

MANUAL DO ALUNO

DISCIPLINA CAD/CAM/CNC

Módulos 1 e 2

República Democrática de Timor-Leste
Ministério da Educação



FICHA TÉCNICA

TÍTULO

MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE CAD / CAM / CNC

Módulos 1 e 2

AUTOR

NUNO BOAVIDA

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA

XXXXXX

COLABORAÇÃO TÉCNICA NA REVISÃO



PEDRO VIEGAS, COORDENADOR DO CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA

DESIGN E PAGINAÇÃO

UNDESIGN - JOAO PAULO VILHENA

EVOLUA.PT

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

XXXXXX

ISBN

XXX - XXX - X - XXXXX - X

TIRAGEM

XXXXXXX EXEMPLARES

COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE TIMOR-LESTE

2015



Índice

CAD	7
APRESENTAÇÃO MODULAR	8
APRESENTAÇÃO	8
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM	8
ÂMBITO DOS CONTEÚDOS	8
BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS	10
CAD 2D	11
INICIANDO O AUTOCAD.....	11
MÉTODOS DE SELEÇÃO.....	15
PROPRIEDADES DE DESENHO	19
COMANDOS DE REGENERAÇÃO DO ECRÃ	22
COMANDOS DE MODIFICAÇÃO	22
LINHAS DE CORTE	37
CRIAÇÃO DE BLOCOS	40
ATRIBUTOS PARA BLOCOS.....	44
LAYOUT E PREPARAÇÃO PARA PLOTAGEM.....	47
CAD 3D	64
FORMAS DE VISUALIZAÇÃO A 3D	64
COMANDO UCS – SISTEMAS DE COORDENADAS EM 3D.....	72
SÓLIDOS PRIMITIVOS.....	75



CRIAÇÃO DE SÓLIDOS E SUPERFÍCIES A PARTIR DE LINHAS E CURVAS	80
OPERAÇÕES BOLEANAS COM SÓLIDOS	84
EDIÇÃO DE SÓLIDOS	86
OPERAÇÕES A 3D.....	99
EXERCÍCIOS PRÁTICOS	103
CAM	113
APRESENTAÇÃO MODULAR	114
APRESENTAÇÃO	114
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM	114
ÂMBITO DOS CONTEÚDOS	114
BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS	115
INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA CAM	116
MÉTODOS DE PROGRAMAÇÃO CN	117
METODOLOGIA CAD/CAM.....	118
CONCEITOS DE MAQUINAÇÃO	120
MOVIMENTOS E GRANDEZAS.....	120
ESTRATÉGIAS DE MAQUINAÇÃO	123
INTRODUÇÃO À APLICAÇÃO CAD	124
FERRAMENTAS DE CAD.....	124
INTRODUÇÃO À APLICAÇÃO CAM	166
DEFINIÇÕES DE MÁQUINA.....	169
MAQUINAÇÃO 2D.....	170



CRIAÇÃO DO STOCK.....	170
MAQUINAÇÃO 2D.....	171
SIMULAÇÃO DE MAQUINAÇÃO	179
HISTÓRICO DE CRIAÇÃO DE MAQUINAÇÕES	181
CRIAÇÃO DE UM FICHEIRO NC.....	181
EXERCÍCIOS PRÁTICOS	183







CAD

Módulo 1

APRESENTAÇÃO MODULAR

APRESENTAÇÃO

Pretende-se com este módulo dar aos alunos conhecimentos ao nível do desenho de peças simples, média complexidade e conjuntos mecânicos, utilizando uma ferramenta de CAD e princípios de desenho e modelação a duas dimensões (2D) ou a três dimensões (3D).

OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

- Desenhar peças e conjuntos com geometria simples em 2D
- Desenhar peças e conjuntos com geometria simples em 3D

ÂMBITO DOS CONTEÚDOS

- CAD 2D
 - Introdução ao sistema e iniciação à geração geométrica
 - Função das diversas áreas representativas no ecrã
 - Sistemas de coordenadas e de unidades permitidas
 - Definição de entidade gráfica e não gráfica
 - Comandos de controlo da visualização do desenho (cores, tipos de linhas, comandos de texto)
 - Gestão do desenho por camadas temáticas (Layers)
 - Comandos de modificação das entidades de desenho
 - Características das entidades e alteração de geometrias em CAD
 - Utilização dos vários comandos de fixação e visualização
 - Seleção e alteração de entidades
 - Automatização do processo de trabalho/gestão do projeto
 - Execução das entidades obtidas de outros
 - Construção e aplicação de blocos
 - Aplicação de atributos



- Comandos de qualificação do desenho
 - Preencher áreas com um padrão tipo normalizado (hatch)
 - Dimensionamento, manipulação gráfica do desenho
 - Impressão do desenho
 - Pré-visualização do desenho
 - Configuração da impressão e identificação de aplicativos específicos nas diferentes áreas de CAD
-
- CAD 3D
 - Comandos de visualização do desenho a 3D
 - Comandos de desenho tridimensional
 - Procedimentos aplicados para criar objetos a 3D
 - Projeto de peças e conjuntos em 3D
 - Pré-visualização do desenho
 - Configuração da impressora/plotter
 - Impressão do desenho



BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

Desenho Construções Mecânicas - Morais Simões, Porto Editora.

Desenho Técnico - Luís Veiga da Cunha, Fundação Calouste Gulbenkian.

Desenho Técnico Moderno - Arlindo Silva, Carlos Ribeiro, João Dias, Luís Sousa, Ed. Lidel, 2004.

AutoCAD 2D 2012 Essencial, InCAD – Instituto de Capacitação em Arquitetura e Design, Autodesk – Authorized Training Center.

AutoCAD 3D 2012 Essencial, InCAD – Instituto de Capacitação em Arquitetura e Design, Autodesk – Authorized Training Center.



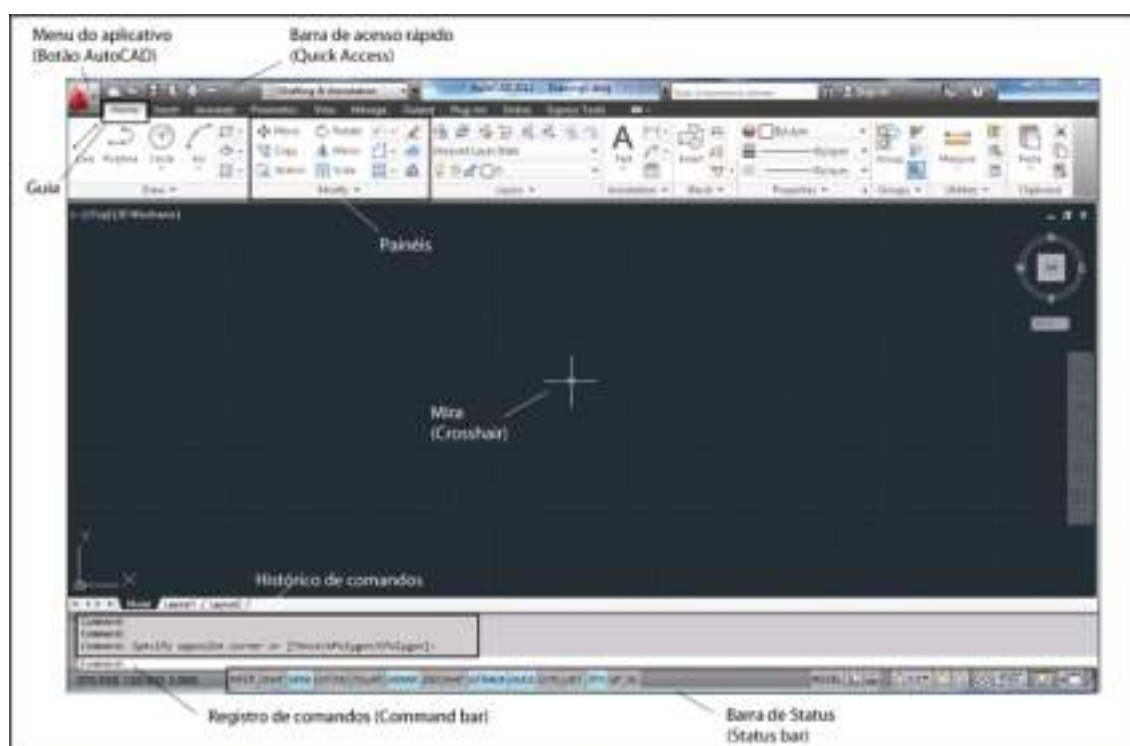
CAD 2D

INICIANDO O AUTOCAD

Interface

Para iniciar o AutoCAD clique no menu Iniciar / Programas / Autodesk / AutoCAD 2012.

O ecrã gráfico do AutoCAD é dividido nas seguintes áreas:



Área Gráfica (Drawing area): é a região do ecrã onde serão criados os desenhos;

Registo de comandos (Command prompt area): é a região do ecrã usada para entrada de comandos e dados pelo teclado. O AutoCAD utilizará esta área para enviar mensagens. Pode digitar-se qualquer comando do AutoCAD somente quando a palavra Command: aparecer nesta área.

Barra de status (Status bar): nesta barra ficam botões que ligam/desligam alguns ajuste de desenho





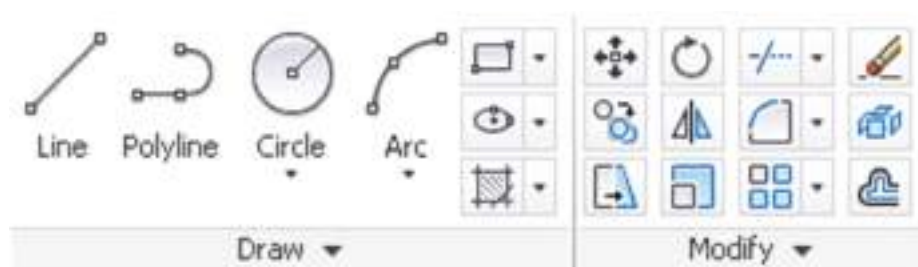
Cursor (Crosshair): O cursor de ecrã corresponde a duas linhas perpendiculares que se movimentam na área gráfica. A intersecção dessas duas linhas é o ponto de referência.

Ribbon (Menu de faixa):



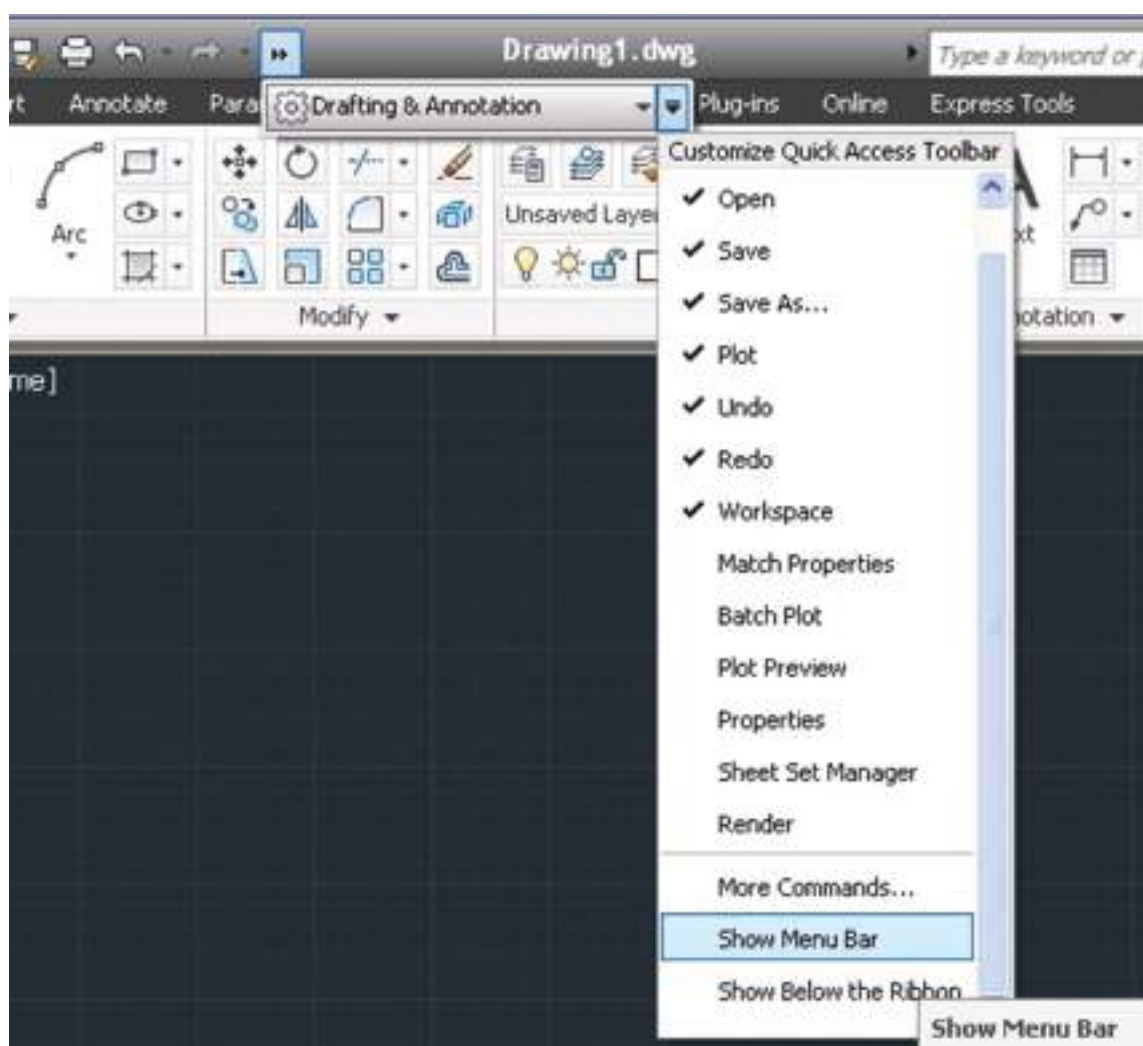
Apresenta os botões básicos para a maioria das tarefas e controlos gerais que são acedidos pelos painéis de tarefas.

Painéis de tarefa: Apresentam a maior parte dos comandos do AutoCAD.



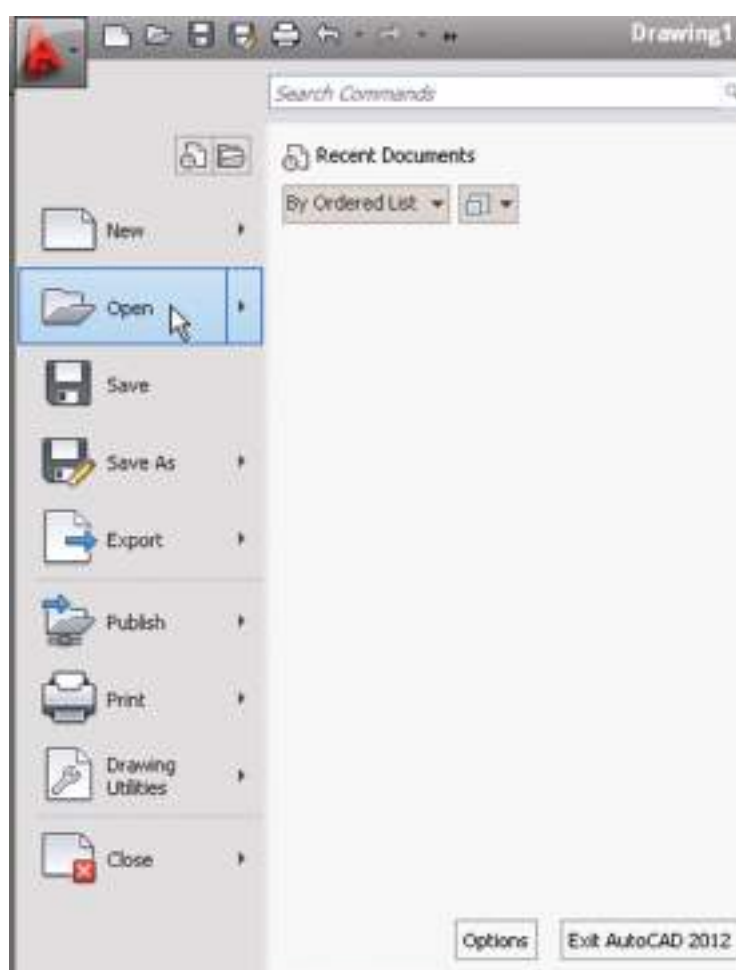
Menu de Barra (Menu Superior): É a região do ecrã onde o utilizador poderá aceder aos menus clássicos do AutoCAD.





Menu do aplicativo ou menu AutoCAD (Application Menu): É acedido pela letra A localizada no canto superior esquerdo do ecrã. Na parte superior do menu de aplicação há uma linha para se fazer busca rápida de comandos, nas ribbons, menu de aplicação e barra de acesso rápido.



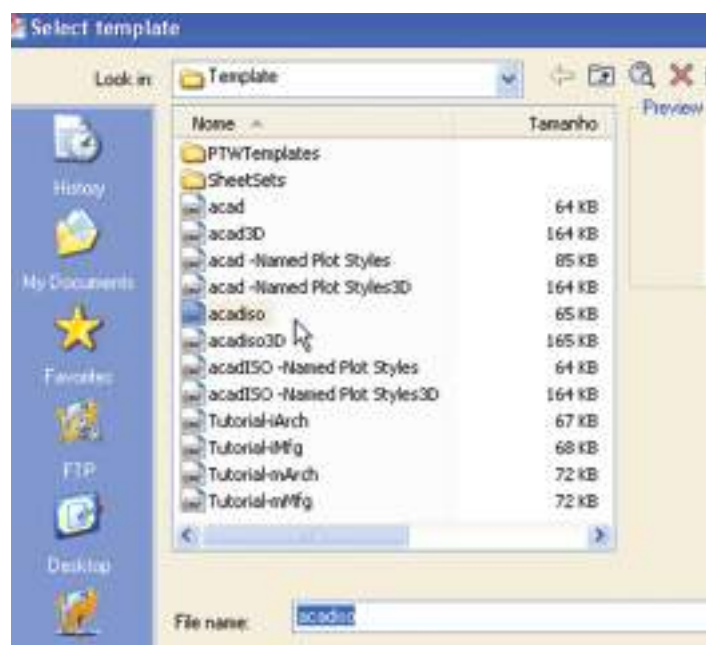


Barra de acesso rápido (Quick Access Toolbar): Esta barra apresenta os comando novo arquivo, abrir, salvar, imprimir, undo e redo, que incluem um histórico. Permite também ser configurada com os comandos mais usados. O menu acedido pela seta inclui novas opções para remover comandos da barra de acesso rápido e inserir separadores entre os comandos e mostrar a barra de acesso rápido acima ou seguinte da Ribbon.

Novo arquivo e unidade de medida

É importante salientar que, no AutoCAD, sempre que for iniciar um novo arquivo, devemos escolher entre um dos templates que o software oferece, veja a lista:





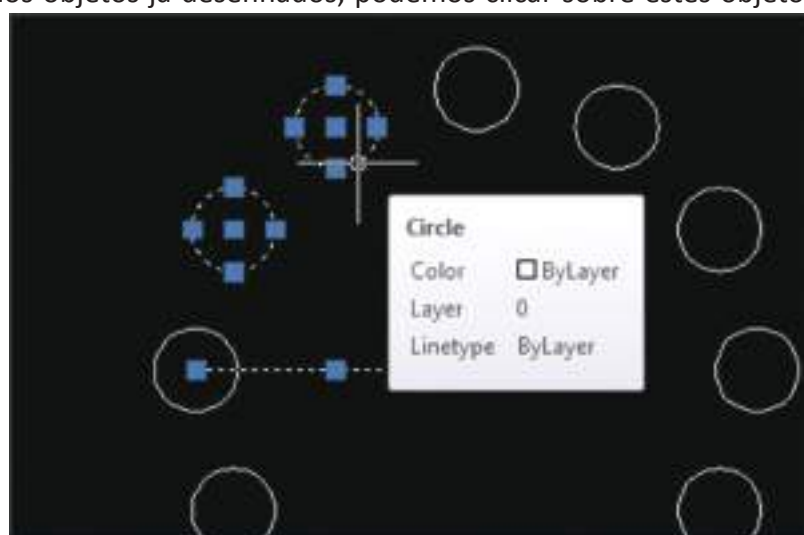
ACAD: usado para iniciar um projeto em sistema imperial (1 unidade de desenho = 1 polegada)

ACADISO: usado para iniciar um projeto em sistema métrico (1 unidade de desenho = 1 milímetro)

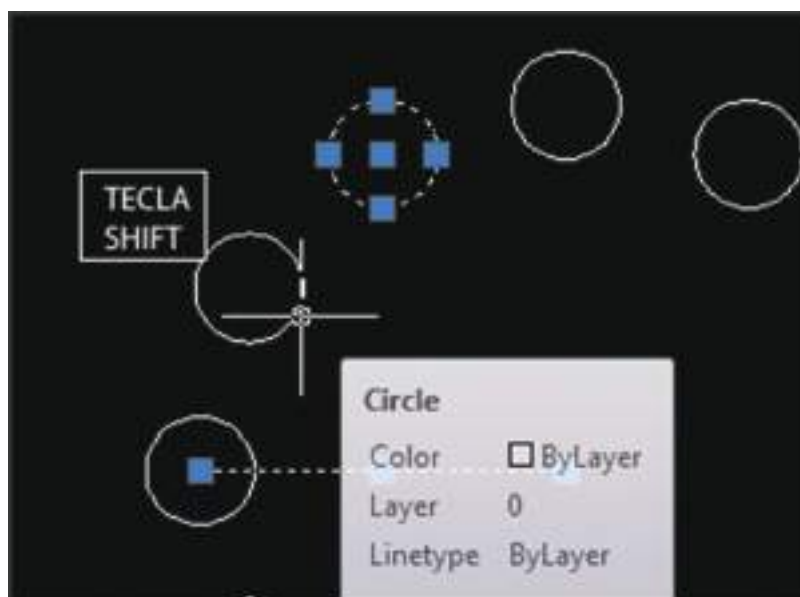
MÉTODOS DE SELEÇÃO

Clicar e selecionar

Sem estar qualquer comando ativado, o cursor do rato torna-se um comando de seleção de objetos. Quando temos objetos já desenhados, podemos clicar sobre estes objetos e estes são selecionados, SEM NENHUMA TECLA pressionada:



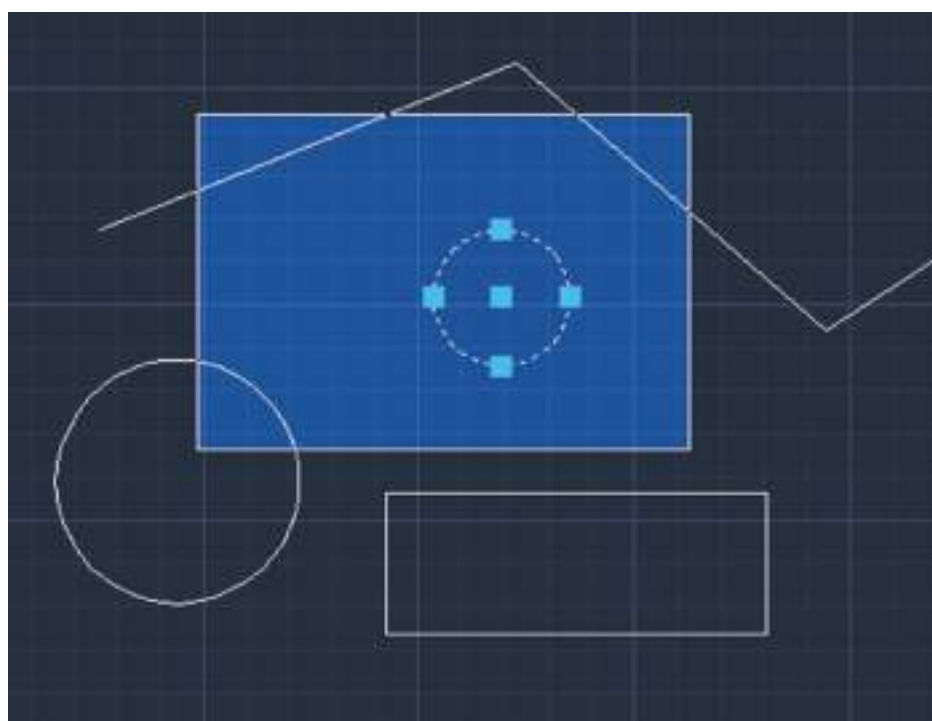
Caso se queira remover a seleção de algum objeto, pressiona-se a tecla SHIFT:



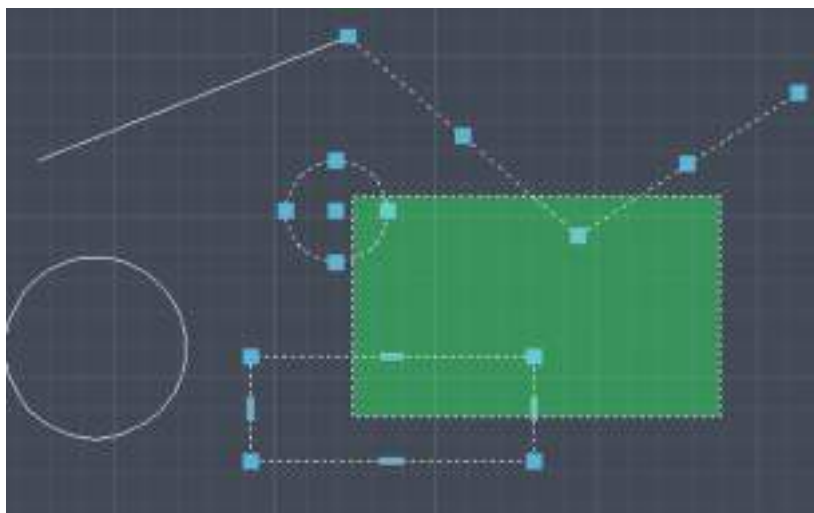
Crosswindow – Arrastar janelas

AutoCAD também fornece a forma de seleção de “clique e arrastar”. Há dois métodos que são:

- Da esquerda para a direita: a seleção fica de cor AZUL. Só serão selecionados os objetos que estiverem INTEIRAMENTE DENTRO DA SELEÇÃO:



- Da direita para a esquerda: a seleção gerada sai na cor VERDE. Qualquer parte de objetos capturado pela seleção irá englobá-lo na seleção final:



Seleção de objetos similares – SELECTSIMILAR

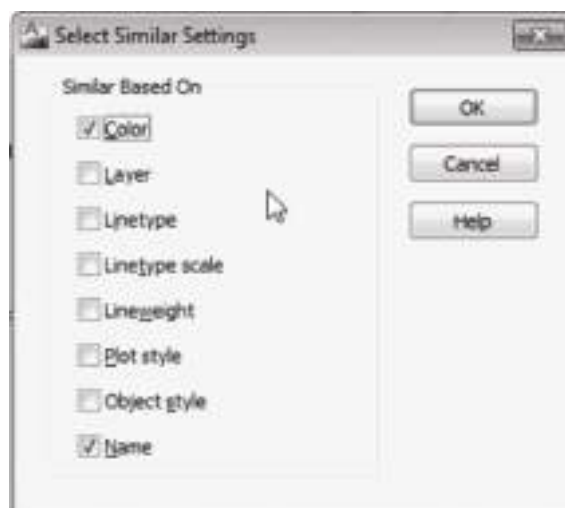
O **SELECT SIMILAR** permite selecionar um objeto e automaticamente incluir todos os objetos do mesmo tipo e com as mesmas propriedades numa nova seleção. Essa ferramenta é acedida pelo botão direito do rato quando um objeto é selecionado:



Se se digitar **SELECTSIMILAR** pode filtrar-se as propriedades a selecionar.

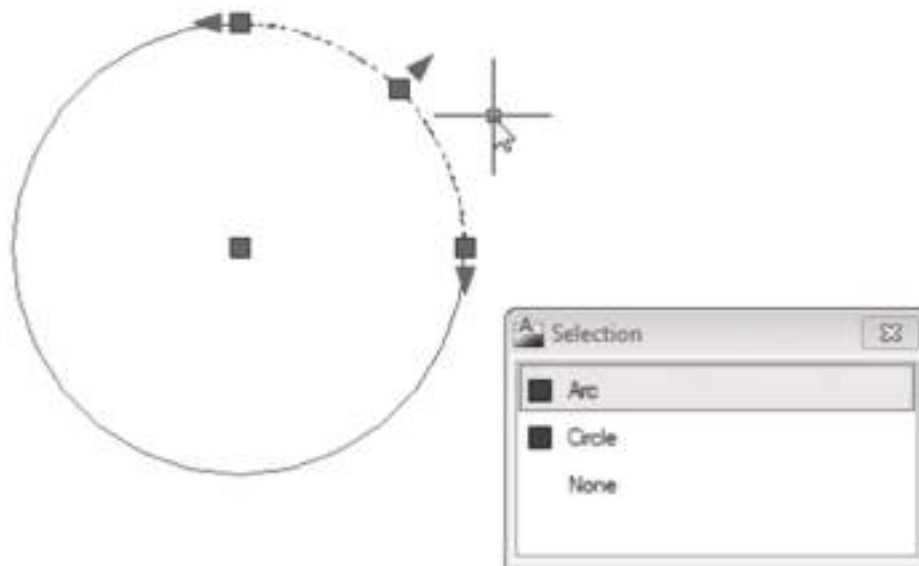
Se apenas estiverem selecionadas as propriedades **NAME** e **COLOR** ao selecionar um bloco por exemplo, o AutoCAD seleciona todos os blocos no mesmo nome e cor do que foi selecionado:





Sobreposição de seleção de objetos - SELECTION CYCLING

O **SELECTION CYCLING** permite que se tivermos objetos que se sobrepõem no desenho, seja possível selecionar apenas o objeto desejado. Deve-se habilitar na linha de status o botão SC e, ao selecionar objetos que se sobrepõem a outros, o AutoCAD mostra uma lista dos objetos selecionados e podemos então clicar no objeto desejado:

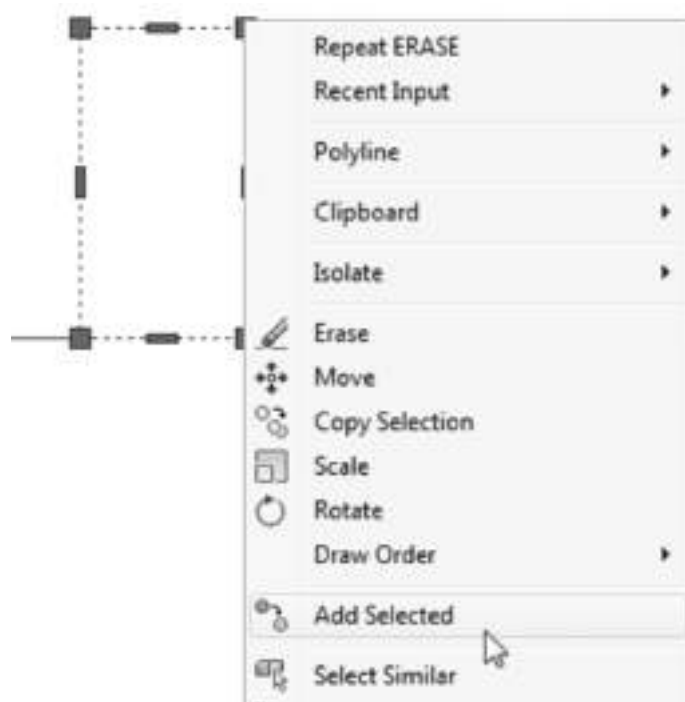


Criação de objetos a partir de objetos existentes – ADD SELECTED

Permite que rapidamente se crie objetos a partir da seleção de um objeto no desenho. Clique numa polilinha e clique o botão direito do rato e selecione **ADD SELECTED**. O AutoCAD entra no comando **PLINE** com as propriedades básicas desse objeto, tais como



layer, color, linetype, linetype scale, plotstyle, lineweight, transparency e materiais vindos do objeto selecionado:

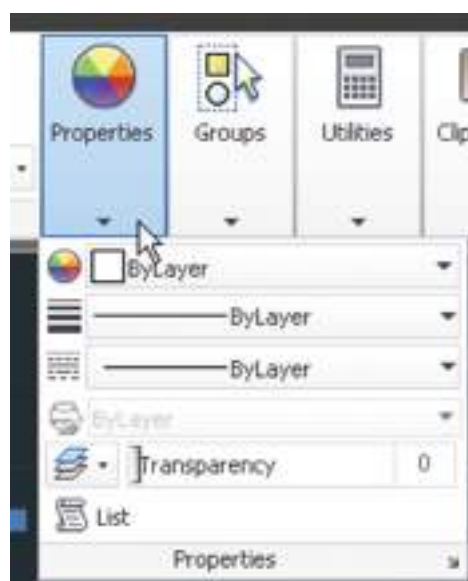


PROPRIEDADES DE DESENHO

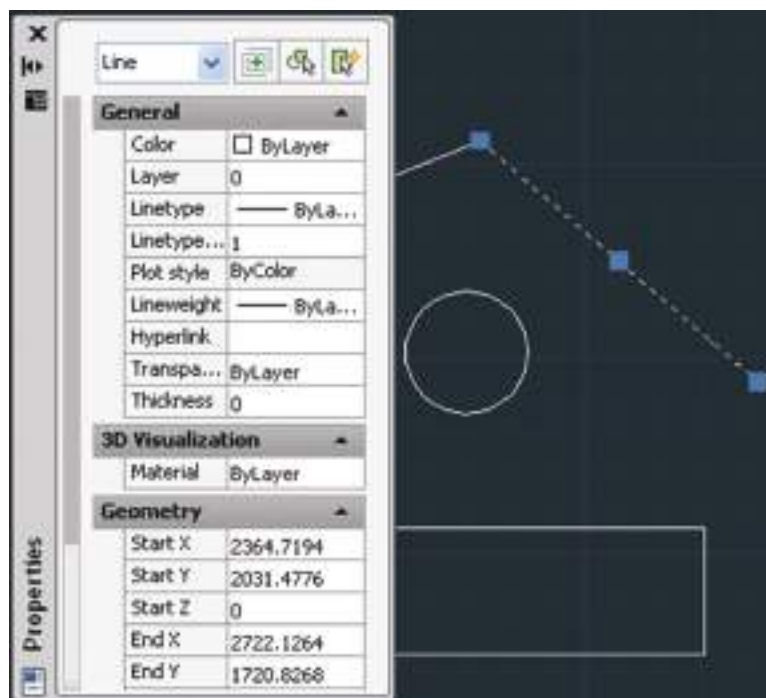
Painéis de propriedades

O AutoCAD permite definir ou mudar a cor, tipo, escala de linha e níveis de trabalho de entidades num desenho. Os comandos que controlam estas propriedades estão em

Home / Painel Properties



O AutoCAD também permite alterar as propriedades do objeto previamente selecionado teclando o atalho **CTRL + 1** (não funciona usar o teclado numérico nesta ocasião):



Na prática, recomenda-se configurar COR e TIPO DE LINHA através das **LAYERS** onde para futuras alterações, fica muito mais fácil alterar propriedades entre objetos em comum, pois estes objetos estarão na mesma **LAYER**.

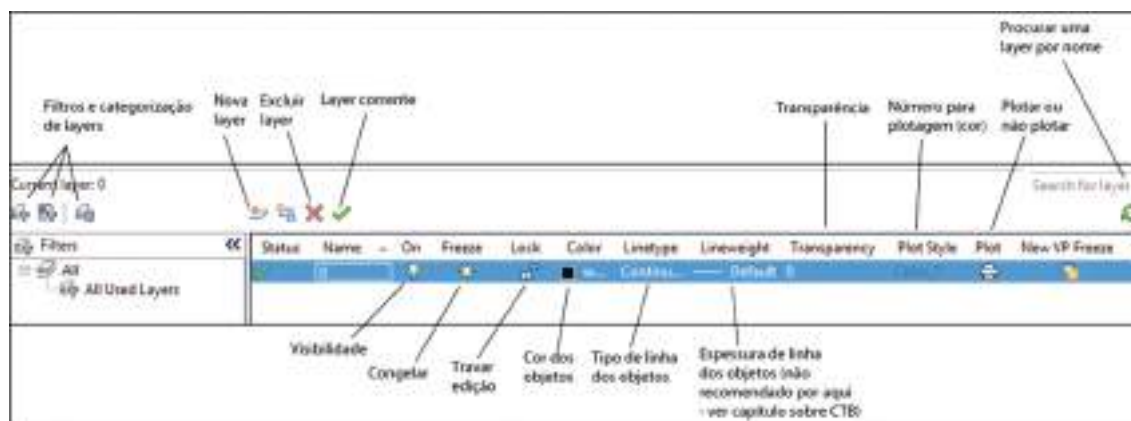
Layers

Pode-se ter o total controle de visibilidade, nome, cor e tipo de linha de cada nível estabelecido. O número total de Layers permitido pelo AutoCAD é 1024. Podemos através das layers então separar elementos em comum como ALVENARIA, COTAS, TEXTOS, MOBILIÁRIO, HATCH, etc.

Na guia Home, encontramos o painel Layers:



A paleta Layers é exibida. Confira os parâmetros essenciais:



O comando **LAYER** permite a interação com os níveis de trabalho tais como: criar, ativar, ajustar cor e tipo de linha, ligar ou desligar, congelar ou descongelar, etc. Basta clicar em New, digitar o nome da nova camada e escolher a cor, o tipo e espessura da linha clicando no botão Color e Linetype.



Uma vez definidas as layers e os ajustes necessários, clique no botão de fechar ("X") localizado no canto superior esquerdo da janela para voltar. Para escolher a layer a ser desenhada, basta clicar na seta ao lado do nome e selecionar a camada desejada:



COMANDOS DE REGENERAÇÃO DO ECRÃ

REDRAW

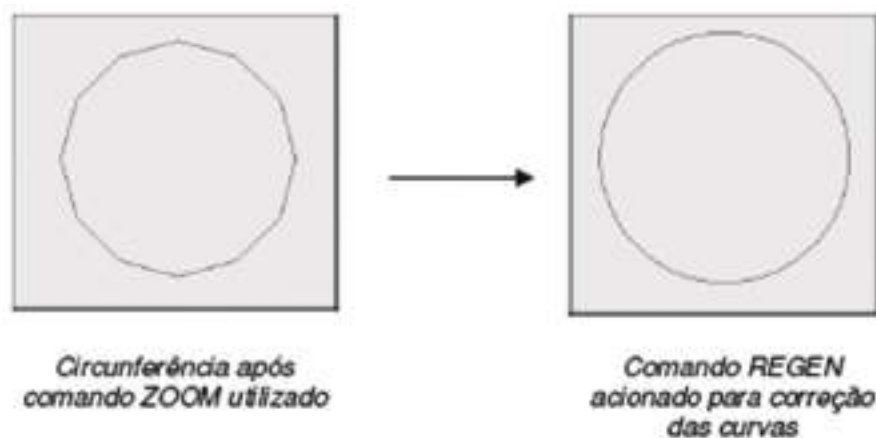
Toda vez que uma entidade for gerada ou selecionada no ecrã poderá aparecer uma pequena marca (Blip) sobre ela. O comando **REDRAW** (Redesenhar) permite a eliminação dessas marcas. O comando **REDRAW** é acedido da seguinte maneira no menu superior:

Menu Superior > View REDRAW

REGEN

O comando **REGEN** (Regenerar) provoca uma regeneração forçada de todo o desenho, recalculando as coordenadas de ecrã para todas as entidades. Num desenho complexo esta tarefa pode ser bastante demorada.

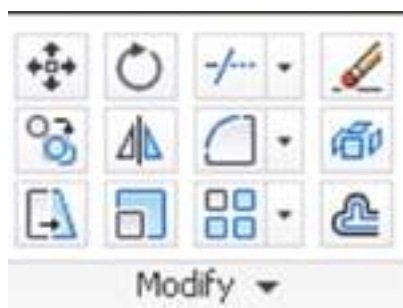
Menu Superior > View > REGEN



COMANDOS DE MODIFICAÇÃO

O AutoCAD possui vários comandos de edição os quais permitem mover, copiar, rodar, estender, cortar, etc. e facilitam muito o trabalho para se elaborar um desenho. Estes estão no painel Modify da aba Home ou no menu Superior Modify.





ERASE



Permite a eliminação de objetos do desenho.

Menu Superior > Modify > Erase

Guia Home > Modify > Erase

Para entrar no comando “ERASE” (Apagar) faça a seguinte seleção no menu de sobreposição na sequência mostrada seguinte:

A mensagem que inicialmente aparece neste comando é:

Select objects: **Selecione os objetos / ENTER para finalizar**

UNDO



O comando (Desfazer) permite desfazer a última operação realizada. Pode executar-se este comando de duas formas: digitar a letra “U” na região de comandos e pressionar **ENTER** ou clicar no ícone na barra de acesso rápido.

REDO



Quando executado logo após o comando **UNDO**, o comando **REDO** (Refazer) elimina o efeito do último comando **UNDO** dado. Para executar o comando **REDO** tenha o seguinte procedimento: clique no ícone localizado na barra de acesso rápido ou digite **REDO** na linha de comandos e tecla **ENTER**.



MOVE



O comando **MOVE** (mover) permite mover um ou mais objetos selecionados de uma posição para outra, sem alterar sua orientação ou seu tamanho. O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas na sequência mostrada na figura.

Menu Superior > Modify > Move

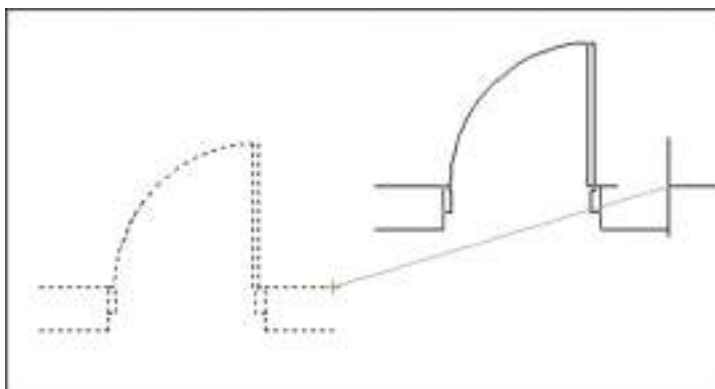
Guia Home > Modify > Move

As mensagens que o comando exibe são:

Select objects: **selecione os objetos**

Specify base point or [Displacement]: **especifique o ponto de referência ou deslocamento**

Specify second point or <use first point as displacement>: **Especifique o segundo ponto do deslocamento**



COPY



O comando **COPY** (copiar) é similar ao **MOVE**, no entanto, este copia os objetos selecionados para um novo local especificado, deixando os objetos originais intactos. O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas na sequência mostrada seguinte.

Menu Superior > Modify > Copy

Guia Home > Modify > Copy

As mensagens que o comando exibe são:

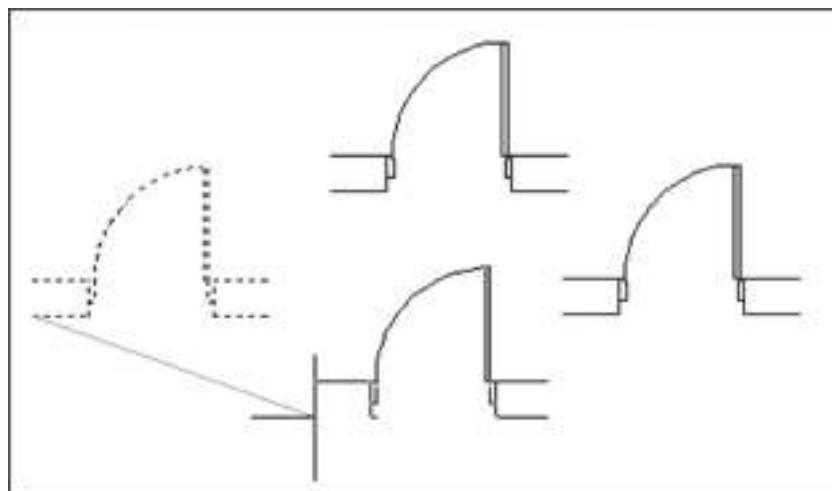
Select objects: **selecione os objetos**



Specify base point or [Displacement/Mode]: **especifique o ponto de referência ou deslocamento ou modo**

Specify second point or [Exit/Undo]: **especifique o segundo ponto do deslocamento**

O comando permite fazer múltiplas cópias, até que a tecla ENTER seja pressionada.



SCALE



O comando **SCALE** (escala) permite aumentar ou diminuir o tamanho dos objetos selecionados. Os valores acima de um aumentam o tamanho dos objetos. Os valores entre zero e um diminuem o tamanho dos objetos. O comando pode ser acedido pelo Menu Superior ou pelo painel de tarefas, na sequência mostrada a seguir.

Menu Superior > Modify > SCALE

Guia Home > Modify > SCALE

As mensagens que o comando exibe são:

Select objects: **Selecione os objetos**

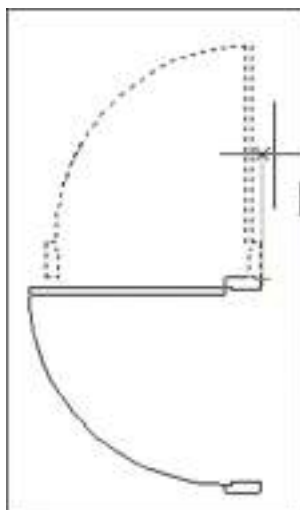
Specify base point: **Especifique o ponto de referência a partir do qual o objeto será escalado.**

Specify rotation angle or [Copy/Reference]: **Especifique o fator de escala: [copia/referência]**



ROTATE

O comando **ROTATE** (rodar) é usado para alterar a orientação de objetos já existentes, por meio da rotação em relação a um ponto qualquer. O comando pode ser acessado pelo painel de tarefas na sequência mostrada seguinte.



Menu Superior > Modify > Rotate

Guia Home > Modify > Rotate

As mensagens que o comando exibe são:

Select objects: **Selecione os objetos**

Specify base point: **Especifique o ponto de referência**

Specify rotation angle or [Copy/Reference]: **digite o ângulo ou clique com o rato**

ALIGN

O comando **ALIGN** (alinhar) permite alterar a orientação de objetos a partir de entidades existentes. O comando, além de permitir alinhar o objeto a partir de outro existente, permite também mudar seu tamanho para o mesmo tamanho do objeto que serviu de referência para o alinhamento. O comando ALIGN é ativado conforme se mostra de seguida:

Guia Home > Modify > ALIGN



Select objects: **Selecione o objeto**

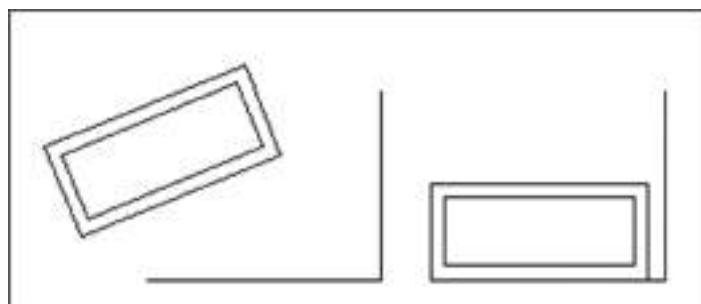
Specify first source point: **primeiro ponto de origem**

Specify second source point: **segundo ponto de origem**

Specify second destination point: **segundo ponto de destino**

Specify third source point or <continue>: **Pressione ENTER**

Scale objects based on alignment points [Yes/No] <No>: Enter y or press ENTER: **Dê a escala ao objeto nos pontos de alinhamento [sim/não]: digite Y para sim ou pressione ENTER**



MIRROR



O comando **MIRROR** (Espelhar) permite o espelho de objetos, apagando ou mantendo as entidades originais. A linha de simetria pode ser qualquer entidade pertencente ao desenho, ou por meio de dois pontos que definem um segmento imaginário sobre o qual será feito o espelho. O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas na sequência mostrada seguinte:

Menu Superior > Modify > MIRROR

Guia Home > Modify > MIRROR

As mensagens que o comando exibe são:

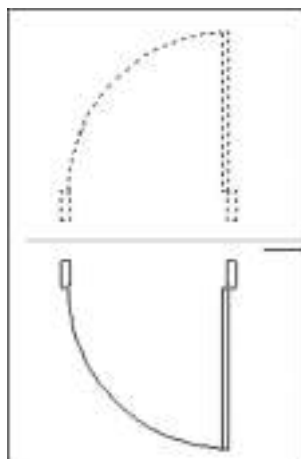
Select objects: **Selecione os objetos**

Specify first point of mirror line: **Especifique o primeiro ponto da linha de simetria**

Specify second point of mirror line: **Especifique o segundo ponto da linha de simetria**

Erase source objects? [Yes/No] <N>: **Apaga os objetos originais [sim/não] <n>**





STRETCH



O Comando **STRETCH** (Esticar) permite aumentar ou diminuir parte de desenho ou entidade, preservando as intersecções originais ou ponto final, respetivamente. O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas, conforme mostrado de seguida.

Menu Superior > Modify > STRETCH

Guia Home > Modify > STRETCH

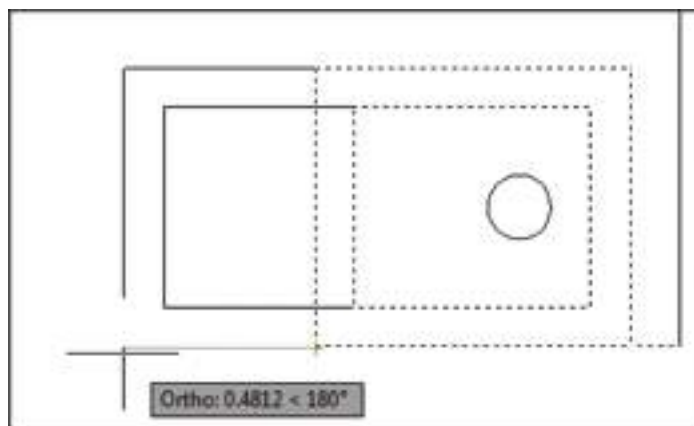
As mensagens que o comando exibe são:

Select objects: **Selecione os objetos**

Select objects to stretch by crossing-window or crossing-polygon: **Selecione os objetos por uma janela de cruzamento**

Specify base point or [Displacement]: **Especifica o ponto base ou [deslocamento]**

Specify second point or <use first point as displacement>: **Especifica o Segundo ponto do deslocamento ou entre com as coordenadas (ou mesmo, usando o modo ortho)**



BREAK

O comando **BREAK** (quebrar, partir) apaga parte de alguns tipos de entidades (linhas, círculos, arcos, etc..), selecionando-se dois pontos. O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas na sequencia mostrada em seguida.

Menu Superior > Modify > Break

Guia Home > Modify > Break

As mensagens que o comando exibe são:

Select objects: **Selecione os objetos**

Specify second break point or [First point]: **Especifique o segundo ponto [ou F para o primeiro]**

Selecionando o segundo ponto, o objeto será partido até este ponto, a partir do ponto de seleção do objeto. Pressionando “F” antes da especificação do segundo, é possível especificar o primeiro e o segundo ponto de quebra com precisão. Neste caso, serão apresentadas as seguintes mensagens:

Specify first break point: **Especifique o primeiro ponto**



Specify second break point: **Especifique o segundo ponto**



ARRAY



O comando **ARRAY** (Matriz) permite fazer múltiplas cópias de entidades selecionadas seguindo um padrão retangular ou polar (circular). O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas, conforme mostrado seguinte.

Menu Superior > Modify > Array

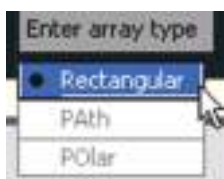
Guia Home > Modify > Array



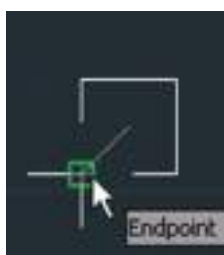
O comando tem ainda a opção **Path Array**. Vejamos como funciona:



Primeiro, seleciona-se o comando **ARRAY**



Após confirmar a seleção, será perguntado o tipo de array



A seguir, tecle "B" para indicar um ponto de base para a contagem do Array e clique neste novo ponto:



Arraste alguns objetos de forma aleatória no ecrã, sem se importar com a quantidade ou espaçamento e clique:

Confirme todas as questões. Iremos alterar tudo que resta através de uma nova guia que foi inserida, denominada **ARRAY**.

Selecione o grupo do Array:



Altere agora, com o grupo do Array selecionado, quantidade de linhas, colunas, espaços, etc.

Podemos também fazer **Array POLAR**:

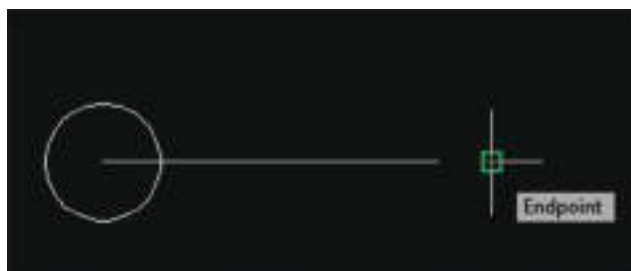


Selecione primeiro o objeto;

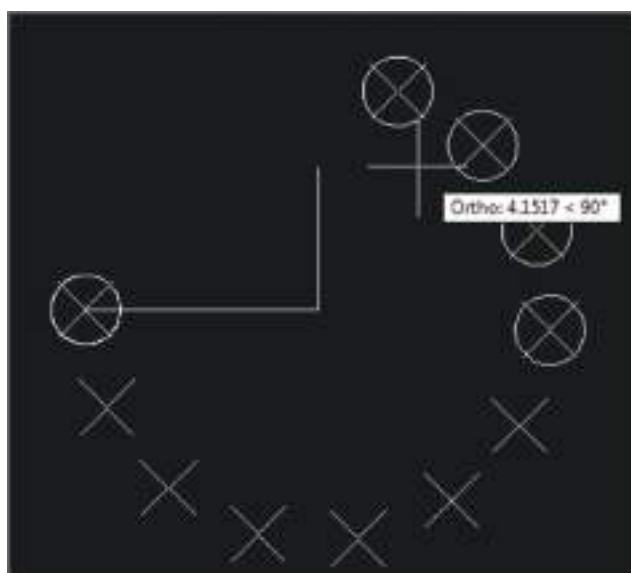




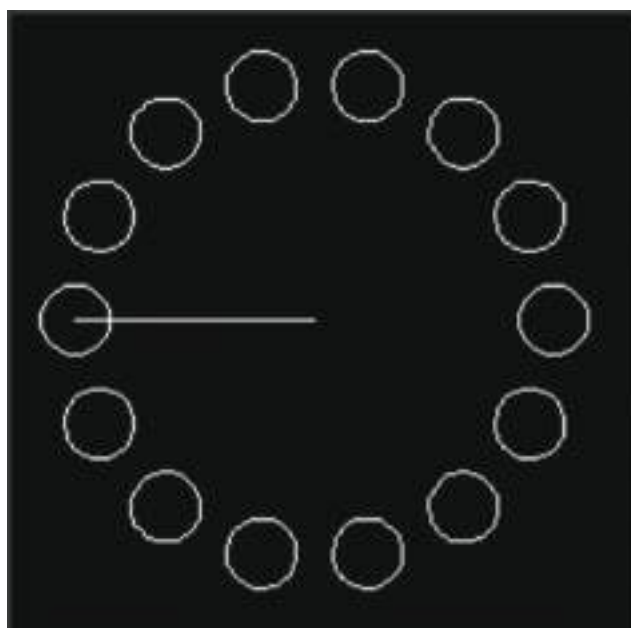
Escolha a opção **PO** – Polar;



Clique no ponto onde os objetos estarão dispostos ao redor (centro do array);



Digite a quantidade de objetos na barra de comandos que se quer no total do array (o primeiro também deve ser contacto no total);



Na última parte, introduza o valor de ângulo de preenchimento (o padrão é 360°).



E também, seguindo um caminho, opção **Array PATH**:



Desenhe o objeto e o caminho. Selecione o objeto a ser duplicado;



Selecione o caminho (spline) e arraste o cursor do rato. Note que algumas cópias são geradas;



Digite a quantidade total de cópias e confirme as outras mensagens.

Verifique se as cópias são distribuídas de forma uniforme sobre o percurso indicado.

TRIM



O comando **TRIM** (Aparar) permite aparar entidades de modo que elas terminem precisamente na intersecção com outra(s) painel de tarefas na sequência mostrada seguinte.

Menu Superior > Modify > Trim

Guia Home > Modify > Trim

As mensagens que o comando exibe são:

Select objects or <select all>: **Selecione os objetos: (selecione a aresta de corte)**

Select object to trim or shift -select to extend or: **Selecione o objeto(s) para cortar ou pressione shift para estender**



EXTEND



O comando **EXTEND** (Estender) permite estender entidades de modo que elas precisamente na intersecção com outra(s) entidade(s). O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas como mostra a figura.

Menu Superior > Modify > EXTEND

Guia Home > Modify > EXTEND

As mensagens que o comando exibe são:

Select boundary edges: **Selecione a aresta(s) limite**

Select objects or <select all>: **Selecione os objetos**

[Fence/Crossing/Project/Edge/Undo]: **clique nas linhas a serem estendidas (clique próximo das pontas que serão estendidas)**

FILLET



O comando **FILLET** permite fazer a concordância de duas entidades com um raio predefinido. O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas, como mostrado seguinte.

Menu Superior > Modify > FILLET

Guia Home > Modify > FILLET

O procedimento geral é:

Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]: **Digite R para configurar primeiro o raio**

Specify fillet radius <0.2000>: **Digite o valor do raio**

Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]: **Digite M para criar múltiplos raios, caso seja necessário**

Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]: **Clique na primeira aresta do canto**



Select second object or shift-selected to apply corner or [Radius]: **Clique na segunda aresta do canto**



CHAMFER



O comando **CHAMFER** (chanfrar) permite ajustar duas entidades com um chanfro especificado. A sua operação é similar ao comando **FILLET**. Se as distâncias especificadas forem iguais a zero, as duas entidades serão simplesmente estendidas até à sua intersecção. O comando pode ser acedido pelo de tarefas na sequência mostrada seguinte.

Menu Superior > Modify > CHAMFER

Guia Home > Modify > CHAMFER

As mensagens que o comando exibe são:

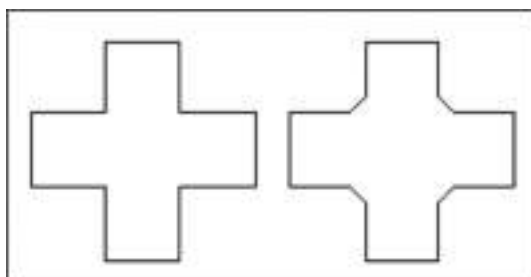
Select first line or [Undo/Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/Multiple]: **digite D**

Specify first chamfer distance <0.0000>: 30 **Especifique a primeira distância**

Specify second chamfer distance <30.0000>: **Especifique a segunda distância**

Select first line or [Undo/Polyline/Distance/Angle/Trim/Method/Multiple]: **Selecione a primeira linha**

Select second line or shift-select to apply corner: **Selecione a segunda linha ou shift para concordância dos cantos**



OFFSET



O comando **OFFSET** (cópia paralela) permite gerar cópias paralelas de entidades existentes com uma distância determinada e lado específico. O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas na sequência mostrada de seguida.

Menu Superior > Modify > OFFSET

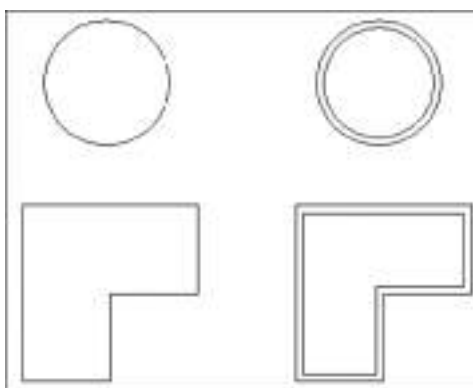
Guia Home > Modify > OFFSET

As mensagens deste comando são:

Specify offset distance or [Through/Erase/Layer] <8.0000>: **digite o valor para o offset**

Select object to offset or [Exit/Undo] <Exit>: **Selecione o objeto para cópia**

Specify point on side to offset or [Exit/Multiple/Undo] <Exit>: **Especifique um ponto clicando num dos lados do objeto onde será a cópia**



DIVIDE



O comando **DIVIDE** (Dividir) permite dividir uma entidade em um número especificado de segmentos iguais, identificando as divisões com pontos. Deve-se mudar a aparência do ponto para que as divisões sejam visíveis. O comando pode ser acedido pelo painel de tarefas na sequência mostrada em seguida.

Menu Superior > Draw > DIVIDE

Guia Home > Draw > DIVIDE



As mensagens deste comando são:

Select object to divide: **Selecione o objeto que será dividido**

Enter the number of segments or [Block]: **digite o valor para quantas segmentos será dividido o objeto.**

EXPLODE



O comando **EXPLODE** (explodir) permite decompor blocos, polilinhas e dimensões, em entidades individuais. O comando pode ser acessado das seguintes formas:

Menu Superior > Modify > EXPLODE

Guia Home > Modify > EXPLODE

A mensagem deste comando é:

Select objects: Selecione o objeto: **selecione o objeto / tecla ENTER para finalizar**

LENGHTEN



O comando **LENGHTEN** (comprimento) permite mudar o comprimento de objetos e de ângulo incluso de arcos. Este comando não afeta objetos fechados.

Menu Superior > Modify > LENGHTEN

Guia Home > Modify > LENGHTEN

As mensagens deste comando são as seguintes:

Select an object or [Delta/Percent/Total/Dynamic]: **selecione o objeto**

O operador pode estabelecer primeiro, qual dos métodos será usado para mudar o comprimento do objeto ou selecionar o objeto e na sequência definir o método a ser usado.

Delta: muda o comprimento do objeto por um incremento especificado.

Percent: muda o comprimento do objeto por uma percentagem especificada do comprimento total do objeto.



Total: muda o comprimento do objeto atual, especificando o comprimento total absoluto a partir de um ponto final no objeto.

Dynamic: muda o comprimento do objeto de forma dinâmica, arrastando com o rato.

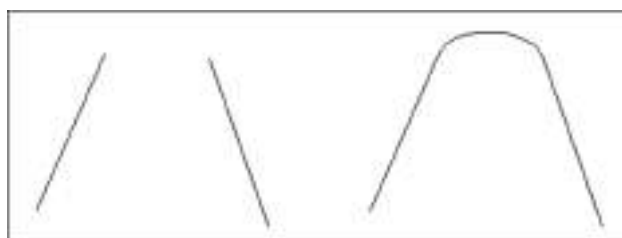
BLEND



O comando **BLEND** tem como objetivo criar um novo segmento criando sempre curvas tangenciais entre dois segmentos separados.

Select first object or [CONTinuity]: **selecione o segmento da esquerda**

Select second object: **selecione o segmento da direita**



LINHAS DE CORTE

HATCH

O comando HATCH permite criar linhas e corte em regiões definidas de um desenho.



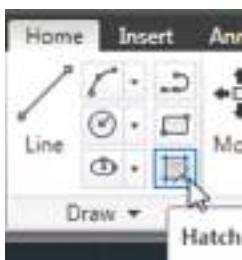
A seleção deste comando é feita conforme mostrado seguinte.

Menu Superior >Draw > HATCH

Guia Home > HATCH



A interação com o comando **HATCH** é feita, através da Ribbon, como mostra a figura seguinte:



As opções oferecidas pelo recurso **HATCH** são descritas de seguida.



Pick Points Adicione uma nova área a ser preenchida, escolhendo esta opção e clicando dentro desta área;



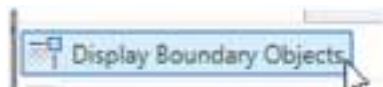
Select **Select:** selecionar um objeto a ser preenchido



Remove **Remove:** remover uma área que foi selecionada



Recreate **Recreate:** recriar a área a ser preenchida



Ainda no painel Boundaries, clique para abrir o painel por inteiro para encontrar esta opção. Ligada, podemos

editar através de grips a região de preenchimento das linhas de corte



Painel que contém os tipos de linhas de corte ou preenchimentos para uso com o comando **HATCH**

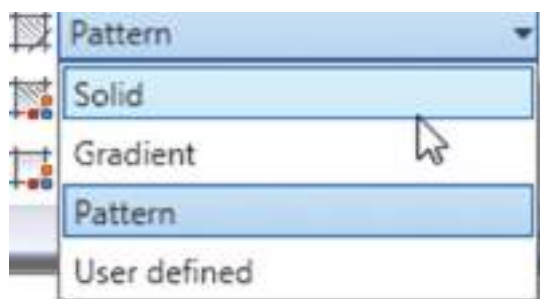
Escolha entre:



- **Solid:** preencher com cor sólida;
- **Gradient:** preencher com tons gradientes;



- **Pattern:** são os padrões;
- **User defined:** definições do usuário;



- **Hatch Transparency:** é novo no AutoCAD. Oferece transparência (grau de opacidade) do hatch ou preenchimento;
- **Angle:** ângulo de rotação;
- **Scale:** escala ou dimensionamento (tamanho do detalhe);



- Indique com um clique no ponto no desenho, o ponto de origem do hatch;



- Ligada, a opção **Associative** define se o hatch é atualizado automaticamente quando a área de preenchimento é alterada;

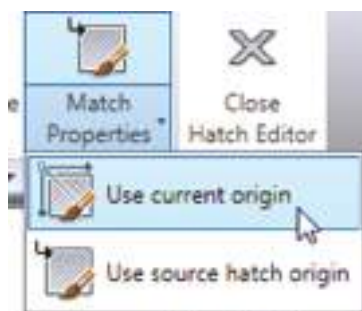


- Diz se o hatch será anotativo ou não;

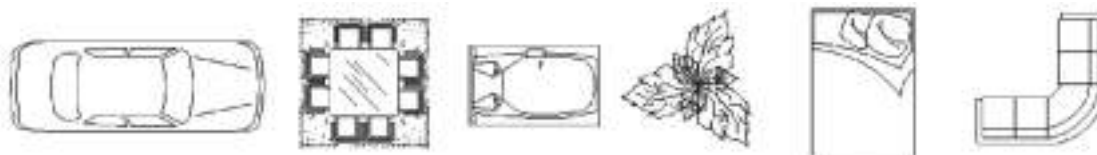


A opção de Match Properties oferece dois sub itens:

- **Use current origin:** copia todas as propriedades de um hatch alvo para a atualmente selecionada, menos o ponto de origem;
- **Use source hatch origin:** copia todas as propriedades de um hatch alvo para a atualmente selecionada, incluindo o ponto de origem.



CRIAÇÃO DE BLOCOS



Um bloco é um conjunto de entidades agrupadas de tal forma a constituir um único objeto. A este bloco é dado um nome, que pode ter até 255 caracteres.

O uso de blocos é recomendado quando se deseja construir uma biblioteca de conjunto de partes de um desenho, para aplicações particulares.

Quando se define um bloco, este poderá ser inserido no desenho pelo nome que lhe foi atribuído, com diferentes escalas e ângulo de rotação. Um bloco pode ser composto de entidades que foram desenhadas em vários layers, com diferentes cores e tipos de linhas.

As duas regras básicas para a construção e definição de blocos são:

1. Todas as entidades pertencentes a um bloco que foram criadas e definidas na layer 0, terão as suas cores e tipos de linhas alteradas para a cor e tipo de linha da layer ativa no processo de inserção, se esta for diferente do layer 0.
2. Quando as entidades pertencentes a um bloco forem criadas e definidas e diferentes do layer 0, as entidades preservarão suas cores e tipos de linhas,



mesmo que a layer ativa no processo de inserção tenha tipo de linha e cor diferentes.

BLOCK

O comando **BLOCK** (Bloco) permite criar blocos de partes das entidades desenhadas ou de todo o conjunto de entidades de um desenho. O comando é acedido pelo menu superior ou pelo painel de tarefas.

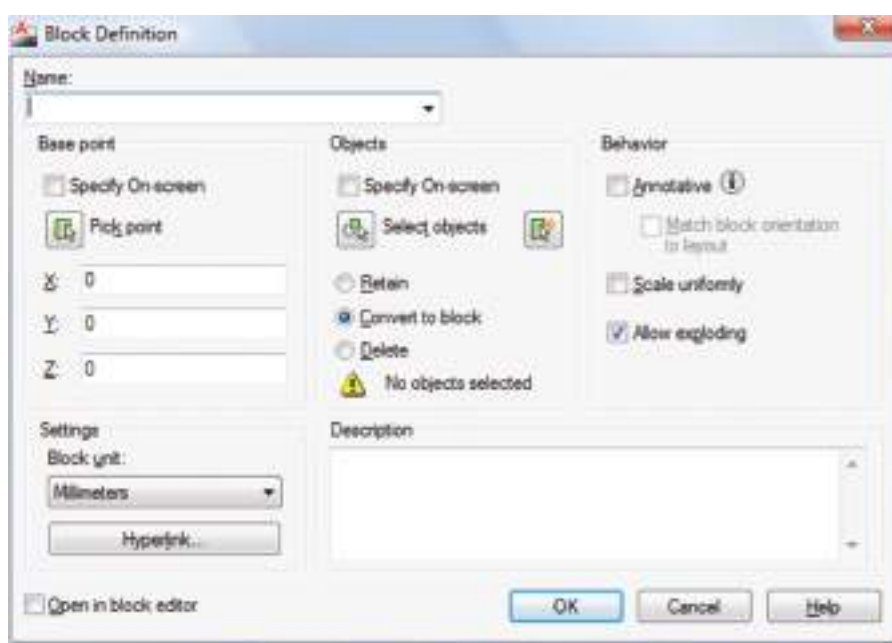
Menu Superior > Draw > Block

Guia Home > Block > Create

Guia Insert > Block > Create



A interação com este comando é feita digitando-se block na linha de comandos ou conforme mostrado na figura.



Name: Deve-se entrar com o nome desejado para o bloco. Se o nome especificado para o bloco já existir, será apresentada a seguinte mensagem:



Referência do bloco já existe no desenho. Atualizar a definição e a referência do bloco? Se desejar atualizar a referência do bloco para o atual, clique em sim, caso contrário clique não e digite outro nome.

Base Point: Especifica o ponto base de inserção para o bloco. O valor default é 0,0,0

Specify insertion base point: Especifique o ponto de inserção

Object: Para fazer a seleção de objetos que irão compor o bloco

Retain: Retém os objetos originais distintos após o bloco ser criado

Convert to block: Converte os objetos selecionados para uma instância de bloco

Delete: Apaga os objetos selecionados do desenho após o bloco ser criado

Allow Exploding: Especifica se ou não o bloco pode ser explodido

Block Unit: Especifica as unidades de inserção para a referência do bloco

Hyperlink: Permite inserir um hyperlink nas definições do bloco para um arquivo, associando-o ao model space ou ao Layout ou ainda, para uma página da web.

Utilizando este tipo de bloco, este poderá ser utilizado apenas no projeto atual. O operador poderá apenas inseri-lo em outro projeto usando o processo básico da informática COPIAR e COLAR (CTRL+C e CTRL+V).

WBLOCK

Foi visto anteriormente que o comando **BLOCK** permite criar blocos que podem ser inseridos apenas no desenho corrente. Com o comando **WBLOCK**, pode-se gravar um bloco num arquivo externo e, assim, utilizá-lo noutros desenhos. A interação deste comando é feita pela linha de comando digitando-se **WBLOCK**:



Será exibida o ecrã de diálogo Write Block.

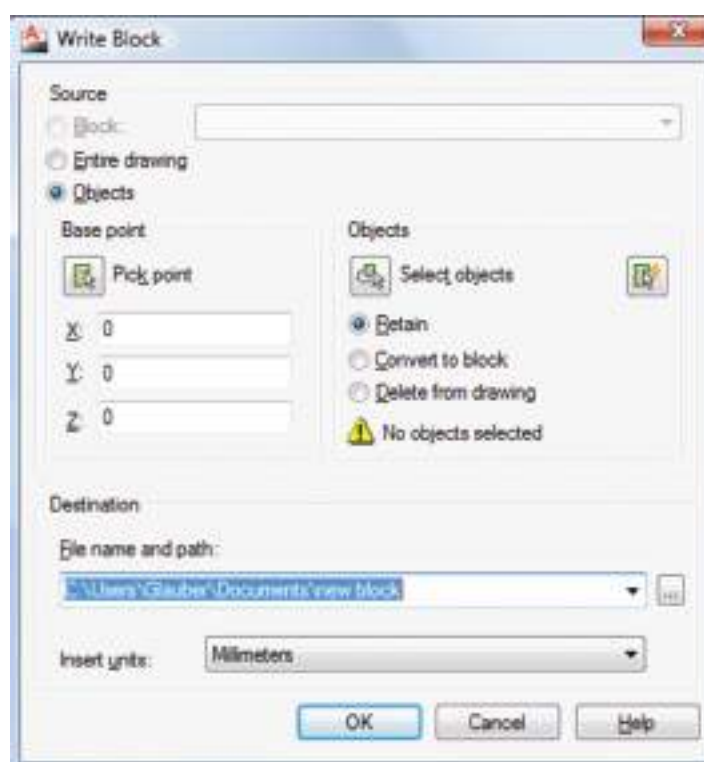
Source

Block: Permite selecionar um bloco existente para salvar como arquivo. Selecione o nome na lista

Entire Drawing: Selecione o desenho corrente para salvar como bloco

Objects: Selecione os objetos para salvar um arquivo. Especifique o ponto base e selecione os objetos

File Name and Path: Pasta onde será gravado o bloco Insert Units - medida a ser usada quando o bloco for inserido



INSERT

Este comando é utilizado para inserir blocos, que podem ser os que foram criados através do comando **BLOCK** ou **WBLOCK**.





Ribbon > Painel Block > Insert

Menu Insert > Block

Utilize a lista de nomes para inserir (caso tenha já tenha inserido o mesmo bloco ou criado através do comando **BLOCK** ou procure um bloco criado com o comando **WBLOCK** através do botão Browse.



ATRIBUTOS PARA BLOCOS

Atributos são tratados pelo AutoCAD como entidades tipo texto, associados a um bloco. Os atributos podem definir propriedades essenciais tais como tipo de material, custo, dimensões, etc., e gravá-los num arquivo em disco para posterior processamento por programas suplementares, ou transferi-los para programas de banco de dados.

Para ilustrar o uso de atributos será criado um carimbo para posterior inserção em folhas de desenho, supondo que estas já tenham sido criadas como blocos. Todas as informações pertinentes a ele serão definidas como atributos.

Definição de atributos

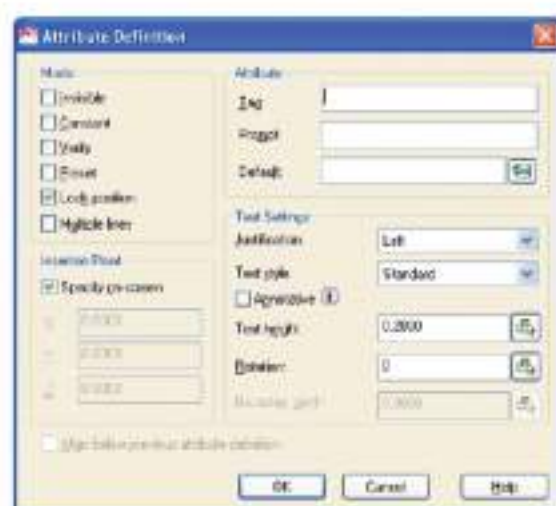
A sequência apresentada a seguir é uma das maneiras de se trabalhar com atributos, incluindo a sua definição e edição, que darão subsídios para posteriores implementações. A definição de atributos é feita utilizando o comando **ATTDEF**, cuja seleção e interação



inicial é pela linha de comandos digitando **ATTDEF** ou pelo painel de tarefas Attributes na aba Insert.

Menu Superior > Draw > Block > Define Attributes

Guia Insert > Attributes > Define Attributes



Será então mostrado um ecrã de diálogo chamado Attribute Definition.

Os quatro modos de atributos possibilitam a definição da maneira da sua apresentação no ecrã gráfico e como ser feita a interação da sua inserção no desenho. De seguida, são detalhados os modos de atributos:

I (Invisible): a opção "I" é usada quando não se deseja que o valor ou texto do atributo apareça no ecrã gráfico quando o bloco é inserido.

C (Constant): todas as informações pertinentes ao atributo não serão questionadas durante o processo de inserção do bloco.

V (Verify): permite a verificação ou troca do valor ou texto do atributo durante o processo de inserção do bloco.

P (Preset): o valor ou texto do atributo não será questionado durante o processo de inserção do bloco, porém, possibilita sua posterior definição via edição de atributos ou ecrã de diálogo.



Este modo é utilizado quando não se deseja perder tempo no processo de criação do desenho, ou os dados referentes aos atributos não estão ainda plenamente definidos.

O “default” para os modos de atributos (ICVP) é “N”. Se a resposta para o “Attribute modes” for “I”, “C”, “V” ou “P”, o modo correspondente é mudado. Após a escolha do(s) modo(s) do atributo, os próximos parâmetros são:

Attribute tag - O “Attribute tag” identifica o nome do campo onde o valor ou texto do atributo será alocado .

Por exemplo, na definição que será feita para os atributos do bloco “CARIMBO”, o “Attribute tag” para o nome do cliente, poderia ser “CLIENTE”, isto é, a variável “nome do cliente” será sempre endereçada para o campo (“Attribute tag”) “CLIENTE”. O “Attribute tag” pode conter até 31 caracteres porém, não pode ser nulo nem conter espaços em branco.

Attribute prompt - Neste ponto deve-se determinar o termo ou frase que alertará sobre a informação desejada para o atributo. Esta frase aparecerá na linha de comandos no processo de inserção do bloco (Exemplo: Entre com a escala). Se o “Attribute prompt” for nulo, respondendo com “ENTER”, o “Attribute Tag” será usado como tal.

NOTA. Quando o modo “Constant” é especificado para o valor ou texto de um atributo, o “Attribute prompt” será suprimido no processo de definição do atributo.

Default attribute value - Pode ser especificado um valor ou texto inicial para o atributo. Quando o modo “VERIFY” é ativado ou os modos “C”, “V” e “P” forem todos “N”, durante o processo de inserção do bloco este valor ou texto pode ser alterado.

Exemplo: Valor inicial do atributo = Cobre. Durante o processo de inserção teremos:

Default attribute value <Cobre>: “ENTER” (aceita o valor “default”) ou

Default attribute value <Cobre>: Alumínio (o atributo para o material será alumínio).

A última definição de um atributo é seu posicionamento no desenho, cuja interação é idêntica ao comando “TEXT”, apresentada a seguir:

Start point or Align/Center/Fit/Middle/Right/Style:

NOTA: Uma vez definidos todos os atributos associados a um desenho, deve-se salvá-lo como um bloco com o comando “WBLOCK”.



LAYOUT E PREPARAÇÃO PARA PLOTAGEM

Neste capítulo final, trataremos da questão de configuração e preparação da plotagem ou impressão do desenho. O ícone para plotar é o de Plot, situado na barra superior de acesso rápido:



Porém, algumas medidas devem ser tomadas previamente, como:

- Criação de novos layouts e edição;
- Criação de margem e carimbo;
- Criação de escalas para o desenho;
- Ajuste do arquivo .CTB (espessuras e saídas de cor finais para as linhas do desenho).

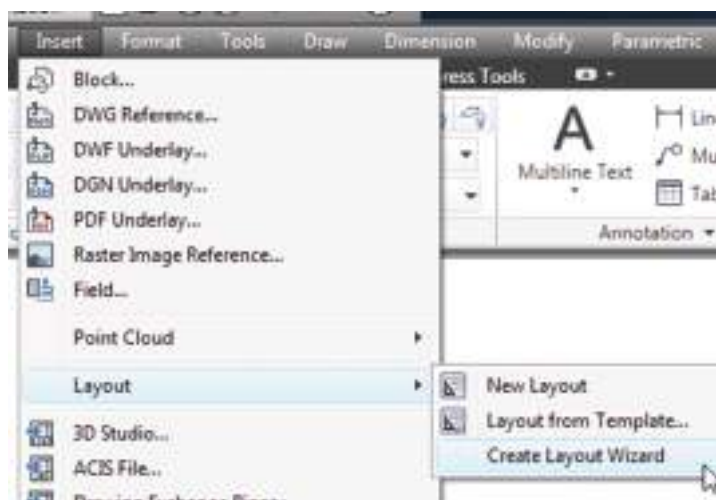
Inserindo uma nova folha

Tudo o que desenvolvemos em MODEL precisamos transportar e diagramar em vistas, escalas, com margem, carimbo e outras anotações no que denominamos de modo PAPER. Na prática, dizemos que estamos a criar um LAYOUT que é necessário estar corretamente configurado em relação à unidade de medida aplicada, escala e anotações de formas também corretamente aplicadas, para que se possa ver se o que está no paper é o que será impresso ou plotado no papel.

Iniciamos com a questão de inserir um novo layout. Veja o procedimento (MODO PAPER):

Aqui, demonstramos o caminho para criar um novo layout:

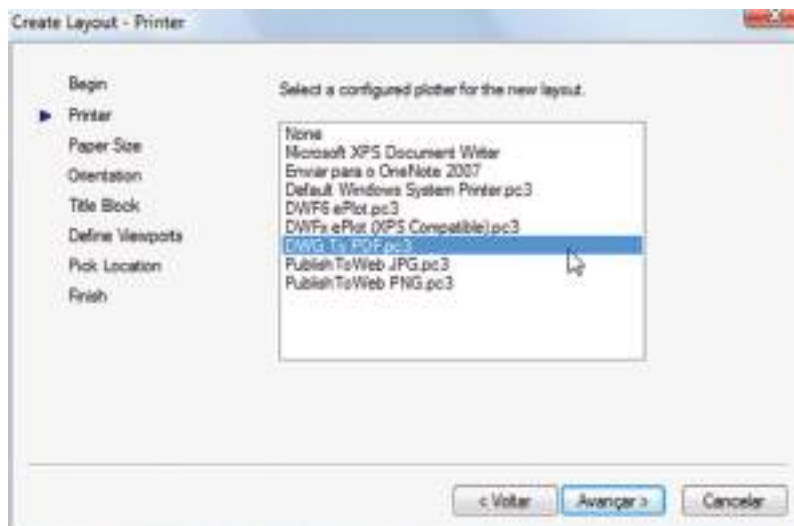
Menu Insert > Layout > Create Layout Wizard



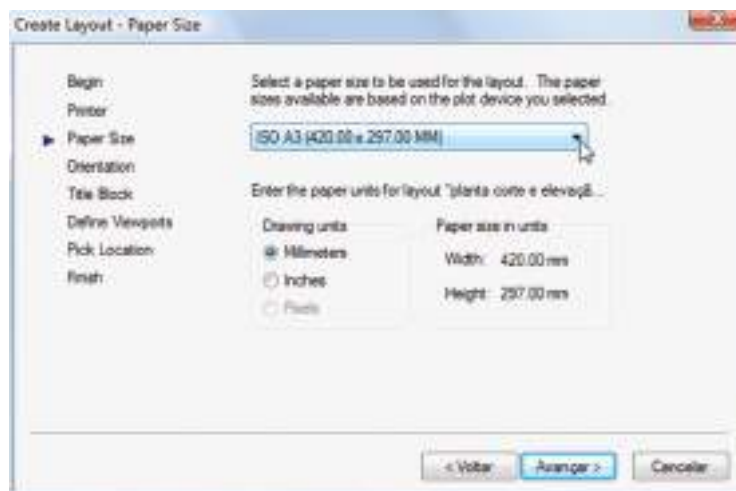
- Este ecrã indica-nos que iremos passar por um processo de criação de um novo layout, com configuração de saída de plotter, viewports, title blocks etc.
- Identifique, por hora, um novo nome para o layout que está a ser criado, no campo indicado;



- Neste passo, identifique a saída para plotagem ou impressão. Caso tenha uma impressora ou plotter configurada, escolha-a. Caso contrário, escolha entre outro tipo de saída que o AutoCAD oferece, como e o caso de DWG TO PDF e DWF6.



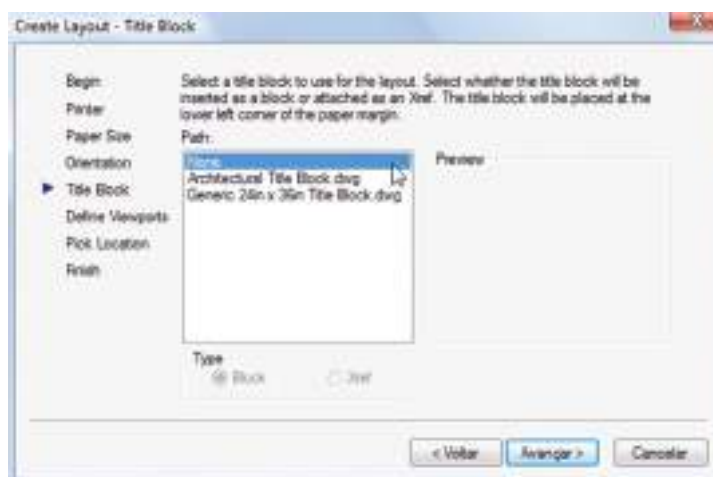
- Escolha o formato da folha e unidade de medida. De acordo com o sistema métrico, selecione a opção Millimeters;



- De preferência, escolhamos aqui a opção Landscape, com a leitura do desenho em paisagem;



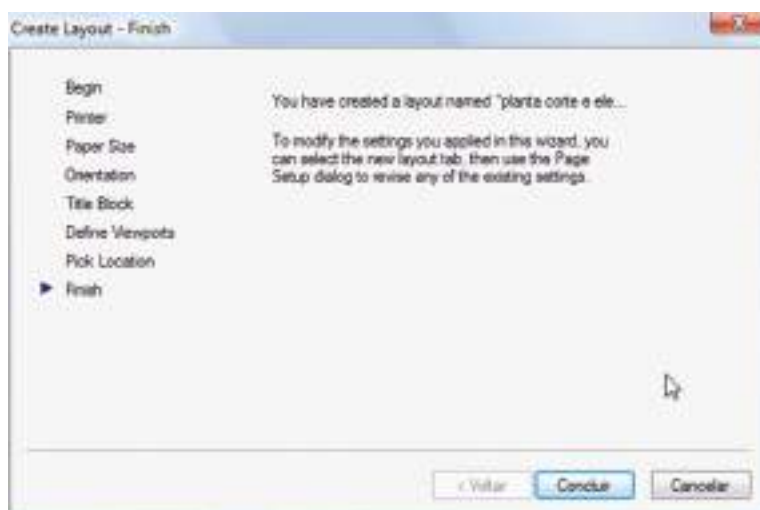
- Aqui escolha, de preferência, a opção None. Este ecrã trata do que o AutoCAD denomina de title block. Elementos como margem, carimbo e espaço para legendas aqui são apresentados prontos. A opção "None" é escolhida justamente para criarmos estes estilos ao nosso modo.



- Aqui, o passo a passo dá-nos pré-diagramas e geração de viewports (vistas, em português) com determinadas escalas.



- Ecrã de conclusão. Apenas diz que criamos o layout e que podemos modificá-lo, a qualquer momento na opção Page Setup (botão de aplicativo AutoCAD, canto superior esquerdo).



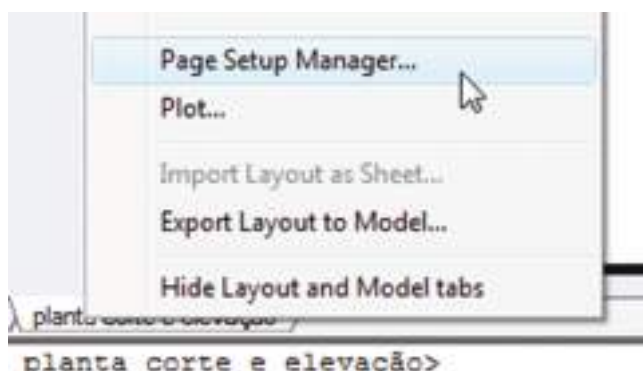
Eliminar o limite de impressão

Na verdade, podemos dizer que estaremos simplesmente a definir o zero da área de impressão que é exibida, muitas vezes, quando acabamos de inserir um novo layout, através de uma linha tracejada ao redor da folha. Vejamos o exemplo:

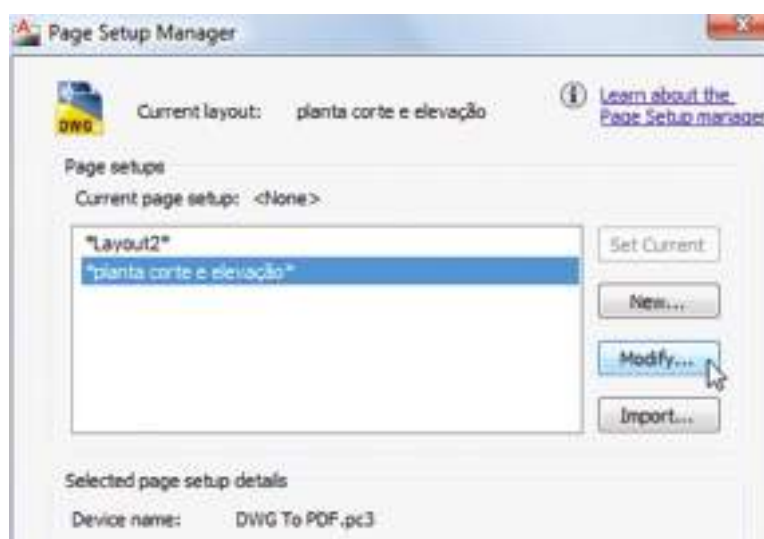


O procedimento é o seguinte:

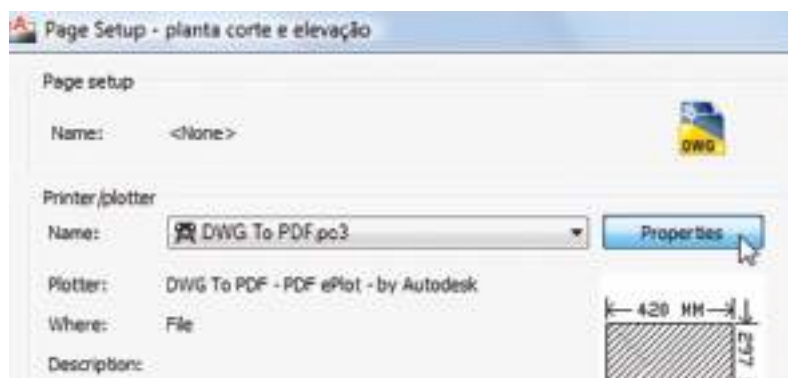
- Aceda com o botão direito sobre a guia da folha, a opção **Page Setup Manager**;



- A seguir, será apresentado um ecrã com as folhas criadas. Escolha a folha que queira modificar e clique no botão Modify, a direita;



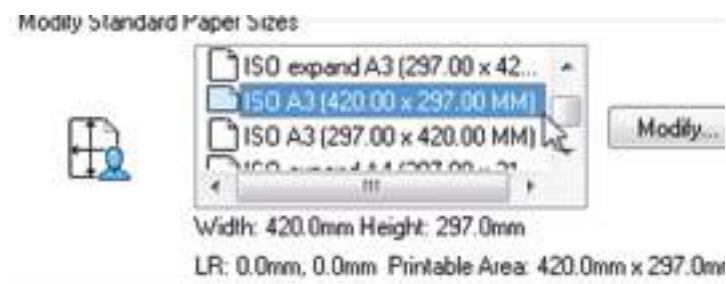
- Iremos clicar no botão Properties, ao lado da saída de printer/plotter, da janela Page Setup;



- O ecrã a seguir oferece recursos de configuração em geral de plotter, plotagem e layout. Escolhemos a opção Modify Standard Paper Sizes (Printable Area), pois será nesta opção que iremos marcar o zero na área imprimível;



- E no mesmo ecrã, não podemos esquecer-nos de selecionar, novamente, o formato da folha que está a ser modificada, na caixa de seleção inferior;
- Veja o nosso exemplo, escolhemos a opção ISO A3 (420.00 x 297.00 mm) que é o formato utilizado para o exemplo;
- Clique no botão Modify, à direita;

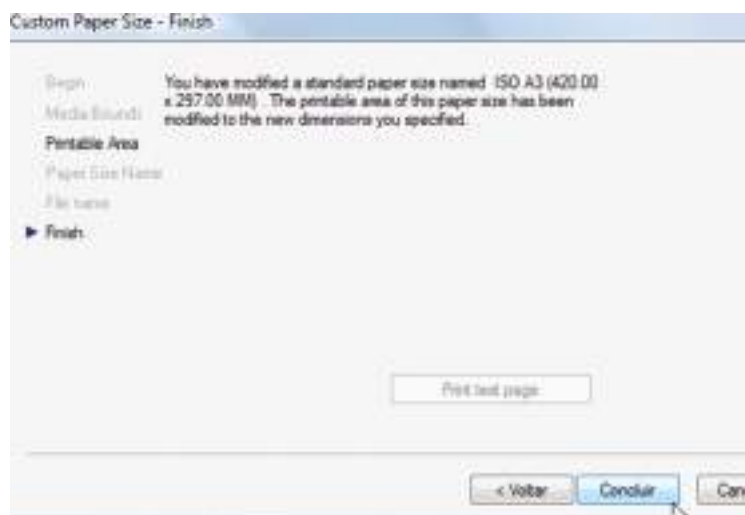


- Veja-se que todos os campos devem conter valores zeros. Senão estiver assim, faça as devidas alterações e, em seguida, cliquem em Avançar;





- Por fim, a modificação foi realizada. Clique no botão Concluir para finalizarmos.

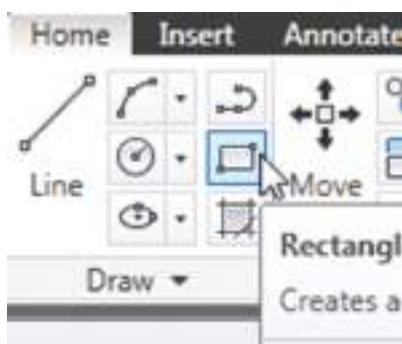


Margem e carimbo

Podemos inserir uma margem na nossa nova folha pronta a ser utilizada a partir de um retângulo (comando **RECTANGLE**). Verifique antes se foi criada uma layer apropriada.

- Digite o comando **RECTANGLE** ou aceda pela Ribbon > Painel

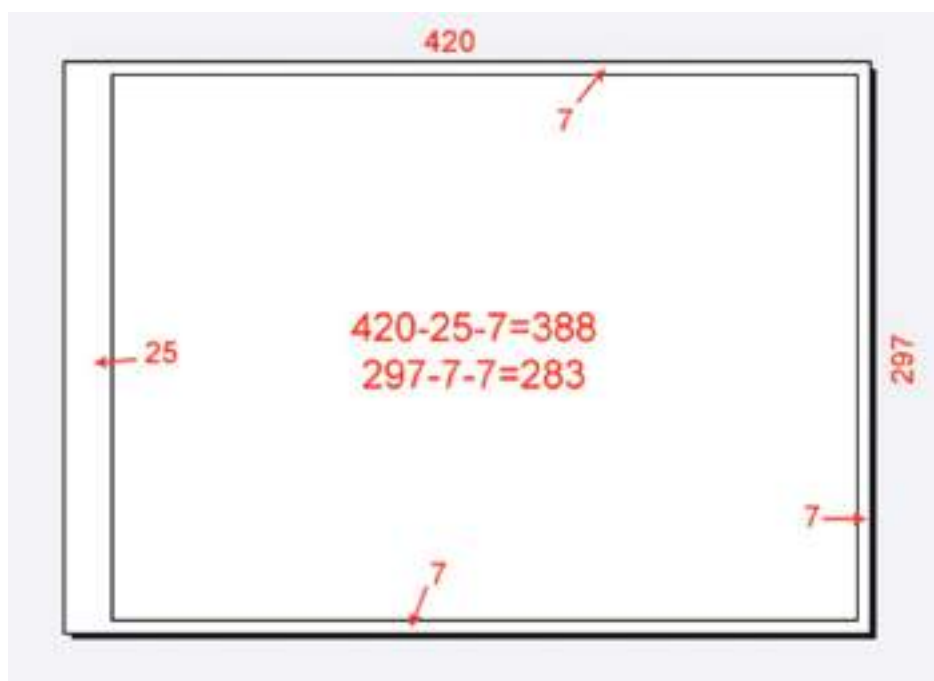
Draw



- Para um exemplo em folha A3, cuja margem da lateral esquerda é de mm e inferior é de 7 mm, digite a coordenada absoluta (referente ao canto inferior esquerdo da folha) de 25,7.

Não devemos usar o arroba (@) nesta primeira coordenada.

- A seguir, digite o tamanho total da margem. No caso da folha A3, utilizamos a coordenada relativa em @388,283. Estes valores servem devido ao desconto total da folha e suas margens. Vejamos:



- Confira a tabela a seguir que contém informações sobre os tamanhos de folhas padrão ABNT e as suas margens:

Formato	Dimensões	Margens	Padrão espessura da linha - ABNT
A0	1189X841	25/10/10/10	1,4
A1	841X594	25/10/10/10	1,0
A2	594X420	25/7/7/7	0,7
A3	420X297	25/7/7/7	0,5
A4	297X210	25/7/7/7	0,5

O carimbo é colocado agora, devendo ser criado através do comando **WBLOCK**. Faça com os atributos onde as informações são preenchidas de forma dinâmica e no momento em que se está a inseri-lo, através do comando **INSERT**.

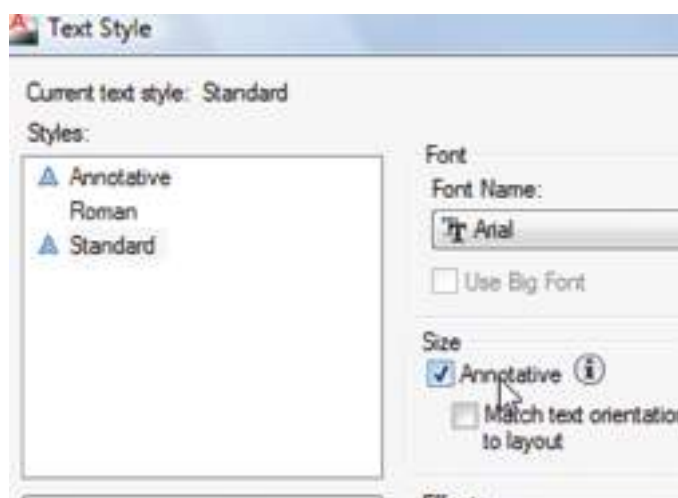


Viewports e as escalas anotativas

Atualmente, as escalas fornecidas pelo AutoCAD são denominadas como escalas anotativas. Isto significa que todo e qualquer elemento de estilo anotativo será adaptado automaticamente junto à escala a ser escolhida para a viewport no layout.

Cotas e textos são elementos muito utilizados com o estilo anotativo, no qual podemos visualizar a opção ligada para as duas ferramentas, como se mostra a seguir.

- Estilos de textos (Text Style);



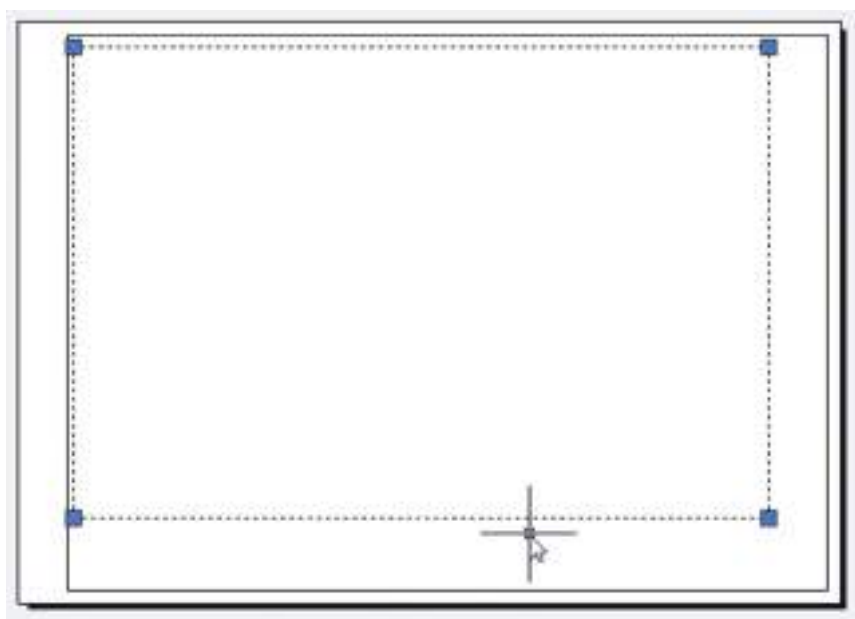
- Estilos de cotas (Dimension Style).



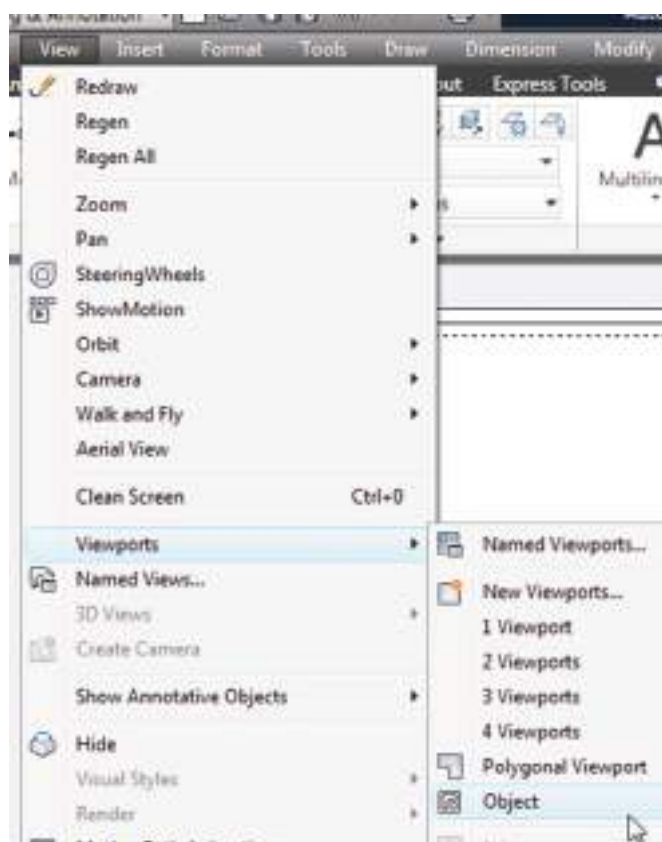
Quando criamos elementos anotativos, queremos dizer que estes estarão exatamente com o tamanho pré configurado dos seus textos, setas, espaçamentos, etc., indiferentemente da escala em que se desejará exibir seu desenho no layout, mantendo-se as nossas configurações.



- Crie uma nova viewport (vista) no seu layout;
- Acione o comando **RECTANGLE** e desenhe a área a ser definida como vista. A figura seguinte mostra a vista que está a ser selecionada para ser diferenciada da margem, para fácil identificação (retângulo criado);



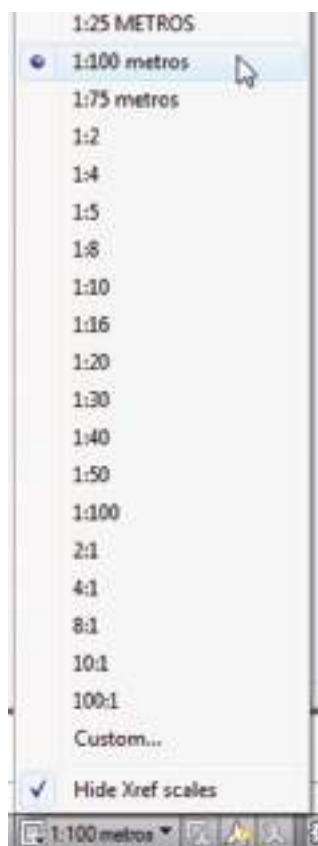
- Aceda ao menu View / Viewports / Object e selecione o retângulo para que ele se torne uma nova viewport (vista);



- O desenho será exibido dentro da nova viewport;



- Dê um duplo clique dentro da viewport e escolha a sua escala desejada no botão de escala na barra de status;



- Caso seja necessário ativar novas escalas aos elementos anotativos, lembre-se de, no MODEL ou dentro da viewport, acionar o botão “Automatically add scales to annotative objects when the annotation scale changes” e ativar as demais escalas para uma correta exibição de diversas escalas na mesma folha;



Utilize o comando **VPROTATEASSOC** para determinar se, ao rodar uma vista, o conteúdo acompanha a rotação ou não, com valor 1 ou 0, sendo 1 para rodar junto a vista e 0, para não rodar. Use o comando **ROTATE** “comum” para testar o funcionamento.

Comando PLOT e arquivo CTB

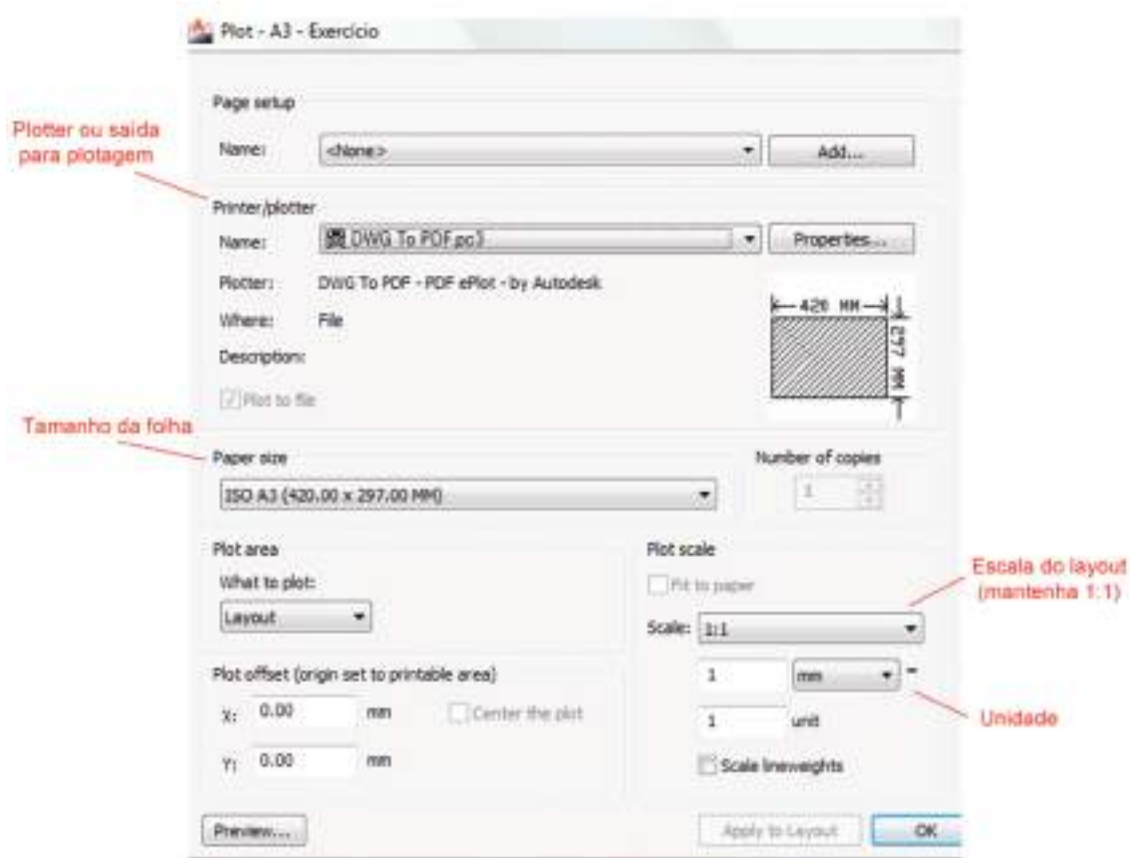
É a parte em que se fecha o arquivo para plotagem ou impressão. Após o layout totalmente definido, digitamos o comando PLOT ou clicamos no ícone da impressora na barra de acesso rápido.



É importante constatar os parâmetros sempre antes de se mandar plotar o trabalho. Lembre-se também que, ao digitar o comando PLOT ou clicar no ícone da impressora, esteja com o seu layout aberto.

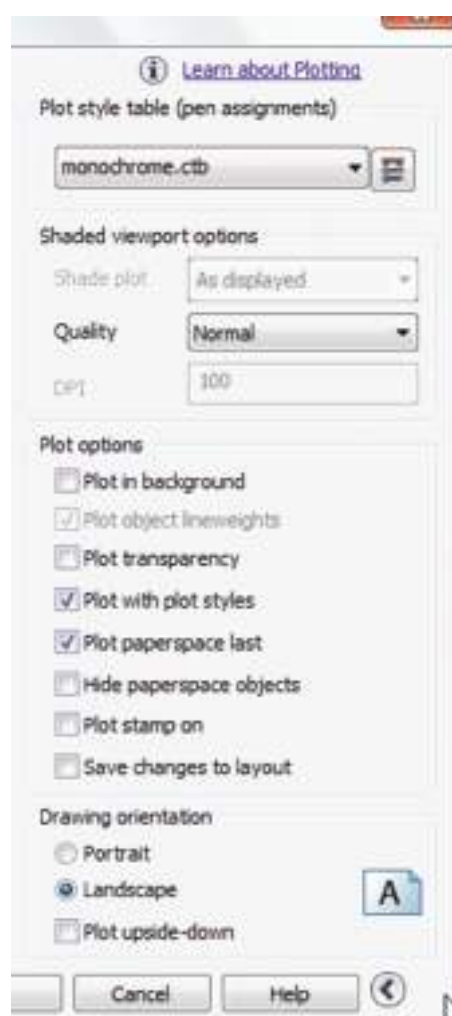
Os parâmetros a serem definidos são:





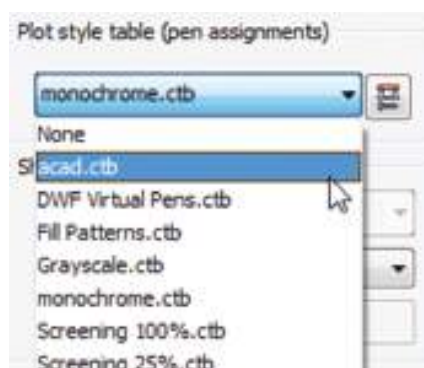
O arquivo CTB é o responsável por definir os estilos de penas (ou linhas) no AutoCAD. Ao clicarmos no botão denominado “More Options”, uma nova área de parâmetros é exibida no painel do comando PLOT:





A nova área de parâmetros é a seguinte:

- Veja o parâmetro Plot style table (pen assignments). É nesta opção que configuramos os estilos de linhas do projeto. Clique na seta da lista para constatar as mais diversas opções de arquivo CTB.

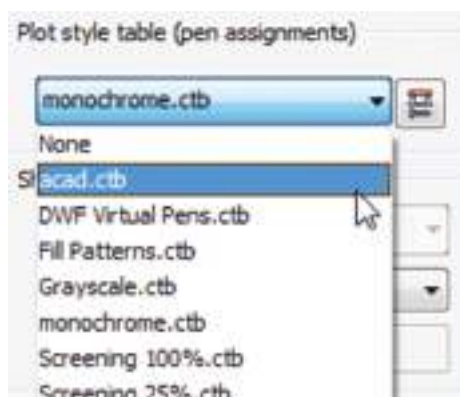


- Podemos escolher o arquivo que melhor nos adequa.

ACAD.CTB: é utilizado para saída colorida (COLOR);

MONOCHROME.CTB: é usado para impressões ou plotagem monocromáticas.

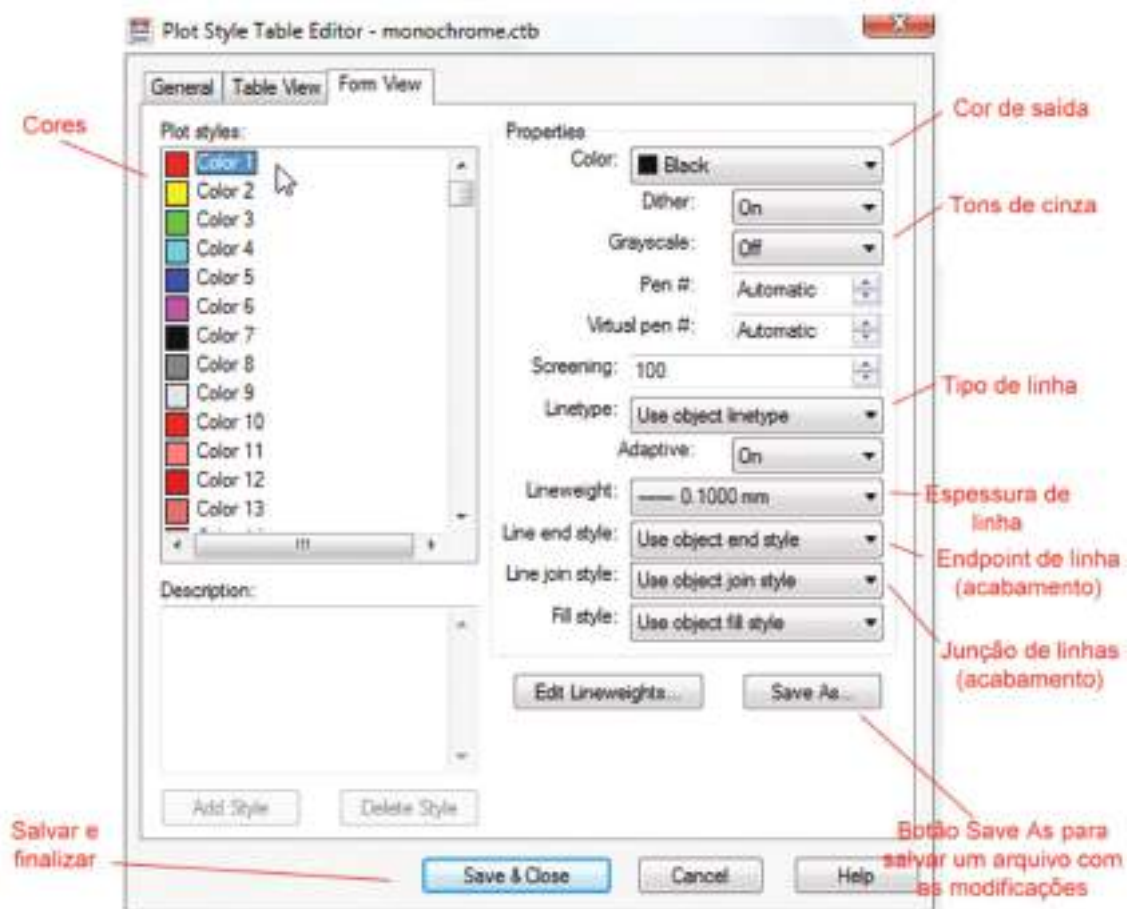




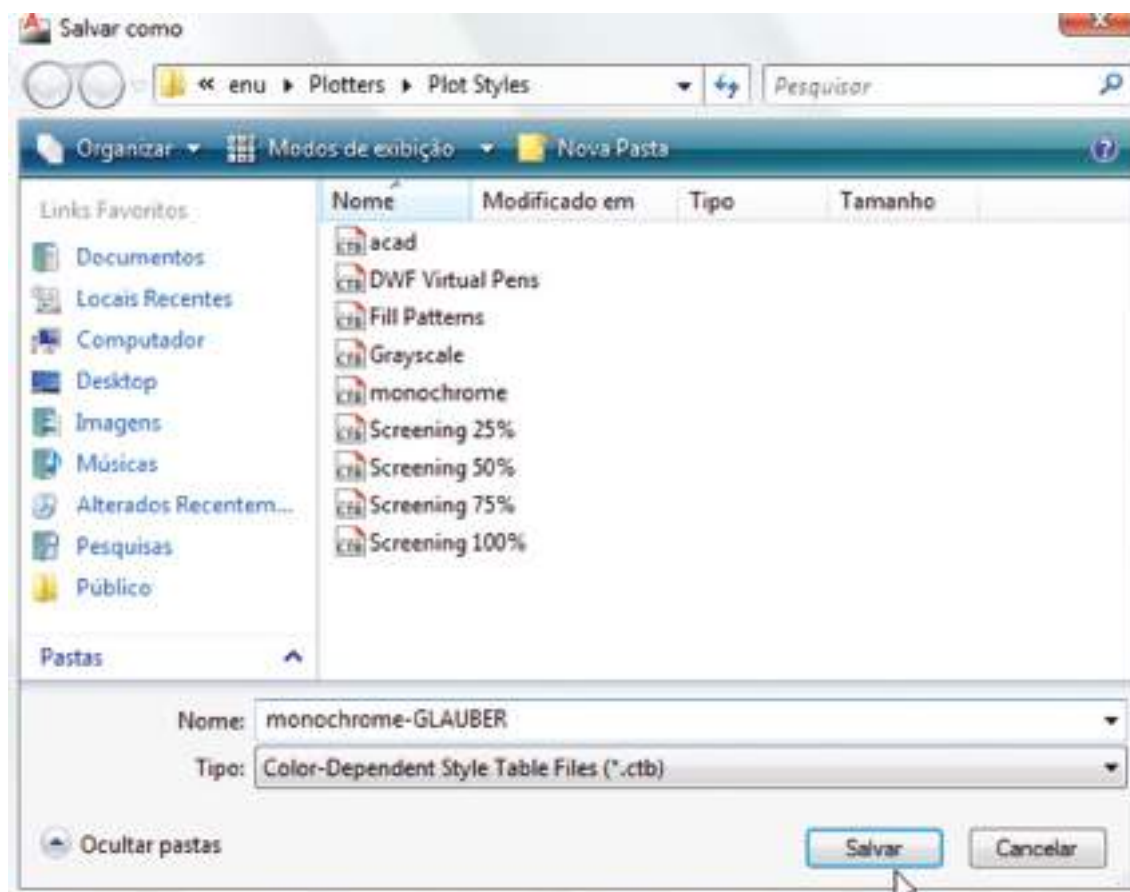
Escolha a sua opção e clique no botão a direita de edição, como se pode ver figura seguinte:



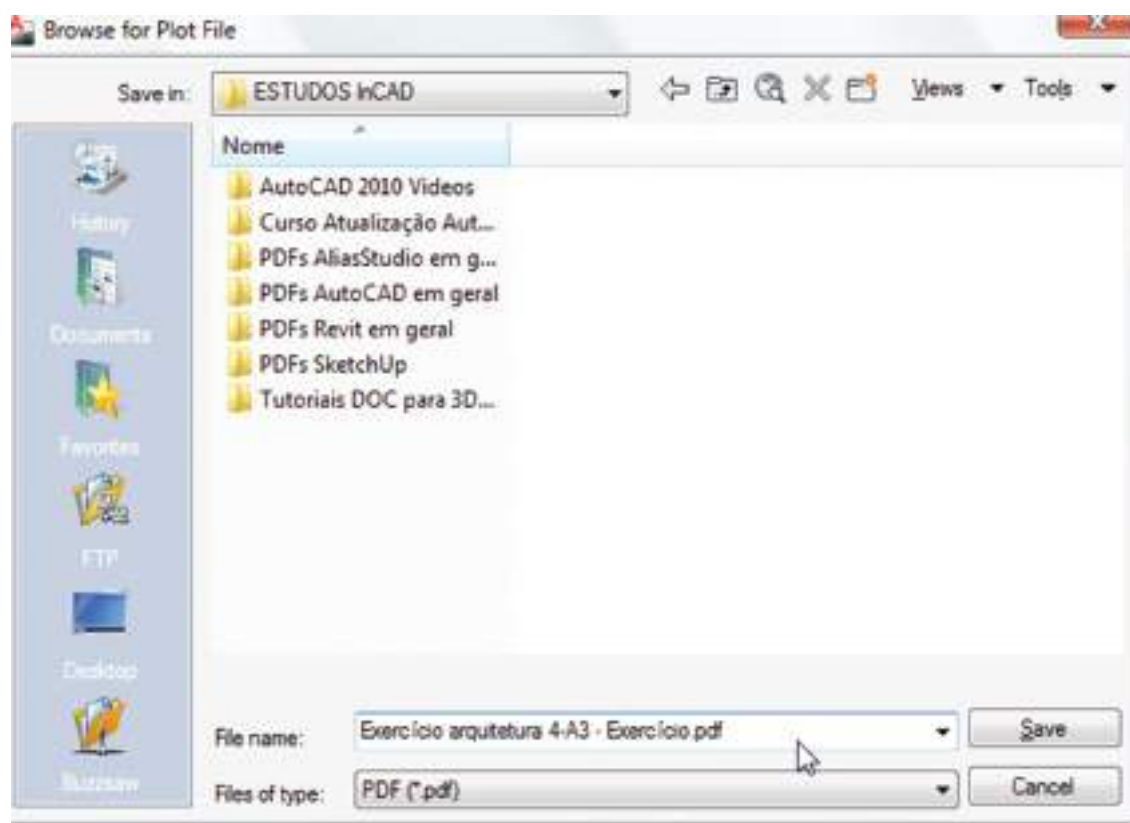
- Configuramos a cor de saída, espessura de linha e acabamentos de endpoint e junção.



Após feita toda a configuração, clicamos no botão Save As. Lembre-se de dar um outro nome para o arquivo, afim de proteger e conservar o original e manter o diretório que o AutoCAD indica para salvar. A pasta Plot Styles é a que manter todos os arquivos CTB e neste, é garantido que o seu novo arquivo de estilos seja exibido sempre na lista de Plot Style Table, no ecrã PLOT.



Se na opção Printer/Plotter estiver configurado para DWG to PDF.pc3, clique em Apply to Layout e no botão OK. Com este procedimento, iremos gerar um arquivo PDF, para impressão no novo layout.



CAD 3D

FORMAS DE VISUALIZAÇÃO A 3D

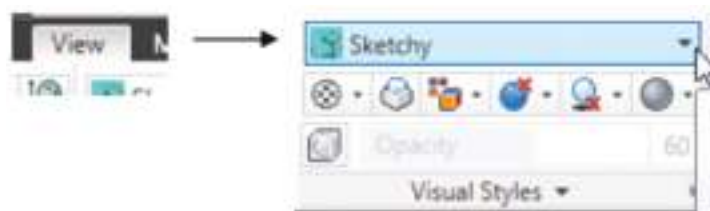
Estilos de visualização

Como dito na introdução deste material, o software nos disponibiliza diversos novos estilos de visualização.

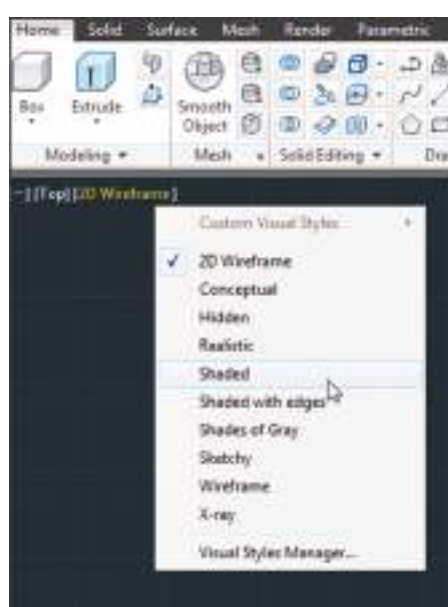
Aceda à guia Home e o painel View.



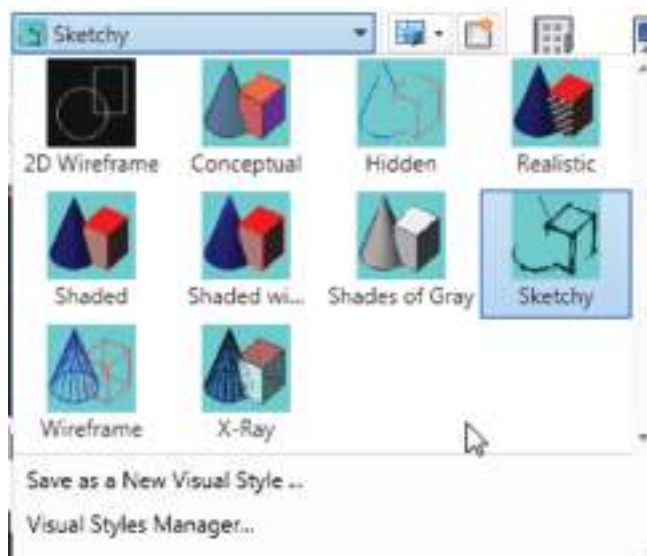
Ou também através da guia View, no painel Visual Styles.



Também se pode aceder pelo próprio título da viewport.



Vejamos agora quais são:



- **Conceptual:** mostra as cores dos objetos e volumetria básica, sem considerar os materiais e iluminação real;
- **Hidden:** como o nome diz, oculta as linhas obscuras, porém, sem volumetria ou cores nas suas faces;
- **Realistic:** é neste estilo de visualização que vemos os materiais dos objetos, ainda em cena, sem a necessidade de renderizá-los;
- **Shaded:** é como o estilo Conceptual, porém dá um maior destaque às sombras;
- **Shaded with edges:** igual ao estilo Shaded, porém, com os edges (arame) na visualização;
- **Shades of Gray:** igual ao Shaded, porém, mostra o projeto em tons de cinza;
- **Sketchy:** exhibe um estilo de visualização do tipo sketch ou croqui;
- **Wireframe:** exhibe em modo arame, não escondendo as linhas escondidas;
- **X-Ray:** exhibe em modo raio-x, ou seja, todo em arame, com as faces levemente transparentes.

Ferramentas de movimentação no desenho

View Cube

É um elemento do ecrã localizado na parte superior direita. A sua função é ser uma ferramenta de visualização de diferentes vistas.

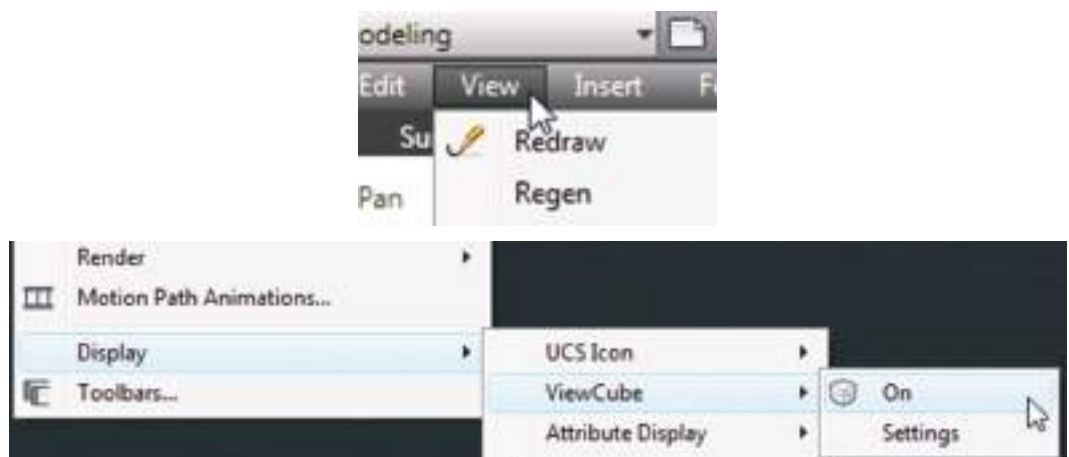




Basta clicar sobre cada face, edge ou corner do cubo para visualizar a vista pretendida.



Para ativar sua visualização, proceda da seguinte maneira:



Ou digite o comando NAVVCUBE e entre com a sub-opção ON ou OFF.

```
Command: NAVVCUBE
Enter an option [ON/OFF/Settings] <ON>:
```

Steering Wheel

Um recurso de navegação no projeto muito útil e inovador. Para aceder,

Guia View / Painel Navigate / Steering Wheels





Ou através do menu View / Steering Wheels



Ou pelo comando **NAVSWHEEL**.

Veja os modos de navegação:



Full Navigation: é o Steering Wheel completo. Permite:

ZOOM, PAN, ORBIT, LOOK (olhar ao redor), **CENTER** (indicar um novo ponto central para foco de uso da ferramenta, **WALK** (caminhar no projeto) e **UP/DOWN** (cima e baixo).





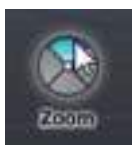
Mini Full Navigation

Mini Full Navigation: igual ao Full anterior, mas mais compacto.



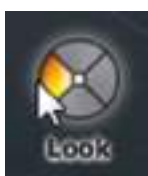
Mini View Object

Mini View Object: também de forma compacta, oferece uma quantidade menor de recursos: **ZOOM, ORBIT, PAN** e **REWIND**.



Mini Tour Building

Mini Tour Building: oferece recursos de navegação: **LOOKWALKUP/DOWNREWIND**



Basic View Object

Basic View Object: oferece recursos essenciais de navegação: **CENTER, ZOOM, REWIND** e **ORBIT**.



Basic Tours Building

Basic Tours Building: da mesma forma como o Mini Tour Building, este Steering também fornece recursos de navegação no projeto: **FORWARD, LOOK, REWIND** e **UP/DOWN**.

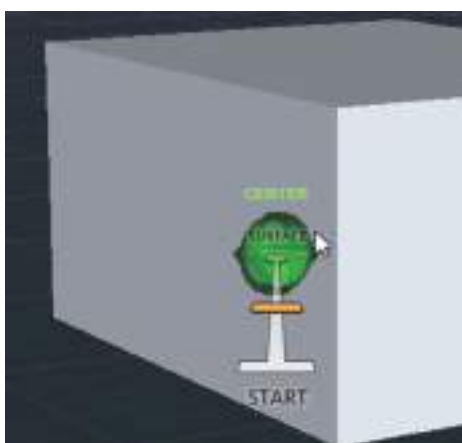




2D: Ferramenta com recursos básicos de trabalho bidimensional: **ZOOM**, **REWIND** e **PAN**.



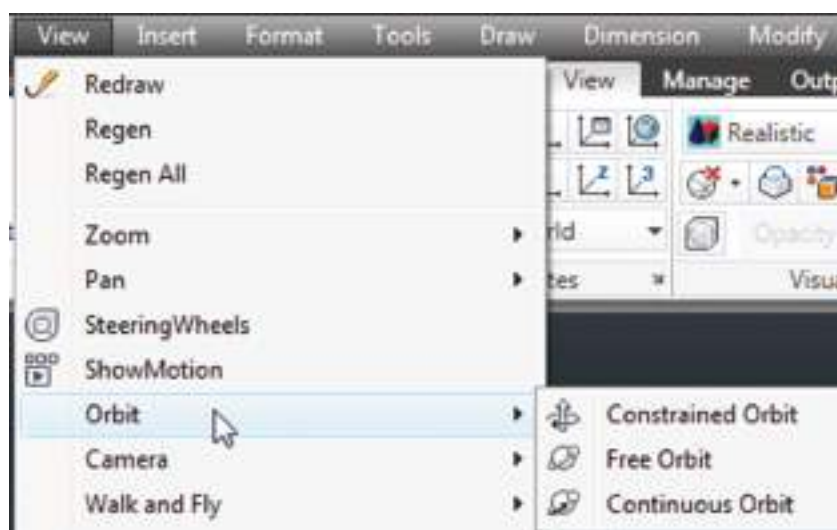
Vejamos um exemplo do recurso Forward. Pressionamos o botão esquerdo do rato sobre uma face do objeto para nos aproximarmos dele ou distanciarmos.



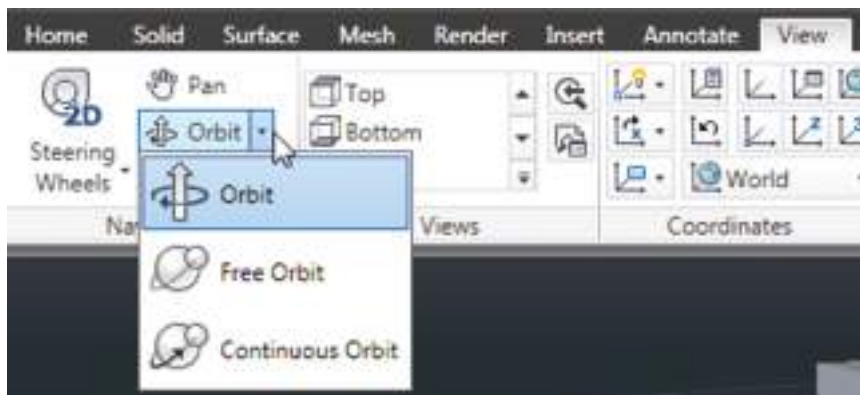
Orbit

Permite visualizar de forma livre o seu projeto. Veja figura seguinte de como acedido a ferramenta:

Através do menu **View / Orbit**:



Ou através da **Guia View / Painel Navigate / Orbit**:



Orbit: permite orbitar livremente com o auxílio do botão esquerdo do rato pressionado para visualizar qualquer ângulo do projeto;

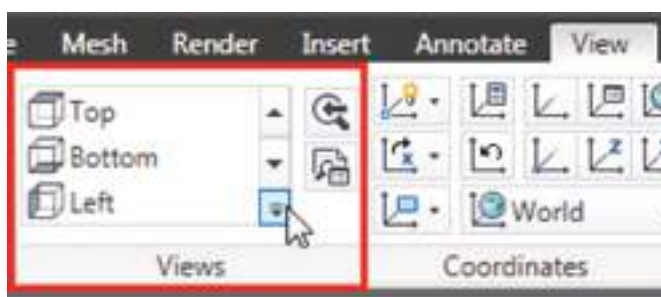
Free Orbit: através guias, podemos orbitar em ângulos específicos e/ou direções específicas;

Continuous Orbit: ao pressionar o botão esquerdo do rato, arrastar e soltar levemente, inicia-se uma leve rotação sendo realizada, como uma espécie de movimento automático. Ou mesmo através do comando **3DORBIT**, dando liberdade de movimento em qualquer direção.

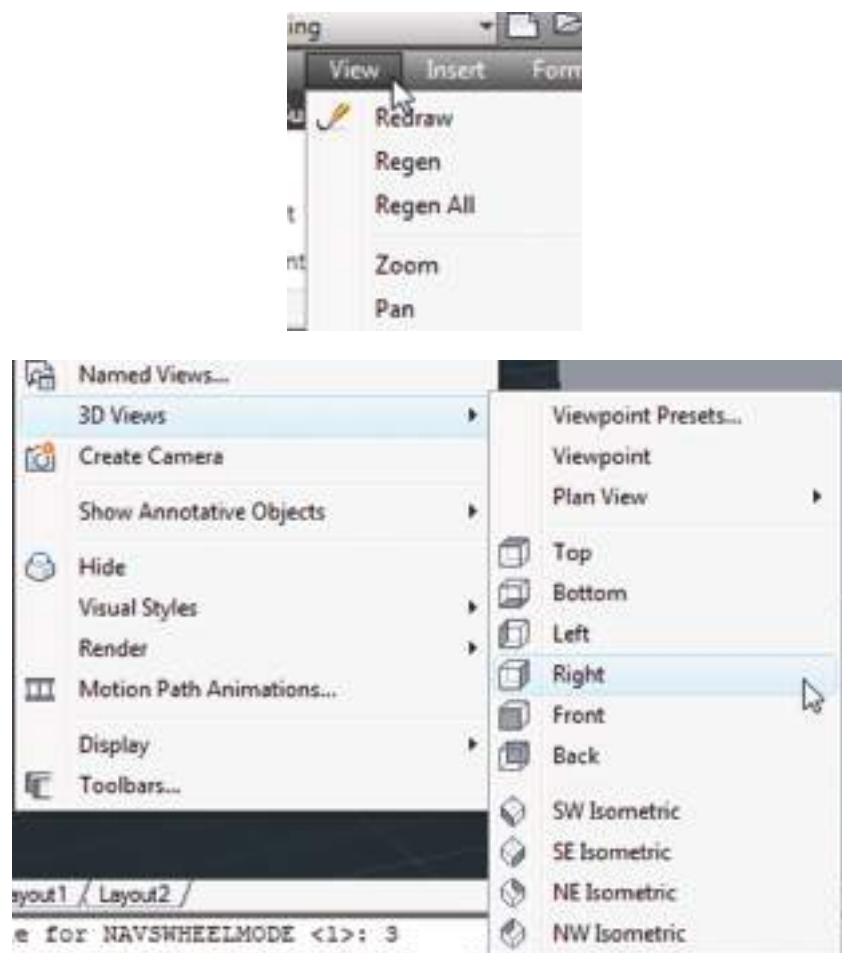
3D Views

Tradicionais na verdade foi um nome sugerido para singularizar a opção clássica de alteração de vistas no AutoCAD.

Através da **Guia View/ Painel Views** ou **Guia Home / Painel View**, podemos alterar a vista.



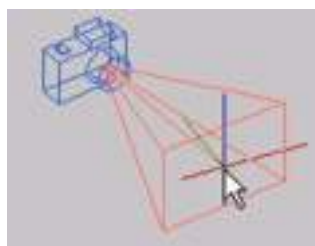
Também podemos alterar pelo menu **View / 3D Views**



Câmaras

Um outro modo de visualizar o nosso projeto é inserindo uma câmara, focando a vista desejada.

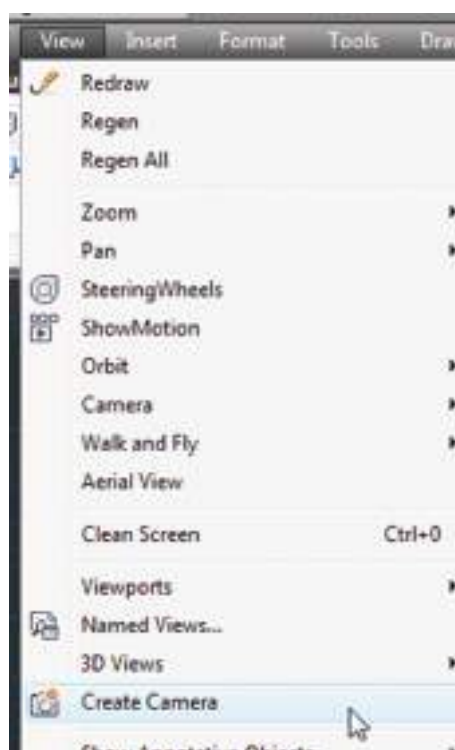
- Comando: CAMERA



O comando exige, de imediato, a posição de localização da câmara e a direção.

É possível inserir uma nova câmara também pelo menu **View / Create Camera**.

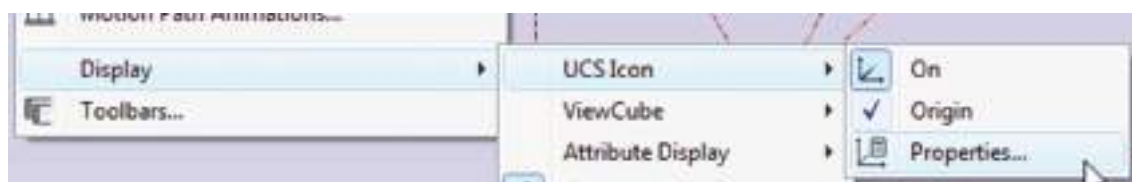




COMANDO UCS – SISTEMAS DE COORDENADAS EM 3D

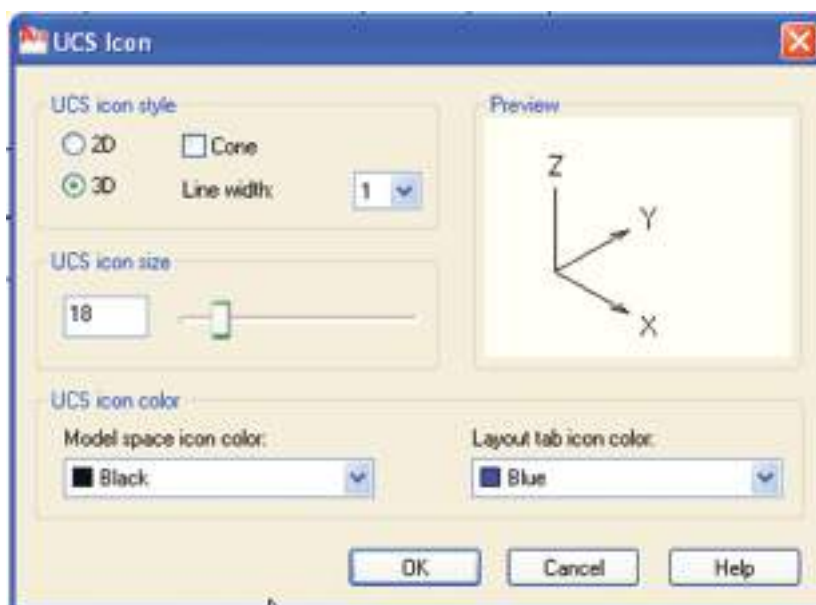
Propriedades e visualização da UCS

O AutoCAD possui o sistema de coordenadas UCS que serve tanto para trabalhar em 2D como em 3D. Para trabalhar em 3D muitas vezes temos que definir outros planos no espaço e isso é feito com o comando UCS.



É nesta janela que conseguimos alterar o estilo do ícone da UCS (2D ou 3D);





Também podemos mudar o estilo da setinha (Cone); Em **Line width**, configuramos uma espessura para as linhas da UCS (1 à 3).

Em UCS icon size, alteramos o tamanho da visualização da UCS.

Por fim, podemos alterar a cor das UCS estando no Model space e no Layout, respectivamente, conforme mostra o ecrã.

Alteração dos planos e posicionamento da UCS

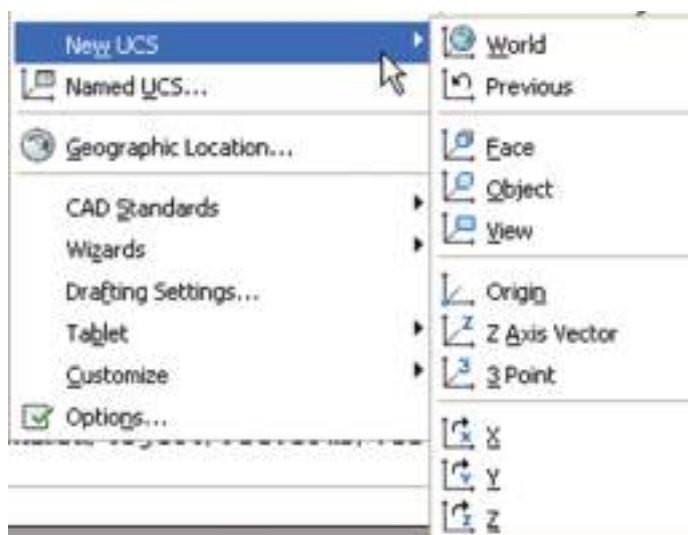
Para alterar o plano da UCS, podemos fazer de várias formas.

Através da Guia **View / Painel Coordinates**.




Através do menu **Tools**, opção **New UCS**.







Ou através do comando **UCS**.

Vejam os:


 **UCS** – Acione o comando principal da UCS para modificar as suas configurações através da barra de comando;


 **World** – Com este comando conseguimos reposicionar a UCS no local padrão do ecrã (canto inferior esquerdo);


 **X** – Roda a UCS usando o axis X como eixo;

 **Y** – Roda a UCS usando o axis Y como eixo;

 **Z** – Roda a UCS usando o axis Z como eixo;

 **View** – Altera o posicionamento XY da UCS baseando-se na sua vista corrente;

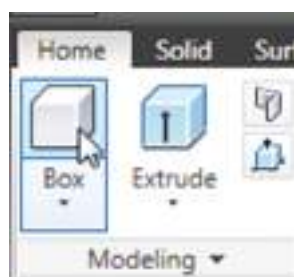
 **Object** – Posiciona a UCS sobre o segmento clicado de um objeto;

 **Face** – posiciona a UCS sobre a face selecionada de um objeto. A UCS ficará posicionada próxima ao canto que o clique for dado.



SÓLIDOS PRIMITIVOS

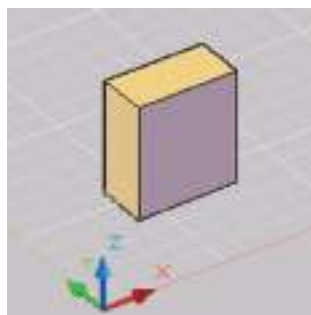
Os sólidos primitivos do AutoCAD encontram-se no painel Modeling da Guia Home, como mostra a seguir:



Box



Box Cria uma caixa retangular sólida. Devemos fornecer a largura, profundidade e altura. Neste exemplo a largura é 40 a profundidade é 20 e a altura 45.



Command: `_box`

Specify first corner or [Center]: P1 (marque um ponto qualquer)

Specify other corner or [Cube/Length]: @40,20

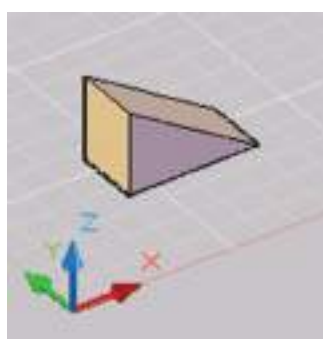
Specify height or [2Point]: 45

Wedge



Wedge

Cria um sólido em forma de cunha. Devemos fornecer a largura, profundidade e altura. Neste exemplo a largura é 40, a profundidade 20 e a altura 25.



Command: `_wedge`

Specify first corner or [Center]: P1 (marque um ponto qualquer)

Specify other corner or [Cube/Length]: @40,20

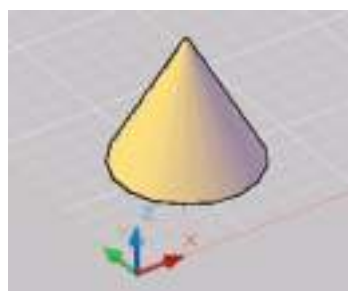
Specify height or [2Point] <45.0000>: 25

Cone



Cone

Cria um cone sólido. É necessário fornecer o raio do cone e a altura. Neste exemplo o raio é 30 e a altura 55.



Command: `_cone`

Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: P1 (marque um ponto qualquer)



Specify base radius or [Diameter]: 30

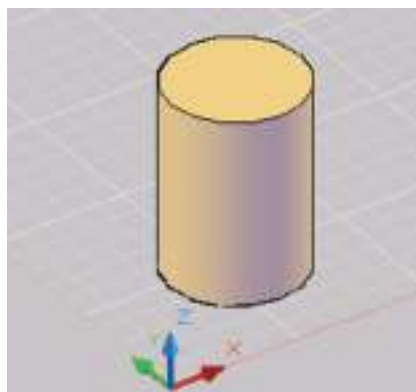
Specify height or [2Point/Axis endpoint/Top radius] <25.0000>: 55

A opção **Axis endpoint** define o sentido do eixo de construção e a opção **Top radius** define o raio da parte superior, caso se deseje criar um tronco de cone.

Cylinder



Cria um cilindro sólido. É necessário fornecer o raio e a altura do cilindro. Neste exemplo o raio é 25 e a altura é 70.



Command: CYLINDER

Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: P1 (marque um ponto qualquer)

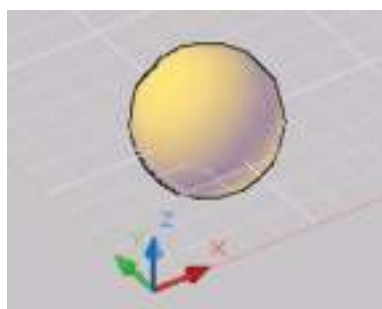
Specify base radius or [Diameter] <30.0000>: 25

Specify height or [2Point/Axis endpoint] <55.0000>: 70

Sphere



Cria uma esfera sólida. É necessário fornecer o raio da esfera. Nesse exemplo o raio é 20.



Command: *_sphere*

Specify center point or [3P/2P/Ttr]: P1 (marque um ponto qualquer)

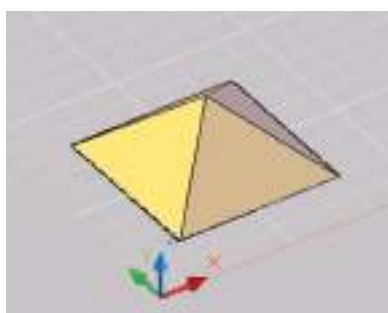
Specify radius or [Diameter] <25.0000>: 20

Pyramid



Pyramid

Cria uma pirâmide sólida. Ela é baseada num círculo portanto primeiro é necessário fornecer o raio do círculo para determinar a largura dela e em seguida a altura. Nesse exemplo o raio é 30, portanto a largura é 60 e a altura 25.



Command: *_pyramid*

4 sides Circumscribed

Specify center point of base or [Edge/Sides]:

Specify base radius or [Inscribed] <33.9857>: 30

Specify height or [2Point/Axis endpoint/Top radius] <23.7344>: 25

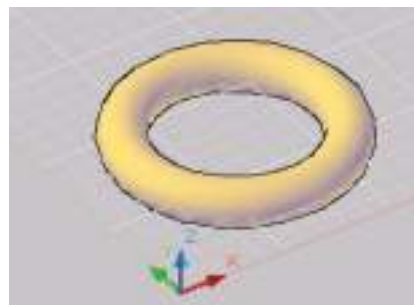
A opção Edge define o valor do lado da pirâmide e a opção Sides define a quantidade de lados da pirâmide. A opção Axis endpoint define o sentido do eixo de construção e a opção Top radius define o raio da parte superior, caso se deseje criar um tronco de pirâmide.

Torus



Torus

Cria anéis sólidos. É necessário fornecer o raio do anel e o raio do tubo que forma o anel. Nesse exemplo o raio do anel é 45 e do tubo 10.



Command: `_torus`

Specify center point or [3P/2P/Ttr]:

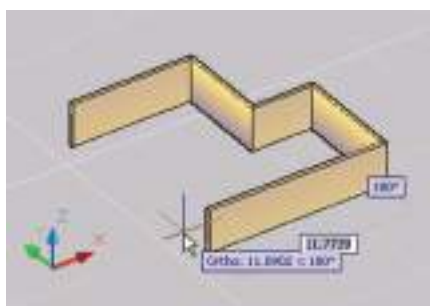
Specify radius or [Diameter] <42.4264>: 45

Specify tube radius or [2Point/Diameter]: 10

Polysolid



Cria objeto sólido com as mesmas características de uma PLINE, ou seja, o objeto gerado é uma entidade só. É necessário fornecer a largura e altura. Nesse exemplo, a altura é 2.8 e a largura 0.25. Utilize esta ferramenta para construção de paredes.



Command: `_Polysolid Height = 80.0000, Width = 5.0000,`

`Justification = Center`

Página 21

Specify start point or [Object/Height/Width/Justify] <Object>: `h`

Specify height <80.0000>: 2.8

Height = 2.8000, Width = 5.0000, Justification = Center

Specify start point or [Object/Height/Width/Justify] <Object>: `w`

Specify width <5.0000>: .25

Height = 2.8000, Width = 0.2500, Justification = Center

Specify start point or [Object/Height/Width/Justify] <Object>:

Specify next point or [Arc/Undo]: 8

Specify next point or [Arc/Undo]: 6

Specify next point or [Arc/Close/Undo]: 4

Specify next point or [Arc/Close/Undo]: <Ortho on> `u`

Specify next point or [Arc/Close/Undo]: `u`



Specify next point or [Arc/Undo]: u
Specify next point or [Arc/Undo]: 8
Specify next point or [Arc/Undo]: 6
Specify next point or [Arc/Close/Undo]: 4
Specify next point or [Arc/Close/Undo]: 7
Specify next point or [Arc/Close/Undo]:
Specify next point or [Arc/Close/Undo]: c

As outras opções são:

Object: permite criar um polisólido a partir de um objeto 2D.

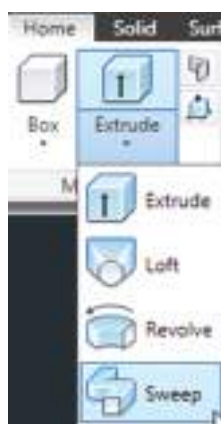
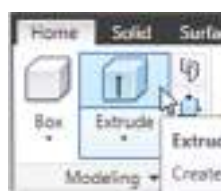
Height: define a altura do polisólido.

Width: define a espessura do polisólido.

Justify: define o alinhamento do polisólido em relação aos pontos fornecido.

Arc: troca o desenho de linhas por arcos no polisólido semelhante a polilinha

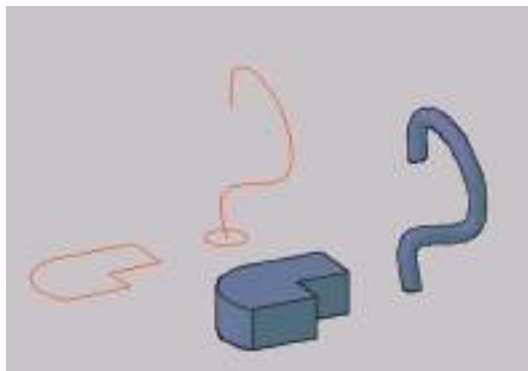
CRIAÇÃO DE SÓLIDOS E SUPERFÍCIES A PARTIR DE LINHAS E CURVAS



Extrude



Extrude Cria um sólido a partir da extrusão de uma forma ou de uma curva ao longo de um caminho.



Command: _extrude

Current wire frame density: ISOLINES=20

Select objects to extrude: selecione a forma poligonal

Select objects to extrude: ENTER

Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle]: 15

Sweep



Sweep Parecido com o extrude, pois permite criar um sólido a partir de uma forma que percorre um caminho, podendo haver alterações ao caminho como, por exemplo, definir um ângulo de torção para a forma ao longo do caminho.

Command: _sweep

Current wire frame density:

ISOLINES=20

Select objects to sweep: 1 found

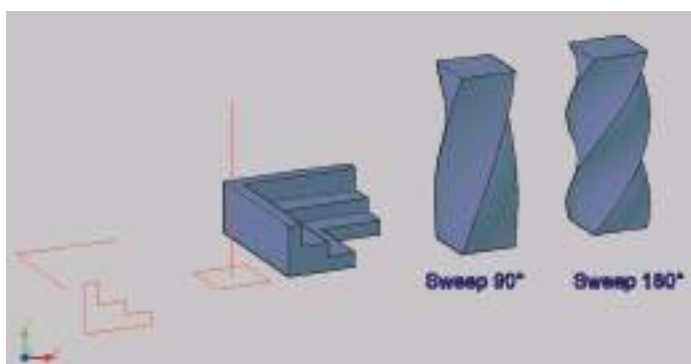
Select objects to sweep: selecione a forma poligonal

Select sweep path or [Alignment/Base point/Scale/Twist]: t

Enter twist angle or allow banking for a non-planar sweep path [Bank]<0.0000>: 180

Select sweep path or [Alignment/Base point/Scale/Twist]: ENTER





As outras opções são:

Alignment: define se o perfil ficará perpendicular ao caminho a ser seguido. Se não for perpendicular, o perfil terá que ser desenhado na posição perpendicular.

Base Point: permite especificar um ponto base para os objetos do perfil fazerem o SWEEP.

Scale: define um fator de escala para o **SWEEP**. O fator de escala é aplicado uniformemente aos objetos do perfil desde o início até o final do caminho.

Twist: permite definir um ângulo de torção para os objetos do perfil ao longo do percurso

Loft



Loft Cria um sólido ou superfície através da transição de formas 2D que podem ser fechadas ou abertas ou ainda sobre um determinado caminho.

Command: _loft

Select cross sections in lofting order: selecione a primeira forma

Select cross sections in lofting order: selecione a 2ª forma

Select cross sections in lofting order: selecione a 3ª forma

Select cross sections in lofting order: ENTER

Enter an option [Guides/Path/Cross sections only] <Cross sections only>: ENTRE

Surface control at cross sections: define as características da transição entre os objetos selecionados.

Ruled: define que o sólido terá uma transição reta entre as secções.

Smooth Fit: define que a transição entre as secções será suavizada.

Normal to: controla onde a superfície ou sólido deve ser normal à secção.



All Cross Sections: define que a superfície ou sólido será normal a todas as secções.

Start Cross Sections: define que a superfície ou sólido será normal à 1ª secção.

End Cross Sections: define que a superfície ou sólido será normal à última secção.

Start and End Cross Sections: define que a superfície ou sólido será normal à 1ª e à última secção.

Draft Angles: controla o ângulo e a amplitude do início da transição na primeira e última secção do sólido.

Start Angle: define o ângulo na 1ª secção.

End Angle: define o ângulo na última secção.

Start Magnitude: define a distância relativa da superfície, a partir da secção inicial na direção do ângulo, antes que a superfície comece a transição para a próxima secção.

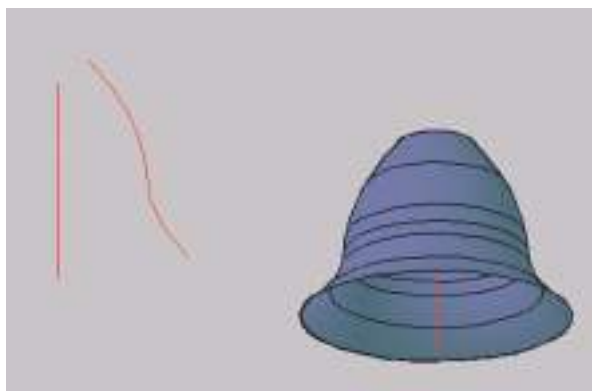
End Magnitude: define a distância relativa da superfície, a partir da secção final na direção do ângulo, antes que a superfície comece a transição para a próxima secção.

Close surface or solid: fecha uma superfície ou sólido aberto.

Preview: exhibe as mudanças no sólido resultante à medida que os parâmetros são alterados.

Revolve

Cria primitivas sólidas pela revolução de um objeto em torno de um eixo. Podem ser formas fechadas ou abertas. As formas abertas geram superfícies e as fechadas sólidos.



Command: `_revolve`

Current wire frame density: `ISOLINES = 20`

Select objects to revolve: *selecione a forma poligonal*

Select objects to revolve: `ENTER`



Specify axis start point or define axis by [Object/X/Y/Z]

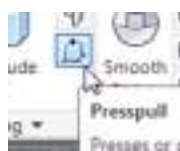
<Object>: marque o ponto inicial do eixo

Specify axis endpoint: criação de sólido

Specify angle of revolution or [Start angle] <360>: ENTER

Forma aberta – criação de superfície

Press/Pull



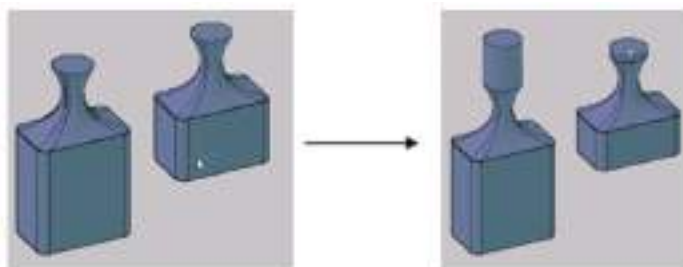
Cria um sólido a partir do efeito de puxar ou empurrar áreas limitadas por linhas de bordas coplanares. Pode ser a face de um sólido ou uma polilinha.

Command: PRESSPULL

Click inside bounded areas to press or pull. – Clique numa superfície de um sólido e mova o rato para cima e para baixo.

1 loop extracted.

1 Region created.

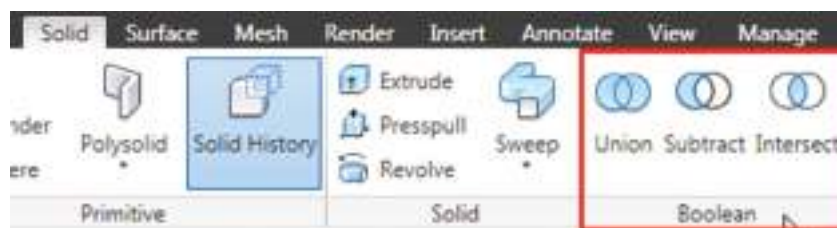


OPERAÇÕES BOLEANAS COM SÓLIDOS

Podemos compor sólidos a partir das primitivas sólidas geradas. Estes sólidos e estes resultantes são chamados sólidos compostos. As operações permitidas são a união, subtração e Intersecção. Estes comandos estão no painel **Solid Editing**, da Guia **Home**.



Também é possível aceder estes três recursos através da Guia **Solid / Boolean**

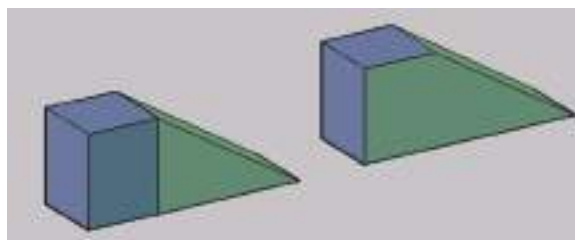


Union



Cria os sólidos a partir da união de 2 ou mais sólidos ou sólidos compostos.

Também é possível unir superfícies.



Command: `_union`

Select objects: selecione o 1o sólido (box)

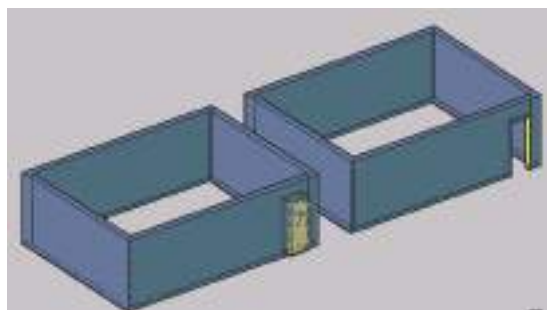
Select objects: selecione o 2o sólido (Pyramide)

Select objects: ENTER

Subtract



Cria os sólidos compostos a partir da subtração de sólidos primitivos ou sólidos compostos. Neste exemplo fazemos uma abertura de porta pela subtração de um Box num polysolid.



Command: `_subtract` Select solids and regions to subtract from...




Select objects: *selecione o polysolid*

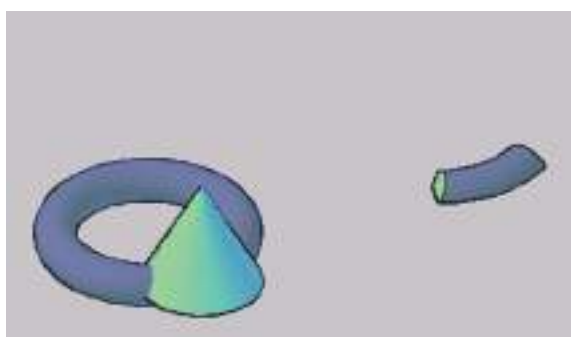
Select objects: *Select solids and regions to subtract...*

Select objects: *selecione o box*

Select objects: *ENTER*

Intersecção

 Cria sólidos compostos pela intersecção dos volumes ou áreas comuns dos objetos selecionados. O resultado é a parte em comum aos dois sólidos.



Command: *_intersect*

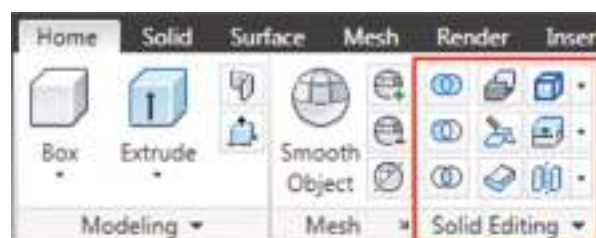
Select objects: *selecione um dos sólidos*

Select objects: *selecione o outro sólido*

Select objects: *ENTER*

EDIÇÃO DE SÓLIDOS

Os sólidos podem ser editados depois de criados com os comandos descritos seguinte. Estes podem ser acedidos através da Guia **Home / painel Solid Editing**.



Ou através da Guia **Solid / painel Solid Editing**.





Extrude Faces



Extrude Faces Crie uma nova elevação nas faces planas selecionadas de um objeto sólido para uma altura ou ao longo de um caminho. Podemos selecionar múltiplas faces ao mesmo tempo. Ao acionar o comando, será dada a seguinte interação:

Command: `_solidedit`

Solids editing automatic checking: `SOLIDCHECK=1`

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: `_face`

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:

`_extrude`

*Select faces or [Undo/Remove]: *selecione uma face**

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: `ENTER`

Specify height of extrusion or [Path]: `50` (comprimento da extrusão)

Specify angle of taper for extrusion <0>: `45` (angulo da extrusão)

Extrusão da face superior do sólido:

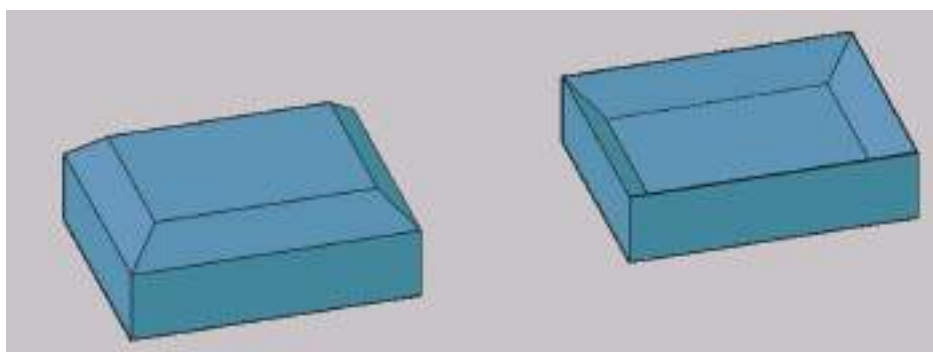
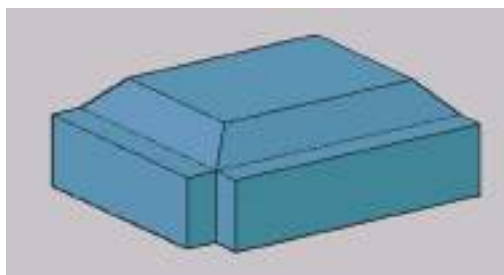


Figura de uma extrusão com valor negativo:



Poderão ser selecionadas duas ou mais faces simultaneamente se for necessário.

Move Faces



Move Faces Move a face indicada para uma altura ou distância especificada.

Command: _solidedit

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:

_move

Select faces or [Undo/Remove]:selecione uma face

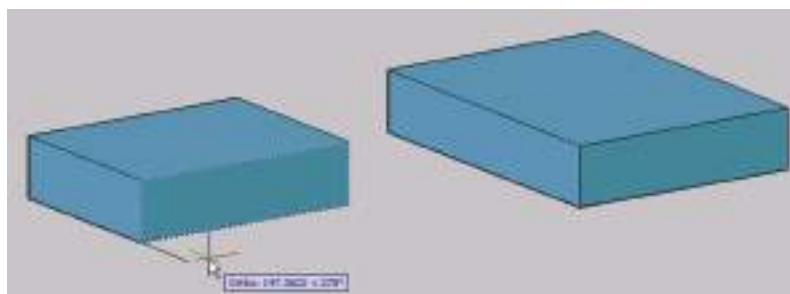
Select faces or [Undo/Remove/ALL]: ENTER

Specify a base point or displacement: marque um ponto base para mover a face

Specify a second point of displacement: segundo ponto

Solid validation started.

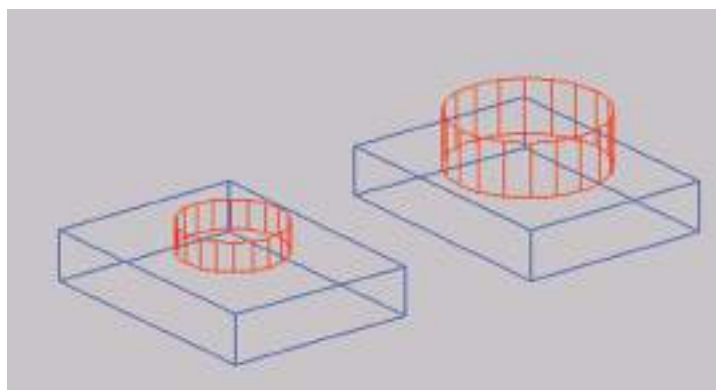
Solid validation completed.



Offset Faces



Faz cópia paralela de faces, alterando as dimensões básicas do modelo. Selecionamos a face e indicamos a espessura com que se deseja fazer a cópia. Um valor positivo aumenta o tamanho e o volume do objeto; um valor negativo diminui. No exemplo seguinte a face do cilindro sofreu um offset, aumentando seu diâmetro externo.



Delete Faces



Apaga faces que foram arredondadas com Fillet ou Chamfer. No exemplo seguinte foi apagada a face que havia sido arredondada.

Command: _solidedit

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: _face

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:

_delete

Select faces or [Undo/Remove]: selecione a face.

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: ENTER

Solid validation started.

Solid validation completed.

Enter a face editing option

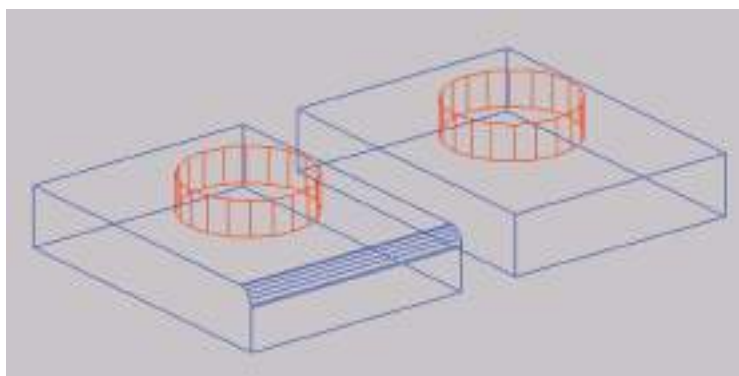
[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:



Página 29

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>:ENTER



Rotate Faces

Roda uma ou mais faces de um objeto num eixo específico. Após termos feito a seleção das faces a serem rodadas, serão apresentadas as seguintes opções para a definição do eixo de rotação:

- **Axis Point, 2 Points:** selecionamos o eixo de rotação por dois pontos. Será solicitado em seguida o ângulo de rotação desejado. Como opção, podemos usar uma referência ao ângulo similar ao comando **ROTATE**.

Command: `_solidedit`

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: `_face`

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:

`_rotate`

Select faces or [Undo/Remove]: *selecione uma face*

Select faces or [Undo/Remove/ALL]:

Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>: ENTER

Specify the first point on the rotation axis: P2 *marque com 2 pontos o eixo de rotação*

Specify the second point on the rotation axis: P2

Specify a rotation angle or [Reference]: 30



Solid validation started.

Solid validation completed.

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit]

<eXit>:ENTER

Solids editing automatic checking:

SOLIDCHECK=1



- **Axis by Object:** usa um objeto como eixo de rotação. A escolha do ângulo de rotação funciona exatamente como para a opção anterior. Os objetos a serem selecionados podem ser: Line, Circle, Ellipse, Polyline, 3D Poly, Spline.

- **View:** alinha o eixo de acordo com a vista corrente. Você indica um ponto na vista que servirá como eixo (similar ao comando **ROTATE**). A escolha do ângulo de rotação funciona exatamente como para a opção anterior.

- **X Axis, Y Axis, Z Axis:** alinha o eixo de rotação de acordo com os eixos (X, Y, Z) que passem sobre um ponto selecionado. Neste exemplo rodamos a face pelo eixo Z com ângulo de 15 graus.

Command: `_solidedit`

Solids editing automatic checking: `SOLIDCHECK=1`

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: `_face`

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:

`_rotate`

Select faces or [Undo/Remove]: `selecione a face.`

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: `ENTER`



Specify an axis point or [Axis by object/View/Xaxis/Yaxis/Zaxis] <2points>: Z

Specify the origin of the rotation <0,0,0>: ponto base da rotação

Specify a rotation angle or [Reference]: 15

Solid validation started.

Solid validation completed.

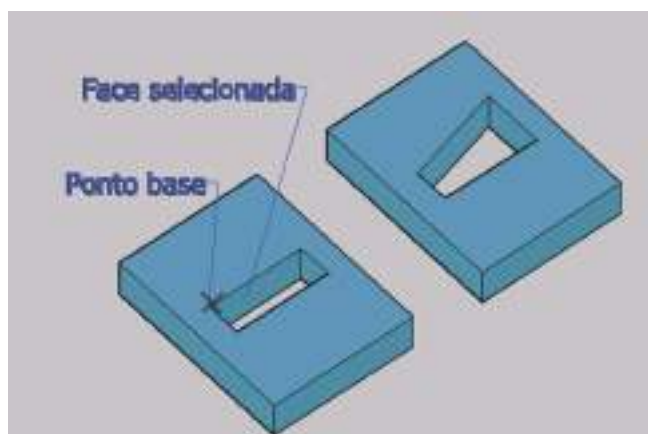
Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:

ENTER

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: ENTER



Taper Faces



Taper Faces

Inclina faces do sólido, como no exemplo seguinte. Após selecionarmos as faces, devemos informar dois pontos que irão definir o eixo que servirá de base para a inclinação e, em seguida, o ângulo de inclinação (90° a – 90°).

Command: `_solidedit`

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: `_face`

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:

`_taper`



Select faces or [Undo/Remove]: *selecione a face.*

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: ENTER

Specify the base point: P1 marque o ponto base do eixo com 2 pontos

Specify another point along the axis of tapering: P2

Specify the taper angle: 30

Solid validation started.

Solid validation completed.

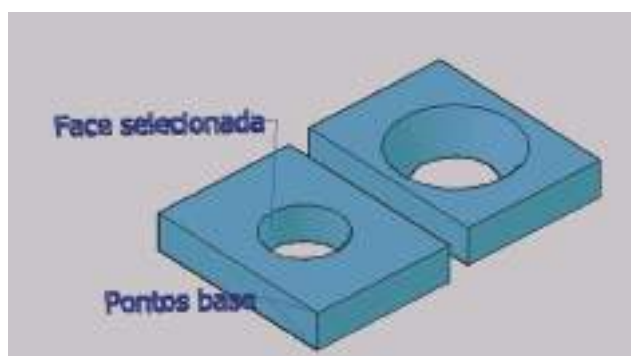
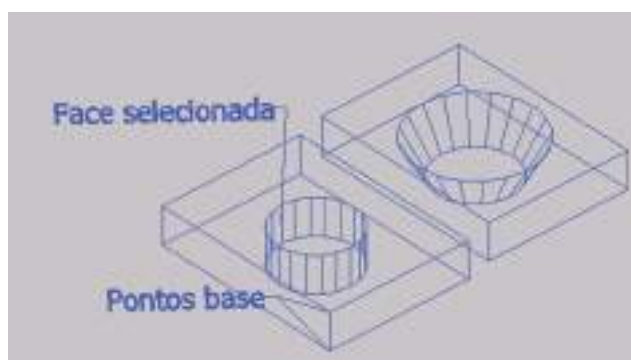
Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit]

<eXit>:ENTER

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit> ENTER



Copy Faces



Copy Faces Permite copiar as faces selecionadas do modelo como regiões. Serão solicitados os pontos de origem e destino, similar ao comando COPY em 2D.



Command: `_solidedit`

Solids editing automatic checking: `SOLIDCHECK=1`

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: `_face`

Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:

`_copy`

Select faces or [Undo/Remove]: *selecione a face*

Select faces or [Undo/Remove/ALL]: `ENTER`

Specify a base point or displacement: *P1 marque o ponto base com 2 pontos*

Specify a second point of displacement: *P2*

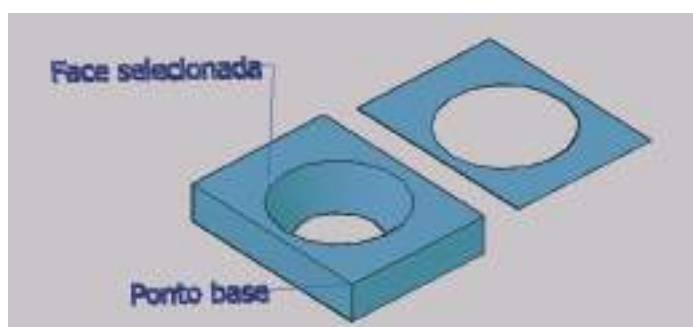
Enter a face editing option

[Extrude/Move/Rotate/Offset/Taper/Delete/Copy/coLor/mAterial/Undo/eXit] <eXit>:

`ENTER`

Solids editing automatic checking: `SOLIDCHECK=1`

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: `ENTER`



Copy Edges



Copy Edges Copia as bordas selecionadas. As bordas serão copiadas como linhas, círculos, arcos, elipses ou splines.

Command: `_solidedit`

Solids editing automatic checking: `SOLIDCHECK=1`

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: `_edge`

Enter an edge editing option [Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: `_copy`



Select edges or [Undo/Remove]: selecione uma aresta

Select edges or [Undo/Remove]: ENTER

Specify a base point or displacement: P1 marque um ponto para base da copia

Specify a second point of displacement: P2 marque um ponto para inserir a copia

Enter an edge editing option [Copy/coLor/Undo/eXit] <eXit>: ENTER

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: ENTER

Imprint Edges



Permite imprimir um objeto 2D sobre um modelo sólido. O objeto que será “impresso” deve ser coplanar ao sólido. Os objetos que podem ser impressos são arcos, círculos, linhas, polilinhas 2D e 3D, elipses, splines, regiões e sólidos. Ao gerar a impressão, serão geradas novas faces no sólido que poderão ser editadas posteriormente. No exemplo seguinte foi feita uma linha nos pontos médios de um sólido e a Impressão dela no sólido.

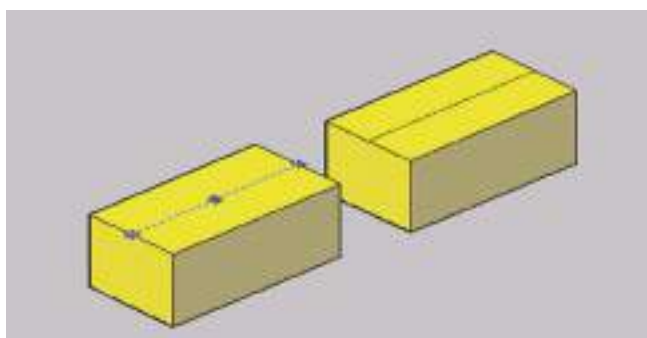
Command: `_imprint`

Select a 3D solid: selecione o sólido

Select an object to imprint: selecione a linha

Delete the source object [Yes/No] <N>: y

Select an object to imprint: ENTER



Clean



Remove bordas e vértices compartilhados por mais de uma face na mesma superfície. Isto retira redundâncias, como ter mais de uma borda ou vértice no mesmo local, objetos impressos e geometrias não efetivamente usadas no modelo, poupando memória e deixando o modelo mais leve, ocupando menos memória. Não remove as arestas geradas com o Imprint.

Separate



Dissocia modelos que tenham volumes fisicamente separados no espaço em sólidos independentes. A união e a subtração podem gerar um sólido em 3D que consiste em mais de um volume contínuo. Esses volumes podem ser separados em sólidos independentes.

Shell



Permite criar objetos ocos, ou seja, furos com uma parede, como se fossem feitos de chapa. O comando solicita uma espessura para o modelo todo. Você pode excluir faces da execução do Shell, quando o prompt apresentar Remove faces. No exemplo seguinte, a face superior foi extraída para deixar o sólido aberto.

Command: `_solidedit`

Solids editing automatic checking: `SOLIDCHECK=1`

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: `_body`

Enter a body editing option[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: `_shell`

Select a 3D solid: `selecione o sólido`

Remove faces or [Undo/Add/ALL]: `selecione a face superior para remove-la`

Remove faces or [Undo/Add/ALL]: `ENTER`

Enter the shell offset distance: `50`

Solid validation started.

Solid validation completed.

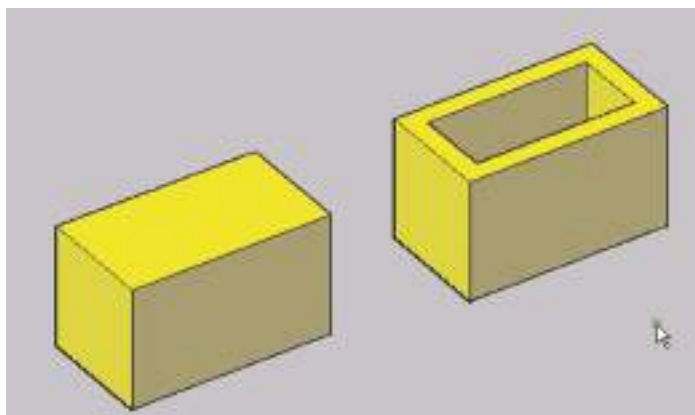


Enter a body editing option

[Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: ENTER

Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: ENTER



Check



Check Verifica se um modelo é realmente um sólido ACIS válido ou não.

Command: `_solidedit`

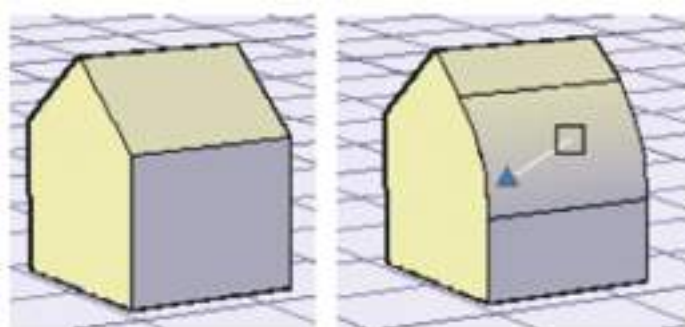
Solids editing automatic checking: SOLIDCHECK=1

Enter a solids editing option [Face/Edge/Body/Undo/eXit] <eXit>: `_body`

Enter a body editing option [Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit]

<eXit>: `_check`

Select a 3D solid: This object is a valid ShapeManager solid.



Fillet Edge



Arredonda arestas de um sólido.

Command: `_FILLETEDGE`

Radius = 1.0000

Select an edge or [Chain/Radius]: r

Enter fillet radius or [Expression] <1.0000>: 5

Select an edge or [Chain/Radius]:

Select an edge or [Chain/Radius]:

1 edge(s) selected for fillet.

Press Enter to accept the fillet or [Radius]: *Cancel*

Chamfer Edge



Gera chanfros nas arestas indicadas.

Command:

`CHAMFEREDGE` Distance1 = 1.0000, Distance2 = 1.0000

Select an edge or [Loop/Distance]: d

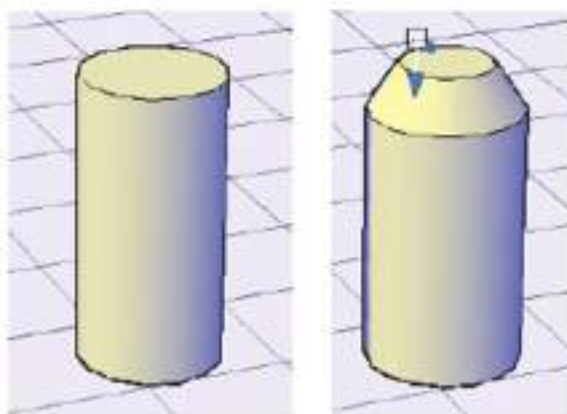
Specify Distance1 or [Expression] <1.0000>: 2

Specify Distance2 or [Expression] <1.0000>: 3

Select an edge or [Loop/Distance]:

Select an edge belongs to the same face or [Loop/Distance]:

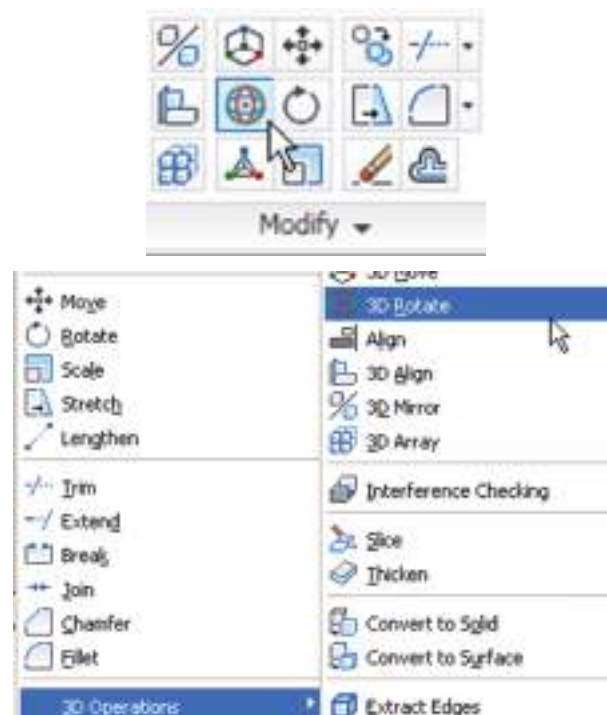
Press Enter to accept the chamfer or [Distance]: *Cancel*



OPERAÇÕES A 3D

3D Move

Este comando permite a movimento de um ou mais objetos para qualquer direção da UCS (x, y ou z).



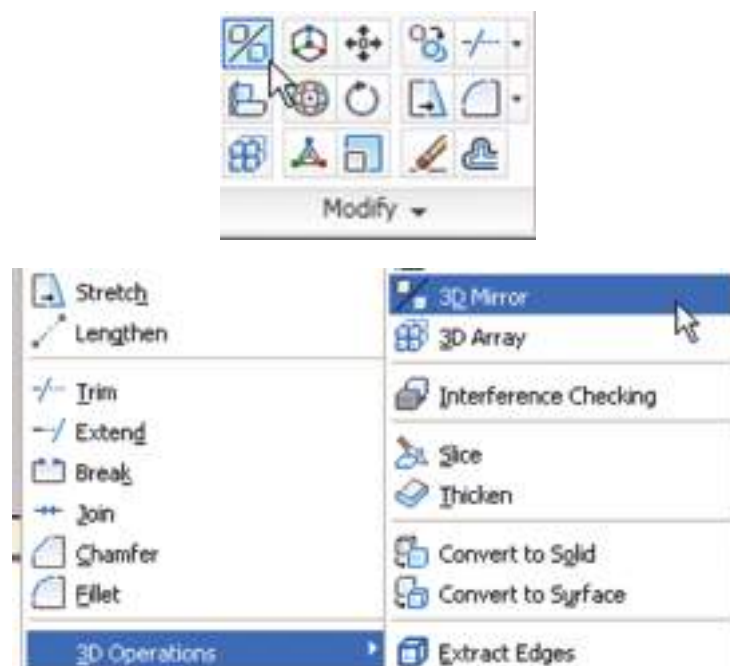
3D Align

Permite alinhar objetos dentro do universo 3D.



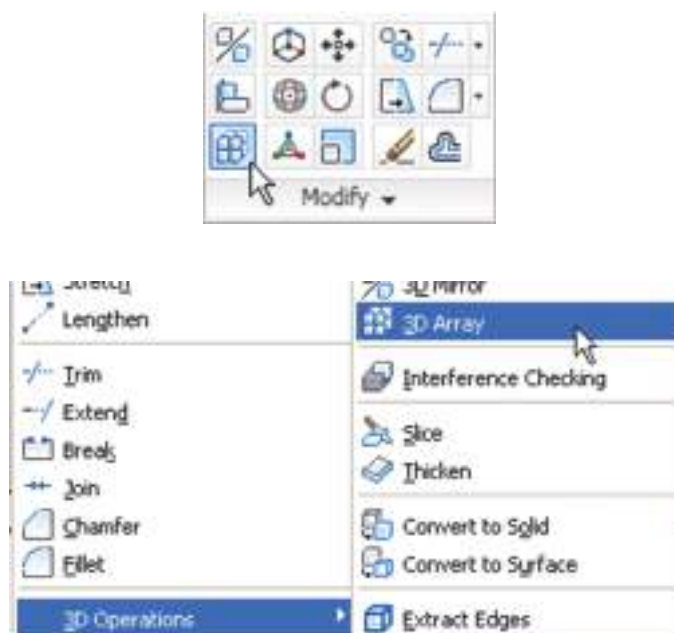
3D Mirror

Parecido com o comando Mirror do 2D, porém, temos a possibilidade de espelhar um objeto e qualquer sentido da UCS (x, y ou z).



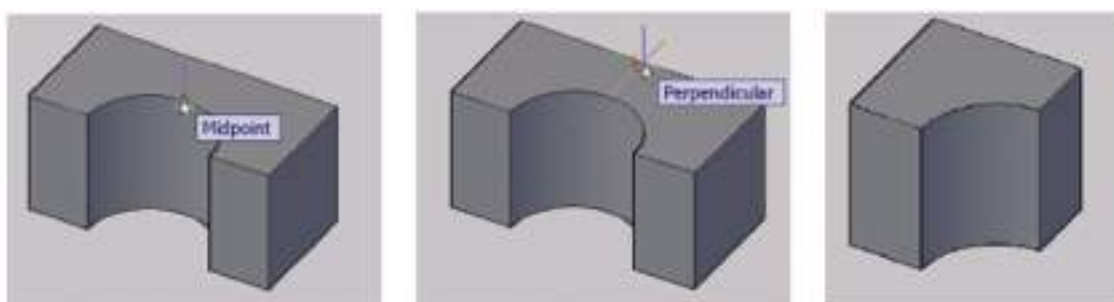
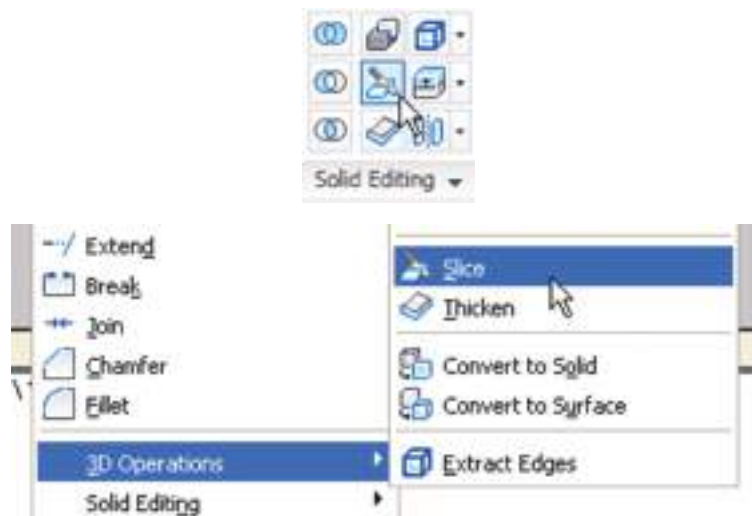
3D Array

Com este comando podemos criar matrizes (cópias) em um ou vários sentidos da UCS (x, y ou z).



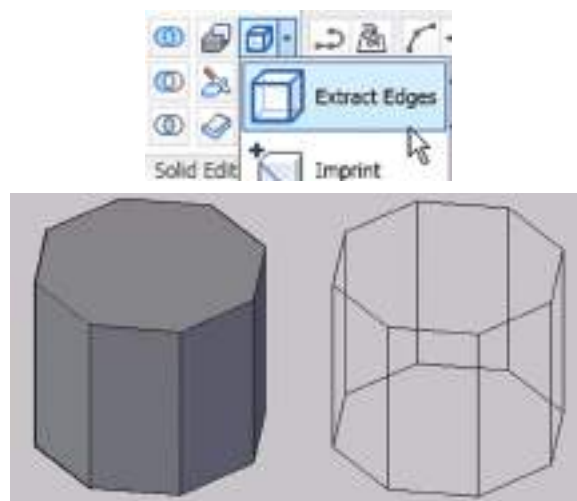
Slice

Permite “fatiar” o sólido para visualização.



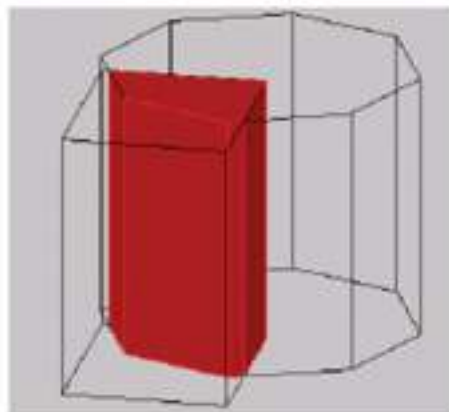
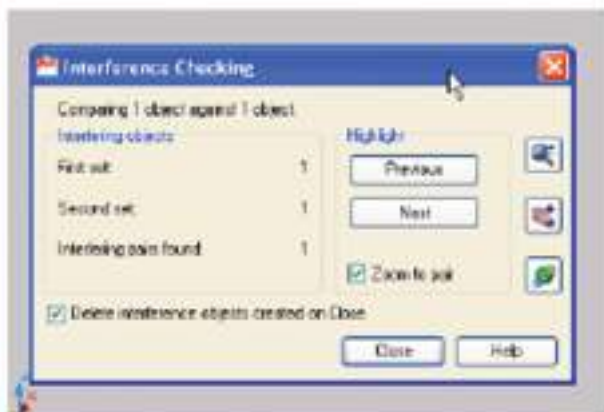
Extract Edges

Permite gerar um novo objeto apenas com os edges. Este objeto não tem volume, não é um solid, mesh ou surface.



Interference checking

O comando verifica uma interferência gerada a partir de sólidos. Tem apenas 2 passos, selecionar o primeiro sólido e, depois, o segundo sólido.



Section Plane

Utilizamos o Sectionplane para criar cortes 2D e 3D a partir de modelos 3D.

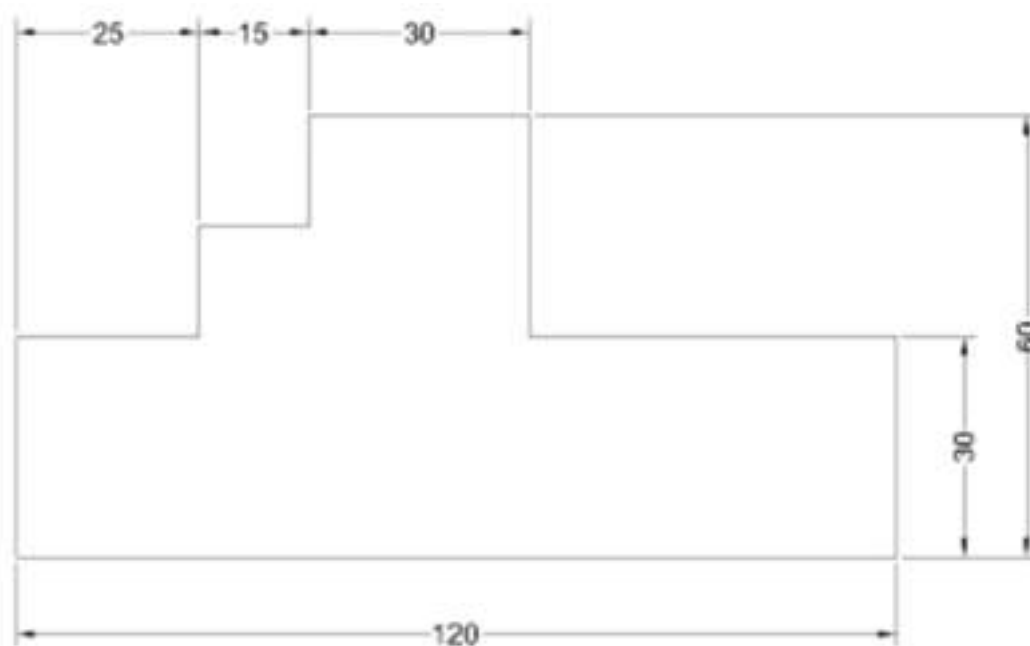
Flatshot

Utilizamos o Flatshot para gerar cortes e fachadas 2D a partir de modelos 3D.

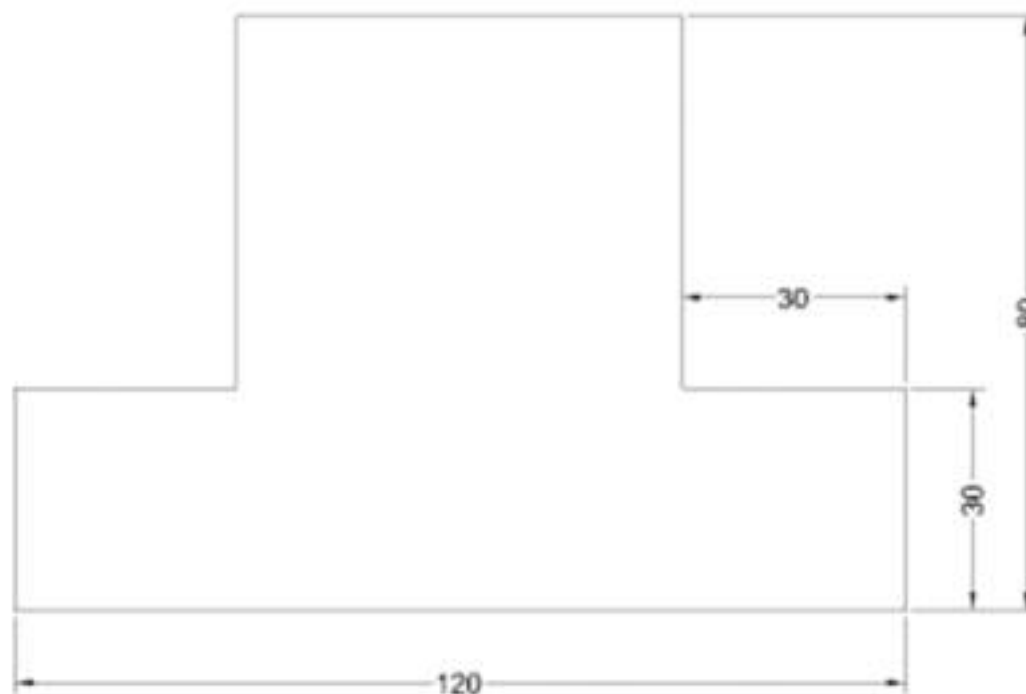


EXERCÍCIOS PRÁTICOS

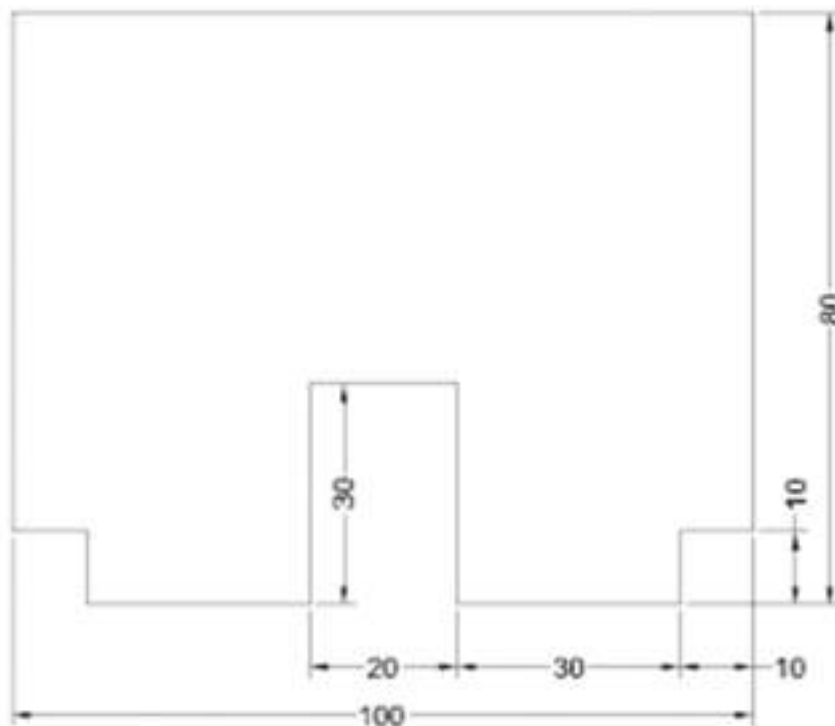
EXERCÍCIO 1. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



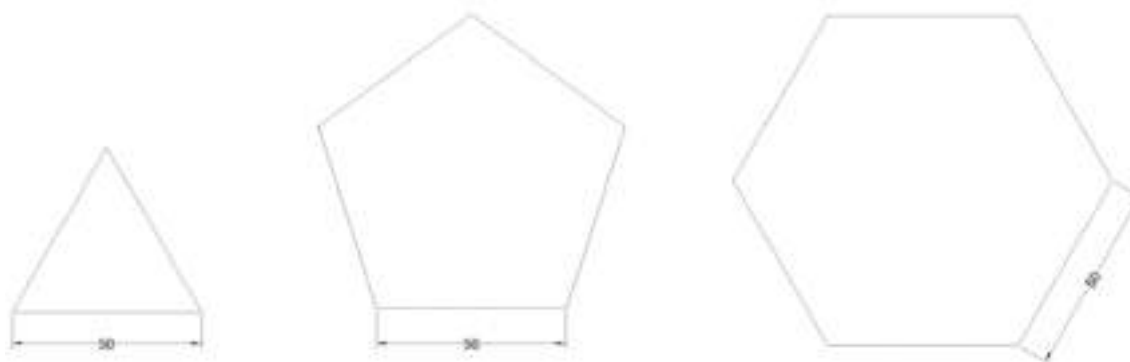
EXERCÍCIO 2. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



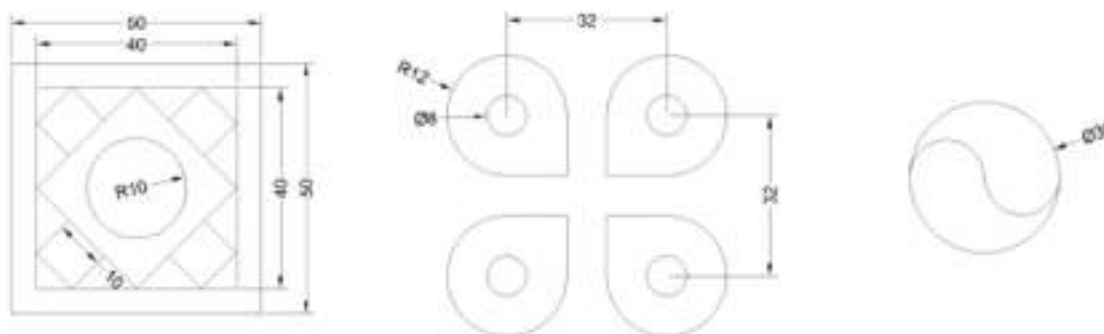
EXERCÍCIO 3. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



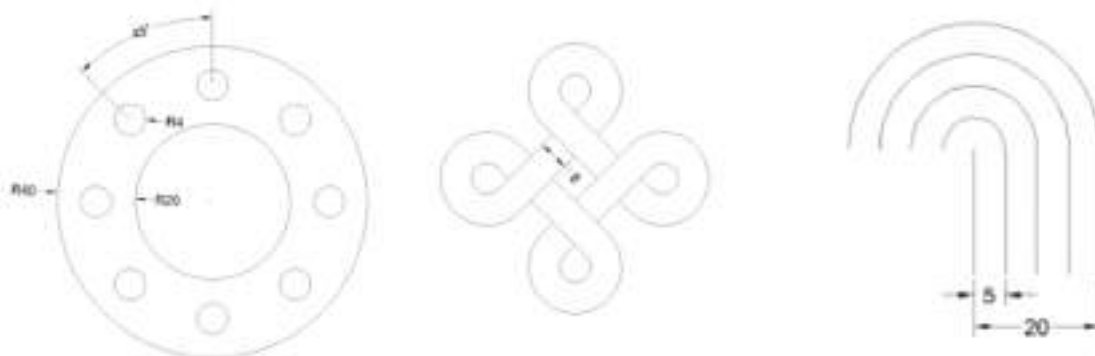
EXERCÍCIO 4. Efetue as geometrias indicadas com recurso a um software de CAD.



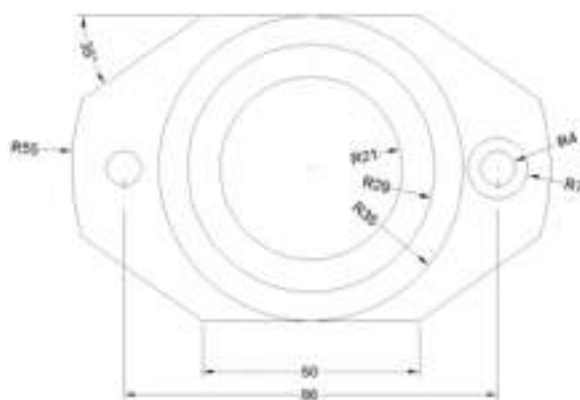
EXERCÍCIO 5. Efetue as geometrias indicadas com recurso a um software de CAD.



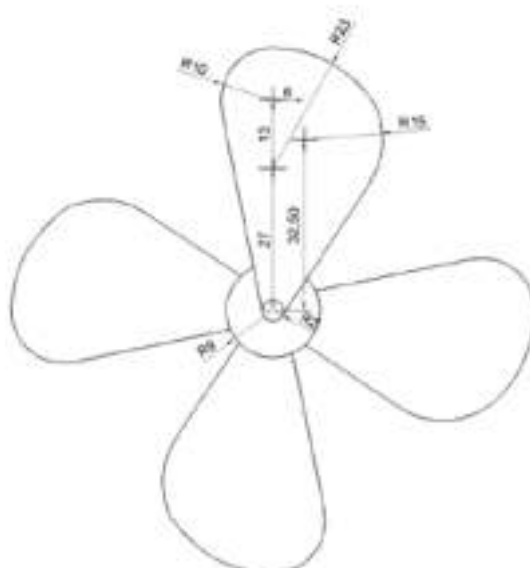
EXERCÍCIO 6. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



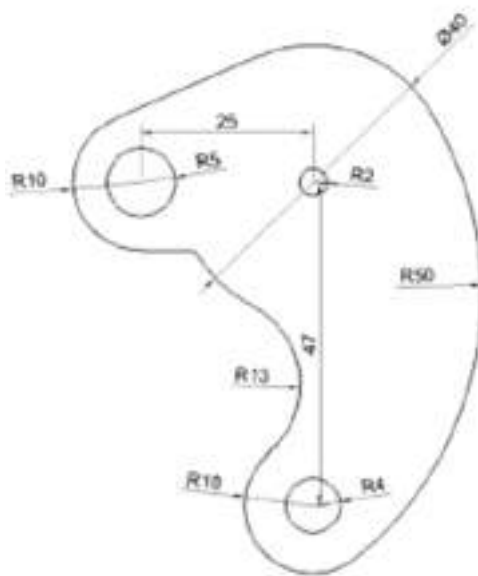
EXERCÍCIO 7. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



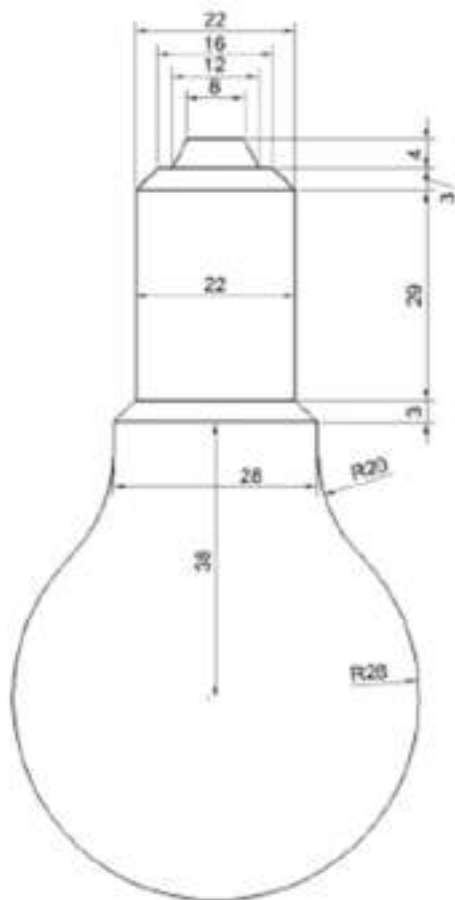
EXERCÍCIO 8. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



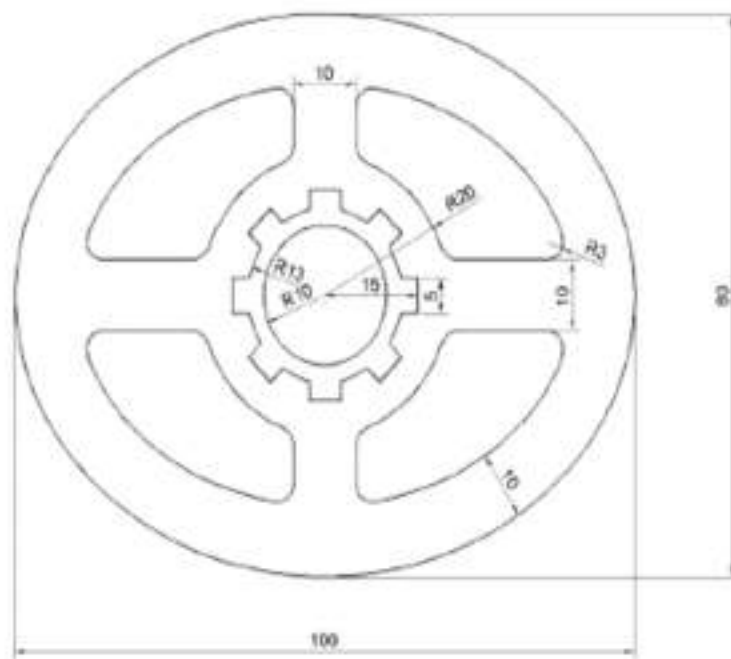
EXERCÍCIO 9. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



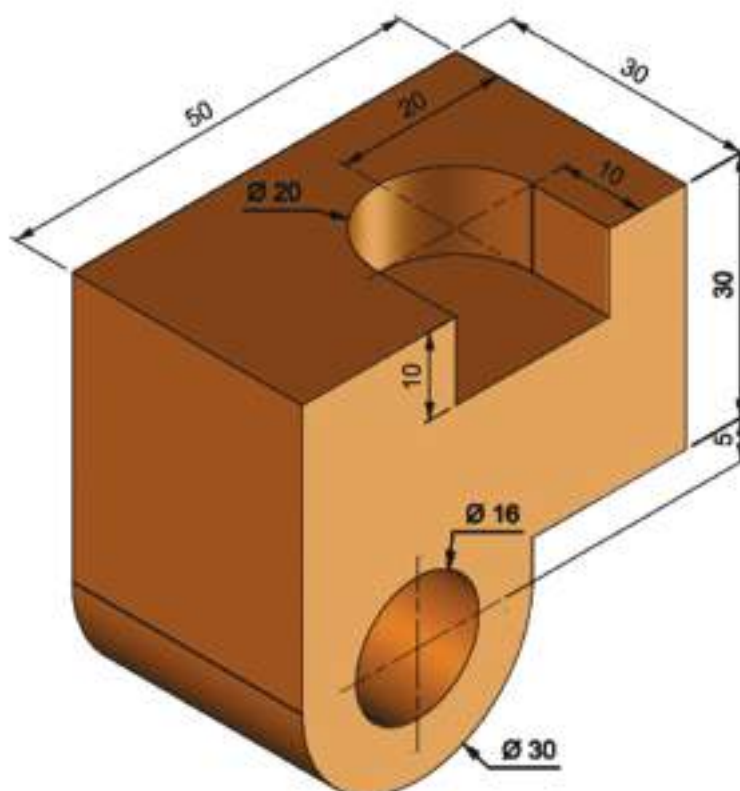
EXERCÍCIO 10. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



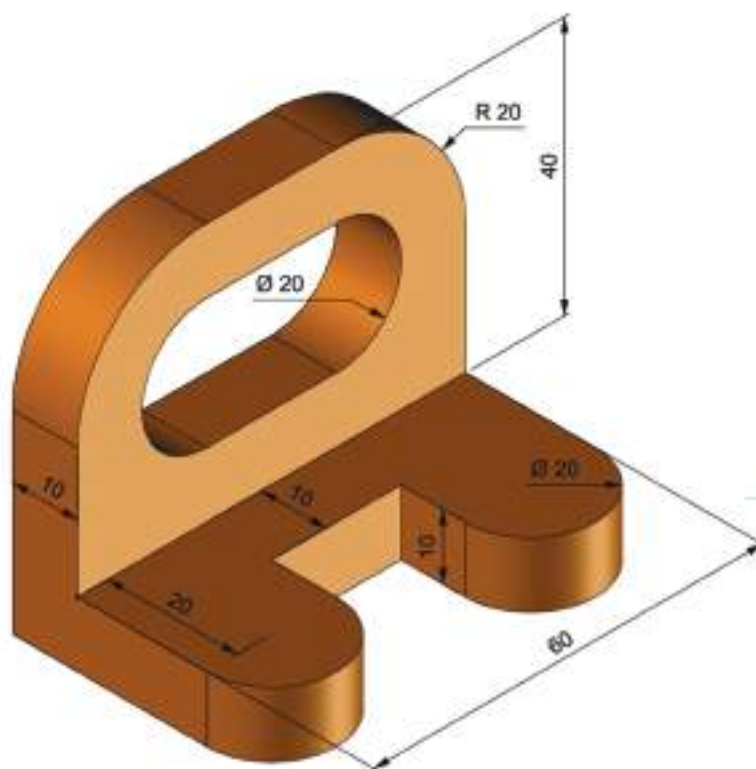
EXERCÍCIO 11. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



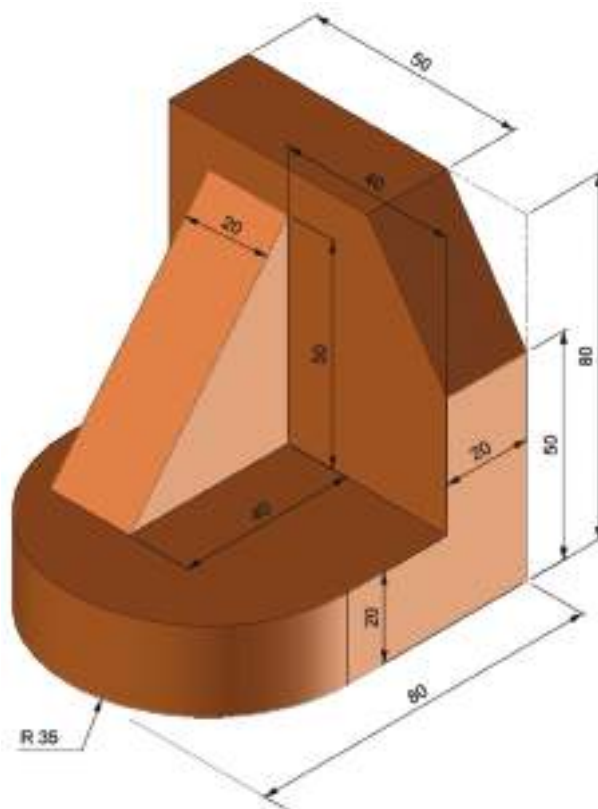
EXERCÍCIO 12. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



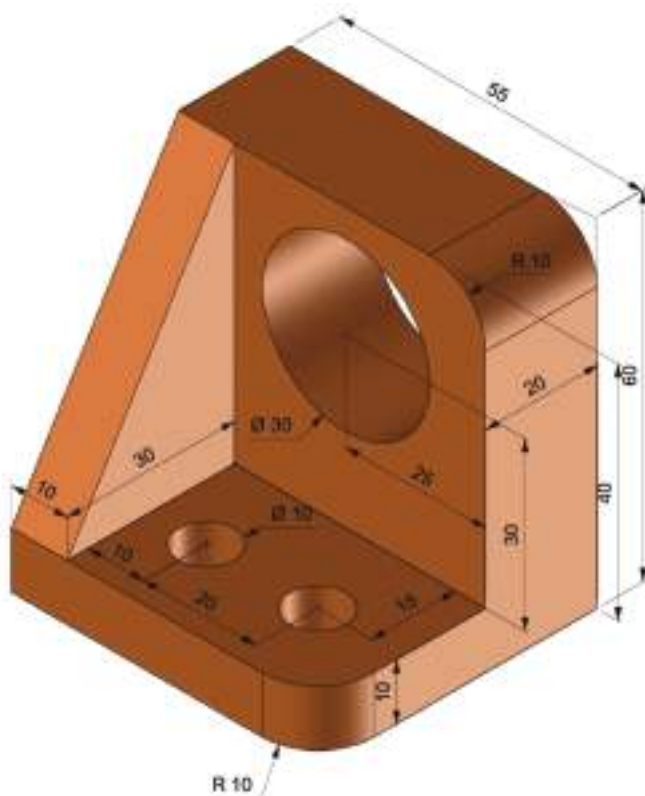
EXERCÍCIO 13. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



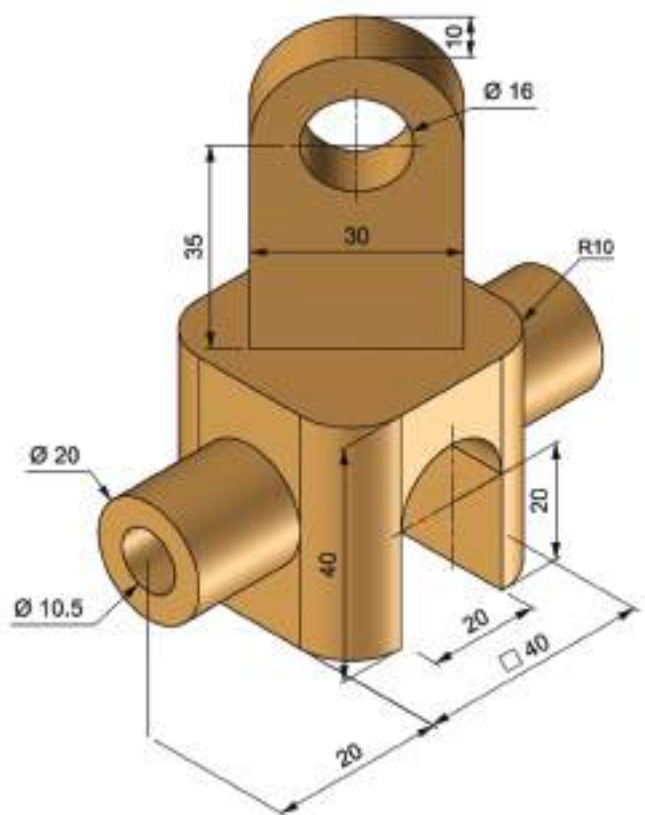
EXERCÍCIO 14. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



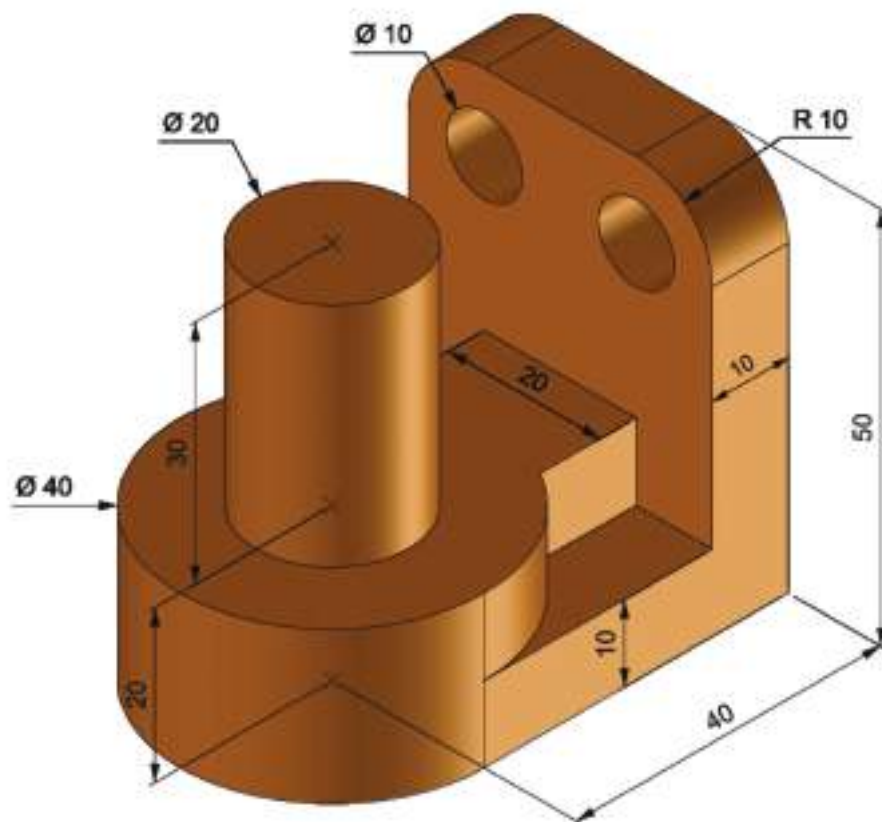
EXERCÍCIO 15. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



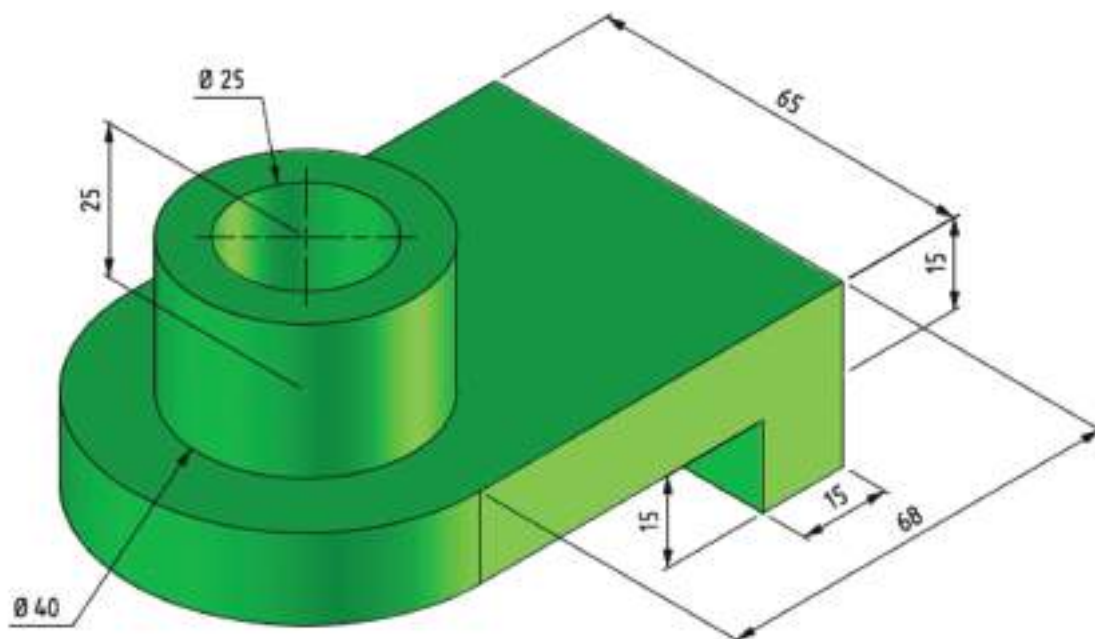
EXERCÍCIO 16. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



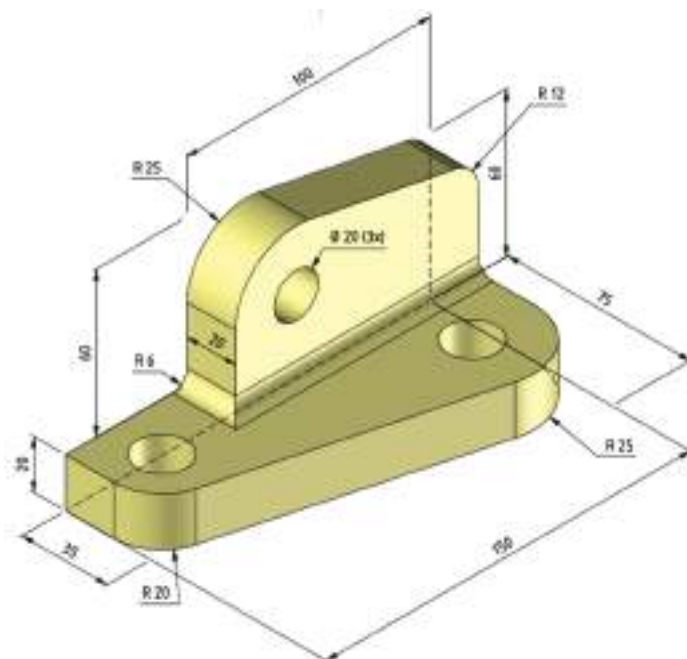
EXERCÍCIO 17. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



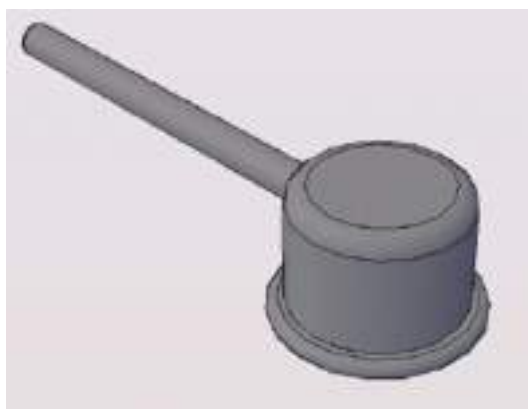
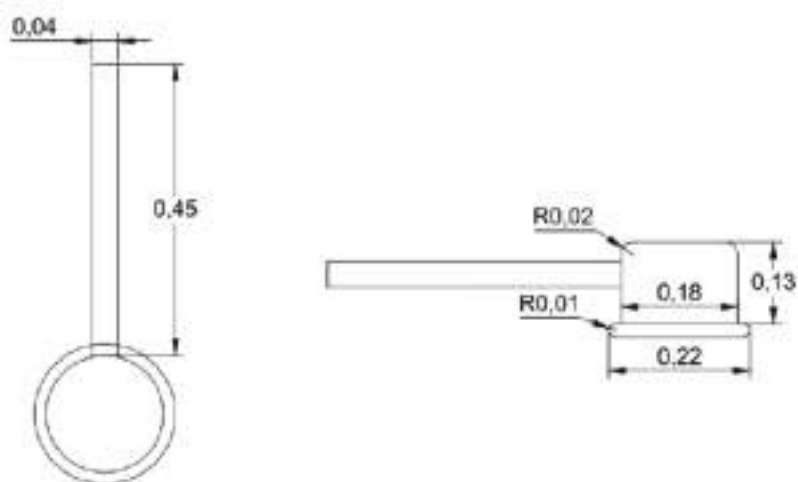
EXERCÍCIO 18. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



EXERCÍCIO 19. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



EXERCÍCIO 20. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.







CAM

Módulo 2

APRESENTAÇÃO MODULAR

APRESENTAÇÃO

Pretende-se com este módulo dar aos alunos conhecimentos ao nível utilização de um software de CAM, criação e otimização de percursos de maquinação de modelos CAD.

OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM

- Utilizar a aplicação CAM
- Criar e otimizar os percursos de maquinação de modelos CAD

ÂMBITO DOS CONTEÚDOS

- Introdução à aplicação de CAM
- Alguns conceitos
- Manipulação e orientação do modelo CAD
- Planos de trabalho
- Escolha e definição da ferramenta
- Definição do bloco
- Movimentos rápidos
- Estratégias de desbaste: offset, perfil e raster, redesbaste.
- Estratégias acabamento raster, radial, espiral, padrão, corner, 3D offset, Z constante, projeção etc.
- Programas NC
 - Fronteiras
 - Edição e cópia dos percursos de maquinação
 - Verificação de colisões
 - Entradas/Saídas e ligações
 - Padrões
 - Furação
 - Simulação e verificação



BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

Desenho Construções Mecânicas - Morais Simões, Porto Editora.

Desenho Técnico - Luís Veiga da Cunha, Fundação Calouste Gulbenkian.

Implementação de sistema CAD/CAM na empresa Francisco Andrade – Metalomecânica, Valter Guedes de Andrade, FEUP – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2010.

Introdução à Tecnologia CAM, Manuais Técnicos Edgecam.

Mastercam X – Guia de referência, Ascongraph Lda, 2005.

Mastercam X4 Getting Started Series – Basic 2D Machining, CNC Software Inc.



INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA CAM

Nos dias atuais, os recursos computacionais são extraordinários e temos à nossa disposição softwares para todos os gostos e aplicações. O computador tornou-se indispensável em diferentes áreas do conhecimento, tanto que os profissionais que não dominarem o seu uso têm muita dificuldade de se inserir no mercado de trabalho.

Nas áreas tecnológicas o uso de computador é ainda mais necessário e fundamental. Nos dias de hoje é raro encontrar empresas da indústria metalomecânica que ainda utilizem estiradores para desenhar, uma vez que todas usam sistemas de CAD (**Computer Aided Design** - Desenho Assistido por Computador).

No fabrico de um componente mecânico, na maioria dos casos utilizamos a maquinação como processo de fabrico. As máquinas que maquinam há já algum tempo que são comandadas por controlo numérico (máquinas CNC) e necessitam de serem programadas de acordo com a geometria da peça. Neste cenário, temos mais uma tecnologia na mecânica: o fabrico assistido por computador, designada por CAM (**Computer Aided Manufacturing** – Fabrico Assistido por Computador).

O Fabrico Assistido por Computador (CAM) consiste no uso de sistemas computacionais para planeamento, gestão e controlo de operações de uma fábrica. O CAM pode ser classificado em duas grandes categorias:

- Sistemas computadorizados de controlo e monitoração: neste caso, o computador liga-se diretamente ao processo a ser monitorado ou controlado;
- Sistemas de suporte da produção: trata-se de uma aplicação indireta. O computador é utilizado como ferramenta de suporte para as atividades de produção, não havendo interface direta do computador com o processo de fabrico.

Na primeira categoria a abrangência é grande, pois o CAM atua como suporte de fabrico, isto é, auxiliando na programação CNC de peças por software, planeamento e programação da produção; planeamento de necessidades de material (MRP), recolha de dado (DNC), tomada de decisão, plano operacional, etc.



Apesar de toda esta abrangência, o termo CAM, às vezes, ainda é sinónimo da programação CN, conceito que ficou muito difundido com a sigla CAD/CAM, que representa módulos de programação CN em sistemas CAM.

MÉTODOS DE PROGRAMAÇÃO CN

Programação direta na máquina - MID (Material Data Input): Este método de programação descreve a programação direta, viabilizada devido aos recursos dos novos CNC. Neste método, o programador, com a geometria à disposição, define o percurso da ferramenta e transforma-a em linguagem (função de máquina). É utilizado em eventuais modificações, para otimização de programas na máquina e na programação de peças relativamente simples.

Programação manual: Neste caso, o programador interpreta o desenho da peça, calcula os pontos da trajetória da ferramenta, preenchendo um formulário que poderá ser digitado ou enviado diretamente ao operador da máquina, que digitará diretamente na mesma. Esse tipo de programação tem sido facilitado pela utilização de ciclos automáticos, sendo de fácil execução para geometrias não muito complexas.

Programação auxiliada por computador: O método de programação auxiliada por computador mais tradicional é o que utiliza a linguagem APT (“Automatically Programmed Tool”). A função do programador consiste em escrever o programa fonte, definindo a geometria da peça e/ou o percurso da ferramenta, via definição de forma padronizada pelas linguagens de entidades geométricas e funções auxiliares. Este programa fonte é trabalhado por um processador, que realiza os cálculos geométricos, determina o contorno da ferramenta e gera um arquivo neutro (CLDATA ou CLFILE) independente da máquina. Posteriormente este arquivo é pós-processado, gerando um arquivo específico para a máquina a ser utilizada.

Num segundo método, utilizado pelos modernos sistemas CAD/CAM, a entrada é o desenho da peça ou o percurso da ferramenta. Interativamente, no módulo CAM do sistema, inicia-se a programação CN que gerará um arquivo neutro.



Num terceiro novo conceito de programação CN, conhecido na Alemanha como WOP (“Wertattsortorientierte Programmierung”), o utilizador inicia a programação a partir de um sistema CAD e trabalha interativamente, definindo os parâmetros geométricos, de ferramentas e tecnológicos, através de ícones gráficos. Gera-se também um arquivo neutro que, posteriormente, será pós-processado.

METODOLOGIA CAD/CAM

A metodologia CAD/CAM é baseada nestas duas tecnologias em que, no software de CAD, o usuário “desenha” o produto/peça. Este desenho poderá ser simplesmente um desenho 2D ou 3D, dependendo da complexidade da peça. Com o modelo feito no CAD o usuário carrega o modelo no software de CAM, onde se inicia todo o processo de fabrico do produto. Nesta etapa o utilizador indica quais os parâmetros tecnológicos como, por exemplo, a rotação da ferramenta, sobre-espessura, profundidade de corte, tipo de ferramenta a ser utilizada, etc. O software de CAM calcula o “caminho” que a ferramenta deve percorrer, sendo esta a etapa de processamento. No final, o percurso da ferramenta juntamente com as s informações tecnológicas são pós-processadas na linguagem da máquina a ser utilizada, ou num arquivo neutro, como vimos anteriormente. A Figura 1 mostra a sequência das etapas.



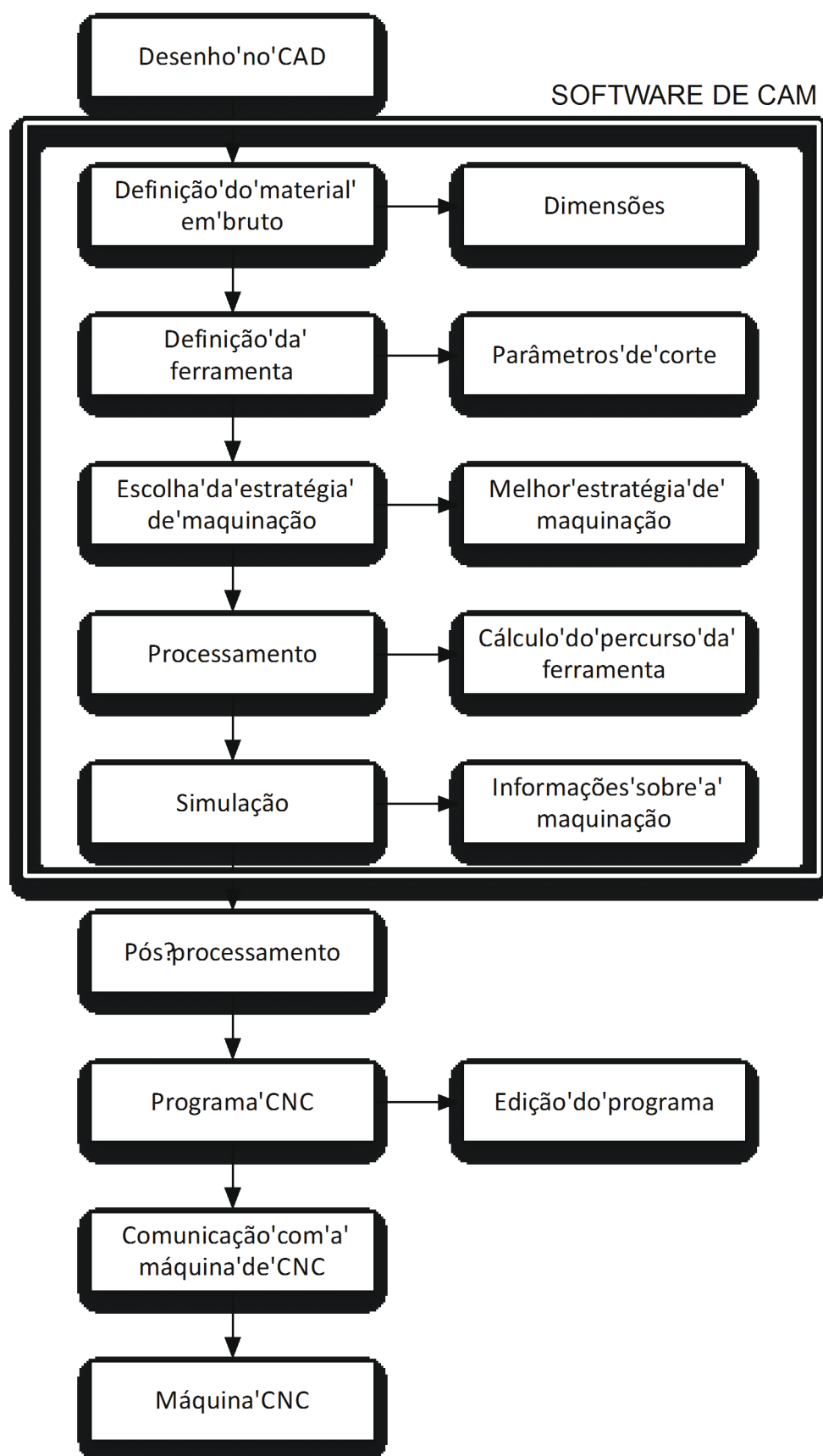


Figura 1 - Fluxograma da geração de um programa CNC através do CAM.



CONCEITOS DE MAQUINAÇÃO

MOVIMENTOS E GRANDEZAS

Os movimentos entre a ferramenta e a peça são necessários para que ocorra a maquinação propriamente dita, isto é, a remoção de material da peça. Os movimentos podem ser de dois tipos: ativos e passivos. Os **movimentos ativos** são aqueles em que ocorre a remoção de material (apara) e podem ser:

- Movimento de corte:** é o movimento entre a ferramenta e a peça e que, juntamente com o movimento de avanço, promove a remoção de material durante uma única rotação ou um curso da ferramenta (Figura 2a);
- Movimento de avanço:** é o movimento entre a ferramenta e a peça que, juntamente com o movimento de corte, possibilita uma remoção contínua de material, durante várias rotações ou cursos da ferramenta (Figura 2b);
- Movimento efetivo de corte:** é o movimento entre a ferramenta e a peça, a partir do qual resulta o processo de maquinação. Quando o movimento de avanço é contínuo, o movimento efetivo é a resultante dos movimentos de corte e avanço (Figura 2c). Quando o movimento de avanço é intermitente, o movimento efetivo é o próprio movimento de corte.



Figura 2: Movimentos no torneamento longitudinal. a) movimento de corte; b) movimento de avanço; c) movimento efetivo de corte.

Os **movimentos passivos** são aqueles que, apesar de fundamentais para que ocorra a maquinação, não promovem a remoção de material. Podem ser:

- Movimento de ajuste:** é o movimento entre a ferramenta e a peça, no qual é predeterminada a espessura da camada de material a ser removida.



Nos processos de sangramento e furação, este movimento não existe, pois a espessura de material a ser removida é definida pela geometria da ferramenta;

- b) **Movimento de correção:** é o movimento entre a ferramenta e a peça, utilizado para compensar alterações de posicionamento devidas, por exemplo, ao desgaste da ferramenta, variações térmicas, deformações plásticas, entre outras, que normalmente incidem durante a maquinação;
- c) **Movimento de aproximação:** é o movimento entre a ferramenta e a peça, com o qual a ferramenta, antes do início da maquinação, é aproximada da peça;
- d) **Movimento de recuo:** é o movimento entre a ferramenta e a peça, com o qual a ferramenta, após a maquinação, é afastada da peça.

Grandezas de Avanço

São as grandezas que resultam do movimento de avanço:

- a) **Avanço f:** é o percurso de avanço em cada volta ou em cada curso da ferramenta (Figura 3).
- b) **Avanço por dente fz:** é o percurso de avanço por dente e por volta ou curso da ferramenta, medido na direção de avanço. Corresponde à distância entre duas superfícies de transição consecutiva, considerada na direção do avanço.

Tem-se a seguinte relação entre estas grandezas:

$$fz = f / z$$

em que z – número de dentes da ferramenta

Grandezas de Penetração

São as grandezas que descrevem geometricamente a relação de penetração entre a ferramenta e a peça:

- a) **Profundidade ou largura de maquinação ap:** é a profundidade ou largura de penetração da ferramenta em relação à peça (Figura 3), medida perpendicularmente ao plano de trabalho. No torneamento cilíndrico e de facejamento, fresagem e retificação frontal, ap



é denominada profundidade de maquinação. Na fresagem e retificação tangencial, a_p é denominada largura de maquinação. Na furação, a_p corresponde ao raio da broca.

b) **Penetração de trabalho a_e** : é a penetração da ferramenta em relação à peça, medida paralelamente no plano de trabalho. Esta grandeza é importante nos processos de fresagem e na retificação.

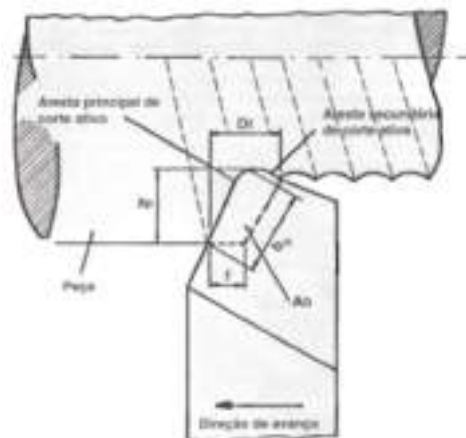


Figura 3 - Avanço f e profundidade de maquinação a_p no torneamento.

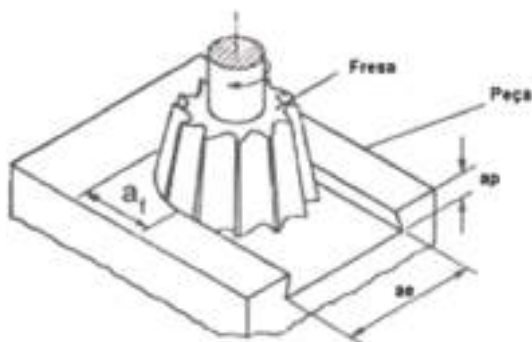


Figura 4 - Profundidade de maquinação a_p e penetração de trabalho a_e na fresagem frontal.

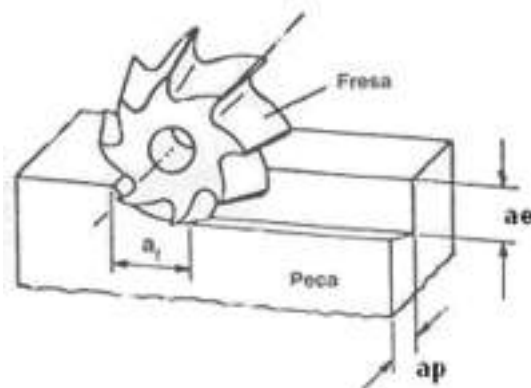


Figura 5 - a_p e a_e na fresagem tangencial.



ESTRATÉGIAS DE MAQUINAÇÃO

Os percursos de maquinação dividem-se em quatro grandes grupos: desbaste, redesbaste, semi-acabamento e acabamento.

O desbaste tem como objetivo a remoção do máximo material possível no menor espaço de tempo. Nesta operação utilizam-se fresas rasas ou toroidais de diâmetro grande, sendo o passo horizontal aproximadamente 80% do diâmetro da fresa. É sempre deixada uma sobre-espessura de forma a proteger a peça a maquinar.

Existem várias estratégias de desbaste:

- **Cópia:** A estratégia de desbaste chamada **raster** consiste em deslocar a fresa em passagens perpendiculares, com um incremento fixo em cada passagem. Quando uma camada estiver terminada, a fresa desce para a próxima altura Z, de modo a maquinar essa camada. Designa-se o incremento, ou passo, por **stepover** e o incremento vertical por **stepdown**. Esses parâmetros dependem do tipo de material e das características da fresa. Como esta estratégia deixa material em forma de “escadinhas” em torno do modelo, pode-se especificar uma passagem extra em cada camada, para limpar esse excesso de material;
- **Offset:** Esta estratégia consiste em maquinar cada camada ao longo de um percurso, que resulta de vários offset's sucessivos do modelo.





INTRODUÇÃO À APLICAÇÃO CAD



Para abrir o **Mastercam** de um duplo clique no ícone  na área de trabalho.

Sempre que se abre o **Mastercam**, este abre um novo ficheiro automaticamente.

quando se pretende abrir um arquivo já existente, clicamos em  ou **File > Open >** e clicamos depois no ficheiro ou pasta desejada.

Para salvar um ficheiro novo, clicamos em  ou **File > Save >** e guardamos no local ou pasta desejada.

Se quisermos converter o ficheiro para uma outra extensão, clicamos em **File > Save As >** indicamos a extensão do ficheiro que desejamos guardar na caixa **save as type**, ex.: DWG, IGES, DXF, PARASOLID, etc., um nome e guardamos na pasta desejada.

Para abrir um arquivo com outra extensão, clicamos em **File > Open >** indicamos a extensão do arquivo que desejamos abrir na caixa **files of type**, ex.: DWG, IGES, DXF, PARASOLID, etc. e clicamos no ficheiro desejado.

Se quisermos guardar apenas uma parte do desenho, clicamos em **File > Save some >** selecionamos o desenho, apenas uma parte ou um **level** (nível) e clicamos em **end selection**. Colocamos um nome diferente e guardamos.

Antes de abrir ou salvar os arquivos devemos procurar deixá-los em pastas de fácil acesso para não nos perdermos. Tenha sempre o hábito de guardar o desenho frequentemente ou ao fim de cada modificação importante.

FERRAMENTAS DE CAD

Vistas

No **Mastercam** usam-se dois tipos de vistas.

Vistas de visualização



Vista isométrica (Isometric View)



Vista de topo (Top View)






Vista de frente (Front View)



Vista de lateral (Rigth Side View)



Vistas de construção

-  Topo (Top Construction Plane)
-  Frente (Front Construction Plane)
-  Lateral (Side Construction Plane)

As vistas de visualização, tal como o nome já diz, servem para nós visualizarmos a peça na vista desejada.

As vistas de construção são usadas quando se pretende desenhar numa determinada vista. Por exemplo, clique na vista lateral de construção e visualização (**Side Construction Plane**), determine uma distância, neste caso Z, e crie um círculo no local desejado.


Ferramentas de visualização


As ferramentas de visualização encontram-se no menu **view** e são usadas para fazer **zoom**, rodar a peça no écran, etc.

 **Fit** Coloca o desenho no écran inteiro.

 **Pan** Move a peça no écran.

 **Zoom Window** Abre uma janela de zoom numa zona da peça.

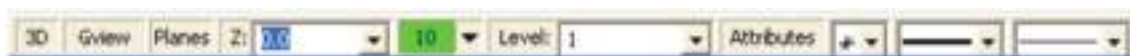
 **Zoom In/Out** Zoom mais ou menos. Se o rato tiver scroll roll, role para cima ou para baixo.



 **Dynamic Rotation** Para rodar a peça no écran. O mesmo comando pode ser acedido quando clicamos o botão do meio do rato, com ou sem a roda. Se o rato tiver apenas dois botões, clicamos sem largar a tecla **alt**, e usamos as setas do teclado para rodar a peça.

Ferramentas de Alterações

Estas ferramentas encontram-se na parte inferior do écran e são usadas para mudar **levels**, cores, espessuras de linhas, vistas etc.

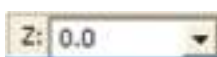






No primeiro quadro  é usada para criação de um desenho com variação de altura Z. Se estivermos a trabalhar no modo 3D, algumas ferramentas do **Mastercam** não irão funcionar, pois este estará num plano 3D, que é usado para criação de um desenho em 3D. O modo  (clicar em cima de 3D em cima e mudar 2D) é usado para criação de um desenho sem variação da altura Z ou a uma altura constante.

 Vistas de visualização.



 Vistas de construção.

 Caixa de altura do Z. Clicamos na caixa e digitamos a altura desejada para a construção do desenho. É também usada para encontrar a altura de um ponto qualquer do modelo 3D. Se for sólido, clicamos no Z e depois no ponto do modelo desejado. Se for uma superfície criamos uma curva e fazemos a mesma sequência.

 Caixa de cores. Clicamos na cor e abrir-se-á uma caixa maior com 256 cores, onde podemos seleccionar a cor desejada.

Para mudar a cor de um desenho ou de uma determinada entidade, seleccionamos a(s) entidade(s) clicando em cima delas, abrindo uma janela, seleccionando todas  ou ainda usando a caixa de diálogo **general selection**. Clicando em **All**, abrir-se-á uma nova caixa.



 **Caixa de level (nível)**. Clicamos na caixa de **level** quando queremos criar um novo **level** digitando um novo número na caixa **number** e um nome na caixa **name**. Todas as entidades que forem criadas daqui para frente serão criadas no novo **level**. Para mudar de **level**, clicamos duas vezes em cima do número correspondente, ficando a amarelo o **level** ativo para criação. Para desativar outros **levels** clicamos na seta vermelha  no que se pretende desativar.

Para mudar um desenho de um **level** para o outro, primeiro seleccionamos ou criamos um novo **level**, depois seleccionamos a(s) entidade(s). A seguir, clicamos com o botão



direito do rato em cima da caixa de **level**, seleccionamos o que se deseja mover ou copiar e clicamos em Ok.




Caixa de atributos (Attributes). Muda ou


ativa tipos de pontos, de linhas e espessuras de linhas.

File

O menu **File** permite lidar com os ficheiros do **Mastercam**, sendo permitido abrir, gravar, imprimir, importar e exportar ficheiros com outro formato, etc.

 **New** – Cria um documento novo

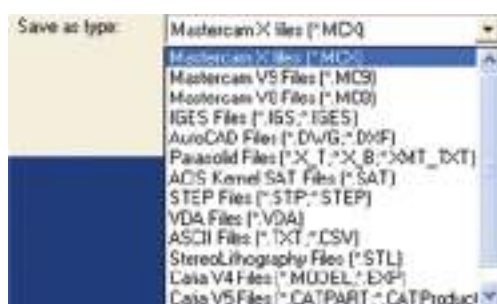
 **Open** – Abre um documento existente

 **File Merge > Pattern** – Importa um ficheiro do **Mastercam** para o documento que está aberto

 **Edit > Open External** – Abre ficheiros externos com a aplicação que for escolhida

 **Save** – Grava o documento com a extensão *.mcx


 **Save As** – Grava o documento com outro nome ou com outra extensão



 **Save Some** – Grava as entidades seleccionadas num documento separado

 **Print** – Imprime o documento


 **Print Preview** – Permite pré-visualizar o documento a imprimir

 **Project Manager** – Especifica o tipo de ficheiros a gravar na pasta do projeto que está a ser executado, por forma a que estejam todos guardados no mesmo local. Para além dos ficheiros do tipo *.mcx, o **Mastercam** permite guardar outros tipos de ficheiros, como é o caso de estratégias de maquinação, bibliotecas de ferramentas, bibliotecas de operações, bibliotecas de materiais, ...


 **Import Directory** – Importa um diretório de ficheiros

 **Export Directory** – Exporta ficheiros para um diretório



 **Change Recognition** – Identifica de uma forma rápida alterações efetuadas a ficheiros CAD. Este comando funciona não só para os ficheiros nativos do **Mastercam** - *.mcx, como também para outros formatos de ficheiros CAD.

Tracking – Verifica a existência de novas versões de um dado ficheiro através de três comandos.

 **Properties** – Mostra algumas propriedades do ficheiro, como é o caso da localização do ficheiro, a suas datas de criação e da última alteração, o tamanho e o sistema de unidades.


 **Exit** – Fecha o **Mastercam**

Edit

O menu **Edit** permite modificar entidades criadas.

 **Undo** – Retrocede uma operação

 **Redo** – Avança uma operação

 **Cut** - Corta um conjunto de entidades selecionadas

 **Copy** - Seleciona um conjunto de entidades a copiar


 **Paste** - Copia um conjunto de entidades selecionadas

Delete


 **Delete**


 **Delete Entities** – Apaga uma ou várias entidades

 **Delete Duplicate** – Apaga entidades duplicadas


 **Delete Duplicate Advanced** – Permite apagar entidades duplicadas com a mesma cor (**Color**), com o mesmo nível (**Level**), pontos do mesmo tipo (**Point Style**), linhas do mesmo tipo (**Line Style**) e linhas com a mesma espessura (**Line Width**)

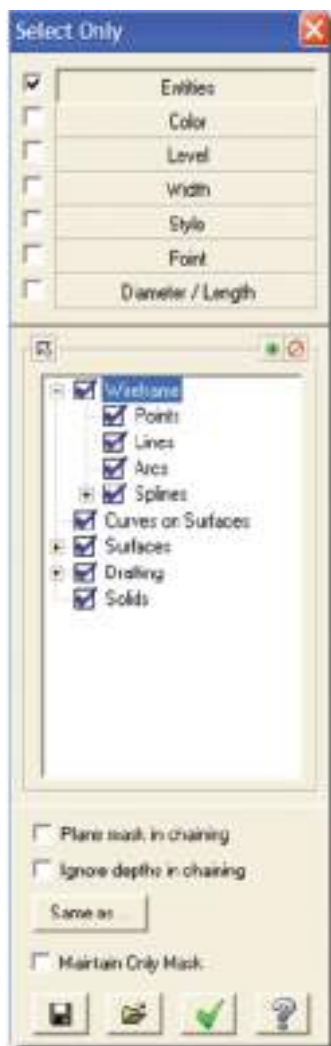


 **Undelete** – Repõe as entidades apagadas

 **Undelete # of Entities** – Repõe um número # de entidades apagadas




 **Undelete Entities By Mask** – Repõe entidades apagadas utilizando um filtro (Mask) para a sua seleção




 **Select All** – Seleciona todas as entidades que estão visíveis no documento






Trim/Break

 **Trim/Break > Extend** – Corta uma entidade por outra (**Trim**) ou quebra uma entidade em duas ou mais partes (**Break**)

 **Trim Many** – Corta várias entidades por uma outra

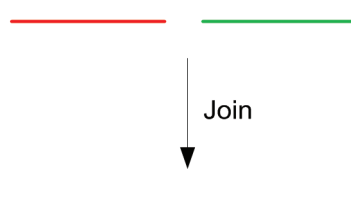
 **Break Two Pieces** – Parte uma entidade em duas partes



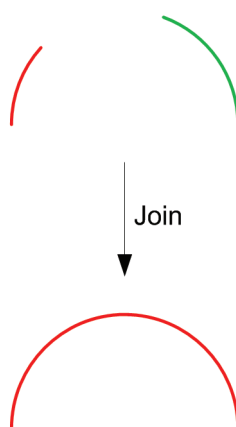
-  **Break at Intersection** – Quebra várias entidades por uma outra
-  **Break Many Pieces** – Quebra uma entidade em partes iguais ou com as mesmas dimensões
-  **Break Drafting into Lines** – Parte linhas de corte (**Hatch**) em linhas
-  **Break Circles** – Parte um círculo em partes iguais
-  **Close Arc** – Fecha um arco num círculo


-  **Join Entities** – Une duas entidades numa só

Para que duas linhas sejam unidas numa só é necessário que sejam colineares.



Para que dois arcos sejam unidos é necessário que tenham o mesmo centro e o mesmo raio.





-  **Modify Spline** – Altera a posição dos pontos de controlo de uma curva e, desta forma, o seu aspeto


As curvas criadas no **Mastercam** têm a designação de **spline** e pode ser de dois tipos, consoante a forma como é definida matematicamente pelo sistema:

- **Parametric**: curva a 2D ou 3D definida por uma série de coeficientes;
- **NURBS**: curva controlada por pontos.

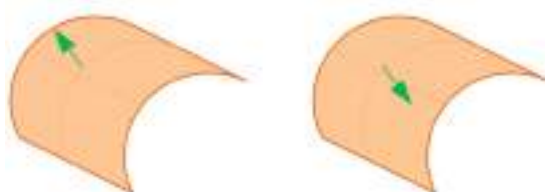


 **Convert NURBS** – Converte linhas, arcos, curvas ou superfícies em entidades do tipo NURBS

 **Simplify** – Converte uma curva numa entidade mais simples, quando possível


 **Set Normal** – Permite visualizar e inverter as normais a várias superfícies com uma só operação

A normal a uma superfície é um vetor perpendicular a um plano tangente à superfície num dado ponto e surge representada por uma seta verde. A figura mostra os dois sentidos que a normal à superfície pode tomar num ponto próximo do seu centro.



 **Change Normal** – Inverte a normal de uma superfície

View

 **Toggle Operations Manager** – Mostra/esconde o histórico de operações de maquinação e de modelação de sólidos
















O **Solid Manager** permite visualizar e editar as operações efetuadas com os sólidos, ou seja:

- visualizar e editar as operações de cada sólido;
- copiar, editar, apagar e regenerar sólidos;
- alterar os atributos (cor, nível, ...);
- apagar, editar e ordenar as operações de um sólido;
- alterar os parâmetros e a geometria de base;
- verificar os erros na construção dos sólidos;
- iniciar novas operações com sólidos.

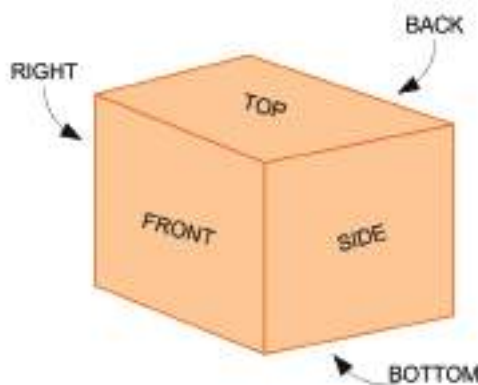


Viewports

-  **Viewport 1 is Entire Screen** – Altera a área de trabalho para uma vista
-  **Viewport 1 Top, Viewport 2 Bottom** – Altera a área de trabalho para duas vistas: planta e vista de baixo
-  **Viewport 1 Left, Viewport 2 Right** - Altera a área de trabalho para duas vistas: alçado lateral esquerdo e alçado lateral direito
-  **Clockwise From Upper Left: Viewports 1 Top, 2 Iso, 3 Front, 4 Side** – Divide a área de trabalho em quatro vistas (no sentido horário): topo, isométrica, frente e de lado
-  **Reset Viewport Layout to Default** – Retoma a área de trabalho para o modo de visualização por defeito









-  **Fit** – Coloca no ambiente de trabalho todas as entidades que foram criadas
-  **Repaint** – Regenera o ambiente de trabalho
-  **Pan** – Permite deslocar a visualização da área de trabalho
-  **Zoom Window** – Aumenta uma porção da área de trabalho
-  **Zoom Target** – Efectua o **zoom** com uma janela em torno de um ponto
-  **Unzoom** – Afasta a visualização da área de trabalho
-  **Zoom In/Out** – Efectua **zoom/unzoom** com o movimento do rato
-  **Zoom Selected** – Escala as entidades seleccionadas para ocupar toda a área de trabalho. Funciona apenas com entidades previamente seleccionadas

Standard Views – Função que altera a visualização de geometrias através de vistas pré-definidas pelo **Mastercam**



-  **Top View** – Vista de topo
-  **Left Side View** – Alçado lateral esquerdo
-  **Back View** – Vista posterior
-  **Front View** – Alçado principal
-  **Right Side View** – Alçado lateral direito
-  **Bottom View** – Vista de baixo
-  **Isometric View** – Vista isométrica

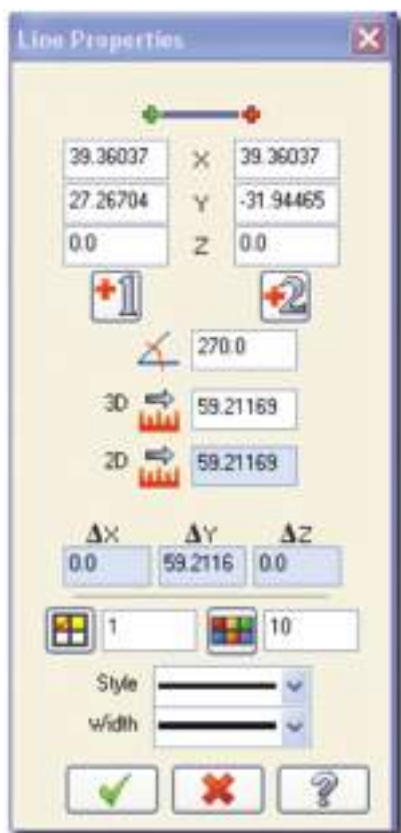
Orient

-  **Dynamic Rotation** – Permite a rotação de uma geometria em torno de um ponto com o movimento do rato
-  **Normal View** – Altera a visualização de uma geometria para uma vista normal a uma linha
-  **Named Views** – Altera a visualização de uma geometria para uma vista predefinida pelo utilizador
-  **Previews View** – Retoma a vista anterior
-  **View by Entity** – Altera a visualização de uma geometria para uma vista definida por duas linhas
-  **Flip X for Y** – Altera o eixo X com o Y
-  **Flip X for Z** - Altera o eixo X com o Z
-  **Flip Y for Z** - Altera o eixo Y com o Z



Analyze

 **Analyse Entity Properties** – Analisa as propriedades de uma entidade



X Distância em X de cada um dos vértices da reta em relação à origem

Y Distância em Y de cada um dos vértices da reta em relação à origem

Z Distância em Z de cada um dos vértices da reta em relação à origem

Ângulo de inclinação em relação a uma reta horizontal

Comprimento da reta em 3D

Comprimento da reta segundo um plano em 2D

ΔX ΔY ΔZ Comprimento da reta projetada nos eixos X, Y e Z

Nível e cor da reta

Tipo de linha e espessura

 **Analyse Position** – Indica as coordenadas de um ponto em XYZ



 **Analyze Distance** – Analisa a distância entre dois pontos



X Distância em X de cada um dos pontos da reta em relação à origem

Y Distância em Y de cada um dos pontos da reta em relação à origem

Z Distância em Z de cada um dos pontos da reta em relação à origem

Ângulo de inclinação em relação a uma reta horizontal


Distância entre os dois pontos em 3D


Distância entre os dois pontos segundo um plano em 2D


Distância mínima entre os dois pontos


Distâncias em XYZ entre os dois pontos


Area/Volume


 **Analyze 2D Area** – Analisa o perímetro, a área e as coordenadas do centro de gravidade de do momento de inércia de uma zona fechada


 **Analyze Surface Area** – Analisa a área limitada por uma superfície, tendo em conta a precisão definida em **Chord Height**

 **Analyze Solid Properties** – Analisa a densidade, volume e momento de inércia de um sólido

 **Analyze Chain** – Analisa um grupo de entidades ligadas entre si pelo método de **chain** (cadeia) para facilitar a resolução de problemas que possam existir


 **Analyze Contour** – Analisa um contorno


 **Analyze Angle** – Mostra o valor do ângulo e o seu suplementar entre duas linhas ou três pontos

 **Analyze Dynamic** – analisa qualquer ponto situado ao longo de uma entidade de forma dinâmica. O ponto de análise é representado por uma seta verde que pode ser deslocada com o rato




Database/Number

 **Analyse Number** – Analisa qualquer entidade que seja indicada pelo seu número pelo qual estão referenciadas todas as entidades. Este número pode ser encontrado no comando **Analyse Database**

 **Analyse Database** – Indica o número, a data e hora de criação de qualquer entidade


Test Surfaces and Solids

 **Analyse Test Surfaces** – Analisa erros de construção de superfícies

 **Analyse Check Solids** – Analisa erros de construção de sólidos

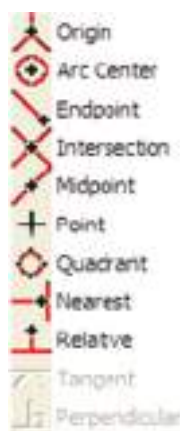
Create

O menu **Create** é utilizado para criar entidades únicas (pontos, linhas, arcos, curvas, superfícies, sólidos) ou a combinação de diversas entidades simples (retângulos, elipses, espirais, sólidos e superfícies primitivas).

 **Create Point Position** – Cria um ponto numa determinada posição. O ponto pode ser determinado diretamente por coordenadas XYZ



ou pela relação com outras entidades .



Origin – Ponto em (0,0,0)

Arc Center – Ponto no centro de um arco ou círculo

Endpoint – Ponto na extremidade de uma reta, arco ou curva

Intersection – Ponto na intersecção de duas entidades

Midpoint – Ponto no meio de uma reta, arco ou curva

Point – Ponto clicando com o rato no ecrã

Quadrant – Ponto num quadrante de uma circunferência

Nearest – Ponto na menor distância entre duas entidades

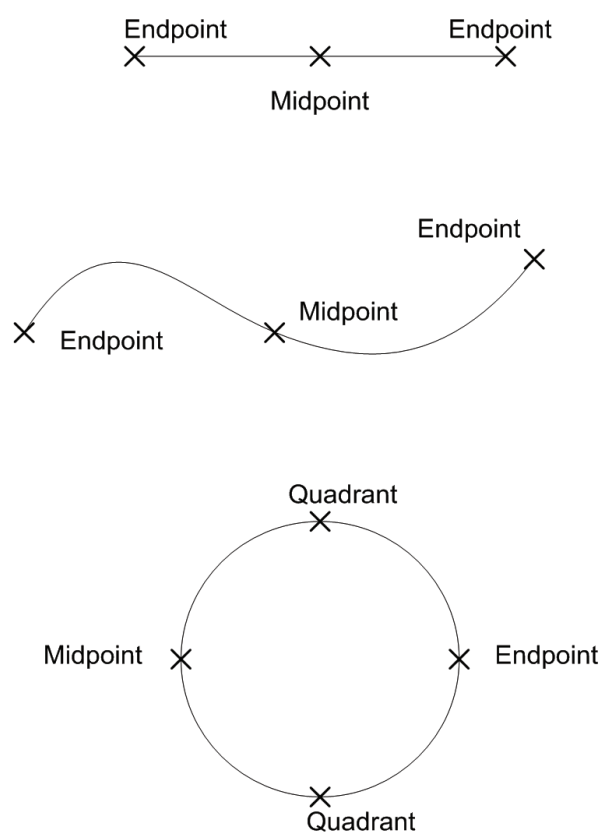
Relative – Ponto definido por coordenadas polares relativas a outro

Tangent – Ponto tangente a um arco

Perpendicular – Ponto perpendicular a uma linha

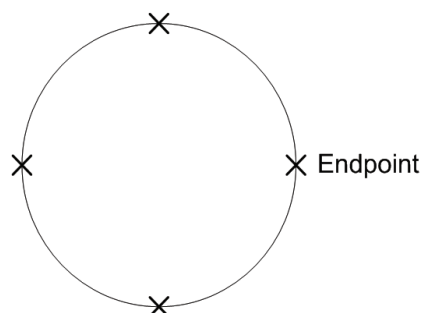


As entidades simples que se desenham a 2D têm pontos notáveis, ou seja, pontos que são reconhecidos pelo sistema, como mostra a figura seguinte. O **Endpoint** indica uma extremidade, o **Center** representa o centro de um arco ou círculo, o **Midpoint** indica-nos o meio de uma reta, arco ou curva e **Quadrant** é o ponto que divide o círculo em quatro quadrantes com um ângulo de 90° entre si.

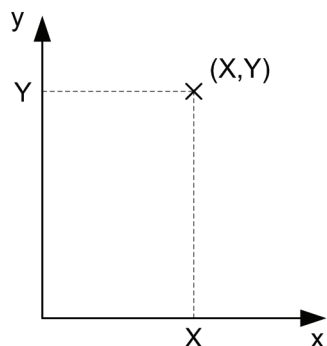


O círculo no **Mastercam** começa e termina no mesmo ponto do lado direito, designando-se este ponto por **Endpoint**.

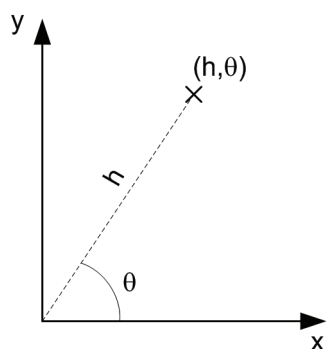
O **Mastercam** trabalha com dois tipos de coordenadas a 2D.




Coordenadas retangulares ou cartesianas – são dadas por duas distâncias x e y



Coordenadas polares – são dadas por um ângulo e uma distância




 **Create Line Endpoint** - Cria uma linha entre dois pontos

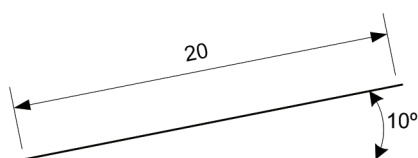
 Edita o primeiro ou o segundo ponto clicado no ambiente de trabalho

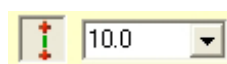
 Cria várias linhas



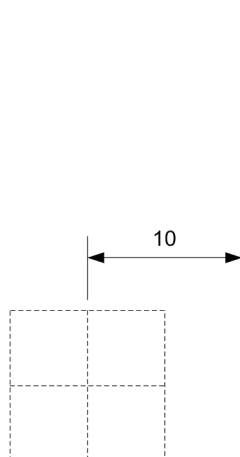
 20.0  10.0 Cria uma linha com um comprimento de 20

mm e um ângulo de 10°

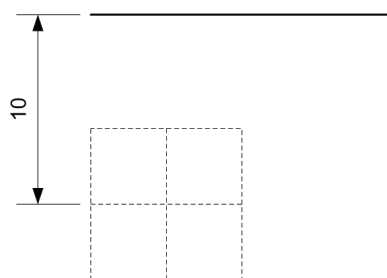




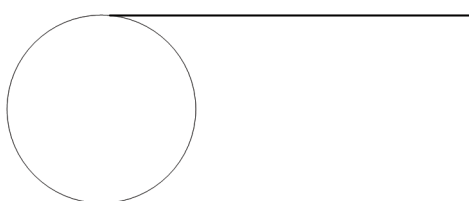
Cria uma linha vertical com 10 mm de distância do ponto (0,0)



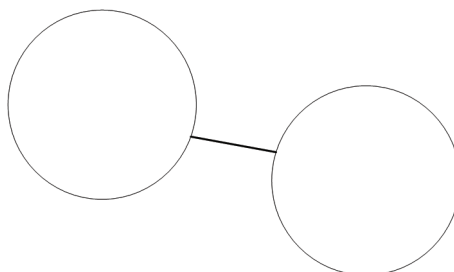
Cria uma linha horizontal com 10 mm de distância do ponto (0,0)



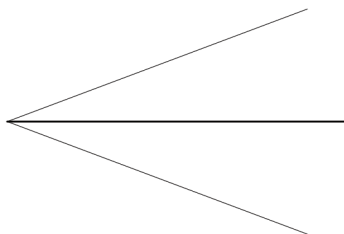
Cria uma linha tangente a um arco



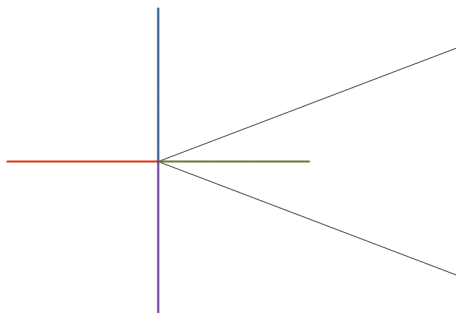
Create Line Closest – Cria uma linha a definir a menor distância entre duas entidades



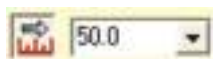
 **Create Line Bisect** – Cria uma linha bissetriz entre duas linhas



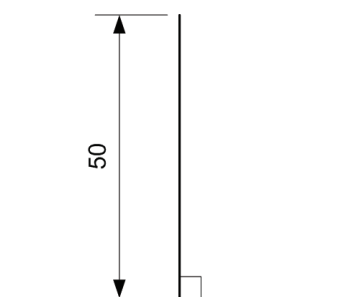
Em alguns comandos em que se pretende criar uma entidade, o **Mastercam** coloca todas as alternativas possíveis no ecrã (na figura em baixo, as soluções possíveis são a linha a vermelho e a linha a verde) mas o comando só termina quando se selecciona a entidade que se pretende guardar. As outras são apagadas ficando apenas visível a entidade escolhida.




 **Create Line Perpendicular** – Cria uma linha perpendicular a outra



Define o comprimento da linha



 **Create Line Parallel** – Cria uma linha com o mesmo comprimento e paralela a outra já existente



Edita o ponto de colocação da linha



Efetua a linha paralela para um lado dos lados da linha seleccionada

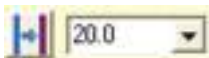




Efetua a linha paralela para o outro lado da linha selecionada



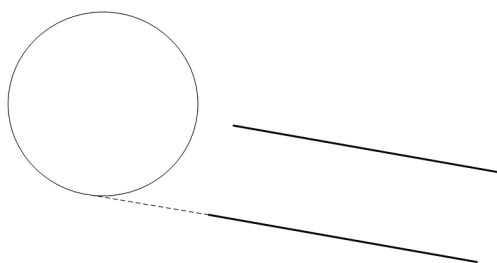
Efetua duas linhas paralelas para ambos os lados da linha selecionada




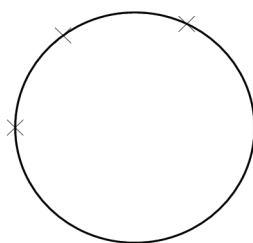
Distância do **Offset** da linha




Cria uma linha tangente a um arco ou círculo paralela a uma outra linha









 **Create Circle Edge Point** – Cria um círculo a passar por três pontos

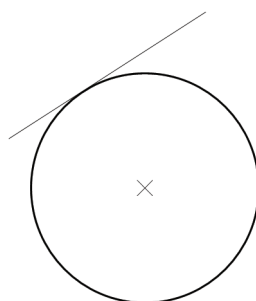


 **Create Circle Center Point** – Cria um círculo em que são dados o centro e o raio


 Edita o ponto de colocação do círculo


 10.0  20.0  Define as dimensões do círculo pelo raio  ou pelo diâmetro 

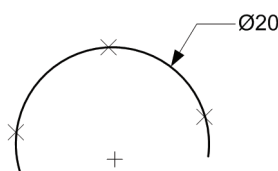
 Cria um círculo com o centro num ponto e tangente a uma linha ou a outro círculo



 **Create Arc Polar** – Cria um arco através de coordenadas polares a partir do seu centro


 **Create Arc Polar Endpoints** - Cria um arco através de coordenadas polares a partir ou do ponto de início ou do ponto final de construção do arco


 **Create Arc Endpoints** – Cria um arco a passar por três pontos com a opção de se poder definir o raio ou o diâmetro




 **Create Arc 3 Points** – Cria um arco a passar por três pontos


 **Create Arc Tangent** – Cria um arco tangente a uma linha, arco ou círculo

 **Tangent 1 Entity** - Arco tangente a uma entidade num determinado ponto dessa entidade


 **Tangent Point** – Arco tangente a uma entidade a passar num ponto



 **Tangent Centerline** – Arco tangente a uma linha cujo centro se situa numa outra linha


 **Dynamic Tangency** – Arco tangente a uma entidade definido de forma dinâmica com o rato




 **Fillet Entities** – Cria um raio de canto entre duas entidades

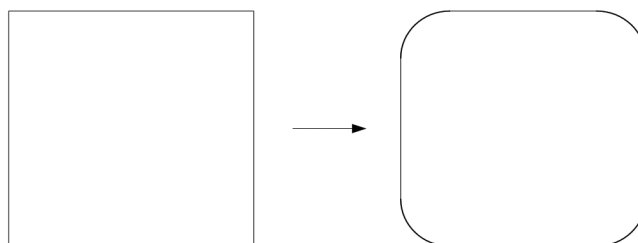
 5.0 Valor do raio


 Normal Definição do tipo de raio

 Efectua o **Trim** das entidades pelo raio criado

 Não executa o **Trim**

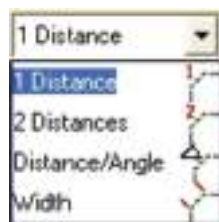
 **Fillet Chains** - Cria raios de canto em todas as entidades que se encontram ligadas




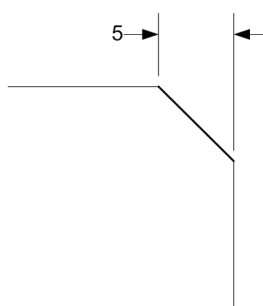
 **Chamfer Entities** – Cria um chanfro entre duas entidades

O chanfro pode ser definido por uma distância, duas distâncias, uma distância e um ângulo ou pelo seu comprimento

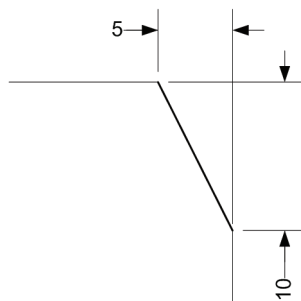


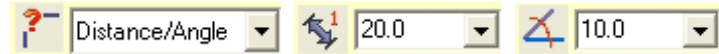


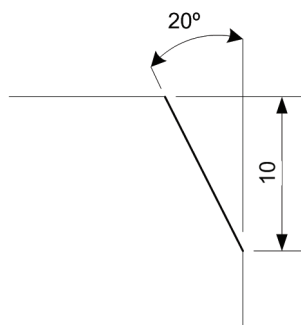
 Cria um chanfro entre duas entidades com um valor de 5 mm



 Cria um chanfro entre duas entidades com duas distâncias de 5 e 10 mm



 Cria um chanfro entre duas entidades com um valor de 20 mm e um ângulo de 10°





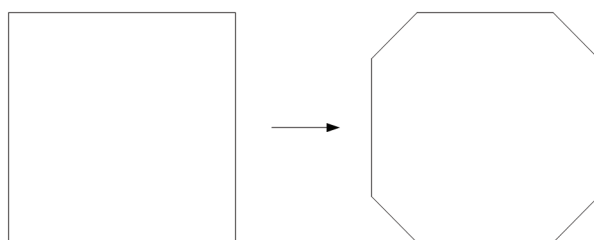
Efectua o **Trim** das entidades pelo chanfro criado



Não executa o **Trim**



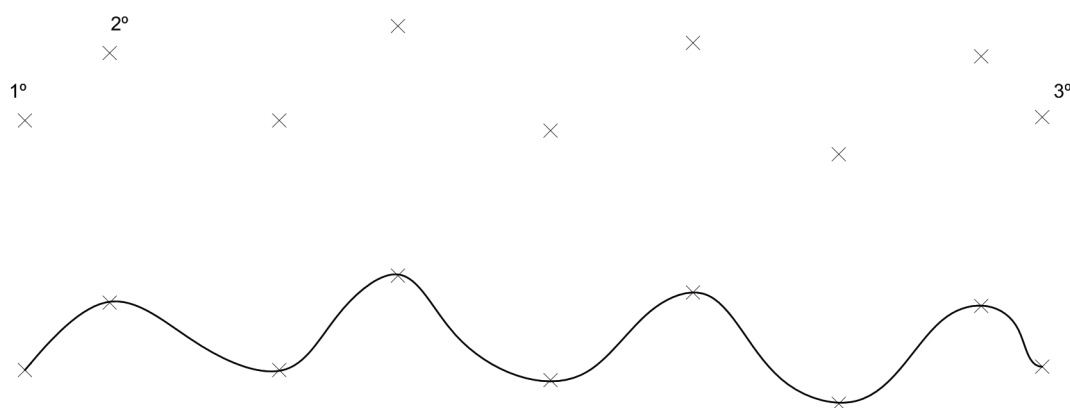
Chamfer Chains - Cria um chanfro entre todas as entidades que se encontram ligadas



Create Manual Spline – Cria uma curva através de pontos seleccionados com o rato no écran




Create Automatic Spline – Cria uma curva de forma automática, definindo-se apenas o 1º, 2º e último pontos. O comando executa a curva de forma a respeitar os outros pontos intermédios



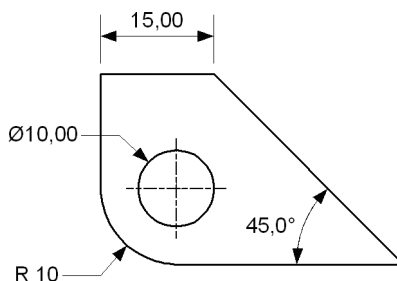
Create Curves Spline – Cria uma **spline** unindo outras entidades que podem ser rectas, arcos ou outras curvas




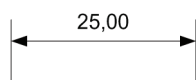
 **Create Blended Spline** – Cria uma curva a unir duas entidades a partir de pontos selecionados dinamicamente com o rato

Os pontos de construção da curva são selecionados de forma dinâmica com o rato sobre as entidades. O **Mastercam** coloca uma seta sobre a entidade que se desloca com o rato até ao ponto por onde se pretende passar a **spline**.

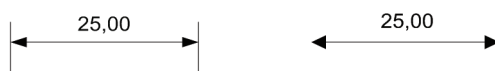
Create > Drafting > Dimension – Comando que tem como função cotar a distância entre dois pontos, um diâmetro, raio ou um ângulo




 **Horizontal Dimension** – Coloca uma cota horizontal entre dois pontos



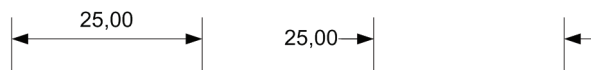
 **Witness** – Coloca invisível as linhas de chamada



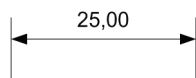
 **Centered** – Centra o texto sobre a linha de cota



 **Arrows** – Coloca as setas por dentro ou por fora das linhas de chamada




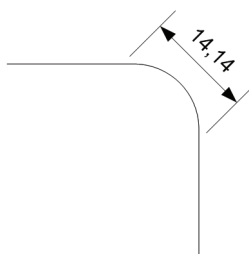
 **Horizontal** – Desenha uma cota horizontal




 **Vertical** – Desenha uma cota vertical




 **Lock** – Bloqueia a direção que a cota pode tomar independentemente da posição do rato



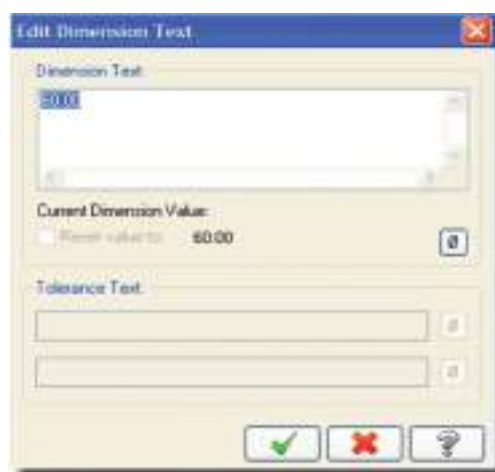
 **Orientation** - Define um ângulo de inclinação para a cota



 **Font** – Permite alterar o tipo de letra




 **Text** – Define o texto da cota



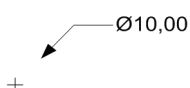
 **Height** – Altera o tamanho da letra




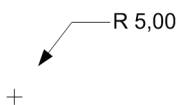
 **Number** – Define o número de casas decimais




 **Diameter** – Coloca o símbolo de diâmetro Ø na cota



 **Radius** – Coloca o símbolo de raio R na cota




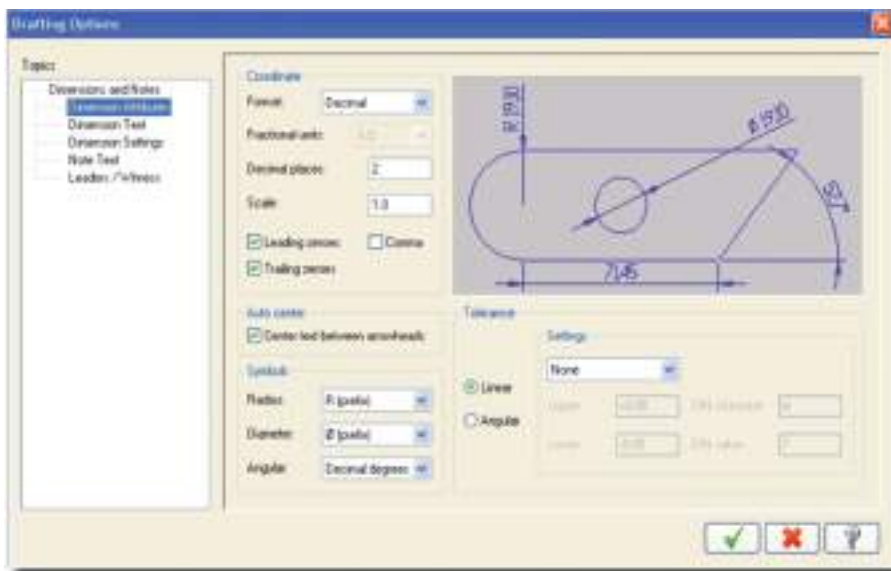
 **Box** – Substitui o texto da cota por um retângulo




 **Angle** – Alterna entre o valor do ângulo e o seu complementar



 **Options** – Abre um quadro de configuração das cotas

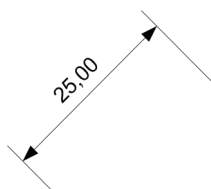


 **Update** – Aplica as alterações efetuadas às cotas

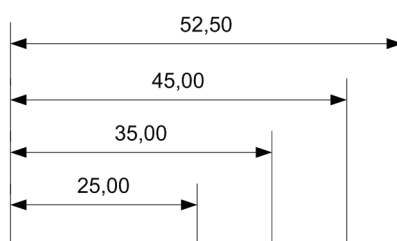
 **Vertical Dimension** – Coloca uma cota vertical entre dois pontos



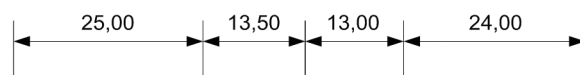
 **Parallel Dimension** – Coloca uma cota paralela entre dois pontos




 **Baseline Dimension** – Efetua uma cotagem em paralelo



 **Chained Dimension** – Efetua uma cotagem em série




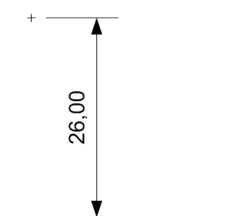
 **Angular Dimension** – Dimensiona um ângulo



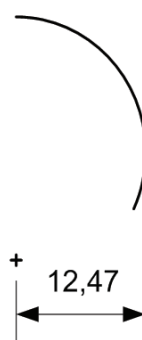
 **Circular Dimension** – Dimensiona o diâmetro ou o raio de um arco ou círculo



 **Perpendicular Dimension** – Cria uma cota perpendicular a uma linha a passar por um ponto

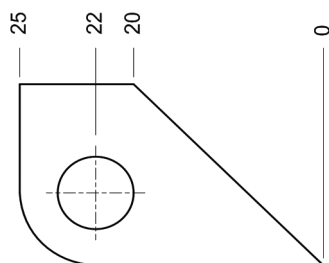


 **Tangent Dimension** – Cria uma cota tangente a um arco e a passar por um ponto

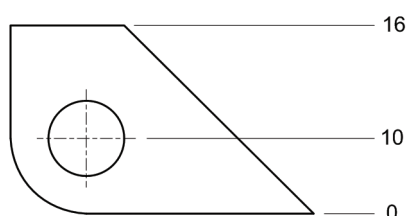



Ordinate

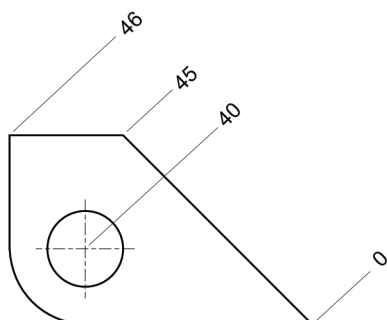
 **Horizontal Ordinate Dimension** – Efetua uma cotação horizontal por níveis



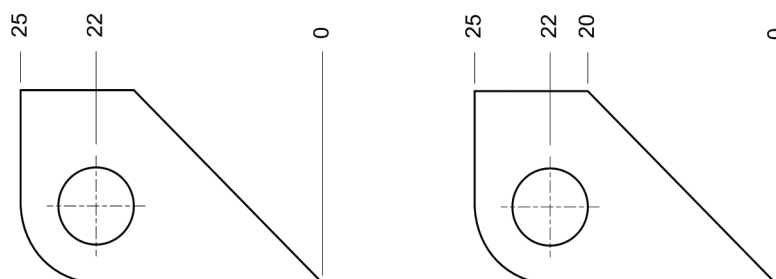
 **Vertical Ordinate Dimension** – Efetua uma cotação vertical por níveis




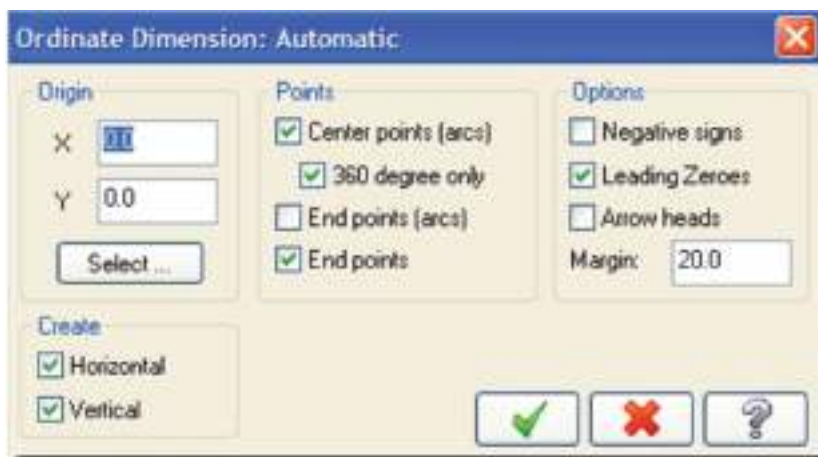
 **Parallel Ordinate Dimension** – Efetua uma cotação por níveis numa direção qualquer



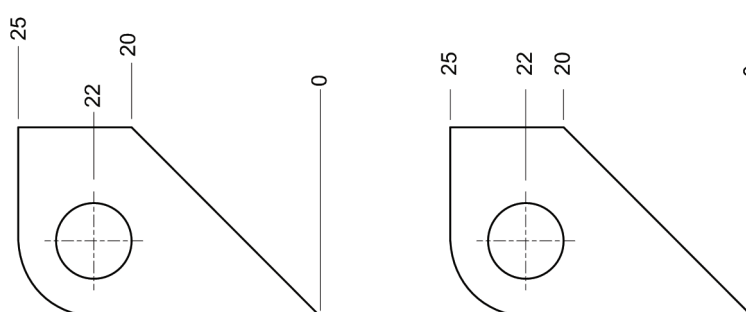
 **Add to an Existing Ordinate Dimension** – Adiciona uma cota a uma cotação por níveis já existente




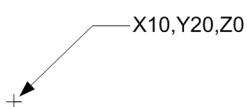
 **Window Ordinate Dimension** – Cria uma cotação por níveis de forma automática de acordo com os parâmetros definidos no quadro seguinte





 **Align Ordinate Dimension** – Alinha uma série de cotas



 **Point Dimension** – Dimensiona um ponto



 **Dimension Multi Edit** – Edita uma ou várias cotas, podendo ser alterado o tipo de letra, o aspecto das setas, as linhas de chamada, o número de casas decimais, etc.

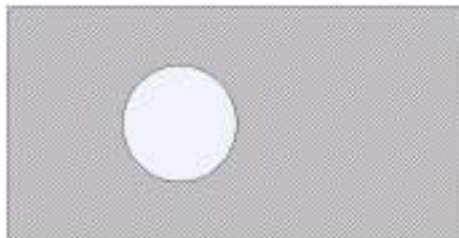
 **Create Witness Line** – Cria uma linha de chamada entre dois pontos


 **Create Leader** – Cria uma seta entre dois pontos




 **Create Note** – Cria um texto

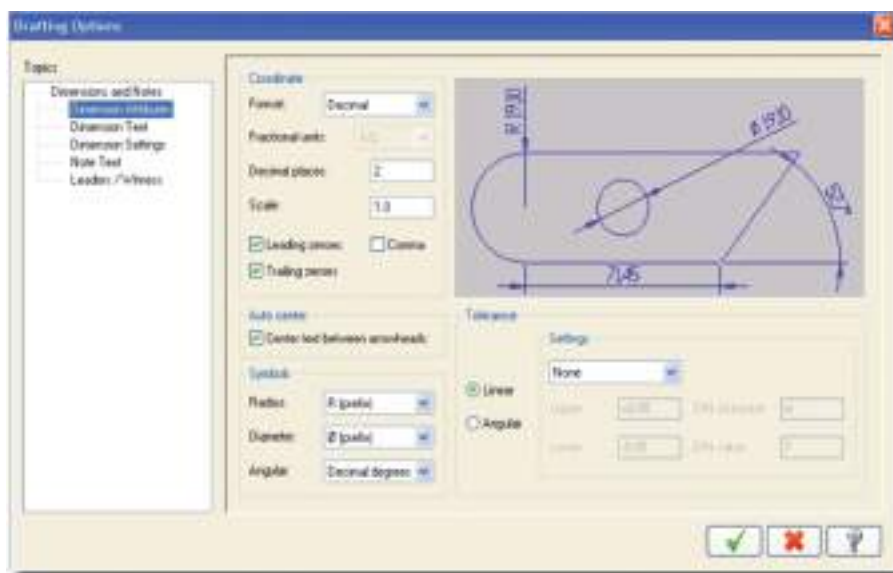
 **Create X-Hatch** – Cria linhas de corte num contorno fechado



 **Smart Dimension** – Cria cotas de uma forma inteligente, adaptando-as ao movimento do rato. As cotas podem ser horizontais, verticais, paralelas ou de diâmetro de círculos e arcos.

A seleção com o rato de uma cota já existente permite alterar a sua posição e editar os seus parâmetros

 **Drafting Options** – abre um quadro de configuração de cotas, notas, texto e setas

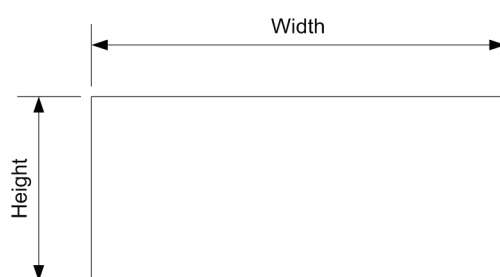




 **Create Rectangle** – Cria um retângulo


 **Width** – Comprimento

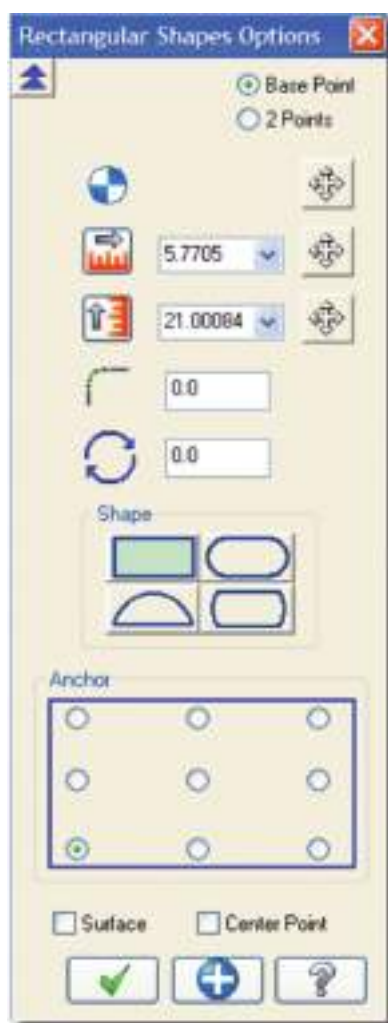
 **Height** – Largura






-  **Achor to Center** – Ponto de inserção no centro do retângulo
-  **Create Surface** – Cria uma superfície limitada pelo retângulo

 **Create Rectangular Shapes** – Comando que, à semelhança do anterior, permite criar um retângulo mas com mais opções



 **Create Polygon** – Cria um polígono com um determinado número de lados



 **Base Point** - Ponto de inserção

 Número de lados do polígono



$n = 3$




$n = 4$

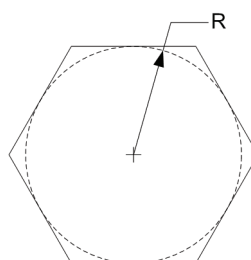


$n = 5$



$n = 6$

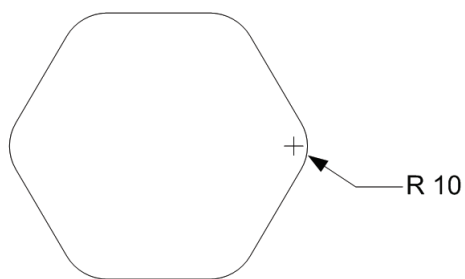
 **Radius** – Raio interior



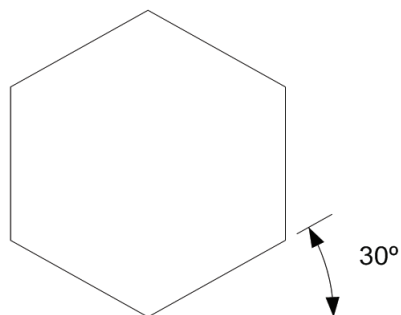
Corner **Flat** Arredonda ou não os vértices

 **Fillet Radius** – Valor do raio a aplicar nos vértices

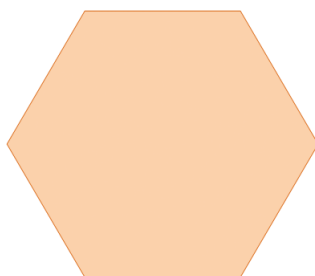




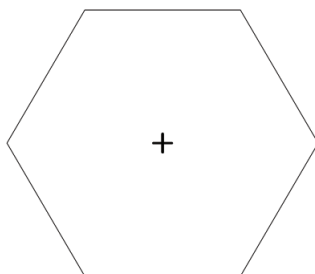
Rotation – Valor do ângulo de rotação a aplicar ao polígono



Surface – Cria uma superfície limitada pelo polígono



Center Point – Cria um ponto no centro do polígono



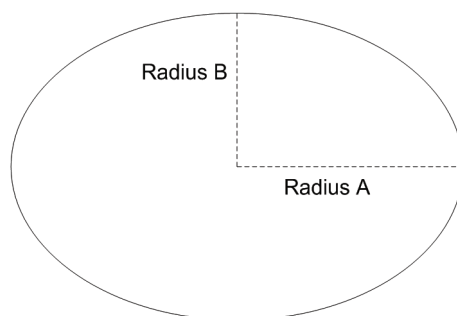
Create Ellipse – Cria uma elipse



Base Point - Ponto de inserção

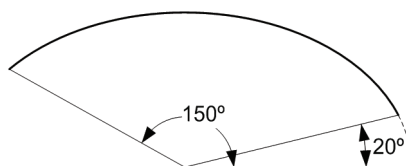
 0.0 **Radius A** – Valor do raio A

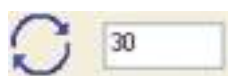
 0.0 **Radius B** – Valor do raio B



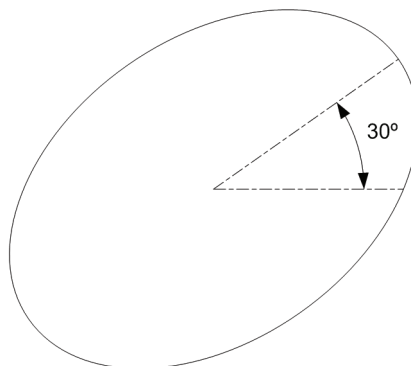
 20.0 **Start Angle** – Ângulo inicial

 150.0 **End Angle** – Ângulo final

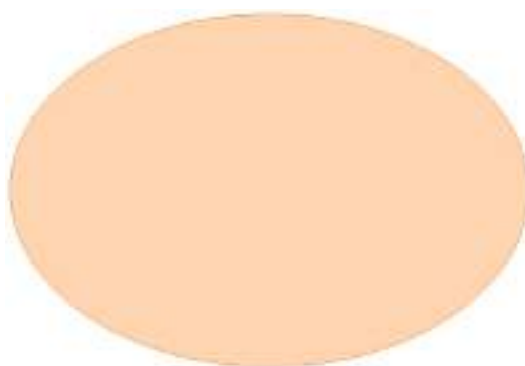




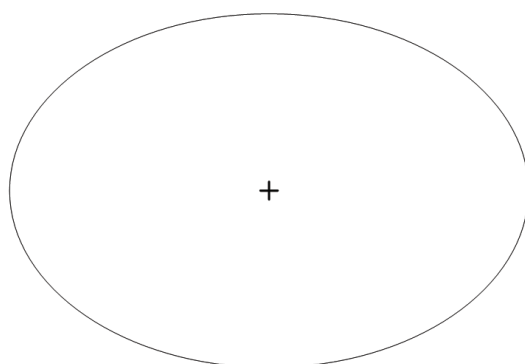
Rotation – Ângulo de rotação



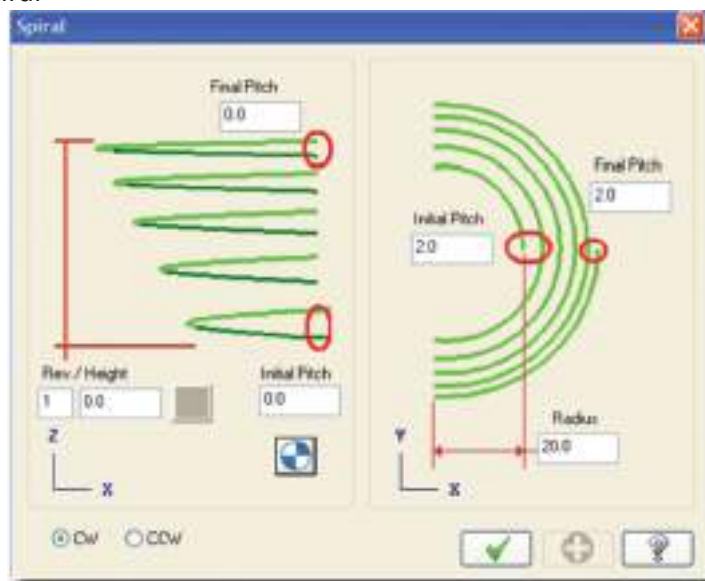
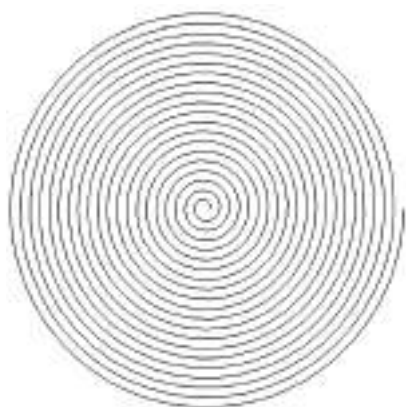
Surface – Cria uma superfície limitada pela elipse



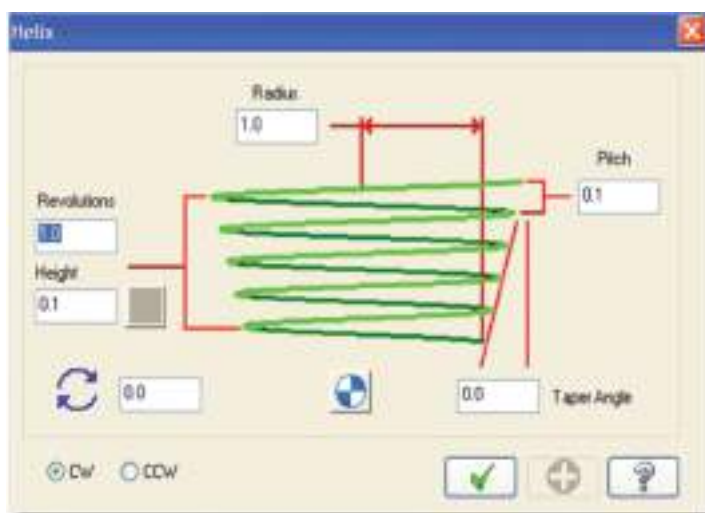
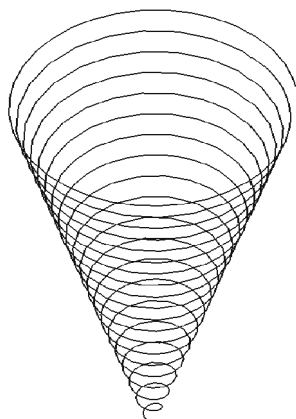
Center Point – Cria um ponto no centro da elipse



Create Spiral – Cria uma espiral




Create Helix – Cria uma helicoidal



Primitives

Create Cylinder – Cria um cilindro em superfícies ou sólido

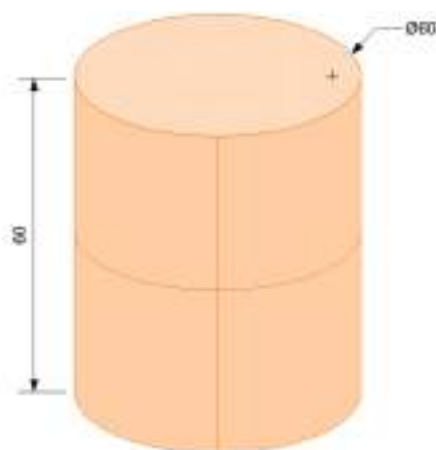


 **Base Point** – Altera o ponto de colocação do cilindro

 20.0 **Radius** – Raio do cilindro


 60.0 **Height** – Altura do cilindro





 **Create Cone** – Cria um cone em superfícies ou sólido

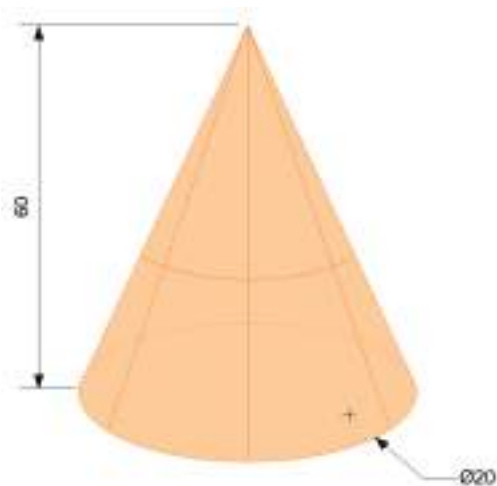


 **Base Point** – Altera o ponto de colocação do cone

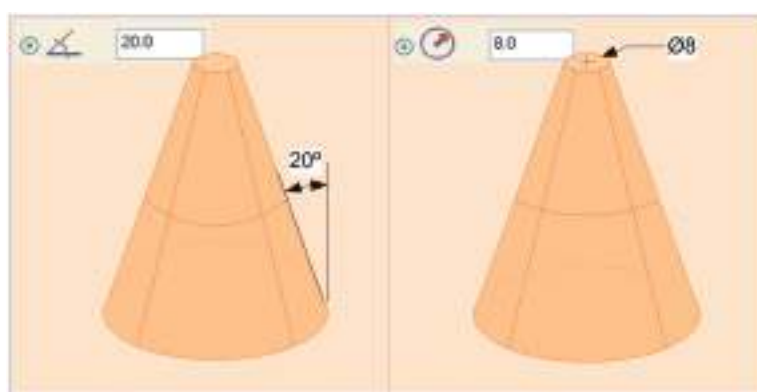
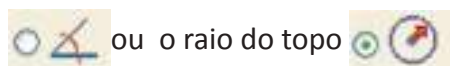
 **Radius** –Raio da base do cone

 **Height** – Altura do cone



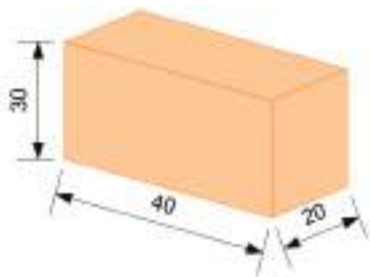


As opções seguintes são utilizadas para criar um cone dando a inclinação da parede



 **Create Block** – Cria um paralelepípedo sólido ou em superfícies

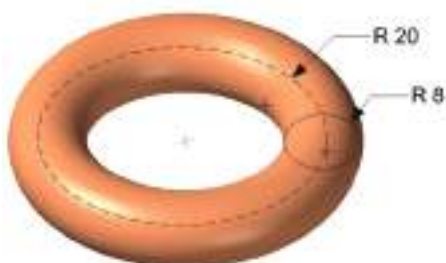




Create Sphere – Cria uma superfície ou um sólido esférico



Create Torus – Cria um anel circular sólido ou em superfícies

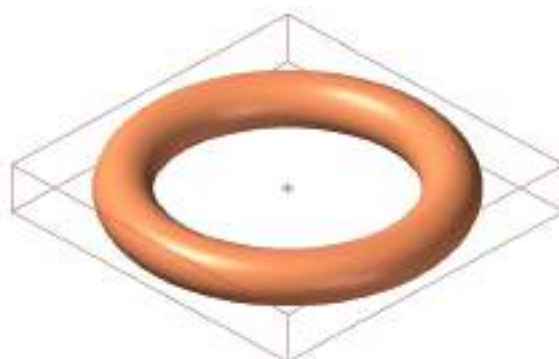


L Create Letters – Cria texto sob a forma de linhas, arcos ou **splines** por forma a poder ser maquinado



EXERCICIO DE CAD/CAM

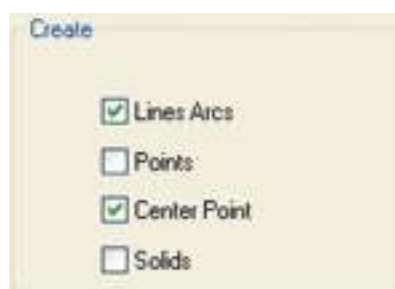
CB Create Bounding Box – Cria um paralelepípedo ou um cilindro em linhas ou arcos a limitar as dimensões máximas de uma várias entidades

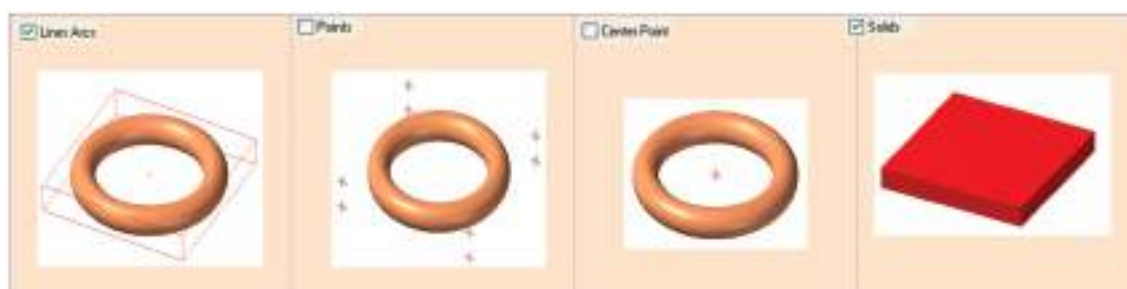




All Entities **All entities** – seleciona automaticamente todas as entidades existentes no ambiente de trabalho

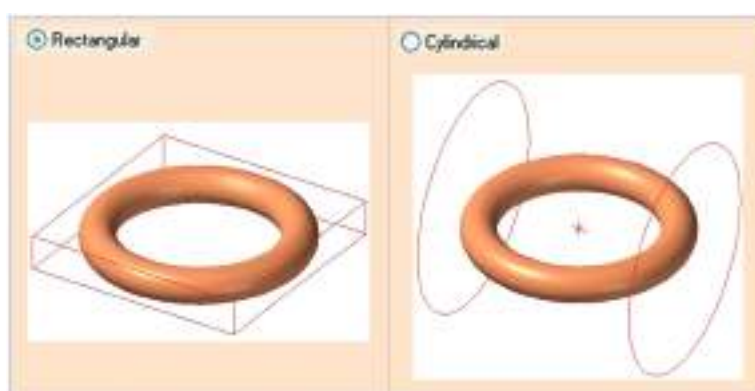
Os limites da **Bounding Box** podem ser determinados por linhas, arcos ou pontos. Também se pode criar um ponto no centro da caixa ou fazê-la sob a forma de um sólido.



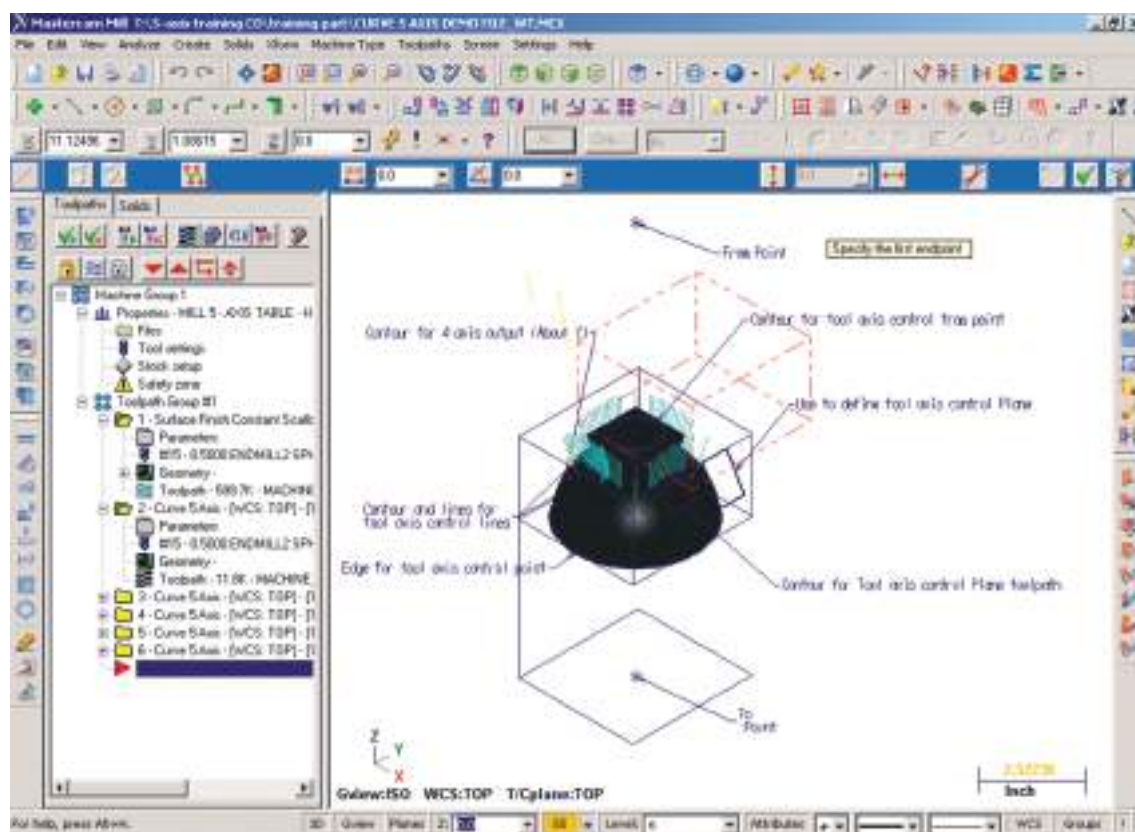


Os limites da **Bounding Box** podem ser criados paralelos e a uma dada distância do contorno inicial.

A caixa pode ser um paralelepípedo ou um cilindro consoante a opção selecionada.



INTRODUÇÃO À APLICAÇÃO CAM

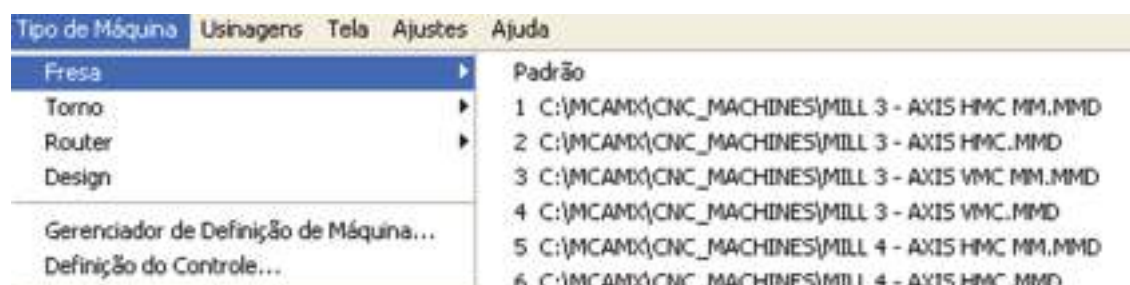


As principais etapas num processo de maquinação com recurso a um software de CAM são as seguintes:

1. Escolha do tipo de máquina CNC e definição da máquina a ser usada na maquinação da peça;
2. Abrir ou importar um ficheiro com a peça;
3. Ajuste das propriedades do grupo de máquina, incluindo ficheiro, ferramentas, bloco e ajustes das zonas de segurança;
4. Criar as estratégias de maquinação e aplicá-las à geometria;
5. Verificar e editar as maquinações através do gestor de maquinação, simulação e funções do simulador em sólido;
6. Pós-processar para a máquina de CNC as operações seleccionadas.



As definições de máquina do **Mastercam** permitem executar diversos tipos de tecnologias, tais como fresagem, torneamento e router. Podemos trabalhar com um ou mais destes módulos dentro do mesmo ficheiro da peça, escolhendo apenas uma definição de máquina diferente no menu de tipo de máquina.



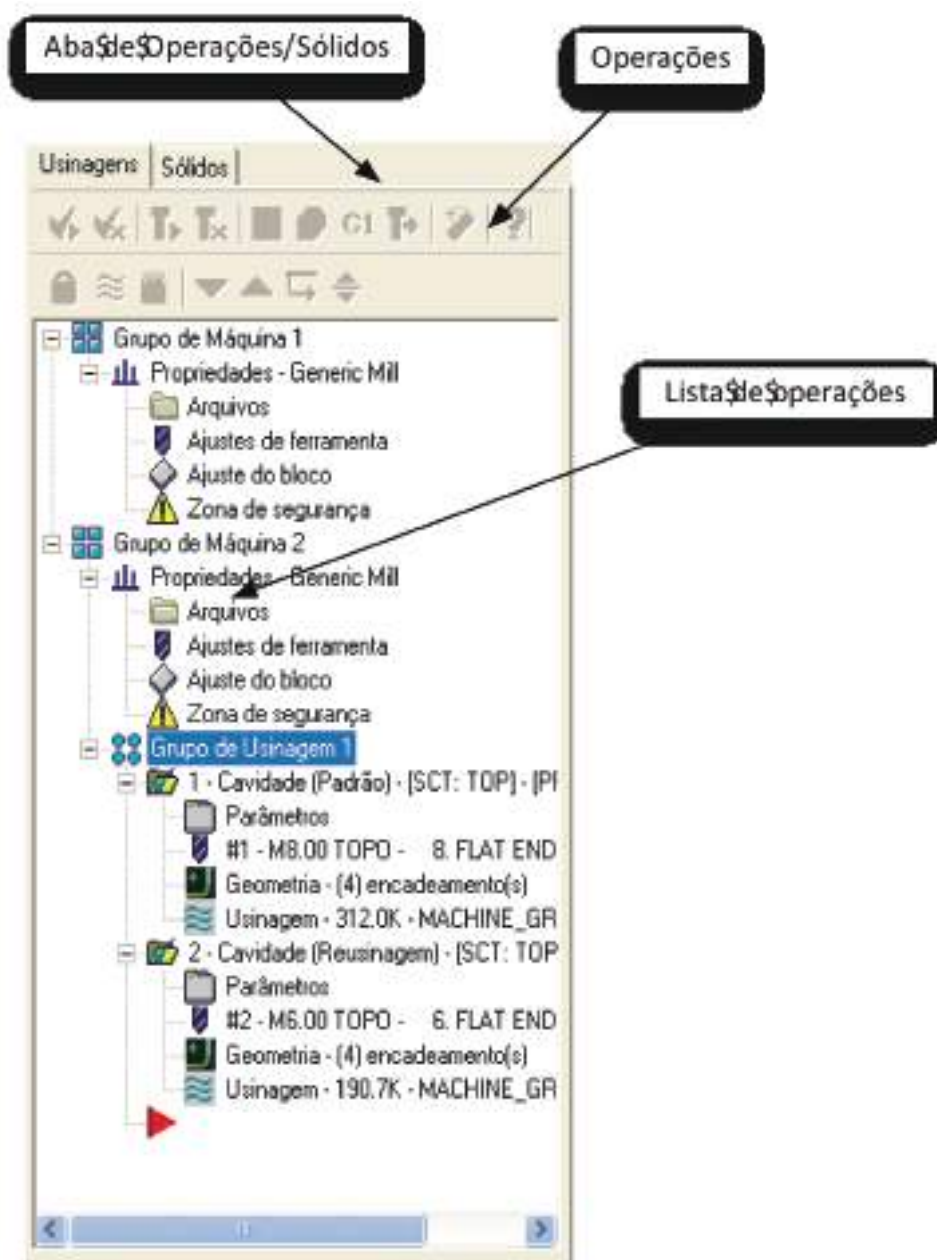
Os arquivos de definição de máquina criados para cada produto possuem extensões que representam o tipo de máquina selecionado, ou seja:

- .MMD (Fresadora);
- .LMD (Torno);
- .RMD (Router).

Num ficheiro de peça do **Mastercam**, a definição de máquina é parte das propriedades do grupo de máquina no Histórico de Operações. Ao selecionarmos um tipo de máquina, um novo grupo de máquina e grupo de maquinação são criados e o menu de maquinações altera-se. Este mostra apenas as funções de maquinação que poderá usar em associação à definição de máquina atual.

A definição de máquina usada com o grupo de máquina também determina qual o produto **Mastercam** que está ativo na janela atual (fresa, torno ou router). Por exemplo, selecionando a definição de máquina de fresadora, ativa o **Mastercam** Fresa e disponibiliza as maquinações de fresagem sob o menu de Maquinações (Usinagens na figura).





A definição de máquina acedida a partir do grupo de máquina é uma cópia local da definição de máquina 'original'. A definição de máquina 'original' é armazenada num arquivo externo. A cópia é criada a partir deste arquivo externo ao seleccionarmos uma definição de máquina e é gravado localmente dentro do arquivo de peça. Não há uma associatividade entre o arquivo de definição de máquina original e a cópia no arquivo de peça. Esta independência permite que se possa mover a peça para outra estação do **Mastercam** e transferir as informações requeridas da definição de máquina e do controlo. Podemos também modificar aspetos da definição de máquina num grupo de máquina, sem afetar os arquivos de definições de máquina e do controlo armazenados no **Mastercam**.

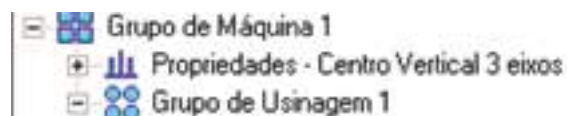


DEFINIÇÕES DE MÁQUINA

Antes de se criar as maquinações, deve-se primeiro escolher a definição de máquina.

Para selecionar uma definição de máquina e criar um novo grupo de maquinação:

1. A partir menu **Tipo de Máquina** aceda a **Fresa**, **Router** ou **Torno** para abrir o submenu de definições de máquina existentes para selecionar o tipo desejado de máquina. Escolha uma das ações a seguir:
 - Se o grupo de máquina que deseja utilizar aparecer na lista do submenu, selecione-o;
 - Caso contrário, selecione a opção **Indicar**. A partir da janela de diálogo **Abrir**, navegue até a localização do arquivo com a definição de máquina desejada a usar e o selecione.
2. Ao escolher a definição de máquina, o **Mastercam** automaticamente cria um grupo de máquina e grupo de maquinação no Gestor de Operações. A definição de máquina se torna ativa e o grupo de maquinação se apresenta selecionado.



Use o Gestor de Maquinação para modificar as propriedades de maquinação incluindo os parâmetros de **Arquivos**, **Ajuste de ferramenta**, **Ajuste do Bloco** e **Zona de Segurança**.

3. Use as funções do menu **Maquinações** para criar operações de maquinação sob o grupo de máquinas ativo.



MAQUINAÇÃO 2D

CRIAÇÃO DO STOCK

O primeiro passo que se tem de dar para criar um programa 2D é a criação do stock da peça a maquinar, ou seja, definir o bloco de material em bruto que vai ser maquinado.

Para criar o stock, precisamos de ter alguns dados da peça que vai ser maquinada:

- Comprimento, largura e espessura do material a ser maquinando;
- Tipo de material (alumínio, aço, cobre, etc.);
- A forma como a peça vai ser fixada na máquina, se se podem fazer furos de fixação, etc.;
- Em que máquina vai ser colocada a peça;
- Em que ponto da peça partirá sua maquinação (zero-máquina), se ao centro, num canto Z na face ou na base.

Com estes dados definidos, no **Mastercam** selecione o tipo de maquinação no menu **Machine Type**. Repare que na esquerda do ecrã, a árvore de criação foi ativada. Clique em **Properties > Machine definition > file**, em **Machine Group 1**, abrirá uma caixa onde vão ser inserido os dados do nosso material.

O primeiro quadro, **Files**, serve apenas para o caso de mudar de pós-processador, caso tivéssemos uma máquina com outro tipo de comando.

O segundo quadro, **Tool Settings**, serve de configuração de ferramentas e materiais. Neste quadro apenas acione a caixa **Assign tool number sequentially**, habilita a sequência de números de ferramentas. E em **sequence #** na caixa **start**, deixamos o valor 0. No terceiro quadro iremos criar o **stock**.

Stock Setup

Nesta caixa há um desenho com linhas tracejadas em perspetiva e as coordenadas X, Y e Z, onde podemos colocar os valores do material a ser maquinado.

A caixa ao lado, **Stock Origin**, determina o centro da peça em relação à origem do **Mastercam**. No eixo Z, se deixarmos 0 o **stock** partirá da face da peça e se colocarmos um valor qualquer, o **stock** partirá da base.



Para visualizar o **stock** na peça, acionamos a caixa **Display** e aparece uma caixa de linhas tracejadas. Estas linhas são apenas de visualização, não interferindo com a peça. Para desativar, basta tirar a seleção na caixa **Display**.

No caso de quisermos saber as medidas de uma peça sem o uso das dimensões, podemos clicar em **Bounding Box**, em modo 3D. As dimensões aparecerão nas caixas das medidas. Após criarmos o **stock** devemos verificar se a peça está no centro que foi determinado e se o Z está na altura que determinámos para o início da maquinação.

MAQUINAÇÃO 2D

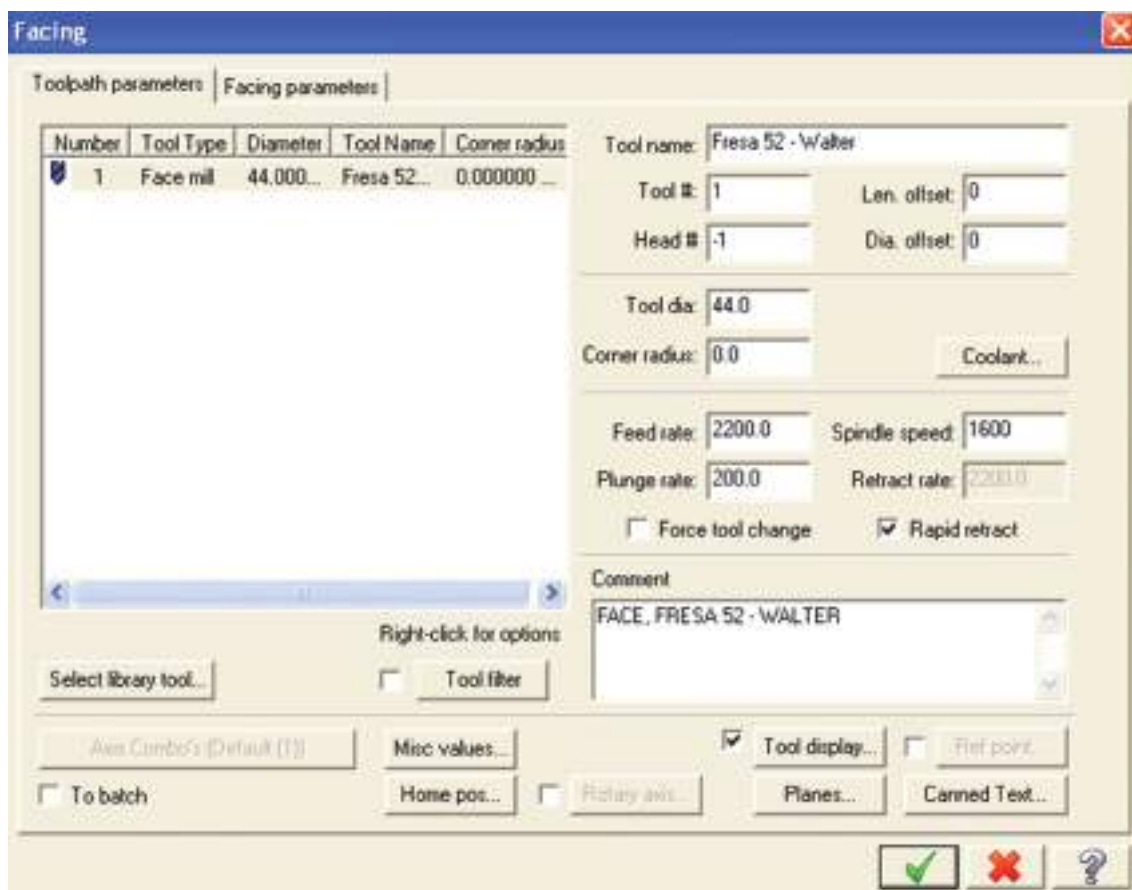
As ferramentas de maquinação 2D encontram-se no menu **Toolpaths** sendo estas a face, contorno, cavidades 2D (**pocket**) e furação. Antes de se iniciar qualquer maquinação devemos verificar se o plano de construção está na vista de topo, porque o **Mastercam** ira gerar a maquinação conforme a vista que estiver ativa.

Face



Face Toolpath... Cria uma maquinação de facejamento. Ao clicarmos na ferramenta aparece uma caixa de dialogo, **Chaining**. Se foi criado o **stock** anteriormente, apenas clicamos em Ok e o **Mastercam** ira calcular automaticamente as coordenadas que foram inseridas no **stock**. Caso se queira facejar apenas um determinado local da peça, criamos uma cadeia, clicamos em **Chain** e **OK**. Abrirá então uma caixa de parâmetros de maquinação, onde serão inseridos os dados de ferramentas, dados de corte, a ferramenta que será usada para a maquinação, comentários sobre a maquinação, etc. Esta primeira caixa será igual para todos os tipos de maquinação.





Toolpath Parameters

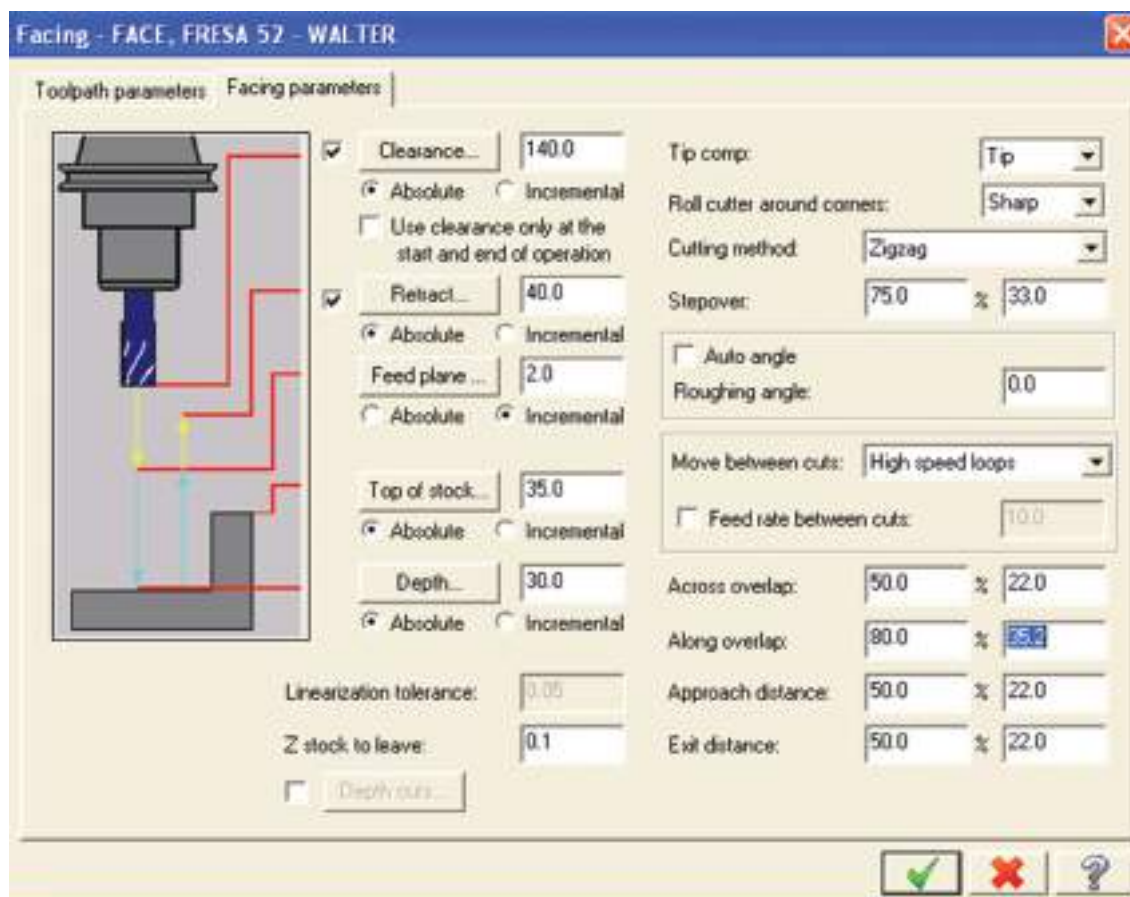
1º passo: Selecionar a ferramenta adequada para facejar, clicar em **Select library tool**, se o filtro **Tool filtre** estiver acionado, aparecerá uma ferramenta que melhor se adapta à maquinação (mas que nem sempre é a mais indicada). Se quisermos mudar de ferramenta clicamos em **Filter** e aparecerá uma caixa com vários tipos de ferramentas predefinidas. Se a ferramenta tiver um nome, este aparecerá em **Tool name**.

2º passo: Inserir os dados para maquinação:

- **Coolant:** Refrigeração;
- **Feed rate:** Avanço de maquinação;
- **Spindle speed:** Rotação em rpm;
- **Plunge rate:** Avanço de descida em Z (como referência, pode usar-se o valor de 200 mm/min);
- **Retract rate:** Avanço rápido G0. Devemos deixar ligada a opção **rapid retract**;
- **Comment:** Caixa de comentários para o programa.



Facing parameters



- **Clearance:** Movimentos de segurança (reco da ferramenta) segundo o eixo Z. Como referência, podemos usar ± 100 mm em relação à parte mais alta da peça. Usar sempre em **absolute**;
- **Retract:** Recuo de mudança de coordenada do eixo Z. Podemos usar valores entre 10 a 20 mm, dependendo do sistema de fixação. Se, por exemplo, for com grampos apertando a peça pela face, devemos deixar um valor suficiente para a ferramenta poder passar por cima. Usar sempre em **absolute**;
- **Feed Plane:** Valor de aproximação do eixo Z para começar a maquinar. Como referência, podemos deixar 2 mm. Usar sempre em incremental (coordenadas incrementais);
- **Top of stock:** Medida inicial para começar a maquinação. Usar sempre em **absolute** e podem ser dados valores negativos;
- **Depth:** Medida final da maquinação. Usar sempre em **absolute** e podem ser dados valores negativos;




- **Z stock to leave:** Sobre-espessura a ser deixado na face da peça. O valor depende do material e da quantidade de material que será removido;
- **Depth cuts:** Incremento das passagens em Z.





Max. Rough step: Valor em mm das passagens em Z

Keep tool down: Se ativo, a cada mudança da coordenada Z, a ferramenta não subirá. No caso de contornos, acionar somente se for contorno fechado.

Contornos

 **Contour Toolpath...** Cria uma maquinação de contorno com Z constante, em rampa, contorno dos cantos e chanfros.

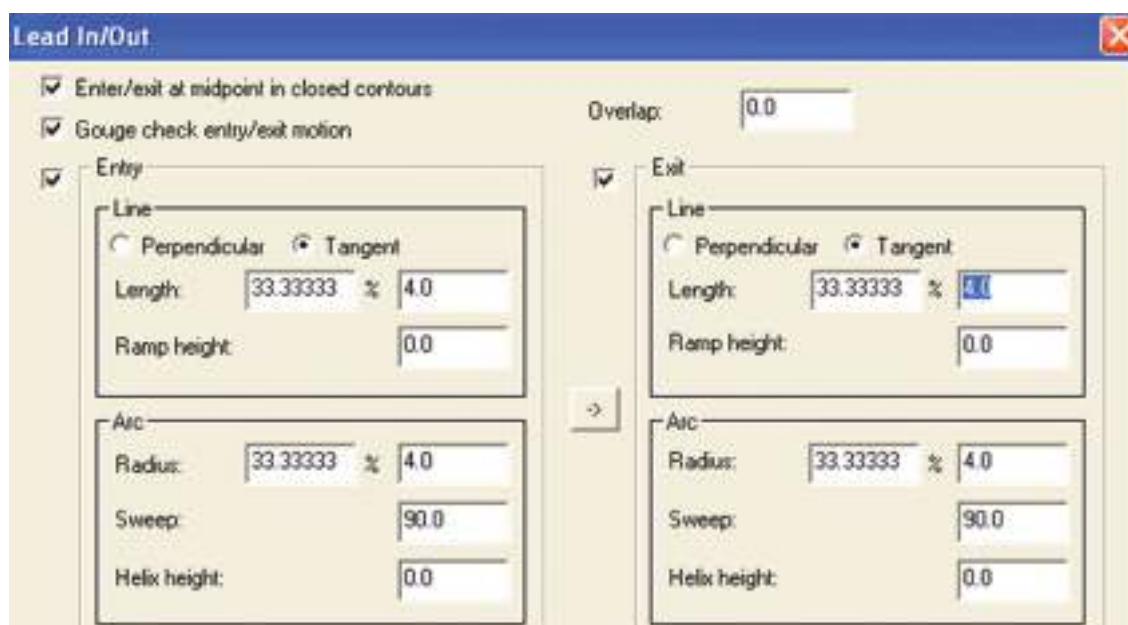
ao clicarmos na ferramenta aparecerá a caixa de dialogo **Chaining** em que existem vários tipos de seleção de contorno. Por defeito, já vem selecionada a opção . O ponto do contorno que for selecionado será o ponto utilizado pela ferramenta para começar a maquinar.

Quando se seleciona o contorno, irá aparecer uma seta indicando a direção da maquinação e se esta é interna ou externa. Para mudar de direção usamos a opção **Reverse** .

Na caixa de parâmetros de maquinação **Toolpath parameters**, colocamos os dados correspondentes à ferramenta que foi selecionada e clicamos na caixa **Contour parameters**. Algumas opções já são conhecidas e devemos indicar os dados da peça, lembrando sempre da fixação, para colocar as alturas necessárias:



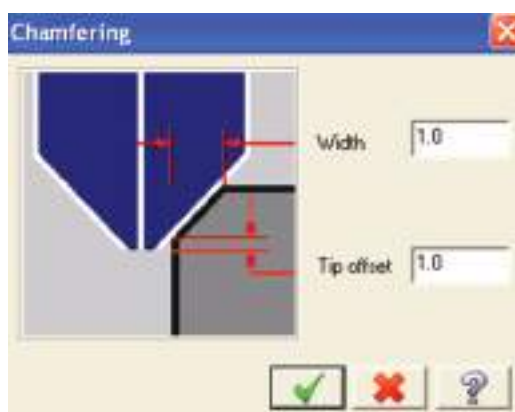
- **X e Y stock to leave** Sobre metal nos eixos X e Y, o valor que for colocado é constante, tanto para X ou Y;
- **Z stock to leave** Sobre metal deixado em Z;
- **Multi passes** Cria vários passes no contorno. É utilizado para dar acabamento, retirar excesso de material no contorno, etc. Selecione a caixa **multi passes**.
 - Number:** Número de passes desejado;
 - Spacing:** Distância dos passes em mm;
 - Keep tool down:** Acionar apenas quando for contorno fechado.
- **Lead in/out:** Entrada e saída tangencial da ferramenta. É utilizado para não deixar que a ferramenta entre e saia em cima da peça, deixando marcas no contorno.



- **Enter/exit at midpoint in cloused contours:** Se deixar acionado a ferramenta entrará sempre no meio da entidade. Funciona apenas em contornos fechados;
- **Entry:** Caixa de entrada da ferramenta
 - Line e Arc:** Nesta opção mudamos apenas os valores de **Length** e **Arc**, colocando um valor proporcional à ferramenta para que esta possa entrar. Por exemplo, se a fresa for de 12 mm, usamos um valor de 20% que dará 2,4 mm e a fresa sairá 2,4 mm da face da peça para mudar de coordenada. Normalmente usamos os mesmos valores de entrada para a saída da ferramenta **Exit**. Para transferir os dados clicamos no ícone e os dados da entrada serão copiados para a saída.



- **Filter:** Esta caixa é obrigatória. Todos os contornos deverão ser ativados para poderem ser filtrados e o programa ser otimizado e ficar menor.
- **Contour type:** Nesta caixa há quatro tipos de contornos.
 - 2D:** Este tipo de contorno é muito usado para contornos fechados, em que a ferramenta faz a maquinação em Z constante.
 - 2D chamfer:** Usado para fazer chanfros nas peças.
- **Tip**
 - Width** Largura do chanfro.
 - Tip offset** Altura que a ferramenta passará do final do chanfro.



- **Ramp:** Contorno em rampa, usado para contornos abertos, evitando que a ferramenta termine o contorno, suba e volte ao início perdendo tempo.




Em **Ramp depth** colocamos o valor do incremento em Z.



- **Remachining:** É utilizado para maquinação dos cantos que a ferramenta de desbaste não tirou. Copie a mesma maquinação, mude de ferramenta, coloque uma que seja menor ou igual ao raio do canto e selecione a caixa **Remachining** e o **Mastercam** irá gerar automaticamente a maquinação.

Cavidades 2D

 **Pocket Toolpath...** Cria a maquinação de uma cavidade passante ou não passante, rebaixos, rasgos, etc. Selecionamos a ferramenta e aparecerá a caixa de dialogo **Chaining** e seguimos a mesma sequência do contorno. Na caixa de parâmetros de maquinação **Toolpath parameters**, coloque os dados correspondentes à ferramenta que foi selecionada e clicamos na caixa **Pocketing parameters**.

Algumas das opções já foram vistas, devemos preenche-las com os dados da peça, a sobre-espessura, caso seja desbaste. Não nos devemos também de esquecer e da fixação, para colocar as alturas necessárias.

Como no contorno, a maquinação de cavidades 2D possui vários tipos de estratégias:

- **Pocket type:** Nesta caixa há 5 tipos de cavidades.
 - Standard:** A ferramenta faz a maquinação da cavidade em Z constante n um contorno fechado, com ou sem ilhas.
 - Facing:** Usado para facejar perfis mais complexos. Nesta estratégia a ferramenta faceja a peça seguindo o perfil selecionado.
 - Island Facing:** É uma estratégia de maquinação idêntica à anterior, com a diferença que na anterior a ferramenta faz a maquinação partindo do seu centro, enquanto que esta percorre o contorno igual ao standard e se tiver ilha ela não maquina.
 - Remachining:** Tem a mesma função que a do contorno.
- **Open** Neste tipo de maquinação, o contorno poderá ser aberto. A caixa **Roughing/Finishing parameters** há vários tipos de estratégias de maquinação e tipos de entradas de ferramentas.

Na caixa **Rough** estão as estratégias de maquinação, sendo as mais usadas:

Zigzag: Este tipo de maquinação é usado para facejar um perfil retangular ou um acabamento em rebaixos.



Constant Overlap Spiral: Este tipo de maquinação é bastante usada para desbastar, pois a ferramenta percorre o perfil da peça e maquina tanto de fora para dentro como de dentro para fora.

Parallel Spiral, Clean Corners: É usada para acabamento das cavidades, fazendo o mesmo que a opção anterior, com a diferença da mudança de coordenadas X e Y o programa de maquinação cria um raio para poder limpar as sobras.

True Spiral: Usado principalmente para maquinar um perfil circular, uma vez que acompanha uma circunferência.

Para determinar a distância das passagens, colocamos um valor na caixa **Stepover percentage** correspondente à percentagem do diâmetro da ferramenta. Para desbaste usa-se 75% da ferramenta, que normalmente já vem acionado, para acabamentos usa-se 50% ou menos para dar um melhor acabamento e tirar todas as imperfeições.

Na caixa **Spiral inside to outside** determinamos se a ferramenta vai começar a maquinar de dentro para fora ou de fora para dentro. Se ativarmos a opção, a ferramenta irá começar de dentro para fora e se não for selecionada, irá começar de fora para dentro. Para suavizar a entrada da ferramenta na peça, selecionamos a caixa **helix**. Nesta caixa existem dois tipos de entrada: a entrada em hélice e a entrada em rampa. Se for usada a entrada em hélice, as opções **minimum radius** e **maximum radius**, que representam o raio máximo e mínimo da entrada, são deixadas com os valores por defeito.

- **Z clearance:** É a altura em que a ferramenta irá posicionar-se antes de começar a entrada;
- **XY clearance** É como se fosse uma sobre-espessura de segurança em X e Y para a ferramenta não tocar nas paredes da peça;
- **Plunge angle:** Determina o ângulo que a ferramenta irá descer na entrada da ferramenta.

Se desejarmos que a ferramenta comece num determinado ponto, selecionamos a caixa **Center on entry point**. Este ponto deverá ser selecionado junto com o contorno da cavidade. Em **Entry feed rate**, se deixar selecionado **Plunge rate** a ferramenta assumirá o avanço de descida. Se se seleccionar a caixa **Feed rate**, a ferramenta assumirá o avanço de maquinação, que é o mais comum.



Furação



Cria um programa de furação, você poderá criar um maquinação a partir de pontos, arcos ou sólidos.

Selecionada a ferramenta de furação, abrir-se-á a caixa **Drill Point Selection** com várias opções disponíveis:

- **Entities:** Seleciona as entidades desejadas, tais como pontos ou furos;
- **Windows Points:** Abre uma janela e seleciona apenas os pontos;
- **Mask on Arc:** Seleciona apenas arcos;
- **Sorting:** Seleciona a estratégia de furação desejada.

Selecione a ferramenta desejada na caixa de parâmetros. Note-se que nas caixas de dados de corte apenas estão ativas as caixas de avanço e rotação.

No quadro seguinte colocamos as alturas desejadas. Neste tipo de maquinação alguns parâmetros de altura vão mudar.

- **Clearance:** Este parâmetro indica o valor do recuo da ferramenta;
- **Retract:** Devemos utilizar valores em incremental, porque este parâmetro servirá como Z de aproximação;
- **Top of stock:** Coloque a altura a que a ferramenta começará a maquinar;
- **Depth:** Profundidade da maquinação.

SIMULAÇÃO DE MAQUINAÇÃO

Após termos feito todo o processo de maquinação da peça, podemos fazer a sua simulação. O Mastercam possui alguns tipos de simulação.



Backplot está localizado na árvore de criação de maquinações e mostra apenas a maquinação representada por linhas. Clicando no ícone abrir-se-á uma caixa de comando onde podemos simular a maquinação mostrando a ferramenta com o suporte, apenas a ferramenta ou sem nada. Abrir-se-á também a caixa de comandos de velocidade da simulação e podemos ir para frente, para trás, mais rápido, mais lento ou final.

Enquanto simula, repare na parte de baixo da caixa **backplot** aparecerá, às coordenadas, o avanço da ferramenta no momento da simulação. Clicando na caixa **Info**, aparecerá o tempo da maquinação.





- **Feed:** É o tempo da maquinação em avanço programado.
- **Rapid:** É o tempo de deslocamento da ferramenta em avanço rápido (G0) (usar apenas como referência).
- **Total:** É o tempo total da maquinação. Devemos levar em conta apenas o **feed** colocando mais ou menos 10% no tempo de **feed**.
- **Path length** é a distancia em mm que a ferramenta percorrerá durante a maquinação.


A opção **min/max** corresponde às coordenadas mínimas e máximas que a ferramenta percorrerá. Este dados são úteis para sabermos se determinada peça poderá ser maquinada numa máquina com um determinado curso.


Min/max feedrate são os avanços mínimos e máximos que a ferramenta irá usar durante a maquinação.

Para sabermos os dados de uma determinada maquinação, clicamos em cima da que desejamos.

 **Verify:** Este modo de simulação permite visualizar a peça desde o **stock** (em bruto). A vantagem é que a simulação é feita num sólido, podendo visualizar-se onde a ferramenta irá tirar ou deixar material. Também podemos comparar esta simulação com o desenho original através de um arquivo gravado com a extensão *.stl.

 **Turbo:** A simulação será feita no modo rápido, sem que se visualize a trajetória da ferramenta.


 **Simulate tool:** Simula a maquinação com a ferramenta como se estive a ser feita na máquina, mostrando todo o percurso da ferramenta e a maquinação da peça. No entanto, este é um processo mais lento.

 **Simulate tool and holder:** Opção igual à **Simulate tool**, com a diferença que simula a ferramenta junto do suporte, mas sendo pouco usada.

 Velocidade da simulação.

Para se fazer a comparação da peça original com a maquinação que foi criada, primeiro precisamos de guardar a peça com a extensão *.stl. Depois simulamos o programa no modo turbo. Feito isto, aparecerá uma caixa de diálogo **STL** com uma tabela de cores e uma de tolerâncias. Quando acabar a simulação, a peça estará com algumas cores dependendo da sobre-espessura deixada nas maquinações.



Clicamos em  e selecionamos o ficheiro que foi convertido para **STL**. Depois clicamos em:



Compare the machine: É utilizado para comparar a maquinação com o modelo

original. A caixa de cores ficará ativa para possível comparações.



Show and both: O modelo aparecerá sobre a maquinação.



Display STL file: O modelo aparecerá em **STL**.



Display machined stock: Ficaré apenas a simulação da maquinação.

HISTÓRICO DE CRIAÇÃO DE MAQUINAÇÕES

Este histórico (ou árvore) é onde teremos todas as informações para se criar um programa de maquinação.

Como já foi visto, selecionamos o tipo de maquinação em **Machine Type**. No lado esquerdo do ecrã irá aparecer a árvore de maquinação com o nome de **Machine Group 1**.

Properties – machine definition: Já foi visto anteriormente.

Toolpath Group 1: Este nome pode ser alterado e, normalmente, muda o nome para poder dividir as maquinações em grupos, para ser mais fácil de entender o programa e para poder processar.

Para criar outro grupo de maquinação, clicmos com o botão direito do rato em **Machine Group > Groups > New toolpath group**.

Clicando com botão direito do rato em **Toolpath group** ou no novo nome que foi dado ao grupo, irão aparecer várias opções. Selecionamos **Edit selected operations** para renomear o número das ferramentas ou mudar a sequência delas.


CRIAÇÃO DE UM FICHEIRO NC

Um ficheiro NC (programa) é um tipo de arquivo que o **Mastercam** gera para ser lido em máquinas CNC. Estes ficheiros contêm os códigos de que o controlador da máquina necessita para poder movimentar os eixos e executar as operações que foram feitas no modelo.



Para podermos processar um programa que foi feito no **Mastercam**, primeiro é necessário que as árvores de maquinação estejam separadas, caso se queira gerar mais de um programa para a mesma peça.

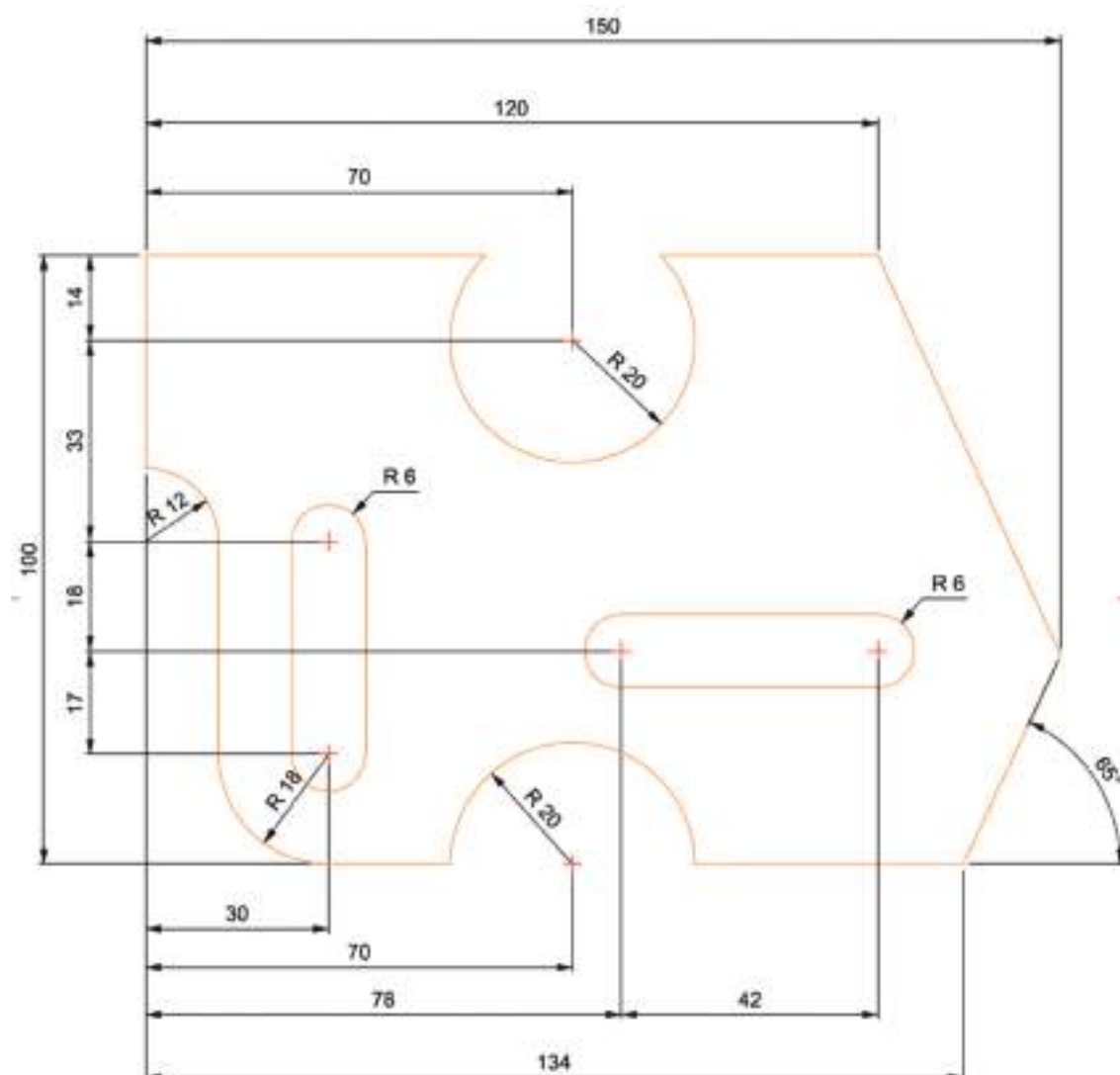
Feito isto, clicamos com o botão direito do rato em cima do **Toolpath group** ou no novo nome que foi dado ao grupo, clicamos em **Edit selected operations > Change NC file name**. Abrir-se-á uma caixa, na qual apagamos o que está lá e digitamos um número para o nosso programa, que deverá ter seis dígitos (por exemplo, 000001).

Depois clicamos em  para processar o programa. Clicamos em OK, quando abrir a janela e guardamos. Depois de termos o programa NC pronto, verificamos se os números e as ferramentas que foram usadas para gerar os programas coincidem com as da folha de processo, para podermos executar o programa com segurança.

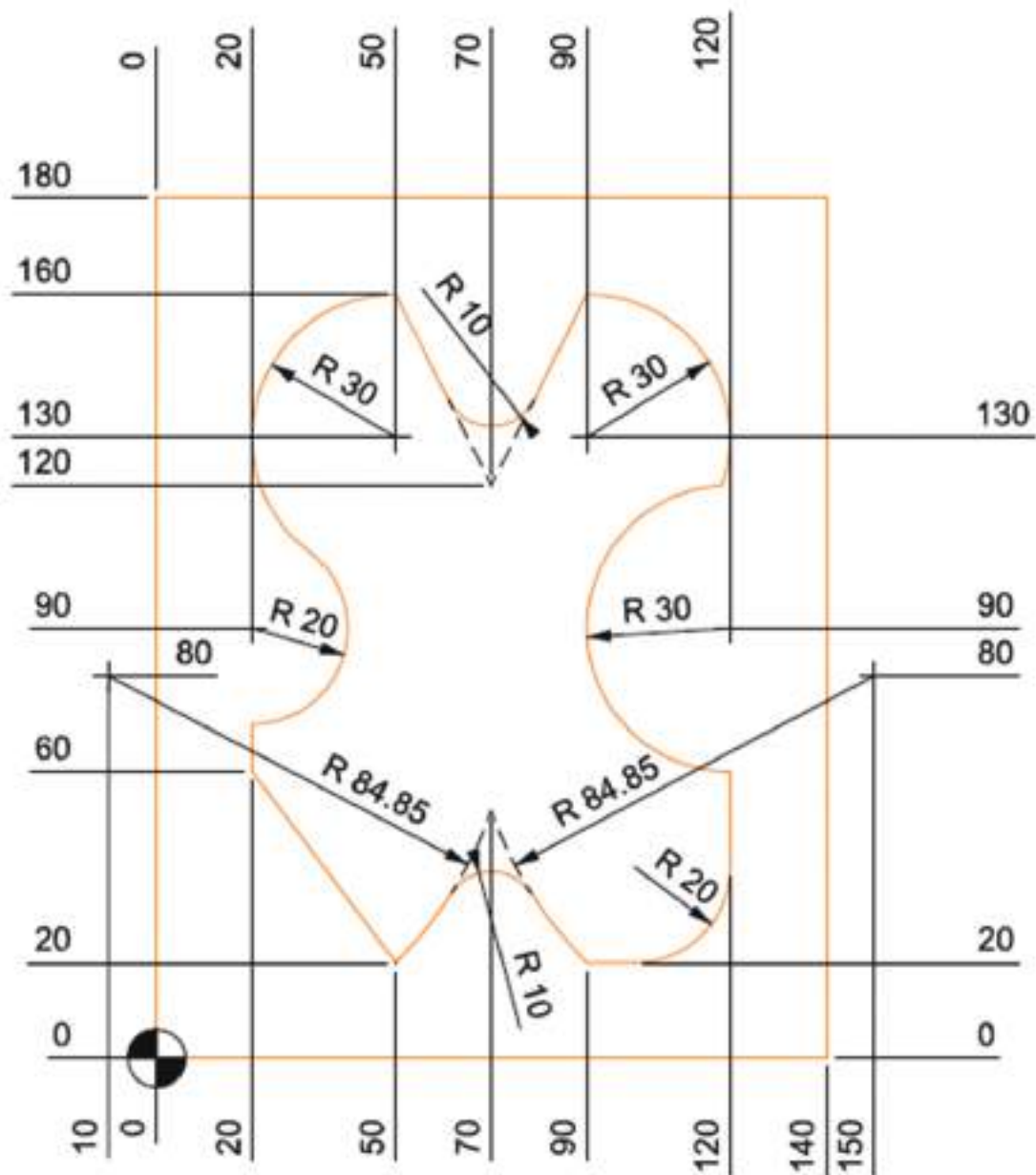


EXERCÍCIOS PRÁTICOS

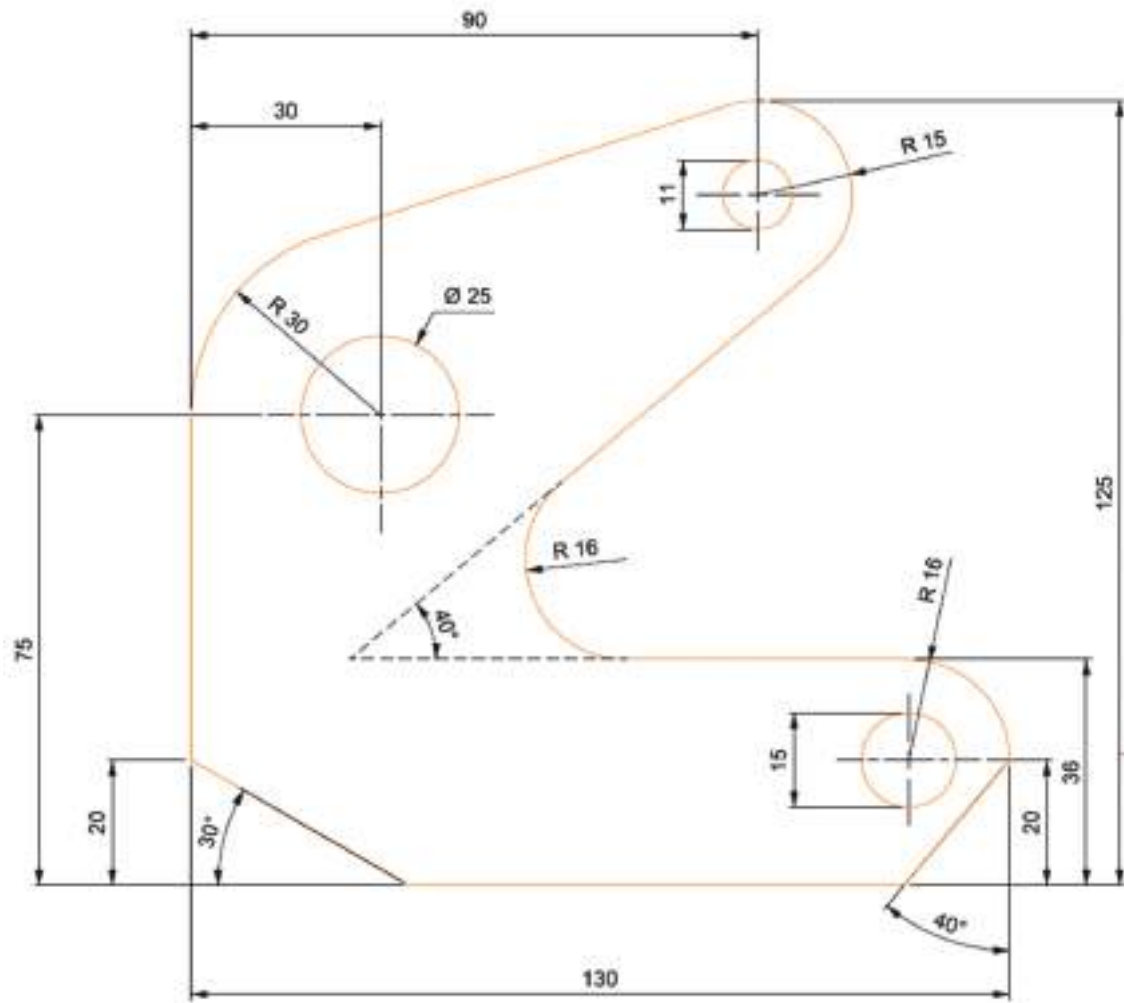
EXERCÍCIO 1. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.



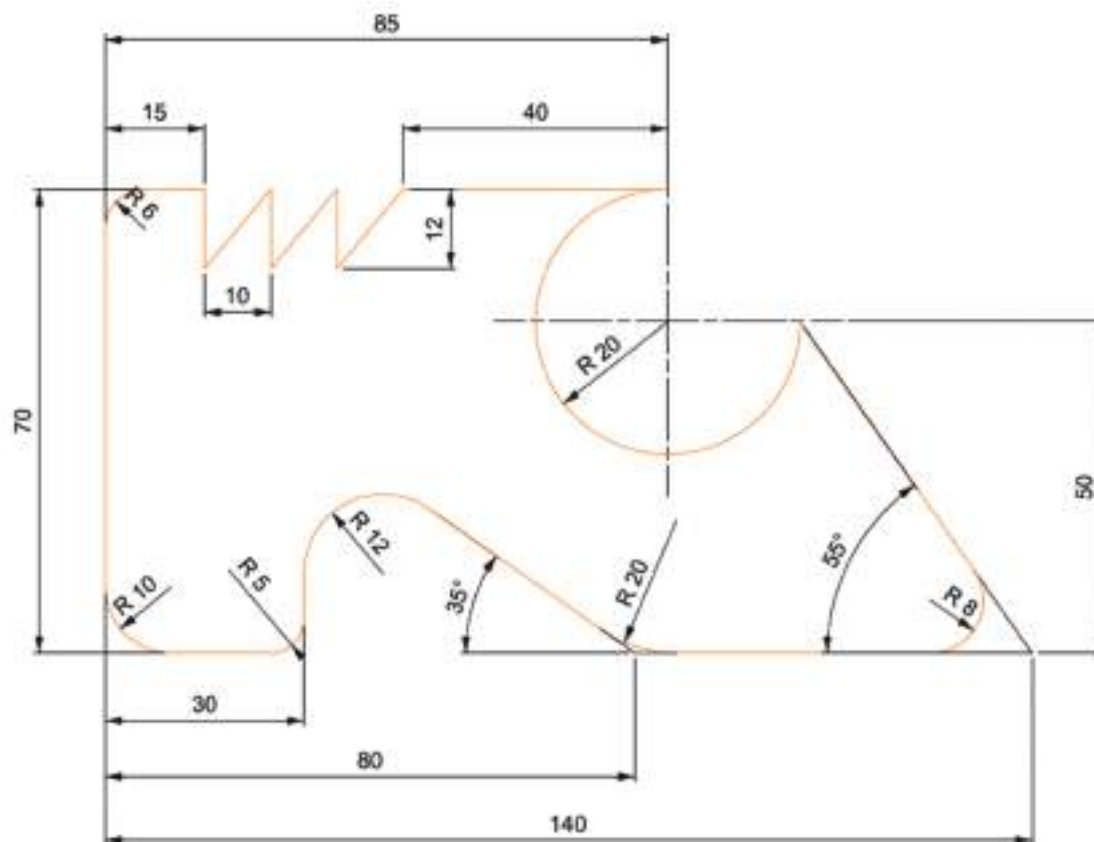
EXERCÍCIO 2. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.



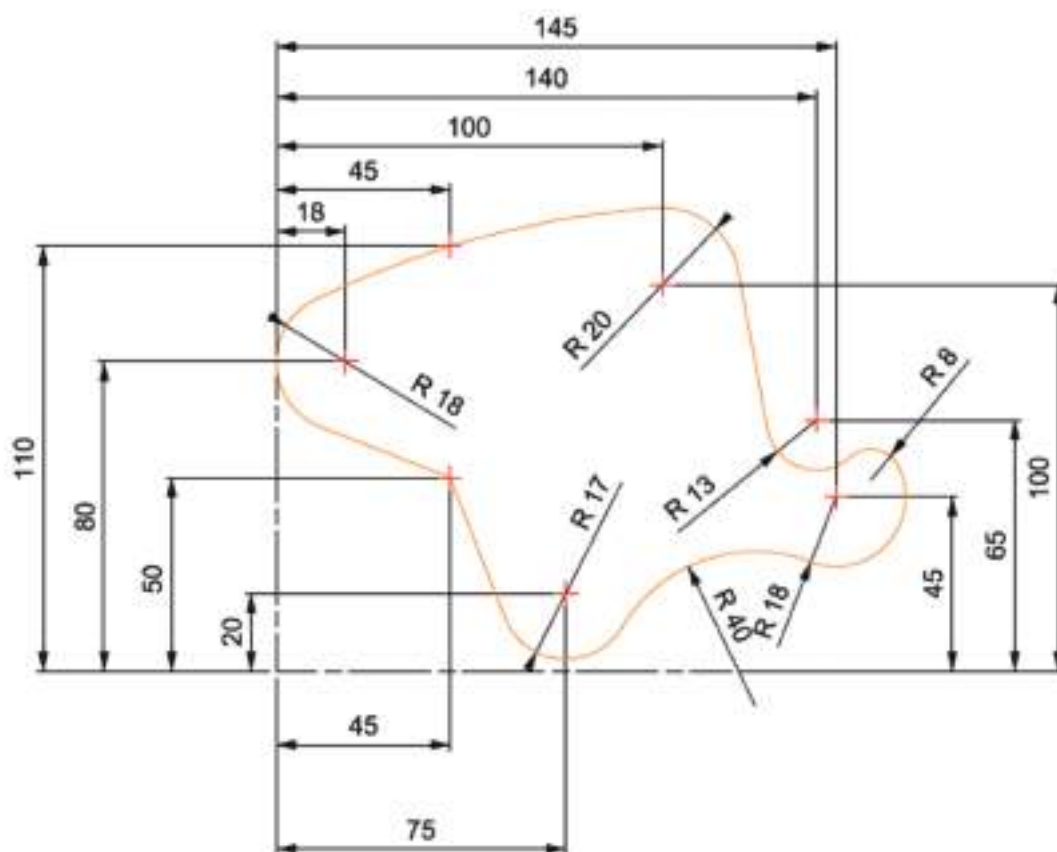
EXERCÍCIO 3. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.



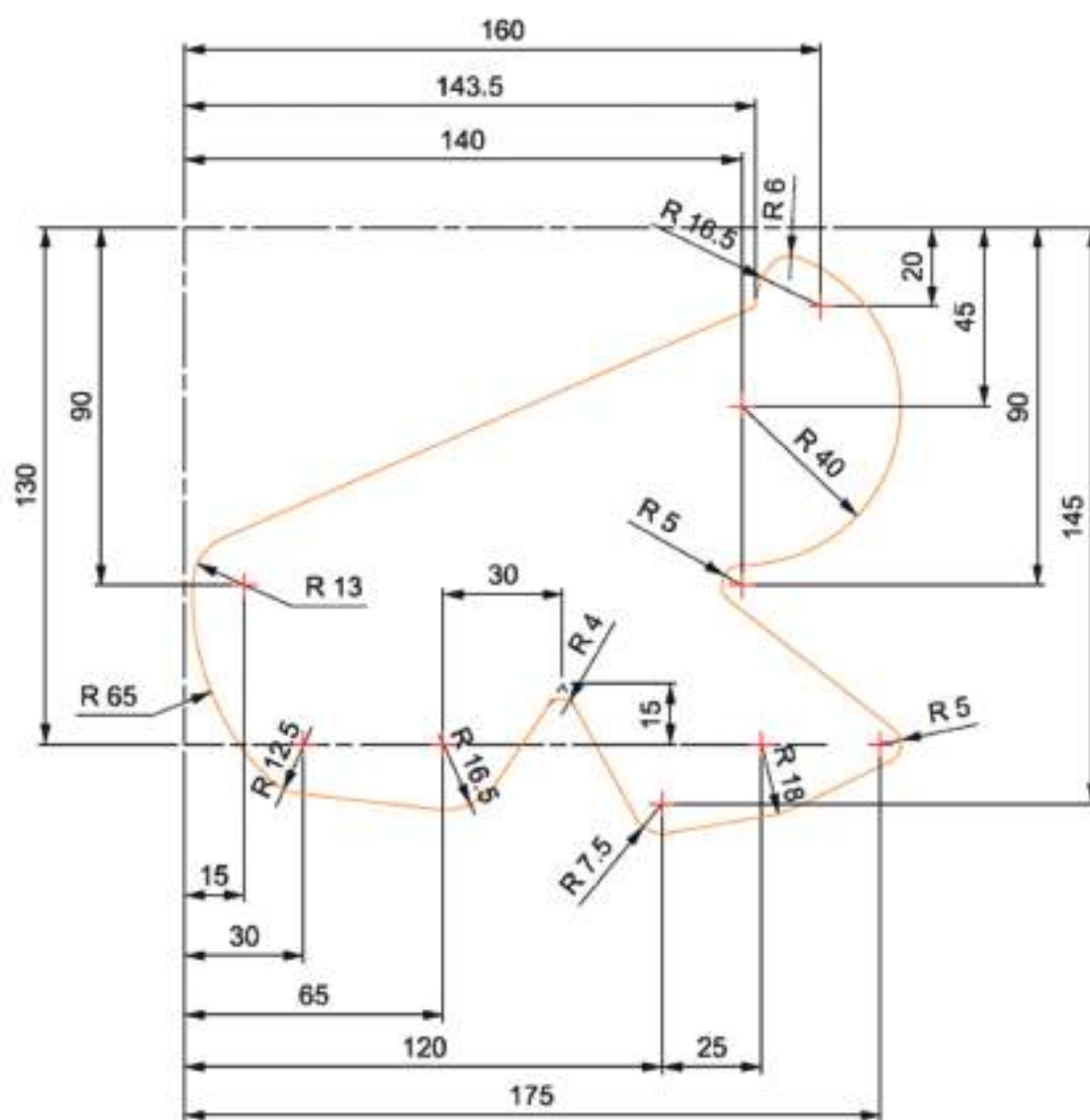
EXERCÍCIO 4. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.



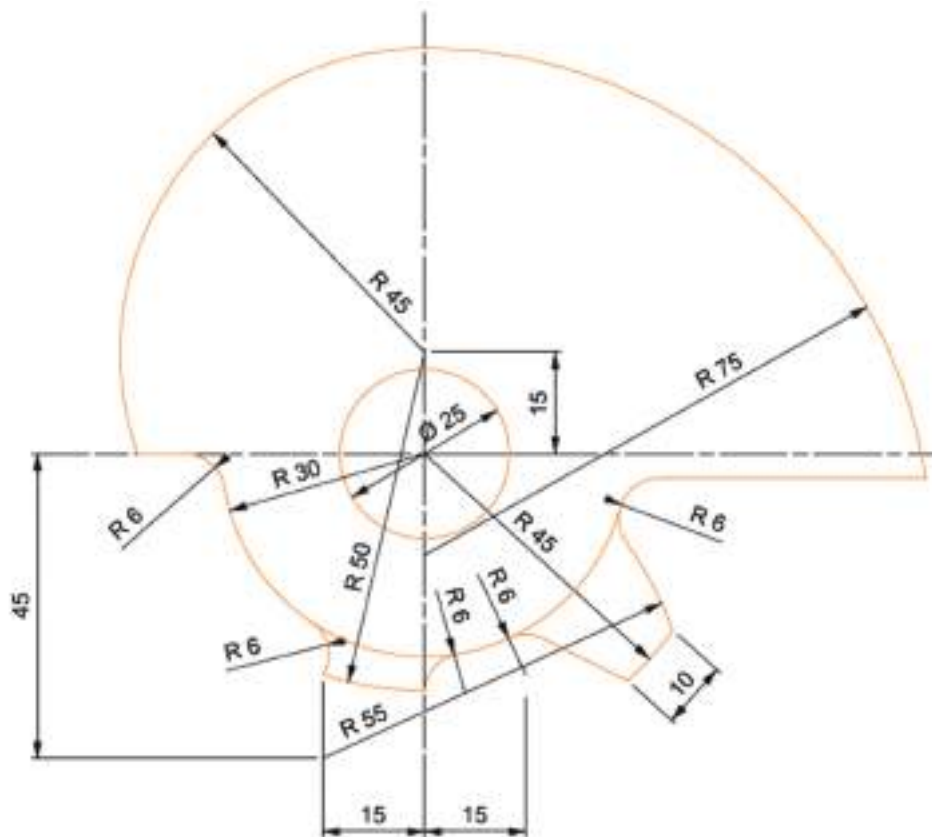
EXERCÍCIO 5. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.



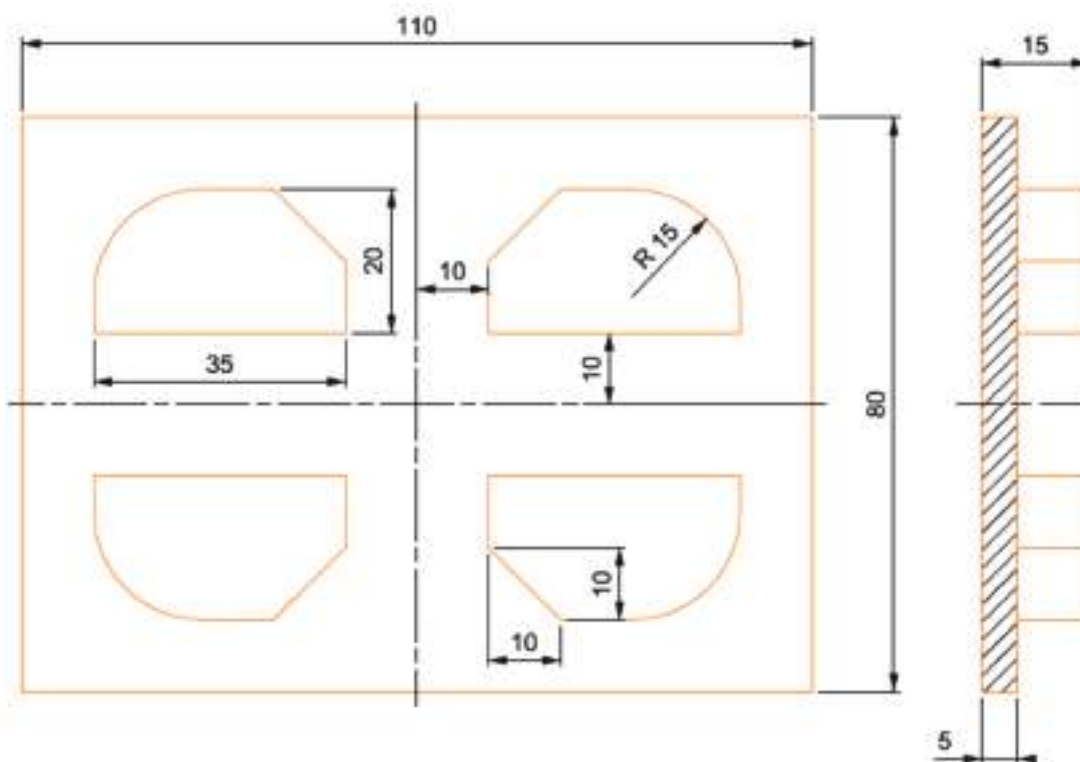
EXERCÍCIO 6. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.



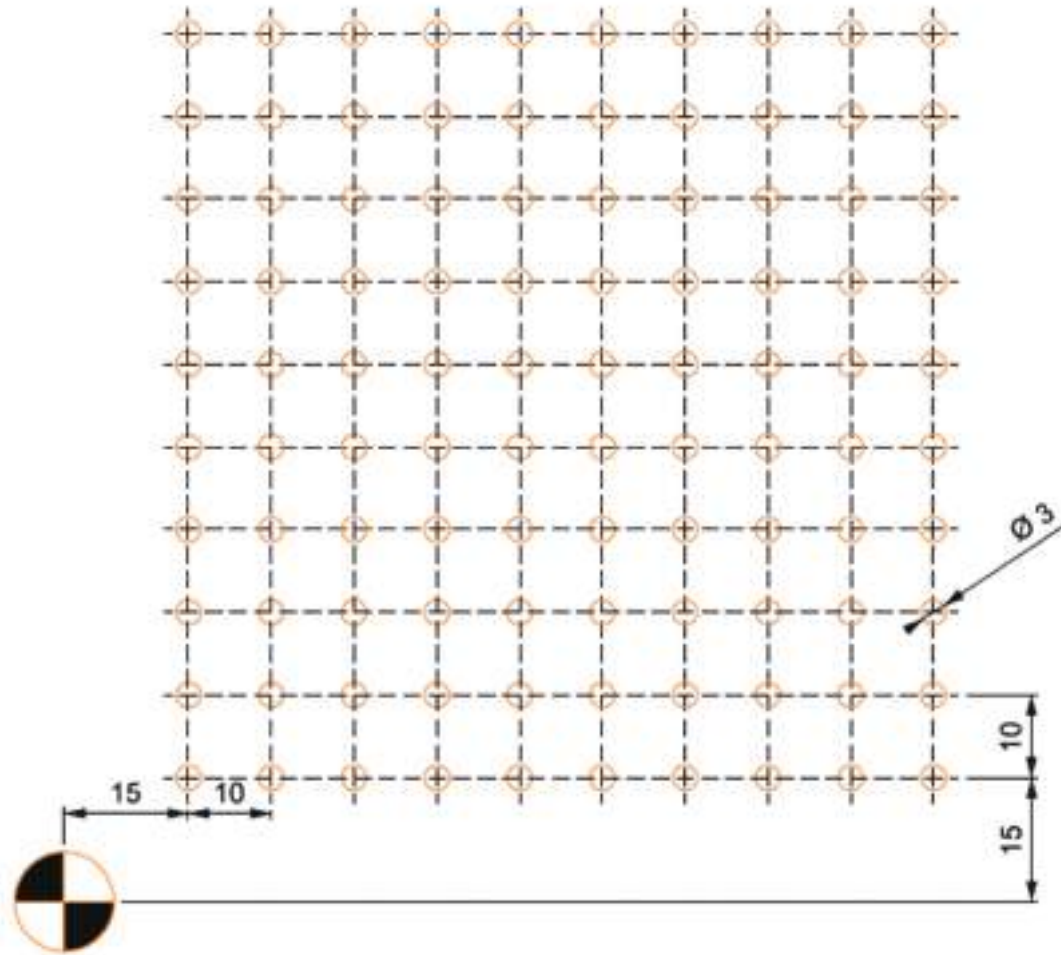
EXERCÍCIO 7. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.



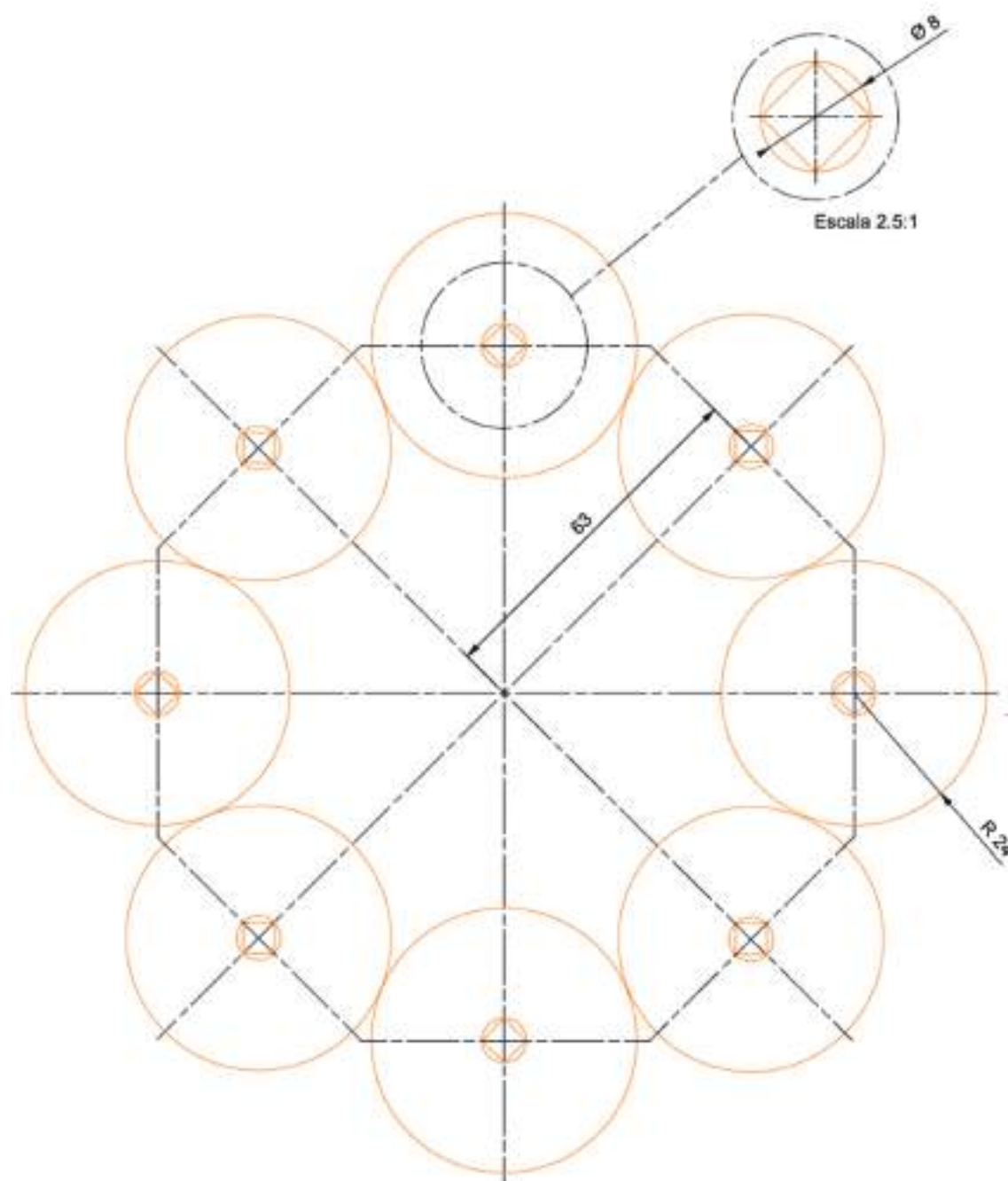
EXERCÍCIO 8. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM. Utilize os comandos Hatch e Dimension para desenhar as linhas de corte e fazer a cotação.



EXERCÍCIO 9. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.
Utilize o comando Copy.

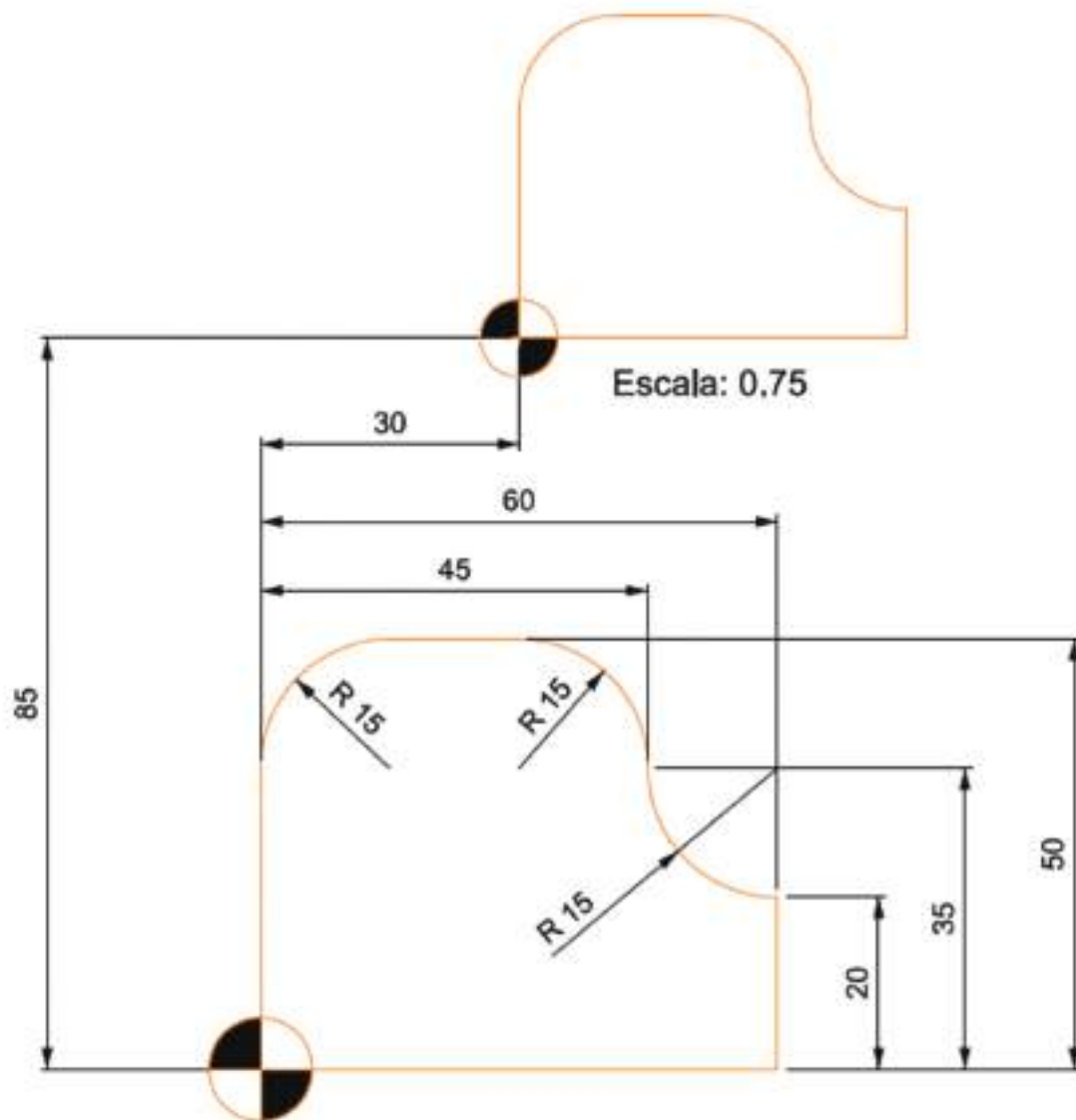


EXERCÍCIO 10. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.
 Utilize os comandos Rotate e Scale.

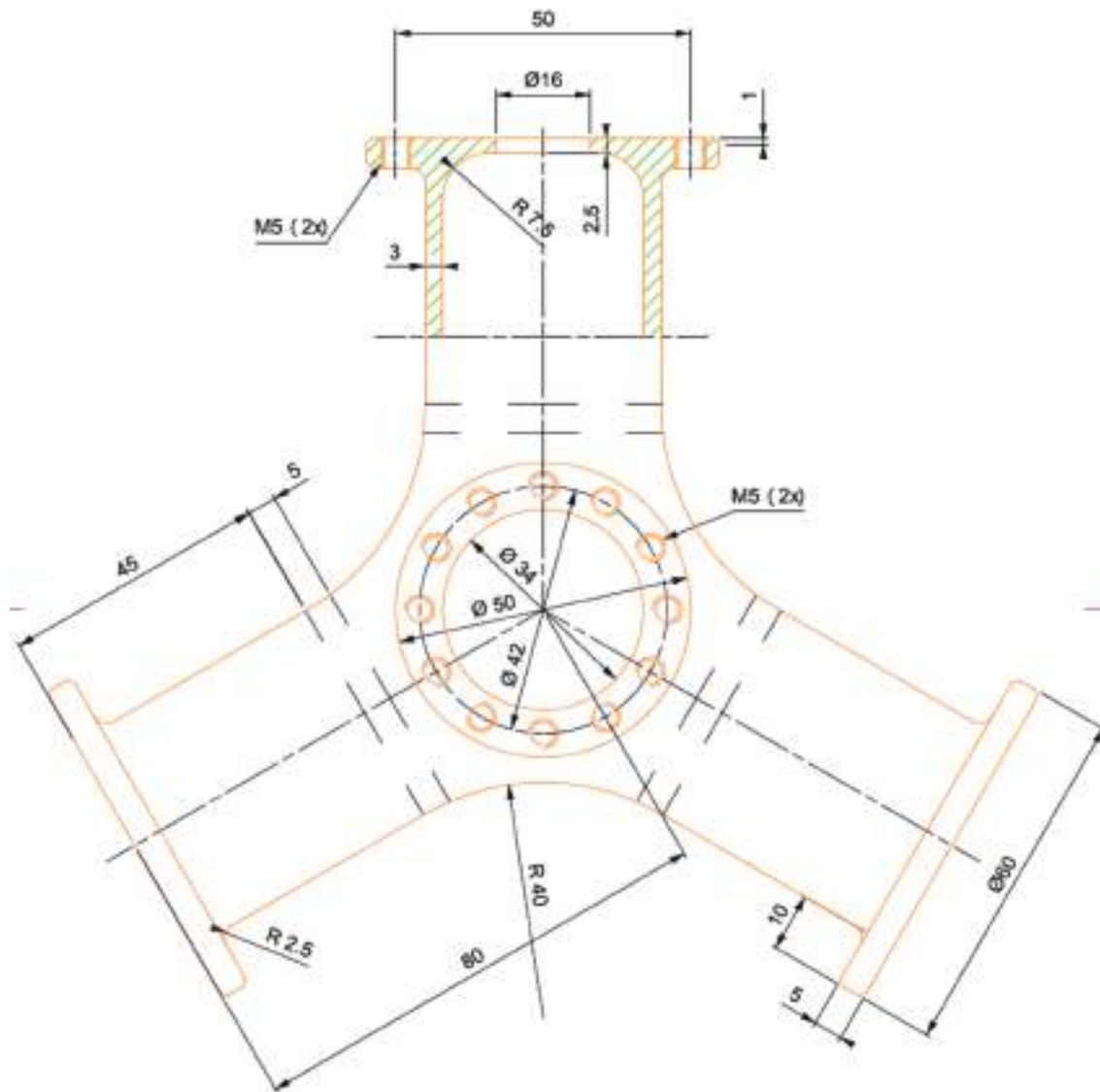


EXERCÍCIO 11. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.

Utilize os comandos Copy e Scale.

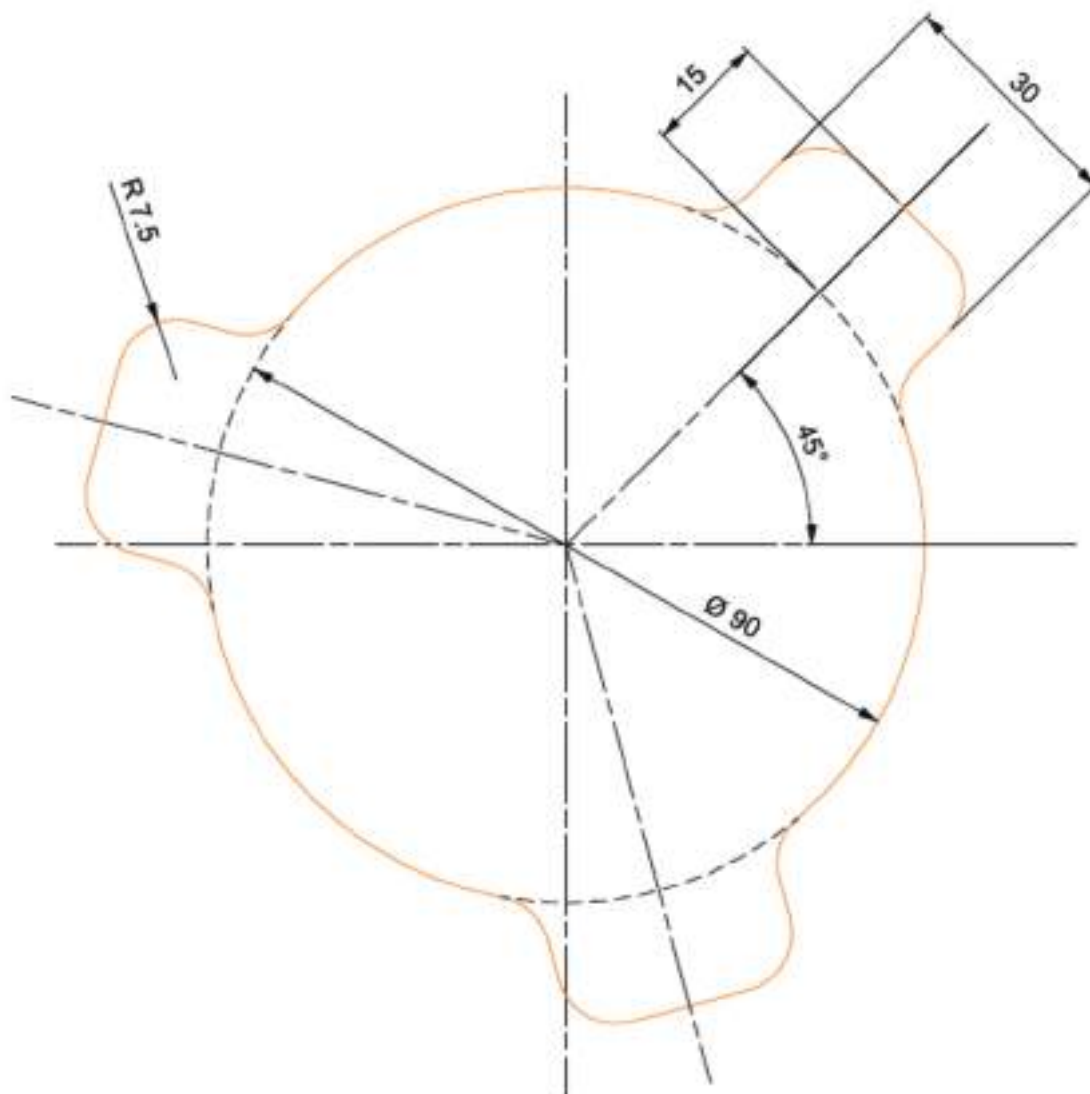


EXERCÍCIO 12. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.
 Utilize os comandos Hatch, Rotate e Dimension.

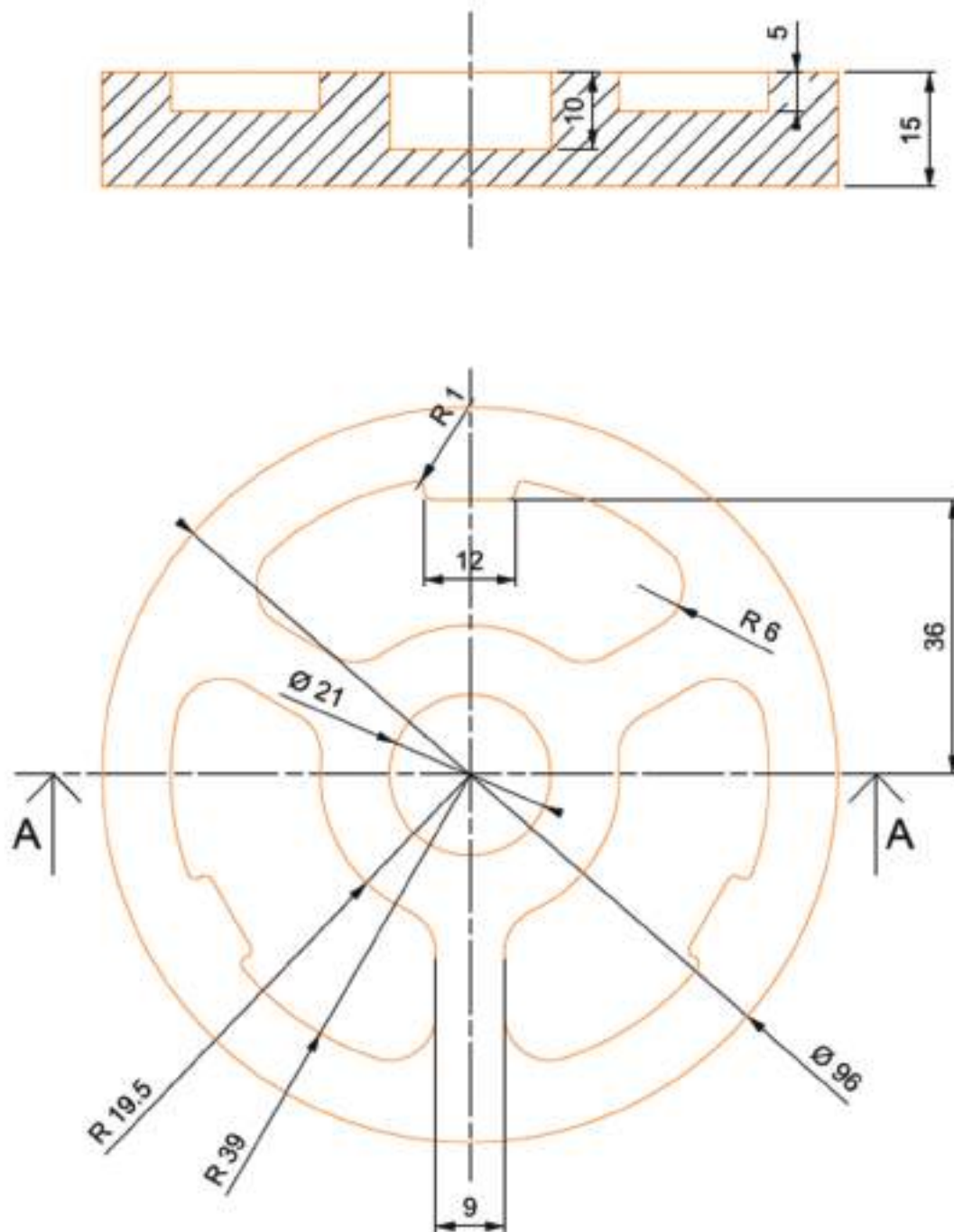


EXERCÍCIO 13. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD/CAM.

Utilize o comando Rotate.



EXERCÍCIO 14. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.



EXERCÍCIO 15. Efetue a geometria indicada com recurso a um software de CAD.

