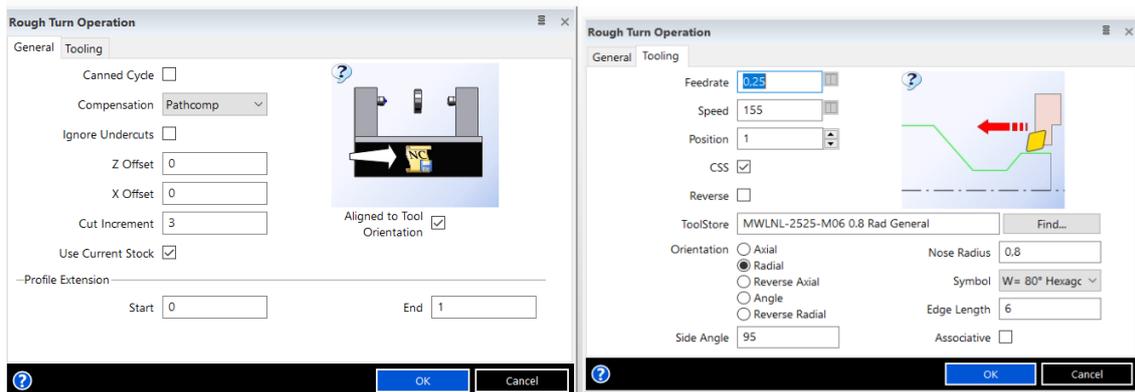
⁷ Observe que o Edgecam irá renderizar a peça, a placa de fixação e o interior do torno. Não se preocupe com a posição da peça em relação à placa, pois não iremos utilizá-la na simulação da usinagem.

⁸ Existem outras alternativas para o microplanejamento no Edgecam. Entretanto, devido ao pouco tempo para aula, será mostrado apenas este caminho.

⁹ As operações de faceamento são realizadas com movimento de avanço da periferia para o centro e não do centro para a periferia como, inicialmente, sugerido pelo Edgecam.

Uma nova mensagem irá aparecer solicitando a confirmação do ponto final. Basta confirmar a posição¹⁰ da “estrela amarela”.

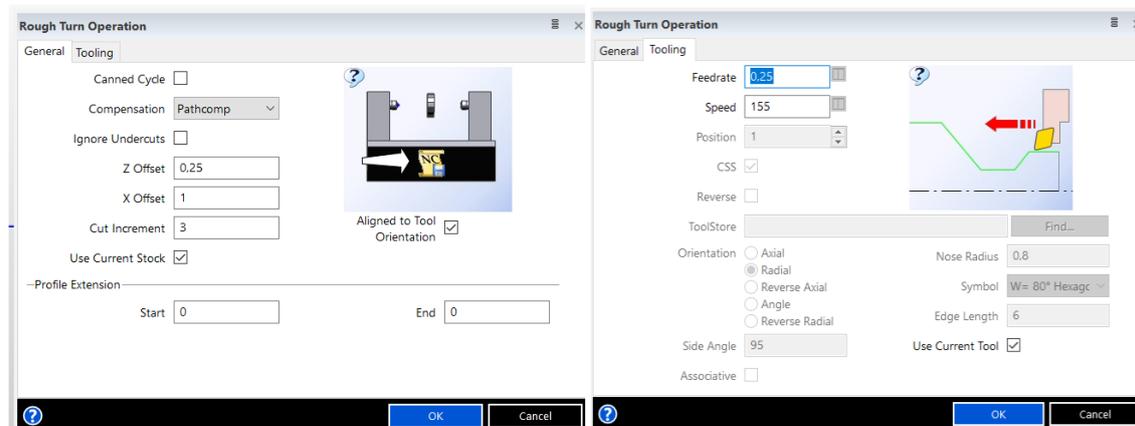
Em seguida será mostrada uma tela com duas abas. Preenchas com os valores indicados na figura a seguir.



Para selecionar e carregar os parâmetros da ferramenta “MWLNL-2525-M06...” clique no botão “Find” escolha a ferramenta na base de dados.

Após o preenchimento dos campos referentes à operação de desbaste, o Edgcam irá mostrar as linhas com a trajetória da ferramenta para a aproximação (tracejada) e avanço (cheia).

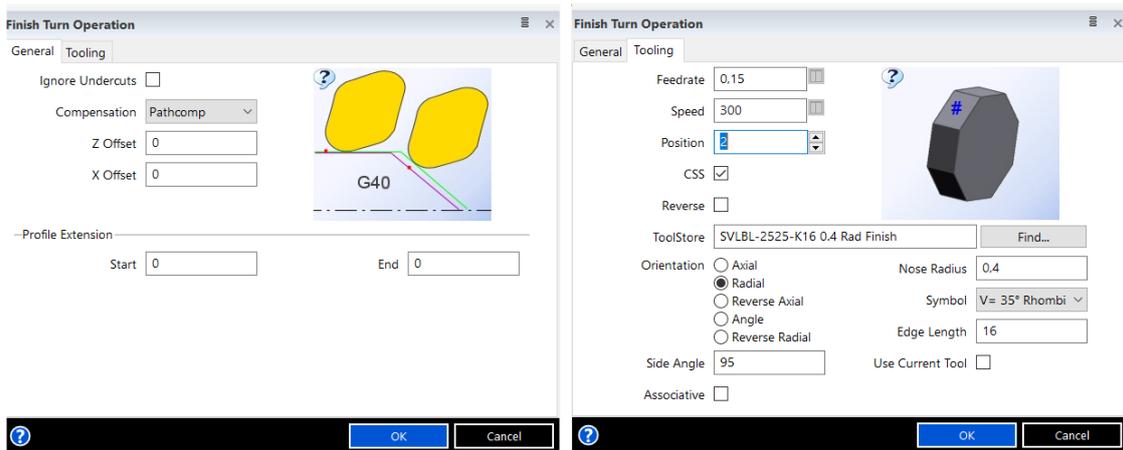
Repita o procedimento anterior para a feature “Front Turn”, porém adotando os valores apresentados na figura a seguir.¹¹



¹⁰ Se necessário, essa estrela pode ser arrastada com o mouse para outro local ao longo da face da peça.

¹¹ Para definir os pontos inicial/final do perfil basta confirmar as indicações dadas pelo Edgcam

Por último, faremos a operação de acabamento. Para isso, clique novamente na feature “**Front Turn**”, mas agora selecione a operação “**Finish Turning**”. Preencha os campos das duas abas conforme valores sugeridos¹² na figura a seguir. Para carregar os dados da ferramenta “SVBL-2525-K16...” clique no botão “Find” e selecione-a a partir da base de ferramentas.



Após o concluir o microplanejamento, você poderá conferir os tempos de usinagem. Existem três opções:

1. Mova o mouse sobre as linhas de trajetórias. Uma caixa de texto será mostrada como os tempos da operação;
2. Clique no menu “**Machining**” e selecione a opção “**Verify**”. Um pequeno relatório com o tempo total será mostrado na aba “**Feedback**”.; e
3. Carregue a barra de tempo, selecionando-a do menu “**Windows**” / “**TimeLine**”

[PASSO 7]: Simulação da usinagem. São dois os objetivos desta etapa:

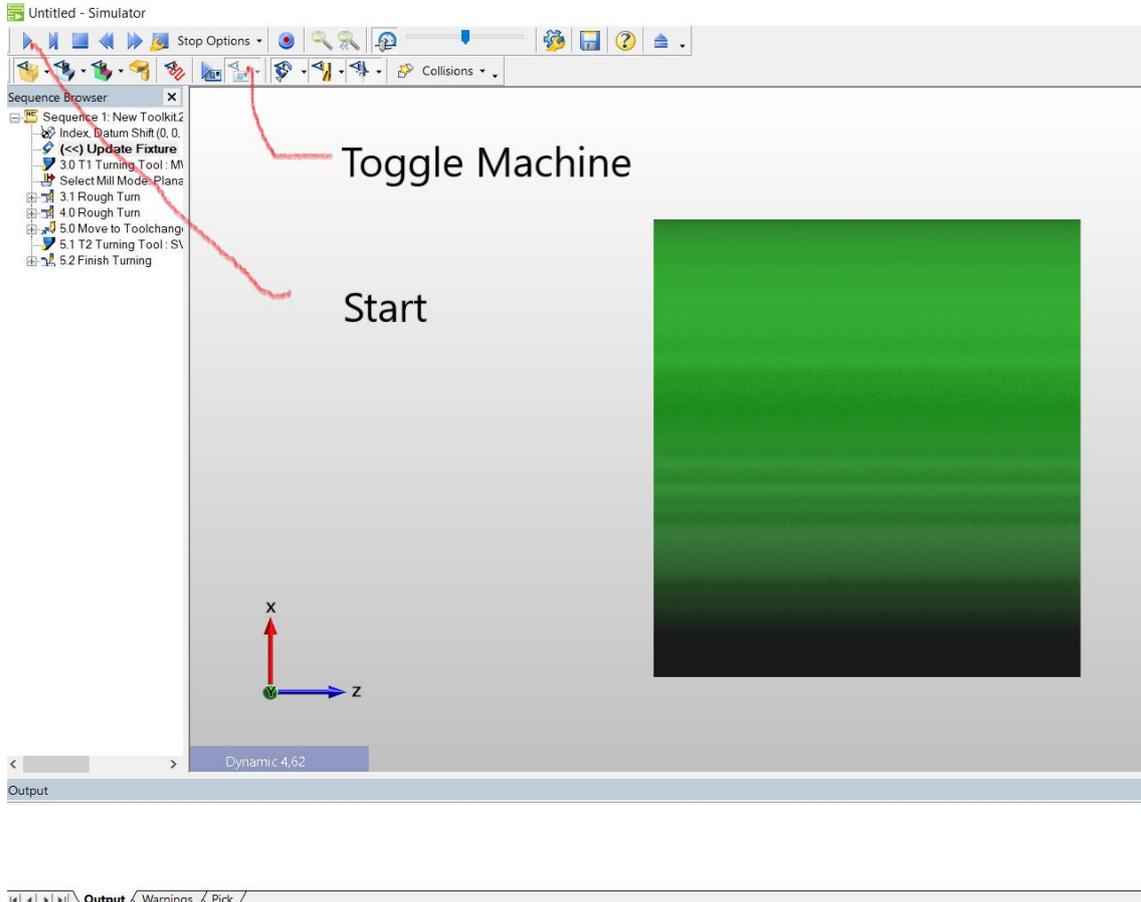
1. Verificar colisões/interferências da ferramenta com a peça; e
2. Confirmar que as operações e parâmetros selecionados foram suficientes para usinar, por completo, a peça nesta fixação.

Para realizar a simulação, teremos que carregar o simulador. Para isso, mude para o menu “**Machining**” e depois em “**Simulate**”.

Desabilite a visualização da máquina clicando em “**Toggle Machine**” e depois clique em “**Start**” para iniciar a simulação. Você pode controlar a velocidade da simulação e, ao final, verificar se

¹² As condições de corte sugeridas serão justificadas durante a aula.

houve colisões¹³. Para corrigir as colisões você deve voltar ao modo de planejamento e ajustar os parâmetros/ferramentas¹⁴.

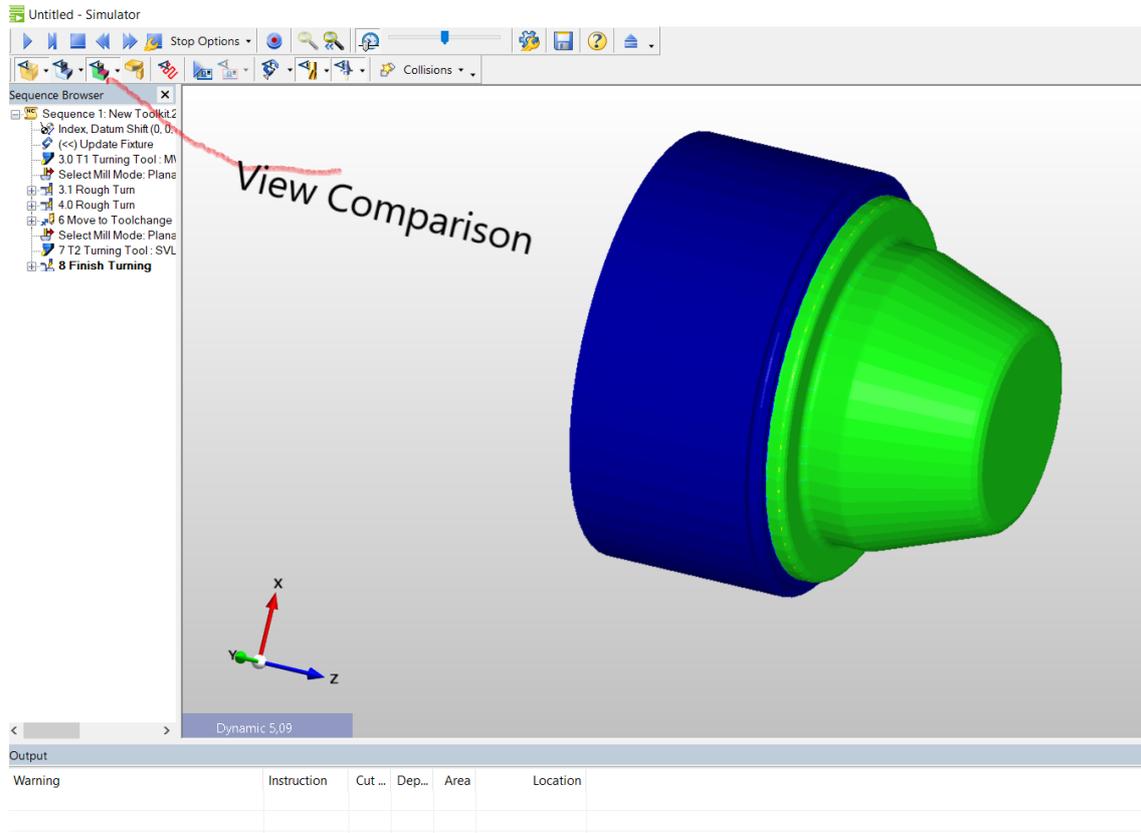


Após a correção das colisões, caso elas apareçam, volte ao simulador, execute a simulação novamente e verifique se a usinagem está completa. Para isso, clique em **“View Comparision”**

As áreas renderizadas em verde indicam que a usinagem está completa. Áreas em azul escuro significam usinagem incompleta ou material bruto.

¹³ No caso de colisões o Edgcam irá apresentar um relatório na tela “Output”. Você também pode configurá-lo no menu **“Stop Options”** para parar em caso de colisões. Basta marcar a opção **“Stop at Collision”**.

¹⁴ Isto será mostrado em mais detalhes durante a aula.



[PASSO 8]: Geração do código CN. A geração do programa, também chamado de código CN (comando numérico), é realizada automaticamente pelo Edgecam. Infelizmente, nesta versão "Student" não é possível gerar o código. Não obstante, na versão do Lab. de Usinagem existe uma versão completa que possibilita a geração do programa e será demonstrado durante a aula.