



PROJETO 3D EM SOLIDWORKS



Américo Costa



EDIÇÃO

FCA – Editora de Informática, Lda.
Av. Praia da Vitória, 14 A – 1000-247 Lisboa
Tel: +351 213 511 448
fca@fca.pt
www.fca.pt

DISTRIBUIÇÃO

Lidel – Edições Técnicas, Lda.
Rua D. Estefânia, 183, R/C Dto. – 1049-057 Lisboa
Tel: +351 213 511 448
lidel@lidel.pt
www.lidel.pt

LIVRARIA

Av. Praia da Vitória, 14 A – 1000-247 Lisboa
Tel: +351 213 511 448 * Fax: +351 213 173 259
livraria@lidel.pt

Copyright © maio 2016, FCA – Editora de Informática, Lda.

ISBN: 978-972-722-820-1

1.ª edição impressa: maio 2016

Paginação: Rosa Quitério

Impressão e acabamento: Cafilesa – Soluções Gráficas, Lda. – Venda do Pinheiro

Depósito Legal n.º 407047/16

Capa: José M. Ferrão – Look-Ahead

Marcas registadas de FCA – Editora de Informática, Lda. –



fundamental®

Depressa & Bem®

Todos os nossos livros passam por um rigoroso controlo de qualidade, no entanto aconselhamos a consulta periódica do nosso site (www.fca.pt) para fazer o *download* de eventuais correções.

Não nos responsabilizamos por desatualizações das hiperligações presentes nesta obra, que foram verificadas à data de publicação da mesma.

Os nomes comerciais referenciados neste livro têm patente registada.



Reservados todos os direitos. Esta publicação não pode ser reproduzida, nem transmitida, no todo ou em parte, por qualquer processo eletrónico, mecânico, fotocópia, digitalização, gravação, sistema de armazenamento e disponibilização de informação, sítio *Web*, blogue ou outros, sem prévia autorização escrita da Editora, exceto o permitido pelo CDADC, em termos de cópia privada pela AGECOP – Associação para a Gestão da Cópia Privada, através do pagamento das respetivas taxas.

ÍNDICE

Prefácio.....	VII
1. Conceitos Gerais	1
1.1. Documentos	1
1.2. <i>Templates</i>	2
1.3. Gravar	3
1.4. <i>Pack and Go</i>	3
2. Definição da Geometria	5
2.1. Ferramentas de Desenho 2D.....	5
2.2. Restrições.....	12
2.3. Dimensões Paramétricas	15
2.4. Sistema de Equações.....	17
2.5. Tipo de Entidades.....	18
Exercício.....	19
Resumo	23
3. Modelação 3D.....	25
3.1. Ferramentas de Modelação 3D	25
3.1.1. <i>Boss Extrude</i>	26
3.1.2. <i>Cut Extrude</i>	28
3.1.3. <i>Boss Revolve</i>	28
3.1.4. <i>Cut Revolve</i>	29
3.1.5. <i>Boss Sweep</i>	29
3.1.6. <i>Cut Sweep</i>	30
3.1.7. <i>Boss Loft</i>	30
3.1.8. <i>Cut Loft</i>	32
3.1.9. <i>Fillet/Round</i>	32
3.1.10. <i>Chamfer</i>	32
3.1.11. <i>Rib</i>	33
3.1.12. <i>Shell</i>	34
3.1.13. <i>Linear Pattern</i>	35
3.1.14. <i>Circular Pattern</i>	36
3.1.15. <i>Mirror</i>	37

Exercícios	37
Resumo	78
4. Montagens – Desenho de Máquinas	79
4.1. Inserção de Componentes.....	79
4.1.1. <i>Insert Components</i>	80
4.1.2. <i>New Part</i>	80
4.1.3. <i>New Assembly</i>	82
4.2. Restrições.....	83
4.2.1. Tipo de Restrições	83
Exercício.....	84
Resumo	126
5. Projeto de Moldes	127
Exercício.....	127
Resumo	141
6. Desenho de Estruturas	143
Exercício.....	143
Resumo	151
7. Tecnologia da Chapa	153
7.1. Parâmetros de Quinagem de Chapa.....	153
7.2. Determinação da Fibra Neutra em Chapas Quinadas	154
7.3. Cálculo do Comprimento Planificado – Fator K.....	154
7.4. Cálculo do Comprimento Planificado – <i>Bend Table</i>	155
7.5. Principais Ferramentas em Modo <i>Sheet Metal</i>	156
7.5.1. <i>Base Flange/Tab</i>	156
7.5.2. <i>Edge Flange</i>	157
7.5.3. <i>Sketched Bend</i>	158
7.5.4. <i>Unfold</i>	158
7.5.5. <i>Fold</i>	159
7.5.6. <i>Lofted Bends</i>	160
7.5.7. <i>Flatten</i>	161
Exercícios	161
Resumo	169
8. Desenho Automático 2D	171
8.1. <i>Template Drawing</i>	171
Exercício.....	173
Resumo	182

9. Modelação por Superfícies.....	183
Exercício.....	183
Resumo.....	190
10. Análise por Elementos Finitos	191
Exercício.....	191
Resumo.....	198
11. Fabrico Assistido por Computador.....	199
Exercício.....	199
Resumo.....	235
Índice Remissivo.....	237



1

CONCEITOS GERAIS

Nas últimas décadas, com o desenvolvimento das tecnologias informáticas, fomos confrontados com uma grande revolução nos processos e nos métodos de representação de Desenho Técnico. Esta revolução, suportada inicialmente por um conjunto de aplicações de CAD 2D, evoluiu para um grupo diversificado de aplicações de CAD 3D, em que o objetivo principal do Desenho Técnico passou a ser a representação tridimensional. Estas aplicações de CAD 3D surgiram com a capacidade de guardar todo o tipo de tarefas e de parâmetros que são necessários para a modelação de qualquer componente ou montagem. Esta informação pode, mais tarde, ser editada e ajustada a uma nova realidade, tornando o desenho algo vivo, passível de ser reutilizado de forma dinâmica. Este novo conceito de trabalho permite que o utilizador transforme rapidamente um componente noutra da mesma família, ou modele uma determinada peça de acordo com a sua sequência de fabrico, para depois obter, de forma automática, o desenho técnico e a gama operatória do próprio componente. Os modernos programas de CAD 3D, nos quais se inclui o *SolidWorks*, têm vindo a evoluir muito rapidamente, alargando o seu campo de aplicação e tornando-se ferramentas muito eficazes no fabrico e no desenvolvimento de novos produtos industriais.

1.1. DOCUMENTOS

Em *SolidWorks*, no desenvolvimento de um qualquer projeto industrial, usamos três ambientes distintos: *Part*, *Assembly* e *Drawing*. Em ambiente *Part* executamos a modelação 3D dos componentes e em *Assembly* efetuamos a montagem dos mesmos. No ambiente *Drawing* executamos o desenho técnico dos componentes e dos desenhos de conjunto das montagens. Os documentos do tipo *Part* possuem extensão *.sldprt*, os do tipo *Assembly* assumem a extensão *.sldasm* e *.slddrw* é a extensão dos do tipo *Drawing*.

1.2. TEMPLATES

Os ambientes *Part*, *Assembly* e *Drawing* geram documentos distintos, baseados nos diferentes *templates* (figura 1.1) selecionados no início do nosso trabalho.

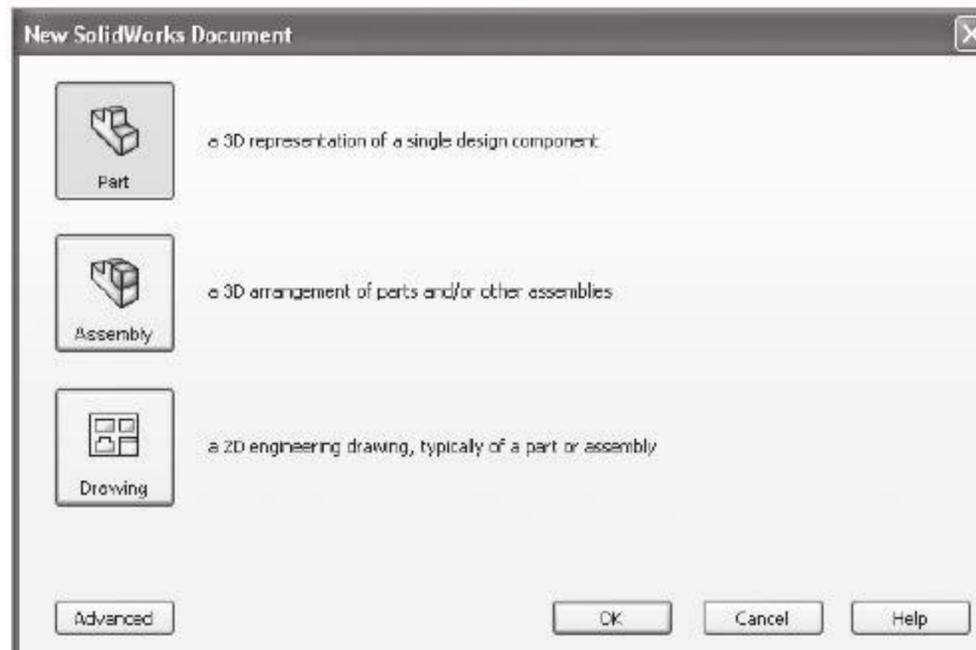


Figura 1.1 – Seleção do *template*

Os *templates* são ficheiros usados como modelos para a definição de novos documentos e possuem uma extensão idêntica à do tipo do documento a criar. Por exemplo, um documento do tipo *Part*, com extensão *.sldprt*, terá como base um *template* com extensão *.prtdot*. Para definirmos os nossos *templates* devemos criar um documento do tipo pretendido e adicionar todo o tipo de informações que queremos que esse modelo possua (por exemplo, para um modelo do tipo *Drawing* podemos adicionar as margens e as legendas típicas de um desenho técnico). Após a personalização devemos gravar este modelo numa pasta específica, definida nas opções da aplicação. Para visualizar a pasta definida para o efeito clique no menu *Tools* → *Options* → *File Locations* → *Document Templates*; verifique os caminhos especificados em *Folders*. Nesta janela pode ainda optar por definir uma outra pasta para os seus modelos, clicando no botão *Add*.

No ato da gravação do *template*, a partir da janela *Save As* (figura 1.2), em *Guardar com o tipo* devemos especificar que o documento vai ser guardado como *template*.

2

DEFINIÇÃO DA GEOMETRIA

A definição de um modelo 3D começa, normalmente, pelo esboço de uma geometria 2D representativa da forma que pretendemos obter. Esse esboço, composto por entidades 2D, linhas, arcos e circunferências, entre outros elementos, representa, em termos gerais, uma projeção 2D do componente de que necessitamos. Durante a execução do esboço, a aplicação executa automaticamente um conjunto de relações geométricas entre as entidades e o sistema de eixos (horizontalidade, verticalidade, coincidência, etc.), bem como entre as próprias entidades (paralelismo, perpendicularidade, colinearidade, igualdade, etc.). Após a definição completa do esboço, devemos analisar se é possível estabelecer outras relações geométricas, além daquelas que foram executadas de forma automática. Somente depois desta análise é conveniente avançar para o passo seguinte, que consiste na aplicação das dimensões paramétricas necessárias para a definição completa e rigorosa do esboço inicial.

2.1. FERRAMENTAS DE DESENHO 2D

Na definição dos esboços, as aplicações de CAD3D dispõem de um conjunto de ferramentas 2D que permitem criar a geometria necessária para o desenho das diferentes formas. Neste capítulo analisamos as principais ferramentas usadas para a definição de qualquer geometria.

-  **Line** – Define uma linha reta por indicação dos seus dois pontos finais.
-  **Centerline** – Define uma linha reta por indicação dos seus dois pontos finais. Esta linha de eixo é usada como linha de simetria nas operações de espelhamento com a ferramenta *Mirror* ou como linha de simetria na aplicação da restrição *Symmetric*.
-  **Rectangle** – Cria um retângulo, por especificação de dois pontos (vértices opostos do retângulo).
-  **Rectangle** – Cria um retângulo, por especificação de dois pontos (centro e vértice).
-  **Rectangle** – Cria um retângulo, por especificação de três pontos (vértices do retângulo).
-  **Rectangle** – Cria um retângulo, por especificação de três pontos (centro, ponto médio de um dos lados e vértice).
-  **Parallelogram** – Executa um paralelogramo, por especificação de três pontos.
-  **Circle** – Define uma circunferência, por especificação de dois pontos (centro e raio).
-  **Circle** – Define uma circunferência, por especificação de três pontos.
-  **Arc** – Cria um arco, por especificação de três pontos.
-  **Arc** – Cria um arco, por especificação do centro e dos pontos finais.
-  **Arc** – Cria um arco, tangente a uma determinada entidade.
-  **Spline** – Executa uma linha curva, por especificação de pontos.
-  **Ellipse** – Define uma elipse, por especificação de dois pontos, relativos ao eixo maior e ao eixo menor da forma.
-  **Straight Slot** – Permite definir oblongos de forma automática, por indicação de pontos e de valores de raio. Esta ferramenta apresenta várias variantes para a execução de oblongos lineares e curvos.
-  **Polygon** – Permite definir polígonos, por especificação do número de lados e do raio da circunferência inscrita ou circunscrita.
-  **Point** – Permite definir pontos de *sketch*.
-  **Fillet** – Cria um raio no vértice determinado pela interseção de duas entidades não fechadas (figura 2.1). O arco criado é tangente às duas entidades, que podem ser aparadas ou estendidas.

3

MODELAÇÃO 3D

O *SolidWorks* é uma aplicação de CAD, muito usada no projeto mecânico, cujo principal objetivo é a representação de componentes e de montagens em 3D. Para tal, dispõe de um vasto grupo de ferramentas que permitem modelar qualquer corpo sólido a partir de geometrias 2D ou atuando diretamente sobre o modelo. Esse conjunto de ferramentas, denominadas *features*, permite, através de operações booleanas comuns – adição, subtração e interseção –, construir qualquer modelo 3D pretendido. Apesar de desejarmos sempre executar qualquer trabalho depressa e bem, devemos também ter presente que a modelação 3D executada nesta aplicação pode representar uma realidade virtual de fabrico, ou seja, o tipo de informação que resulta deste tipo de trabalho pode ser importante para a gestão da produção, da orçamentação e dos processos de fabrico associados ao tipo de produto a desenvolver. Para conseguirmos este relevante tipo de informação final é necessário que o método de modelação a usar se aproxime, o mais possível, do real processo de fabrico.

3.1. FERRAMENTAS DE MODELAÇÃO 3D

As *features* são um conjunto de ferramentas através das quais se pode definir formas 3D. Estas ferramentas, através de operações booleanas – de adição, subtração e interseção de volumes –, permitem-nos definir o modelo 3D pretendido. Iniciamos com uma breve análise teórica das principais ferramentas, deixando para o final do capítulo um conjunto de exercícios, completamente resolvidos, que ajudarão na aprendizagem das principais técnicas de modelação 3D usadas no projeto mecânico moderno.

Para aceder às *features* podemos recorrer às barras de ferramentas *CommandManager* (figura 3.1) ou *Features* (figura 3.2), que podem ser ativadas em *Toolbars* a partir do menu *View*.

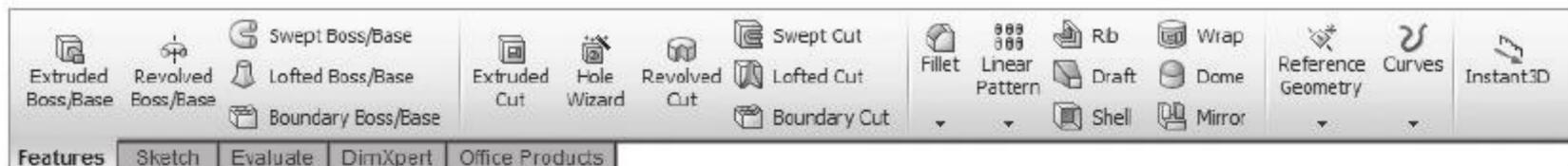


Figura 3.1 – Barra de ferramentas *CommandManager*



Figura 3.2 – Barra de ferramentas *Features*

3.1.1. **BOSS EXTRUDE**

A ferramenta *Boss Extrude* permite criar uma forma 3D por adição de uma espessura a uma ou a múltiplas secções, cujos contornos são definidos por perfis 2D (figura 3.3). O perfil seleccionado para a geração de volume pode ser aberto ou fechado. No caso de o perfil ser aberto, a forma é definida em modo *Thin Feature*, ou seja, é aplicada uma dupla espessura ao perfil, uma na direcção perpendicular e outra na direcção paralela ao plano de *sketch*. Num contorno fechado também é possível usar este método *Thin Feature*, mas, neste caso, temos de o indicar na ferramenta.

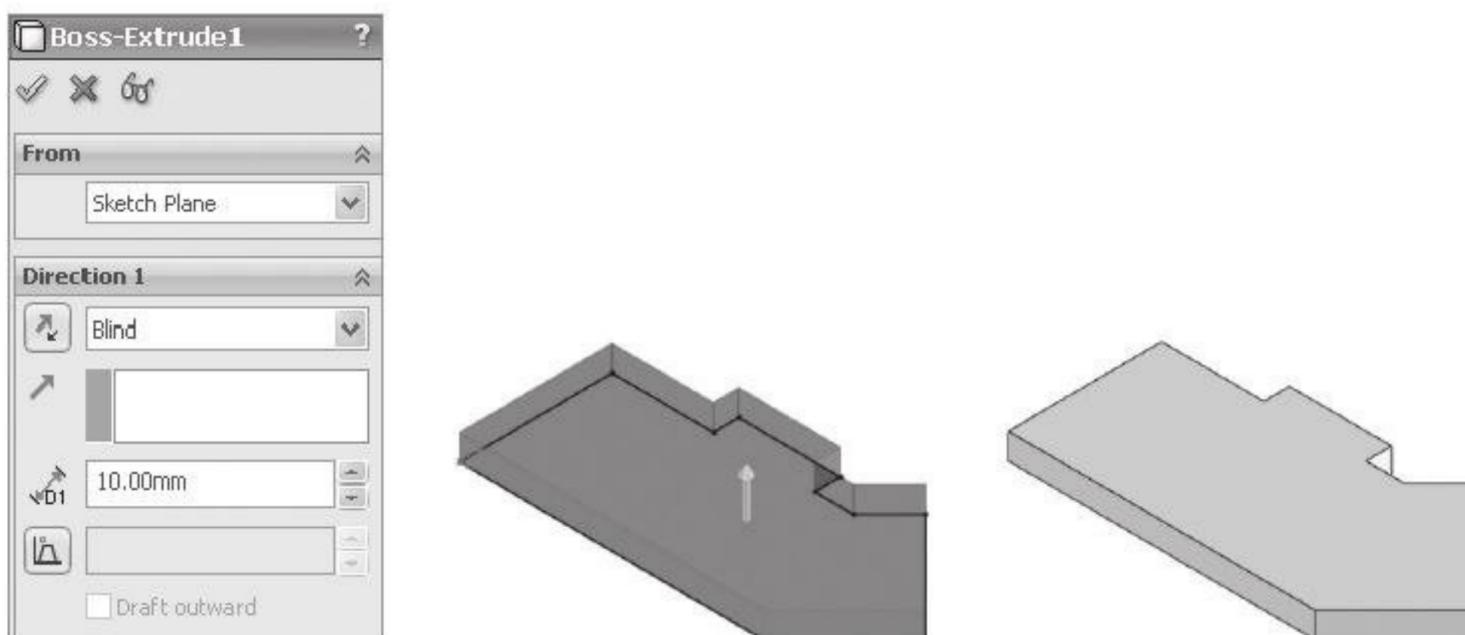


Figura 3.3 – Ferramenta *Boss Extrude*

Métodos de acesso: A partir do menu *Insert*, em *Boss/Base*, seleccione *Extrude*, ou clique em  nas barras de ferramentas.

Na caixa de diálogo dispomos das seguintes opções:

- **From** – Indica-se em relação a que geometria de referência é definida a extrusão;
- **Direction 1** – Define-se o modo como será controlada a profundidade da extrusão:
 - **Blind** – A profundidade da extrusão é definida por uma distância;

4

MONTAGENS – DESENHO DE MÁQUINAS

As ferramentas de CAD, orientadas para a modelação 3D, dispõem de um ambiente, designado por *Assembly*, no qual é executada a montagem dos diferentes componentes modelados em ambiente *Part*. Os componentes e/ou outras montagens estão ligados entre si por relações geométricas, para que todos ocupem as suas posições funcionais na montagem. No projeto de qualquer tipo de equipamentos, sempre que a forma de todos os componentes não esteja já totalmente definida, tal pode e deve ser feito dentro das montagens, em ambiente *Assembly*. Este é o método mais correto para definir algo que depende dos componentes vizinhos em termos funcionais e posicionais. Em ambiente *Assembly* podemos ainda definir vistas explodidas das montagens, permitindo que se elaborem vídeos que representam a sequência de montagem ou de desmontagem de um determinado equipamento, eliminando as dificuldades naturais de recolher essa informação a partir exclusivamente de desenhos de definição. Neste tipo de ambiente podemos ainda, após a conclusão da montagem, recolher toda a informação relativa ao número de componentes e suas quantidades, sendo esta informação relevante para áreas como, por exemplo, orçamentação ou gestão de produção.

4.1. INSERÇÃO DE COMPONENTES

Na conceção de uma montagem, os componentes e as submontagens que a compõem podem ser inseridos por diferentes métodos, dos quais se destacam três:

- Os componentes ou as submontagens são definidos externamente e inseridos *a posteriori*;
- Os componentes ou as submontagens são definidos em contexto de montagem, fazendo, logo à partida, parte do conjunto principal;

- Os componentes são inseridos a partir de uma biblioteca de componentes. Este método é aplicado, normalmente, na inserção de componentes normalizados.

4.1.1. INSERT COMPONENTS

A ferramenta *Insert Components* permite inserir componentes ou submontagens numa montagem principal (figura 4.1). Na caixa de diálogo da ferramenta, a partir da *Browser Bar*, clique em *Browse...* para pesquisar componentes ou submontagens a inserir. O primeiro componente inserido numa montagem é colocado, com a sua origem coincidente com a origem do *assembly*, e fica fixo. Para que um componente fique livre, clique, na *Browser Bar*, com o botão direito sobre o componente e ative a opção *Float*. Os outros componentes são posicionados com o cursor, agarrados pelo seu centro de gravidade. O posicionamento final destes componentes, na montagem, será efetuado com recurso às restrições de posicionamento. Os componentes inseridos podem ser editados e alterados em contexto de montagem.

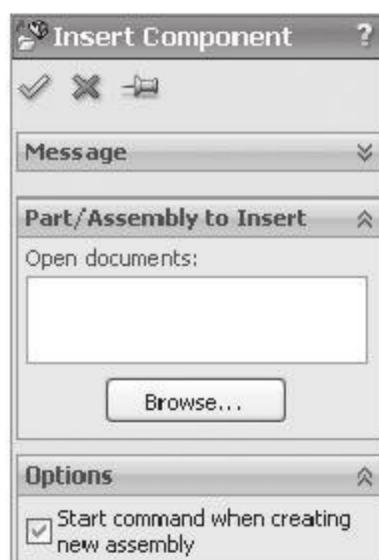


Figura 4.1 – Ferramenta *Insert Component*

Métodos de acesso: Em ambiente *Assembly*, clique no menu *insert* → *Component* → *Existing Part/Assembly*, ou clique em  nas barras de ferramentas.

Em *Options*, destaca-se a opção *Start command when creating new Assembly*, que, quando ativa, permite que a ferramenta *Insert Component* seja ativada de forma automática sempre que se define uma nova montagem.

4.1.2. NEW PART

A ferramenta *New Part* permite definir um novo componente em contexto de montagem, sendo a situação mais comum em trabalhos de projeto mecânico. Na conceção de novos equipamentos industriais temos, por vezes, necessidade de definir algo cujos contornos finais não estão muito bem delineados. Nesta situação, torna-se muito complicado definir os componentes de forma externa e posteriormente inseri-los. Então, torna-se neces-

6

DESENHO DE ESTRUTURAS

O desenho de estruturas tem algumas particularidades, em termos de modelação 3D e de montagem, em relação a outras áreas do desenho e do projeto mecânico. Regra geral, os componentes usados possuem secções normalizadas e variam entre si, basicamente, pelos seus comprimentos e ângulos de corte. No *SolidWorks*, a montagem dos perfis é executada em ambiente *Part* e cada um dos perfis é tratado como um corpo individual. A montagem é executada tendo como base um esqueleto, definido em ambiente de *sketch*, evitando, assim, um processo bem mais complexo, que seria montar os perfis em ambiente *Assembly* com recurso a restrições de montagem. As listas de corte apresentadas pela aplicação são instrumentos essenciais para orçamentação e preparação de trabalho.

EXERCÍCIO

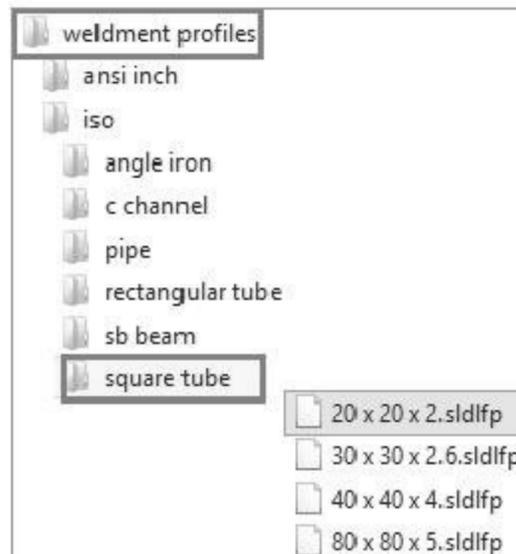
O objetivo deste exercício é exemplificar como podemos criar uma estrutura metálica, usando perfis normalizados ou personalizados pelo utilizador.

A base de dados do *SolidWorks* não é muito extensa em termos de perfis normalizados. Começamos, por isso, por explicar como adicionar novos perfis à biblioteca da aplicação.

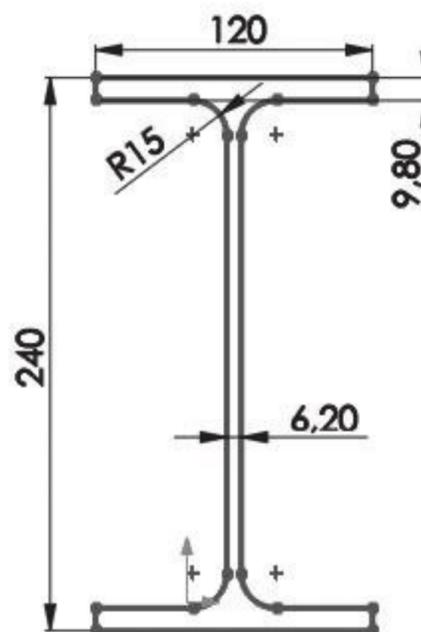
1. Clique no menu *Tools* → *Options* → *System Options* → *File Locations* e, em *Show folders for*, selecione *Weldment Profiles*. Verifique a pasta na qual a aplicação guarda os perfis. Se pretender, pode adicionar uma nova localização para a biblioteca de perfis, usando o botão *Add*.



A pasta para a qual endereçamos a localização deve ficar dois níveis acima da pasta na qual guardamos os ficheiros, em formato .sldlfp, com a geometria da secção dos perfis.

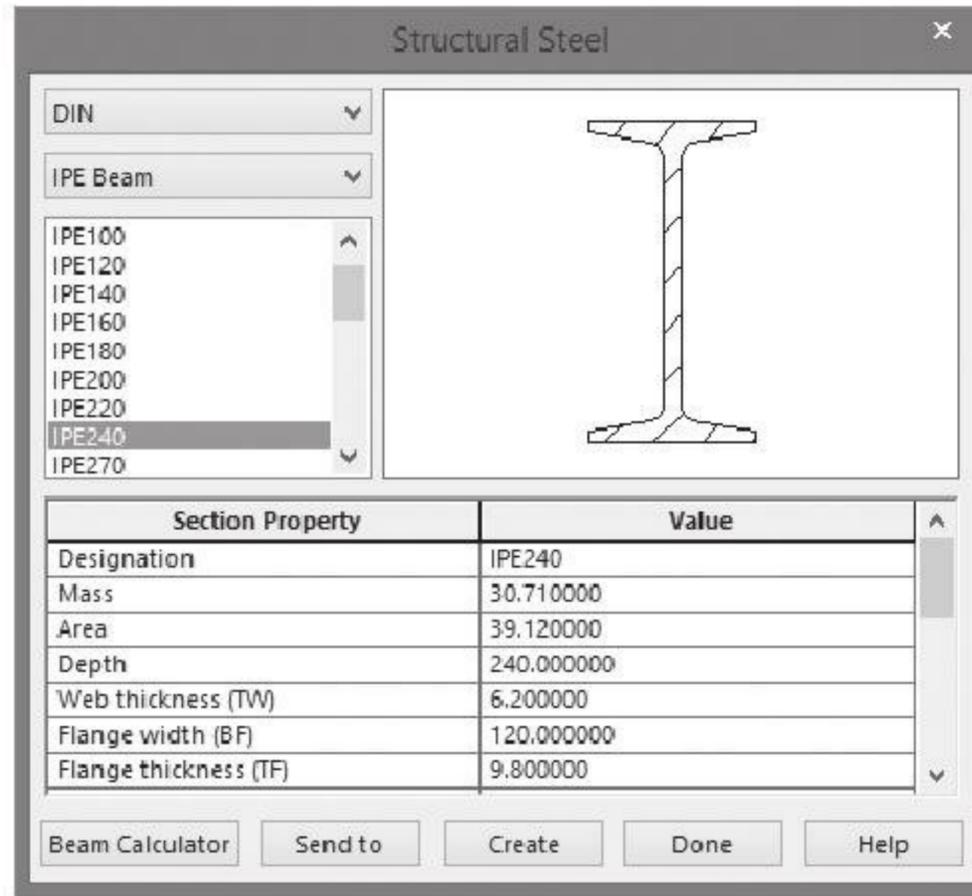


2. Em ambiente *Part*, defina o *sketch* seguinte.

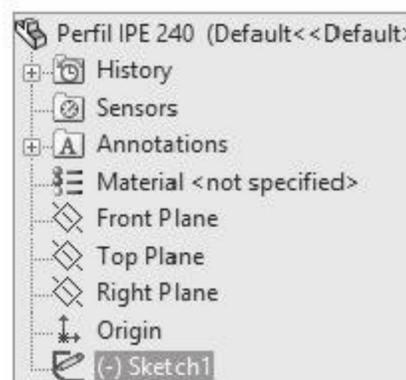


Este *sketch* pode ser obtido de forma automática a partir do menu *ToolBox* → *Structural Steel*. Depois de seleccionar o tipo de perfil, clique em *Create*. Para que

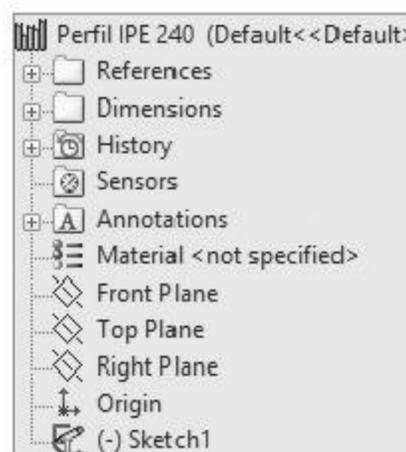
esta ferramenta esteja disponível, é necessário que as opções *SolidWorks Toolbox Browser* e *SolidWorks Toolbox* estejam ativas no menu *Tools* → *Add-Ins*.



3. Feche o *sketch* anterior e, na *Browser Bar*, selecione esse mesmo *sketch*.

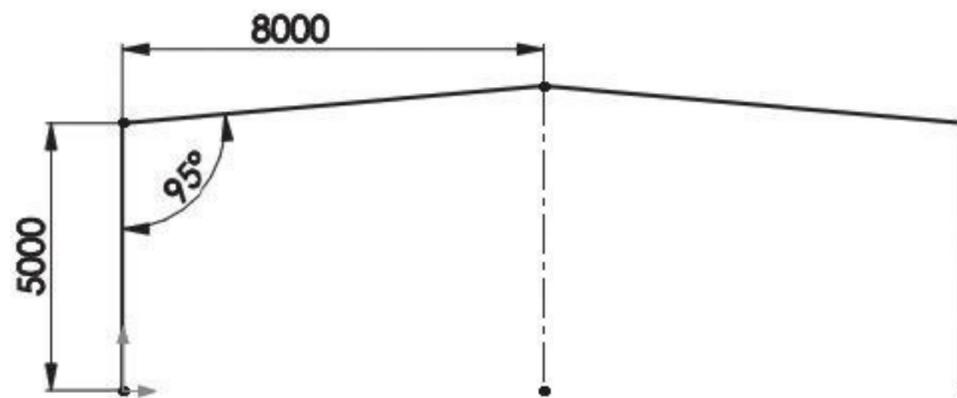


4. Clique no menu *File* → *Save As*. Guarde o documento numa das pastas disponíveis da aplicação. Em alternativa, pode criar, dentro da pasta *weldment profiles*, uma pasta *Deutsches Institut für Normung (DIN)* (Instituto Alemão para Normalização), no interior da qual define a pasta *Perfil Europeu I (IPE)*, sendo nesta que deve guardar o próximo documento. Em *Guardar com o tipo*, escolha *Lib Feat Part*.

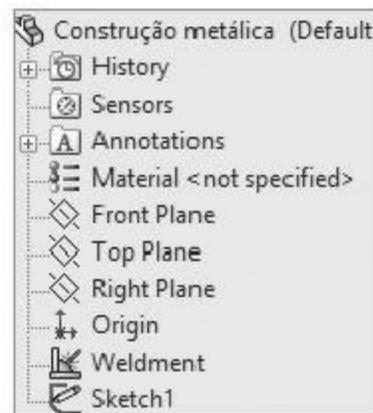


Para testar o perfil criado, criamos um novo documento do tipo *Part* e definimos aí um perfil.

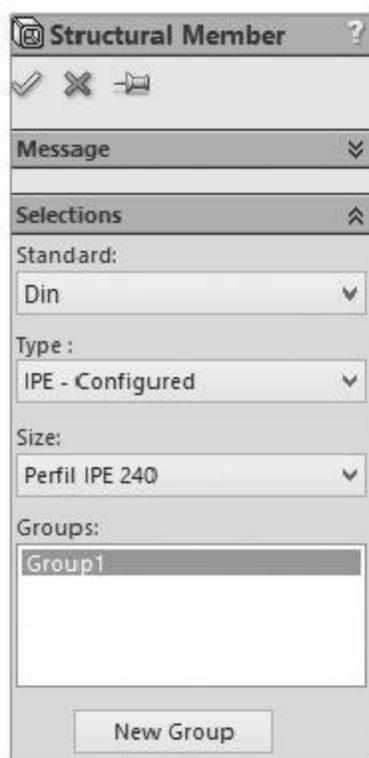
5. Clique em  para criar um novo documento do tipo *Part* e defina o *sketch* seguinte.



6. Feche o *sketch* anterior.
7. Clique em  ou no menu *Insert* → *Weldments* → *Weldment* para transformar o elemento num documento de construção metálica.
8. Clique em  para gravar o documento.



9. Clique em  ou no menu *Insert* → *Weldments* → *Structural Member* para inserir perfis normalizados. Selecione a secção do perfil anteriormente criado, IPE 240. Na área gráfica, selecione as linhas de *sketch*.



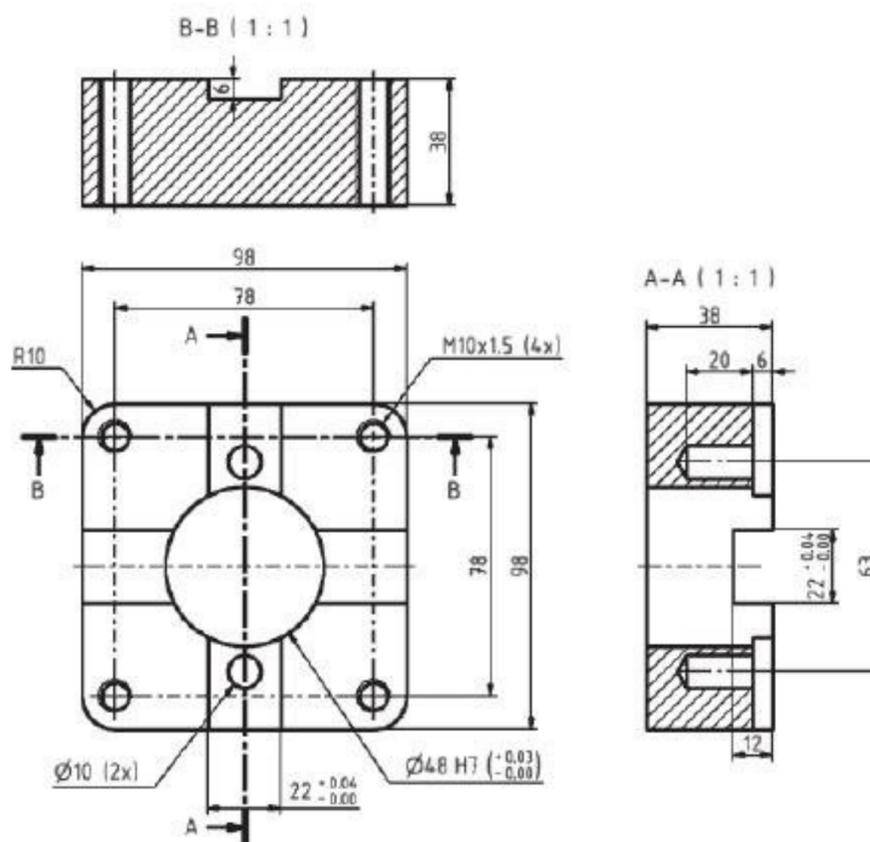
11

FABRICO ASSISTIDO POR COMPUTADOR

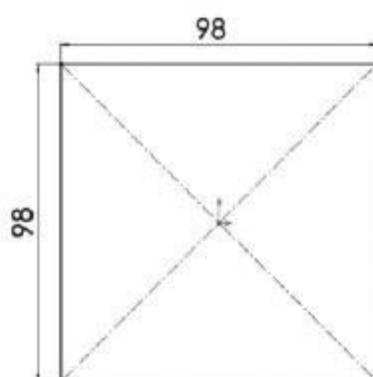
Os processos de fabrico baseados no arranque de apara ainda são dos mais representativos na nossa indústria. Hoje em dia, estes são, muitas vezes, designados por processos subtrativos, em oposição aos novos processos de prototipagem rápida, denominados processos aditivos, em que a impressão 3D assume um papel de destaque. Após a modelação de um componente 3D, temos, com frequência, de fabricá-los em equipamentos CNC, entre os quais se destacam os centros de maquinagem, os tornos CNC, as erosões de fio e as máquinas de corte laser ou de oxicorte. Estes equipamentos são controlados por um programa CNC gerado automaticamente a partir de ferramentas de CAM, que, muitas vezes, estão embebidas em *softwares* de CAD, como é o caso do *SolidWorks*. Neste capítulo vamos abordar uma dessas ferramentas, o *HSM Works*.

EXERCÍCIO

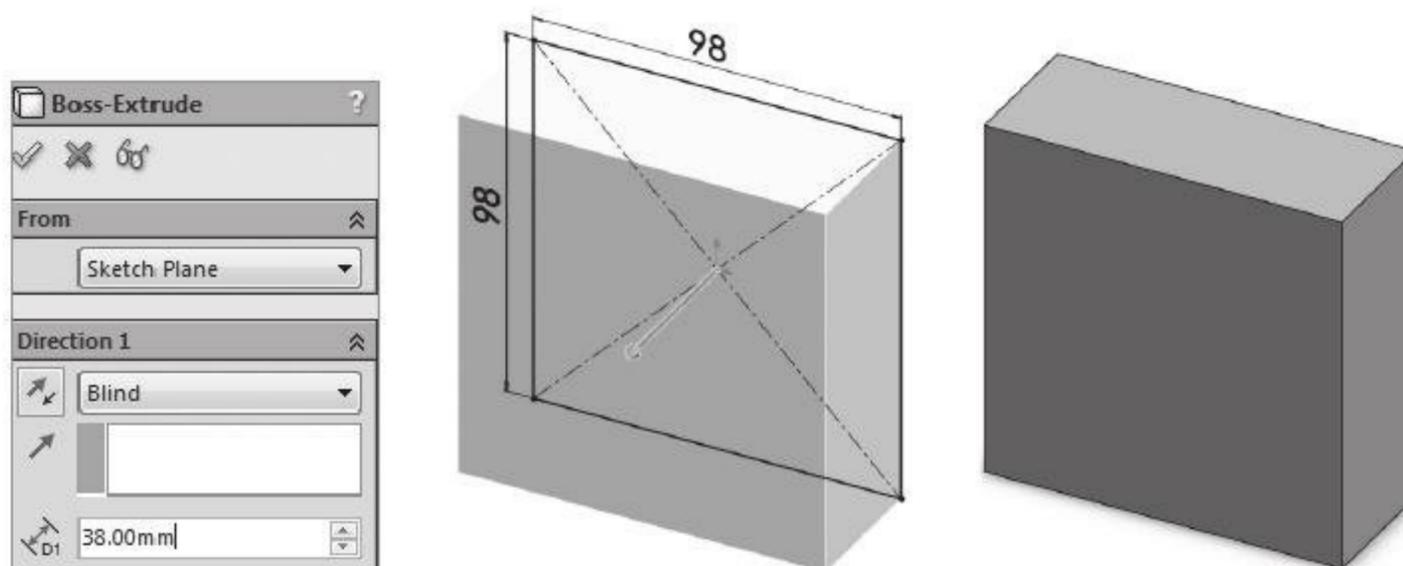
O objetivo deste exercício é apresentar uma ferramenta de CAM, *HSM Works*, que corre dentro do ambiente do *SolidWorks* e permite criar programas de CNC a partir de geometrias de CAD. O exemplo seguinte contempla o desenho e a maquinagem CNC de um modelo 3D. A modelação 3D e a maquinagem CNC com recurso a ferramentas de CAM são tarefas cada vez mais próximas e, frequentemente, executadas pelo mesmo profissional.



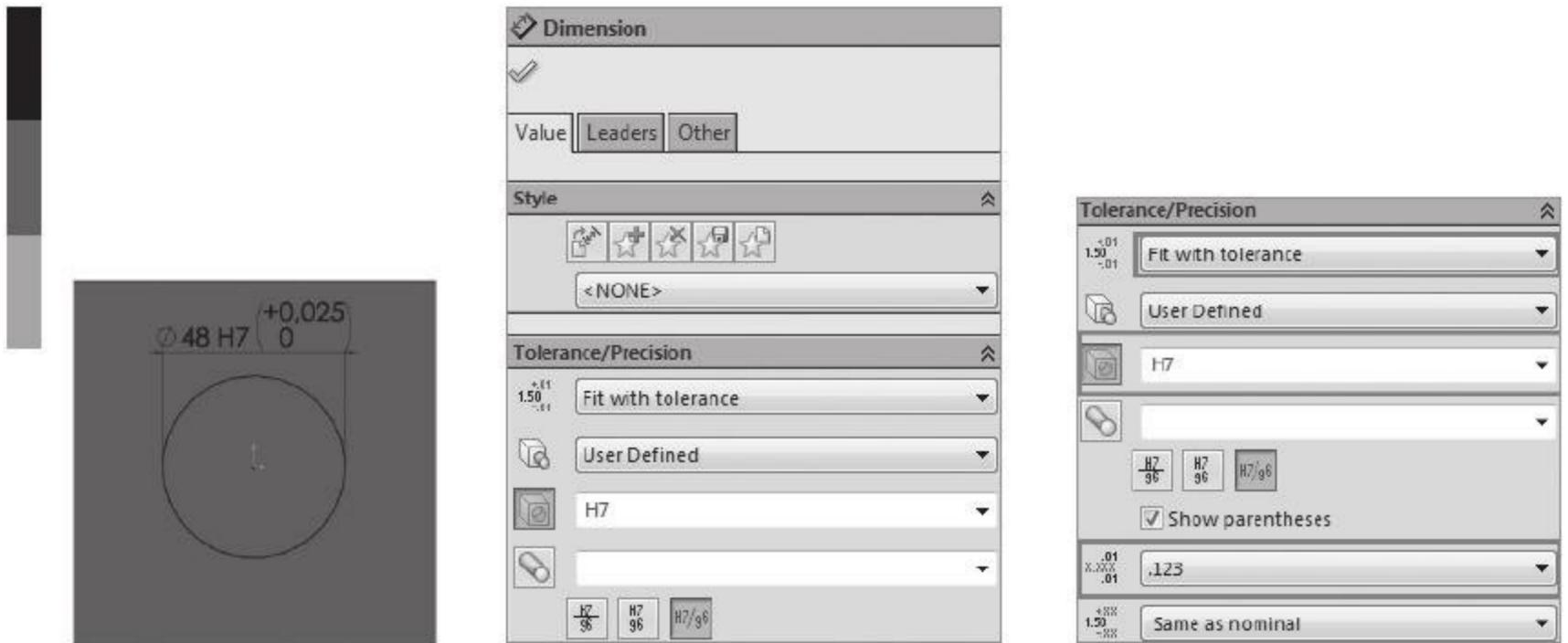
1. Em *SolidWorks*, defina o *sketch* seguinte. Com a ferramenta , insira um quadrado de 98 mm centrado na origem. O primeiro *sketch* deve ficar no plano *Front*.



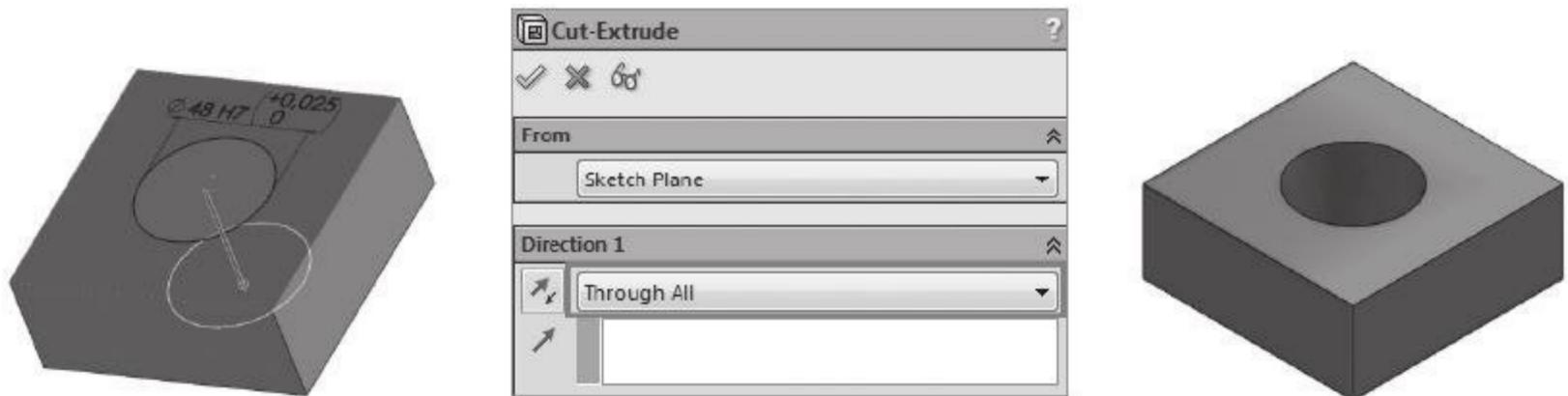
2. Clique em  para definir uma extrusão de 38 mm.



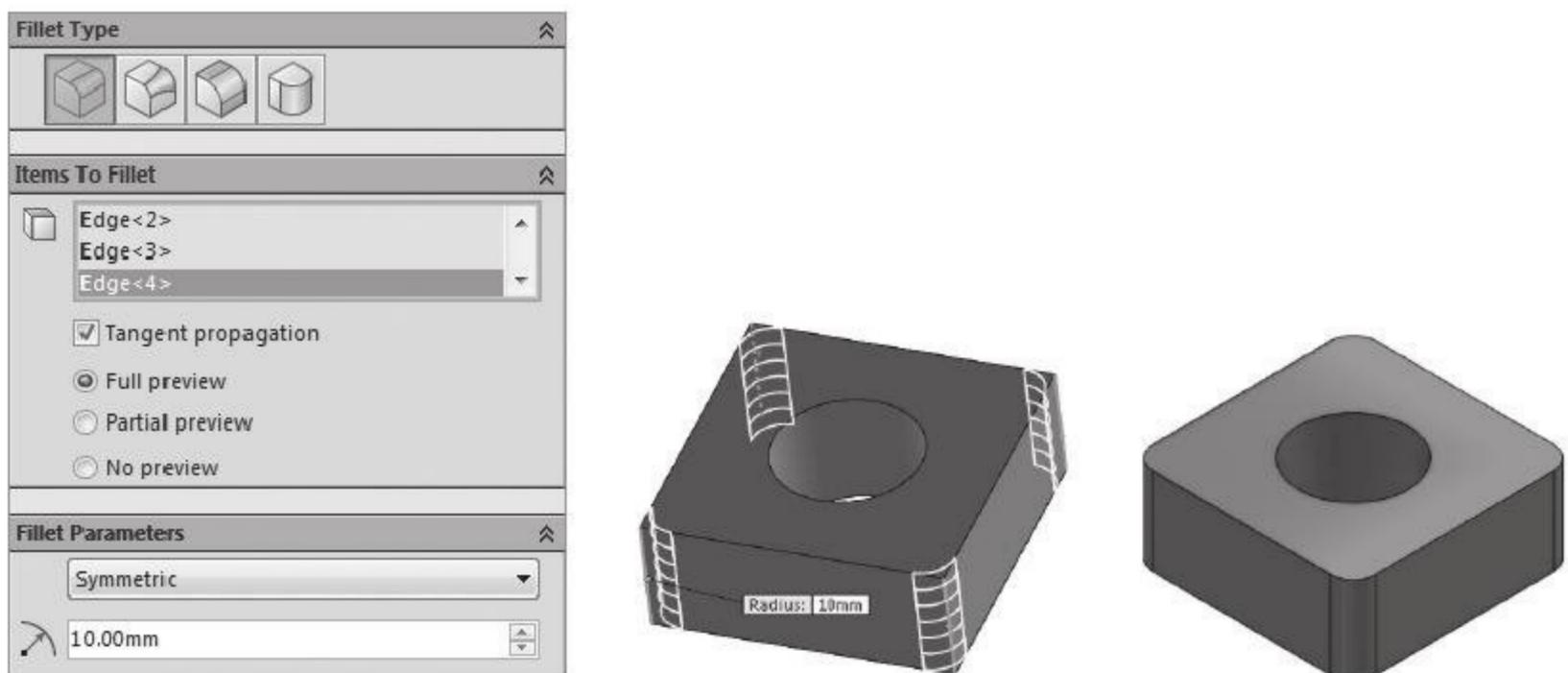
3. Na face indicada, defina o *sketch* seguinte. Clique em  e insira uma circunferência $\varnothing 48$ H7. Para alterar a dimensão para uma cota toleranciada, clique sobre a cota e, na *Browser Bar*, em *Tolerance/Precision*, selecione *Fit with tolerance* e, em *Hole Fit*, selecione *H7*.



4. Clique em  para extrudir, em modo de corte, a secção definida pela circunferência anterior. Selecione o modo *Through All*.



5. Clique em  e execute raios de 10 mm nas arestas indicadas.



6. Clique com o botão direito sobre a face indicada e selecione *Sketch*. Definido um novo *sketch*, com a face superior seleccionada, clique em  para a projetar.



PROJETO 3D EM SOLIDWORKS

O *SolidWorks* é uma ferramenta de desenho assistido por computador muito comum na indústria, devido à sua enorme versatilidade no projeto mecânico 3D.

Esta obra, amplamente ilustrada e atualizada para as últimas versões do *software*, exemplifica todos os conceitos e tendências da prototipagem digital, bem como todas as funcionalidades da aplicação na área da modelação 3D. Apresentando um texto fluido e de fácil compreensão, este livro permite ao leitor uma aprendizagem autónoma através de capítulos compostos por uma explanação teórica e um conjunto de exercícios práticos. No final de cada capítulo, o leitor encontra, em forma de conclusão, um resumo dos principais tópicos abordados e respetivas dicas.

Este livro é uma poderosa ferramenta de aprendizagem dirigida aos alunos do ensino e da formação profissional das áreas de desenho e fabrico de produtos industriais. É útil também para outros níveis de ensino e para os profissionais que pretendem evoluir para a nova era da prototipagem digital, aperfeiçoando o seu desempenho profissional e a qualidade do seu trabalho.

Ao longo do livro são abordados, entre outros, os seguintes temas:

- Conceitos gerais;
- Modelação 3D;
- Modelação por superfícies;
- Moldes;
- Desenho de máquinas;
- Desenho automático de fabrico;
- Estruturas;
- Análise por elementos finitos;
- Parametização e configurações;
- Tecnologia da chapa;
- Fabrico Assistido por Computador (CAM).



Trata-se de um manual que serve os referenciais dos cursos de educação e de formação profissional do sector, nomeadamente os do CENFIM e de outras Escolas Profissionais.

Américo Costa

Licenciado em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Especialista na área de CAD/CAM do CENFIM. Professor Convidado no Instituto Superior Politécnico Gaya (ISPGaya). Autor dos livros Autodesk Inventor – Depressa & Bem e Autodesk Inventor 2013 – Curso Completo, editados pela FCA.



ISBN 978-972-722-820-1

