

# Breves referências à evolução do ensino na área do “Desenho” no Curso de Engenharia Mecânica no âmbito da Universidade do Porto

JOSÉ ANTÓNIO ALMACINHA

#5

No mercado global vigente, os engenheiros e os técnicos em geral devem possuir conhecimentos de representação gráfica cada vez mais sólidos, de modo a fazerem face ao uso crescente de meios de comunicação gráfica, que tornam mais fácil a circulação da informação técnica. O *desenho técnico* é uma linguagem gráfica normalizada, a nível mundial, que permite estabelecer a comunicação técnica entre todos os ramos da Engenharia. Com a atual utilização generalizada de sistemas de CAD 3D, os *modelos virtuais de sólidos* tornaram-se responsáveis pela definição da geometria nominal dos produtos, que passou a ser uma função secundária (e redundante) dos desenhos de engenharia. No entanto, os *desenhos 2D* gerados a partir de modelos 3D são, presentemente, e continuarão a ser, num futuro previsível, muito utilizados, a nível industrial, atendendo aos limites da integração das fases de conceção, fabrico e verificação registados em muitas empresas e também para fins legais e de arquivo.

Apesar do contexto tecnológico assinalado, a aptidão para fazer *desenhos à mão livre*, em folhas de papel, continua a ser uma competência muito importante em termos da representação gráfica em engenharia, pois permite desenvolver as capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica – imaginar soluções construtivas, traduzindo-as em desenhos ilustrativos ou explicando-as a outros.

Neste texto, começa-se por destacar a importância que as unidades curriculares (disciplinas) de desenho sempre tiveram no âmbito dos cursos de Engenharia Mecânica da FEUP, fazendo-se uma descrição detalhada da estruturação e da evolução dos seus conteúdos, ao longo dos últimos 45 anos. Seguidamente, referem-se o contexto e os objetivos que guiaram a introdução e o desenvolvimento da aprendizagem da *tecnologia de CAD*, ao mesmo tempo que era promovido um maior contacto dos estudantes com sistemas mecânicos reais de utilização corrente.

Por fim, tecem-se alguns comentários sobre as opções tomadas em termos dos conteúdos programáticos lecionados e das estratégias pedagógicas seguidas, no período em análise.

*In the current global market, engineers and technicians in general must have an increasingly solid knowledge about graphics representation, in order to face the growing use of graphics media, which make more accessible the circulation of technical information. Technical drawing is a standardized graphic language worldwide, which allows the establishment of technical communication between all branches of Engineering.*

*With the current widespread use of 3D CAD systems, virtual solid models have become responsible for defining the nominal geometry of products, which has become a secondary (and redundant) function of engineering drawings. However, 2D drawings generated from 3D models are and will continue to be, for the foreseeable future, widely used at an industrial level, given the limits of the integration of the design, manufacturing and verification phases registered in many companies and for legal and archival purposes too.*

*Despite the technological context mentioned, the ability to make freehand drawings on sheets of paper remains an essential skill in terms of graphics representation in engineering, as it allows the development of spatial visualization and technical communication skills – to imagine constructive solutions, translating them into illustrative drawings or explaining them to others.*

*This text highlights the importance that the design and drafting units have always had in the scope of FEUP's Mechanical Engineering courses, giving a detailed description of the structuring and evolution of its contents, over the last 45 years. Then, the context and objectives that guided the introduction and development of the learning of CAD technology are referred to while promoting a more significant contact of the students with some real mechanical systems and components for general use.*

*Finally, some comments are made about the options taken in terms of the syllabus taught and the pedagogical strategies followed in the period under analysis.*

## 1. INTRODUÇÃO

Até ao início do 2º quinquénio dos anos 70 do século XX, os primeiros anos (preparatórios) das diferentes Licenciaturas em Engenharia da Universidade do Porto (UP) eram ministrados na Faculdade de Ciências e o plano de estudos então em vigor, com uma duração de 5 anos e em

regime semestral, de acordo com o D.L. 540/70, de 10 de novembro, estruturava o ensino na área do “Desenho” em quatro disciplinas semestrais: “Desenho e Métodos Gráficos I e II”, no 1º ano, e “Desenho de Construção Mecânica I e II”, no 2º ano. Após a Revolução de abril de 1974, os dois anos preparatórios foram integrados na Faculdade de Engenharia (FEUP) que passou a lecionar integralmente, a partir de 1975/76, todos os diferentes cursos de Licenciatura em Engenharia da UP, então em vigor.

Nesse novo contexto, após a institucionalização dos diferentes Departamentos da FEUP, entre os quais o DEMec – Departamento de Engenharia Mecânica, em 1975, foi criada a Secção de Desenho Industrial (SDI), então com a denominação de Gabinete de Desenho (GD). De acordo com o Prof. Vasco Sá (1930-2012) [S1], “as disciplinas de Desenho tiveram sempre, principalmente até aos fins da década de 90, uma grande importância no nosso Departamento, o que pode ser constatado pela escolaridade que lhes era dedicada e pelos meios que lhes eram consagrados”. Na criação, organização e desenvolvimento da SDI, merece ser registado o papel importante então desempenhado pelos Professores Guilherme Ricca Gonçalves (seu coordenador, até 1986) e José Simões Morais (seu coordenador, até 1998).

O Prof. Guilherme Ricca Gonçalves (1918-2011) tinha sido docente da Faculdade de Ciências da UP, desde 1944, onde regeu as disciplinas de Desenho e, mais tarde, de Geometria descritiva. Promoveu o Desenho técnico moderno, que então começava a estruturar-se, no Ensino universitário. Participou num grupo de trabalho que elaborou textos de diversas normas, no âmbito da Comissão Portuguesa de Normalização, tendo integrado ainda a Representação Portuguesa à Conferência ISO, realizada em Turim, em 1961. Após 1974, foi responsável pela orientação de disciplinas de Desenho e Geometria na FEUP, até 1988, ano em que se jubilou. Produziu diversos textos de Desenho técnico e de Geometria descritiva, tendo parte deles sido utilizada noutras Escolas do ensino superior, e foi autor do livro “Geometria Descritiva” [R3].

O Prof. José Simões Morais (1928-) tinha sido professor efetivo do Ensino técnico, entre 1956 e 1968, e docente da Faculdade de Ciências da UP, entre 1970 e 1974, tendo lecionado diversas disciplinas na área do Desenho técnico. Na SDI, desde 1975, regeu disciplinas de Desenho técnico e de Desenho de construção mecânica e, mais tarde, de Geometria descritiva, tendo sido responsável pela orientação de disciplinas de Desenho e Geometria, a cargo da SDI, em vários cursos de licenciatura, até 1998, ano em que se jubilou. Elaborou diversos textos de Desenho técnico, Desenho de construção mecânica e Geometria descritiva [S3], e é autor dos livros “Desenho Básico 1” [S4] e “Desenho Técnico Básico 3” [S5]. Participou na redação do Programa de Geometria Descritiva A e B (1999), a convite do Departamento do Ensino Secundário (DES) do Ministério da Educação e promoveu e colaborou na realização de diversos cursos intensivos e ações de formação em Desenho técnico. Atualmente, é ainda o responsável do Organismo de Normalização Setorial (ONS-INEGI), nos domínios do Desenho técnico e dos Elementos de ligação mecânicos, e presidente das Comissões Técnicas Portuguesas de Normalização CT 1 – “Desenho técnico” e CT 9 – “Elementos de ligação mecânicos”.

## 2. A ESTRUTURAÇÃO E A EVOLUÇÃO DOS CONTEÚDOS NAS DISCIPLINAS DA ÁREA DO “DESENHO”

No arranque e no desenvolvimento das atividades da SDI, ao longo dos anos, estes professores foram coadjuvados por um conjunto de assistentes, contratados à medida que tal se mostrou necessário para esse efeito, tendo alguns deles prosseguido uma carreira académica neste do-

mínio ou em domínios afins. Na 2ª metade da década de 70, o grande desafio colocado à SDI foi a elaboração e a estruturação de novos conteúdos para as disciplinas de “Desenho e Métodos Gráficos I” (Geometria descritiva), “Desenho e Métodos Gráficos II” (Desenho técnico) e “Desenho de Construção Mecânica I e II” da Licenciatura em Engenharia Mecânica (LEM).

A *Geometria descritiva* (“Método de Monge”) foi sempre lecionada com a supressão da “linha de terra” (melhor designada atualmente por “aresta do diedro”), uma vez que, na resolução da maioria dos problemas, não há interesse em fixar as posições dos planos frontal e horizontal de projeção. Esta abordagem tem em consideração que o Desenho técnico, que deriva diretamente do Método de Monge, não necessita de recorrer à representação da linha de terra [R3]. Posteriormente, a partir de 1991/92, a “Representação axonométrica ortogonal” passou também a fazer parte do programa [S3], até à retirada definitiva da disciplina de “Geometria Descritiva” do plano de estudos da LEM, em 1997/98.

O *Desenho técnico* (DT) passou a ser abordado, fundamentalmente, com base na normalização ISO [S5, A1], sendo dada uma ênfase particular ao desenvolvimento de duas competências fundamentais:

- a) A aquisição de bons conhecimentos sobre a representação de objetos, em termos da sua geometria e dimensões nominais, feita a partir da execução de desenhos em representação ortográfica de objetos apresentados em representação perspética (Fig.1).

Estes exercícios de representação mais conveniente de objetos têm uma componente formativa muito importante para futuros engenheiros, uma vez que são “problemas abertos” que admitem várias soluções alternativas, obrigando os estudantes a exercitarem a sua capacidade para fazerem escolhas, tendo em conta as várias opções de que dispõem, conducentes à solução a adotar.

Fig. 1 Exemplo do desenho de uma peça elaborado em representação ortográfica com cotaagem nominal.

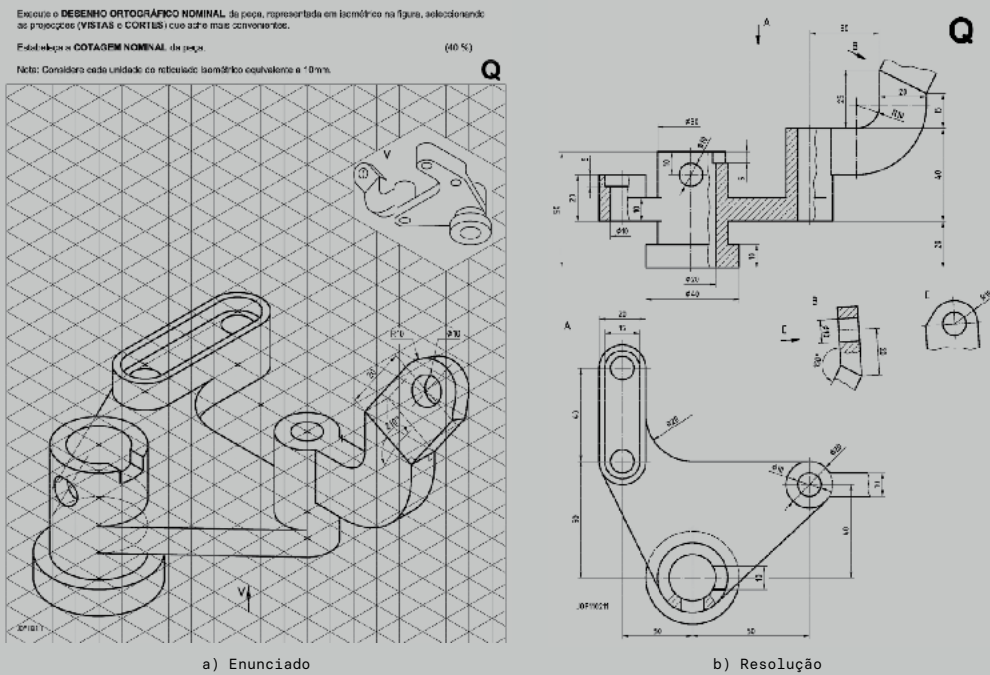
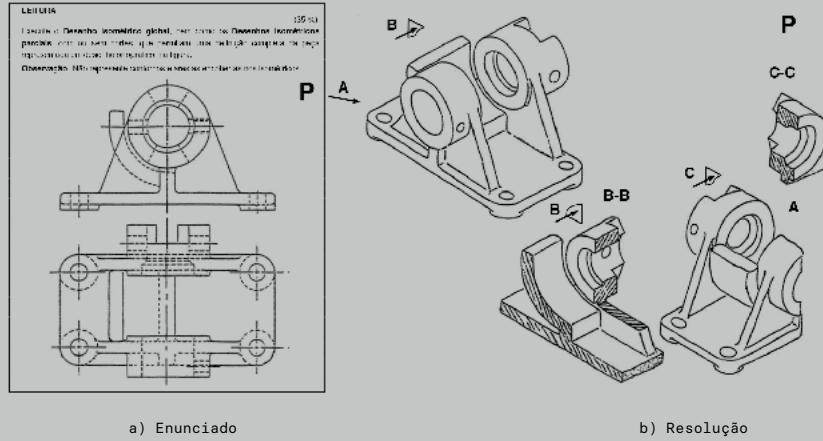


Fig. 2 Exemplo do desenho de uma peça elaborado em representação perspética isométrica.



06

- b) O desenvolvimento das capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica, com base na elaboração de representações perspéticas isométricas de objetos, a partir da leitura dos respetivos desenhos em representação ortográfica (Fig. 2).

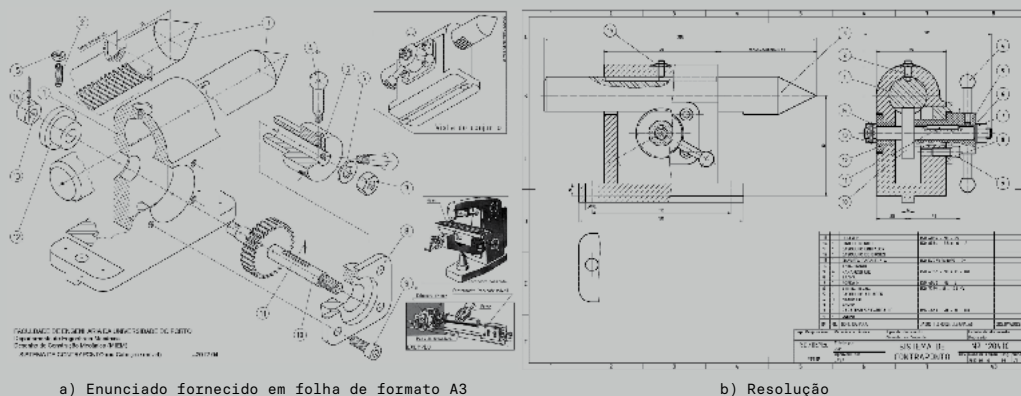
Atualmente, para poderem abordar estes dois tipos de desenhos, os estudantes devem possuir bons conhecimentos sobre os conteúdos das normas de “Documentação técnica de produtos” (TPD), sobretudo as das séries ISO 5456 – “Projection methods”, ISO 128 – “General principles of presentation” e ISO 129 – “Presentation of dimensions and tolerances”. Ambos os tipos de desenhos são executados, por meio de traçado manual, em folhas de papel, normalmente dispostas sobre grelhas quadriculadas ou de reticulado isométrico, de acordo com os casos em apreço.

As aulas de *Desenho de construção mecânica* (DCM) foram sendo estruturadas com base numa apresentação desenvolvida de conceitos relativos aos “Sistemas e componentes mecânicos normalizados de utilização corrente” e aos “Toleranciamentos dimensionais e geométricos e indicação dos estados de superfície”, estes últimos conteúdos presentemente englobados na “Especificação geométrica de produtos” (GPS) [S5, A2], de modo que os estudantes pudessem atingir os seguintes objetivos específicos:

- a) Aperfeiçoamento das capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica.
- b) Primeira abordagem ao desenho de concepção de base.
- c) Introdução à análise funcional de mecanismos com a execução de desenhos de definição de produto acabado de alguns componentes.
- d) Desenvolvimento da capacidade para estabelecer relações entre as fases de concepção, definição e fabrico.

A abordagem inicial ao desenho de concepção de base é realizada a partir da elaboração de desenhos de conjunto em representação ortográfica e suas correspondentes listas de peças, incluindo a seleção dos elementos mecânicos normalizados. Os desenhos de conjunto em representação ortográfica podem ser executados com base em vistas explodidas (representações perspéticas de conjuntos, habitualmente em axonometria isométrica ampliada), à escala 1:1 (Fig. 3), complementadas por enunciados textuais anexos, ou a partir de uma análise de sistemas reais.

Fig. 3 Exemplo do desenho de conjunto de um sistema de contraponto (cabeçote móvel) elaborado em representação ortográfica.

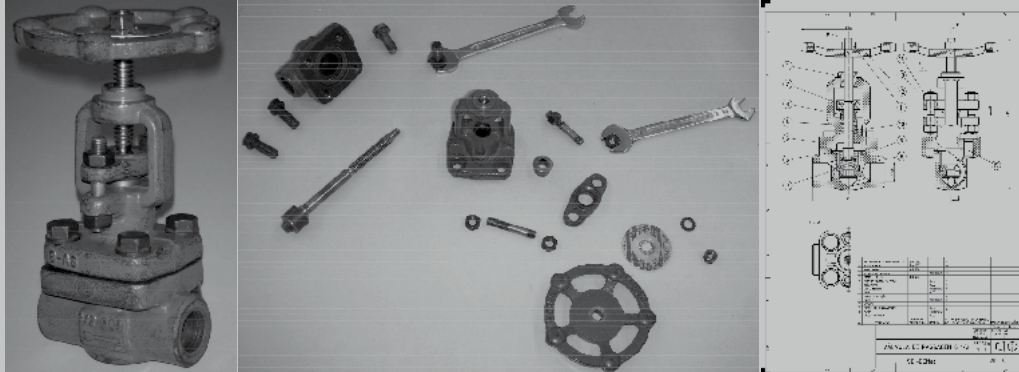


ARTIGO

a) Enunciado fornecido em folha de formato A3

b) Resolução

Fig. 4 Exemplo do desenho de conjunto de uma válvula de passagem (de globo) elaborado em representação ortográfica, a partir da análise prévia do dispositivo real.



#5

a) Válvula de passagem (de globo)

b) Desmontagem dos elementos componentes

c) Resolução: desenho de conjunto

A elaboração de desenhos de conjunto a partir da análise de sistemas reais permite a aquisição de um bom conhecimento sobre o modo de funcionamento do conjunto e das funções dos seus diversos elementos constituintes, ao mesmo tempo que possibilita o estabelecimento de uma comparação direta entre as configurações reais desses elementos e as correspondentes representações convencionais resultantes da Normalização (Fig.4).

Neste tipo de exercícios, deve começar-se por determinar qual a designação correta do dispositivo em presença e qual o seu objetivo funcional. Em seguida, passa-se ao estudo da configuração exterior do produto e à desmontagem sucessiva dos seus elementos componentes, verificando quais os que estão sujeitos a qualquer tipo de normalização. Nesta desmontagem, deve observar-se também o tipo de ligações que as peças têm entre si. Examinam-se as respetivas superfícies conjugadas e o seu acabamento, bem como os seus tipos de acoplamento (móvel ou fixo), procurando determinar os tipos de ajustamentos existentes.

Finalizado este estudo, passa-se ao traçado em esboço cotado de todos os elementos constituintes não normalizados, determinando as dimensões a inscrever nos desenhos em esboço, através da medição direta das peças reais, por meio dos instrumentos de medição considerados mais adequados [A2]. Sempre que necessário, os valores medidos deverão ser arredondados para valores das séries de números normais (ISO 3, ISO 17 e ISO 497).

Concluídos os diferentes esboços, verifica-se, mentalmente, a possibilidade de montagem dos vários elementos componentes. Estabelece-se o número de projeções indispensável para a definição do conjunto e passa-se à execução do esboço da montagem. Este traçado deve iniciar-se pela vista principal, a partir da traçagem dos eixos e dos contornos principais das peças de maiores dimensões, passando-se seguidamente aos contornos das peças mais pequenas. O tracejamento das superfícies cortadas só deve ser executado quando o traçado geométrico está concluído. A elaboração da respetiva lista de peças permite o esclarecimento complementar de todos os elementos constituintes.

O desenho de conjunto final, elaborado por esta via, complementado pelos esboços cotados dos seus elementos constituintes não normalizados, pode também ser utilizado como uma via para a elaboração dos desenhos de definição de produto acabado (desenhos de detalhe) finais desses elementos componentes.

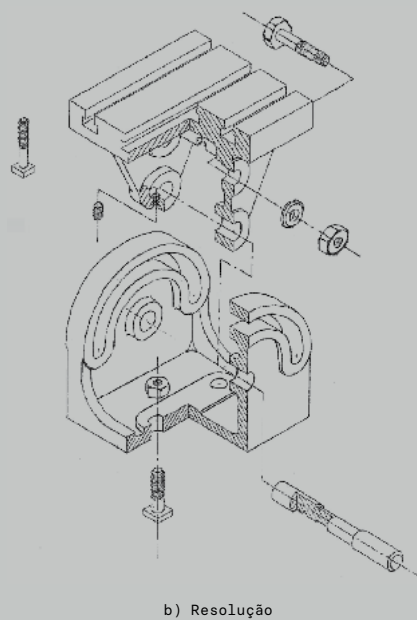
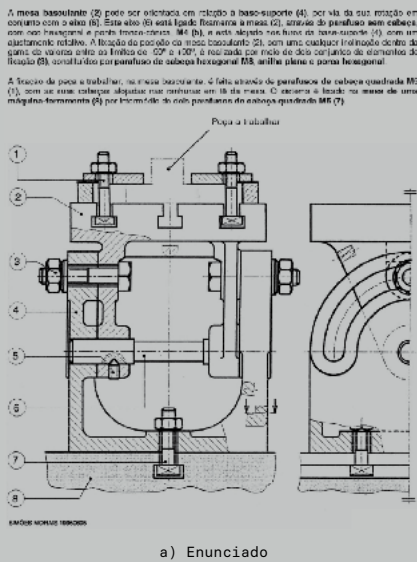
Em DCM, o aperfeiçoamento das capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica pode ser realizado através da leitura de desenhos de conjunto de sistemas mecânicos, em representação ortográfica, com a elaboração das correspondentes vistas explodidas (representações perspéticas de conjuntos, nas quais todos os componentes estão desenhados à mesma escala e corretamente orientados entre si, mas separados uns dos outros, na sequência correta de montagem, ao longo de eixos comuns, habitualmente executados em axonometria isométrica ampliada), em folhas de papel A3 dispostas sobre grelhas de reticulado isométrico (Fig. 5).

Este tipo de exercícios prepara os estudantes para a leitura de desenhos de conjunto de sistemas mecânicos, em representação ortográfica, com vista à sua introdução na elaboração dos desenhos de definição de produto acabado dos diversos elementos componentes não normalizados.

A introdução à análise funcional de mecanismos, com a execução de desenhos de definição de produto acabado (desenhos de detalhe) de alguns dos seus principais componentes, é realizada

Execute a vista explodida do sistema de mesa basculante, representado em desenho ortográfico de conjunto.

Fig. 5 Exemplo de vista explodida de um sistema de mesa basculante elaborada a partir da leitura do seu desenho de conjunto em representação ortográfica.

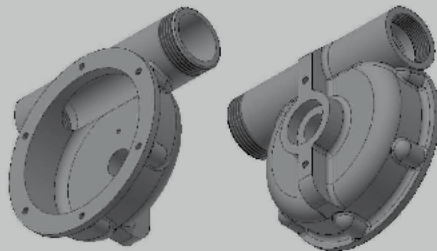


06

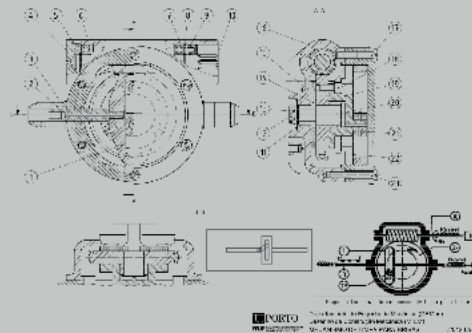
com base em desenhos de conjunto de sistemas mecânicos, em representação ortográfica, à escala 1:1 (Fig. 6 a), acompanhados pelos correspondentes enunciados textuais, fornecidos em folhas A4. Nestes textos, faz-se uma descrição complementar do funcionamento dos respetivos sistemas, solicitando-se a elaboração do desenho de definição de uma das peças componentes mais relevantes que deverá ter em conta um conjunto de considerações, necessariamente incompleto do ponto de vista dos contextos reais, mas que permite introduzir os estudantes na linguagem da “Especificação geométrica de produtos” (GPS).

Na resolução de um exercício deste tipo, os estudantes deverão começar por tentar compreender o funcionamento do sistema mecânico em questão e visualizar a configuração espacial da peça em análise, conforme se exemplifica (Fig. 6 b), através de uma simulação dessa visualização espacial, materializada através de uma representação obtida em CAD 3D.

Fig. 6 Exemplo do desenho de definição de produto acabado do corpo de um mecanismo de limpa pára-brisas, elaborado em representação ortográfica.



a) Enunciado fornecido em folha de formato A3

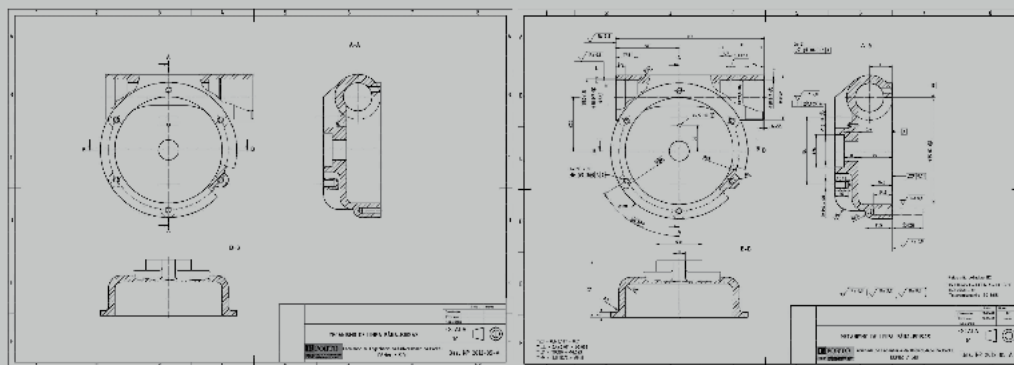


b) Simulação da visualização espacial da peça em análise, materializada em CAD 3D

Em seguida, deverão elaborar uma representação ortográfica nominal da peça em apreço, numa folha de formato A3, através de uma escolha criteriosa das vistas e cortes considerados necessários (Fig. 6 c). Finalmente, tendo em conta a função da peça e a sua conjugação com as restantes peças do conjunto, os estudantes deverão estar em condições de estabelecer uma cotagem nominal adequada para a peça, inscrevendo também todos os tipos de toleranciamentos solicitados no respetivo enunciado (Fig. 6 d). Neste âmbito, merece ser destacado que a SDI, através do Prof. Simões Morais, foi pioneira na introdução do toleranciamento geométrico moderno, ao nível do ensino universitário em Portugal.

Nas antigas e nas atuais instalações da FEUP, as aulas práticas das disciplinas de “Desenho” decorreram sempre em duas salas equipadas com estiradores escolares. Os trabalhos práticos de DCM, relativos a desenhos de conjunto de sistemas mecânicos e a desenhos de definição de peças componentes, realizados com traçado rigoroso, em folhas de formato A3,

Fig. 6 Exemplo do desenho de definição de produto acabado do corpo de um mecanismo de limpa pára-brisas, elaborado em representação ortográfica.



#5

c) 1ª parte da resolução: desenho da peça em representação ortográfica nominal

d) 2ª parte da resolução: desenho de definição da peça

eram executados com o auxílio de pranchetas e tês, até 1987, ano a partir do qual passaram a ser executados com o auxílio de máquinas de desenhar de sistema ortogonal, até 2000, ano da mudança para as atuais instalações da FEUP, na Asprela [S2]. Como, entretanto, os sistemas de CAD já estavam disseminados pela generalidade do tecido industrial nacional, a execução de desenhos em traçado manual rigoroso foi perdendo importância e, a nível universitário, o ensino da representação gráfica passou a promover um traçado manual mais livre, no apoio ao desenvolvimento das capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica que continuam a ser essenciais para a elaboração das “especificação técnicas”, no âmbito do “Processo de desenvolvimento de produtos”.

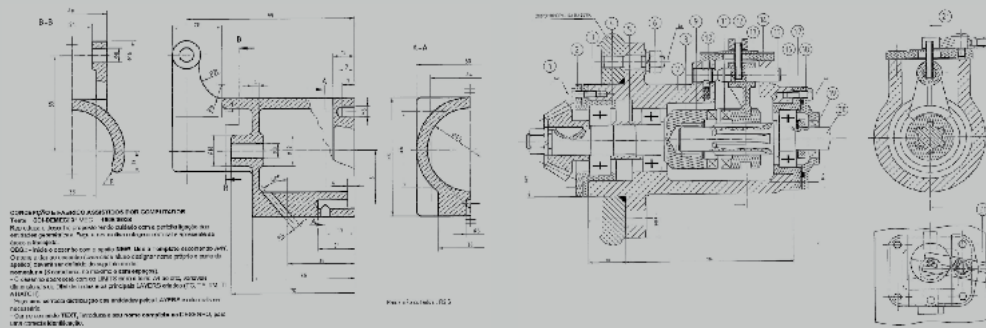
A partir do ano letivo 1980/81, a Direção da LEM alterou o regime de funcionamento das disciplinas de “Desenho e Métodos Gráficos” (DMG) e de “Desenho de Construção Mecânica” (DCM), de semestral para anual, com o objetivo de diminuir o período de tempo de interrupção de aulas, na transição entre semestres, uma vez que tal mudança permitia reduzir o número total de provas de avaliação (exames e recursos).

### 3. A INTRODUÇÃO DO DESENHO ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAD) NA LEM

Na segunda metade da década de 80 do século passado, a grande participação de profissionais de setores diferenciados da atividade económica (engenheiros, projetistas e desenhadores), registada nos vários cursos de especialização em “Desenho de Construção Mecânica”, ministrados por docentes da SDI e organizados pelo INEGI, no âmbito do Programa de formação do CENFIM, nas instalações do LNETI (Del. Reg. do Norte), no Porto, veio a ter um impacto significativo ao nível dos trabalhos de definição estratégica então em curso no DEMec. Nessas ações de formação, para além de se promover uma atualização e aprofundamento dos conhecimentos da normalização ISO, no domínio da atual “Especificação técnica de produtos”, os formandos eram iniciados nas então novas *tecnologias de CAD e CAM*, tarefas nas quais o Eng. Joaquim Fonseca, da SDI, e o Prof. Carlos Reis Gomes, da SMAP – Secção de Mecânica Aplicada, tiveram um papel destacado [S2]. Até então, no DEMec, o ensino e a utilização do CAD dispunham de meios gráficos limitados e estavam praticamente confinados ao ensino pós-graduado e à I&D, enquanto, em termos de CAM, não existia qualquer tipo de equipamento no DEMec/INEGI [T1].

Assim, em 1988, na sequência da elaboração do “Plano de reapetrechamento do DEMec/INEGI em equipamento informático e de fabricação assistida por computador”, com vista a permitir viabilizar a implementação de um novo plano de estudos na LEM [T1], foi montada, nas instalações do edifício Parcauto, na Rua dos Bragas, uma sala de aulas com 15 PCs equipados com *software* de CAD-2D (AutoCAD, etc.) e feita a aquisição de um torno mecânico e de uma fresadora de CNC (“*Computer numeric control*”). Este facto, associado à experiência entretanto adquirida no ensino das técnicas de CAD e CAM, nos primeiros “Cursos de especialização em DCM”, realizados nas instalações e com equipamento do LNETI, permitiu a criação e estruturação, na LEM, de uma nova disciplina de “*Conceção e Fabrico Assistidos por Computador*” (CFAC), em 1989/90, com os seguintes objetivos específicos principais [A3]:

Fig. 7 Exemplos de exercícios de reprodução de desenhos em representação ortográfica, realizados pelos estudantes, em sistemas de CAD 2D [A3].



06

a) Desenho ortográfico nominal de uma peça

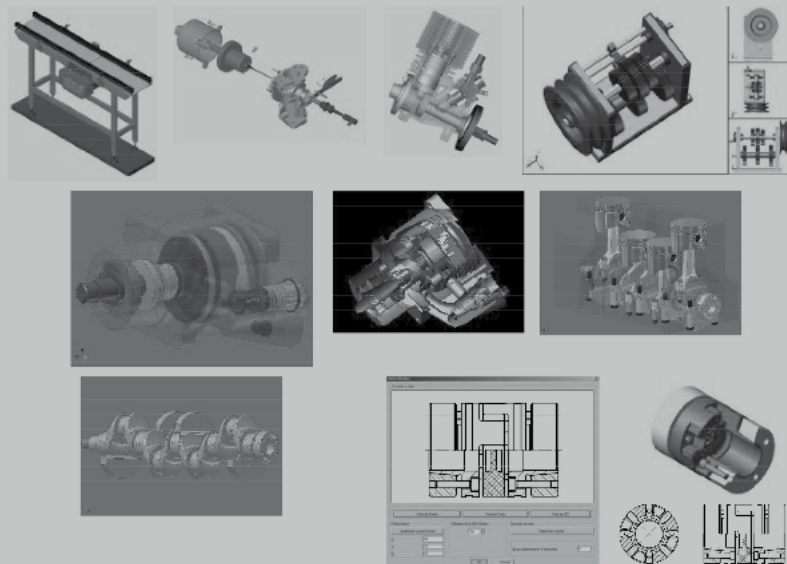
b) Desenho de conjunto em representação ortográfica

- a) Desenvolvimento das capacidades para manusear informação geométrica e não geométrica, na área da produção.
- b) Promoção de uma correta e eficaz utilização de programas comerciais de CAD, com o desenvolvimento de programas computacionais que permitam tratar a informação obtida a partir daqueles utilitários.
- c) Iniciação à programação de máquinas de CNC, com utilização de programas de CAD/CAM.

Esta disciplina foi posicionada no 3º ano do Curso, de modo que os estudantes possuíssem os conhecimentos de base sobre “representação gráfica” e “tecnologias mecânicas” que lhes permitissem tirar o máximo proveito da sua frequência, e os seus principais objetivos práticos iniciais incidiam sobretudo na utilização adequada de programas comerciais de CAD 2D (ver exemplos de aplicação (Fig. 7) e no desenvolvimento de programas de comando numérico para operações de trabalho de corte por arranque de apara em tornos mecânicos e fresadoras [R2]. Com a introdução de CFAC no novo plano de estudos da LEM, a disciplina de “DCM” passou a ser apenas semestral.

A partir do ano letivo 1998/99, a FEUP começou a dispor de meios que permitiram a promoção de uma utilização crescente de programas comerciais de CAD 3D (SolidWorks, Inventor, etc.), ao nível da disciplina de CFAC, que se generalizou a partir da mudança para as atuais instalações, na Asprela, em 2000/01, e que passou a dar origem à realização anual de dezenas de trabalhos práticos, neste domínio, alguns dos quais estão representados, a título de exemplo (Fig. 8).

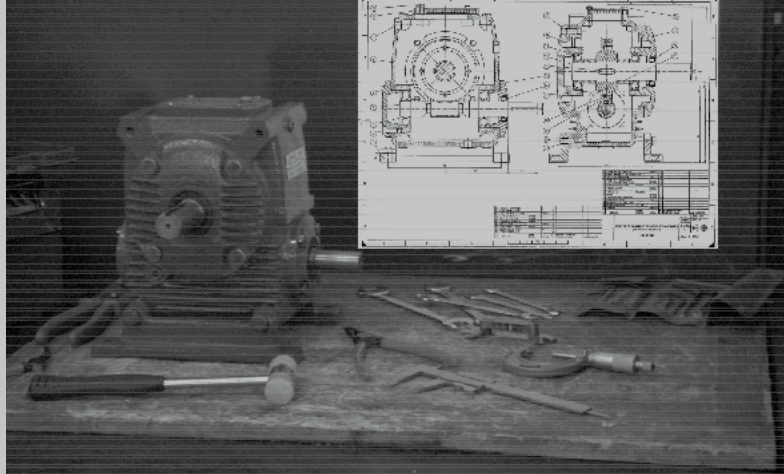
Fig. 8 Alguns exemplos de trabalhos práticos realizados em sistemas de CAD 3D, por estudantes de CFAC, no ano letivo 2002/03 [A3].



Em 1988/89, com a entrada em funcionamento do já referido plano de estudos da LEM, a disciplina anual de “Desenho e Métodos Gráficos” passou a ser designada de “Desenho Técnico” e, mais tarde, a partir de 1994/95, foi subdividida nas disciplinas semestrais de “Geometria Des-



Fig. 9 Exemplo de um "reductor de parafuso sem-fim/roda de coroa" utilizado nas aulas de desmontagem e montagem de sistemas mecânicos realizadas com o apoio dos correspondentes desenhos de conjunto em representação ortográfica.



#5

critiva" e de "Desenho Técnico". Esta nova preferência por disciplinas em regime semestral foi justificada pelo facto de, deste modo, passar a ser mais fácil acomodar quaisquer futuras alterações do plano de estudos.

#### **4. A PROMOÇÃO DE UM MAIOR CONTACTO DOS ESTUDANTES COM SISTEMAS MECÂNICOS REAIS DE UTILIZAÇÃO CORRENTE, APOIADO NOS RESPETIVOS DESENHOS DE CONJUNTO**

Em 1997/98, com a entrada em vigor de um novo plano de estudos da LEM, a disciplina de "Geometria Descritiva" foi retirada definitivamente e, na disciplina de "Desenho Técnico", foi criado um módulo de "Introdução aos Sistemas e Componentes Mecânicos de Utilização Corrente", com aulas práticas laboratoriais de 2 h/semana, tendo por objetivo a promoção e o desenvolvimento da curiosidade e do espírito crítico dos estudantes, sobre o modo de funcionamento e a constituição de alguns sistemas mecânicos (reductores, máquinas hidrostáticas, cilindros pneumáticos, etc.). Ao efetuarem a desmontagem e montagem deste tipo de sistemas, apoiados na leitura dos correspondentes desenhos de conjunto, a maioria dos estudantes começam a ter um primeiro contacto direto com uma boa parte dos elementos e órgãos mecânicos mais correntes (Fig. 9).

Complementarmente, passou também a fazer-se uma *Introdução à metrologia dimensional* com a realização de alguns pequenos trabalhos práticos, o que contribuiu para estreitar a relação entre as especificações dimensionais e a sua verificação em peças mecânicas, por intermédio de instrumentos de medição convencionais. Posteriormente, com a entrada em vigor do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM), em 2006/07, em substituição da LEM, este módulo continuou a ser ministrado pela SDI, até 2012/13. Com a entrada em funcionamento, em 2013/14, do atual plano de estudos do MIEM, estas aulas passaram a estar enquadradas na unidade curricular de "Introdução à Engenharia Mecânica", da responsabilidade da Secção de Materiais e Processos Tecnológicos (SMPT). A introdução deste tipo de aulas foi muito bem recebida, com manifesto proveito pedagógico, pelos estudantes, tendo merecido referências muito positivas por parte dos avaliadores do Curso, quer da Fundação das Universidades Portuguesas (FUP), quer da Ordem dos Engenheiros [A3, S2], nomeadamente no processo de avaliação de qualidade para a atribuição do selo EUR-ACE ao MIEM, em 2008.

#### **5. ALGUNS COMENTÁRIOS SOBRE AS OPÇÕES AO NÍVEL DOS CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS LECIONADOS E DAS ESTRATÉGIAS PEDAGÓGICAS SEGUIDAS NO PERÍODO EM ANÁLISE**

Após esta breve descrição da evolução do ensino na área do "Desenho e CFAC", registada nos cursos de Engenharia Mecânica da FEUP, nos últimos quarenta anos, justificam-se alguns comentários que ajudem a enquadrar melhor as opções tomadas ao nível dos conteúdos programáticos lecionados e das estratégias pedagógicas seguidas, de modo que o DEMec, neste mesmo período, mantivesse uma capacidade de resposta adequada aos desafios colocados pela importância crescente que a "Representação gráfica" e a "Especificação geométrica" (GPS) vêm

assumindo na linguagem de especificação técnica, no âmbito do “Processo de desenvolvimento de produtos”.

A “*Especificação técnica de produtos*” (TPS) é um domínio fundamental de conhecimento, num curso de Engenharia Mecânica, sendo importante para todos os profissionais com atividades ligadas à conceção, à construção ou à reparação de peças ou sistemas mecânicos. Os princípios de representação e definição de peças estão na base de uma linguagem de comunicação gráfica, mas contribuem também fortemente para estimular o desenvolvimento de um pensamento de carácter visual e espacial, lógico e claro [B2], que é uma das capacidades mais apreciadas em projetistas de máquinas, de ferramentas ou de peças técnicas.

A Licenciatura em Engenharia Mecânica (LEM), antes de 1974, tinha um plano de estudos de 5 anos, era constituída por 53 disciplinas semestrais que representavam um total de 305 h/semana de contacto professor/estudante, o que correspondia a uma média, por semestre, de 30,5 h/semana. As disciplinas na área de “Desenho” eram 4 e representavam um total de 25 h/semana, o que dava uma média de 6,25 h/semana de contacto professor/estudante, por disciplina [S1, A5].

Por sua vez, em 2015, o Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (MIEM) mantém um plano de estudos de 5 anos, é constituído por 45 unidades curriculares (UCs) semestrais mais uma dissertação de um semestre que representam um total de 182.5 h/semana de contacto professor/estudante. As UCs de “Desenho e CFAC”, da responsabilidade da SDI, são agora apenas 3 e representam um total de 12 h/semana, o que dá uma média de 4 h/semana de contacto professor/estudante, por UC [R1].

Esta redução das horas de contacto professor/estudante, verificada no MIEM, vem na sequência da implementação do “Processo de Bolonha”, em Portugal, tendo em vista uma harmonização dos vários sistemas de ensino superior europeus, de acordo com os objetivos da “Declaração de Bolonha” (1999). Segundo a referência [P1], com este “Processo”, pretende-se fazer uma mudança do paradigma de ensino, de um modelo baseado na transmissão de conhecimentos para um modelo baseado no desenvolvimento de competências, englobando as de carácter geral e as de natureza específica associadas à área de formação, onde as componentes experimental e de projeto desempenham um papel importante. Os estudantes são um dos elementos centrais do “Processo de Bolonha”. A mudança de paradigma do ensino para a aprendizagem assenta no desenvolvimento de competências (o que é que um estudante é capaz de ou sabe fazer?) face aos objetivos da aprendizagem (o que é que um estudante deve ser capaz de fazer?). Esta centralidade do estudante, neste “Processo”, torna-o um elemento ativo no processo de aprendizagem que se pressupõe decorrer ao longo da vida.

Neste contexto, a atual estruturação do ensino do “Desenho e CFAC”, no MIEM, teve em conta dois aspetos de base:

- 1) Os conhecimentos sobre “Representação gráfica” adquiridos pelos estudantes do MIEM, no Ensino Secundário;
- 2) O perfil de competências requerido para um mestre em Engenharia Mecânica pela FEUP.

Relativamente ao primeiro aspeto, constata-se que no presente “Regime de acesso ao MIEM” não consta qualquer disciplina específica de “Representação gráfica”. Alguns inquéritos informais realizados quase todos os anos, nas aulas, permitem constatar que 30 a 40 % dos estu-

dantes admitidos no 1º ano nunca tiveram uma disciplina de “Geometria descritiva” e 70 a 80 % dos estudantes nunca frequentaram qualquer disciplina de “Desenho técnico”, ao nível do Ensino Secundário. Deve registar-se que, apesar da situação descrita, a disciplina de “Geometria Descritiva” foi retirada definitivamente do plano de estudos da LEM, em 1997/98, aquando da revisão então efetuada.

Por outro lado, assume-se que uma das competências fundamentais a adquirir por um engenheiro mecânico, com o grau de Mestre pela FEUP, distinta das obtidas por um engenheiro-técnico mecânico formado pelos Institutos Politécnicos, é a maior e melhor formação ao nível da *engenharia de conceção*, que lhe é ministrada na FEUP.

A estratégia de ensino/aprendizagem na área do “Desenho e CFAC”, adotada no atual MIEM, tem em conta que os diferentes setores industriais nacionais precisam de engenheiros e técnicos com boas competências ao nível do “*processo de desenvolvimento de produtos*”, de modo a poderem incrementar a produção de bens transacionáveis, sobretudo os que apresentam um nível tecnológico elevado. As diferentes unidades curriculares de “Desenho e CFAC” prestam-se para a *promoção da inovação e da criatividade* (os problemas de representação mais conveniente de peças e sistemas mecânicos são “problemas abertos”, com várias soluções alternativas), para a aplicação de conhecimentos sobre tecnologias de fabrico e de materiais, metrologia, etc., funcionando, até certo ponto, como *unidades curriculares de síntese de conhecimentos* [A4, S2].

Assim, no ensino do “Desenho Técnico” e do “Desenho de Construção Mecânica”, procura-se conciliar o desenvolvimento das capacidades de visualização espacial, de expressão e representação gráfica e a sua utilização em atividades de conceção, com a aquisição de conhecimentos de natureza tecnológica neste domínio, nomeadamente, sobre normalização de sistemas e componentes mecânicos, especificações geométricas de produtos, princípios e métodos de verificação, processos gerais de fabrico, etc.

No ensino do “Desenho (Conceção) e Fabrico Assistidos por Computador”, promove-se uma aprendizagem da utilização consistente de sistemas CAD 2D e 3D, resultante da incorporação dos conceitos da documentação técnica de produtos (TPD), da normalização de sistemas e componentes mecânicos e da linguagem GPS, anteriormente adquiridos.

Nos trabalhos preparatórios de elaboração de qualquer novo plano de estudos em Engenharia Mecânica, no DEMec, colocam-se sempre algumas questões ao nível dos conteúdos programáticos adotados e das estratégias pedagógicas seguidas, pela SDI, que podem ser resumidas, sucintamente, nas duas interrogações seguintes:

- 1) Os CAD 2D e 3D não poderiam começar a ser ensinados logo no 1º ano do MIEM, em “Desenho Técnico”, uma vez que estas tecnologias são já de utilização corrente, a nível industrial e, segundo alguns autores [B1], contribuiriam até para tornar esta unidade curricular ainda mais atrativa aos olhos dos novos estudantes?
- 2) Uma vez que, a nível industrial, os modelos de sólidos passaram a ser a fonte primária de definição da geometria nominal dos produtos, a partir da qual podem ser gerados os correspondentes desenhos de engenharia, porquê manter, em “DCM”, um grau de exigência tão elevado ao nível da representação e da leitura de desenhos de conjunto em representação ortográfica, sem o apoio dos modelos de sólidos dos correspondentes sistemas mecânicos, obtidos previamente por intermédio de sistemas de CAD 3D?

As respostas a estas questões pressupõem que se comece por afirmar que o ensino universitário e o ambiente industrial funcionam em contextos e com objetivos diferentes. Nas unidades curriculares

de formação de base, o ensino universitário deve dar prioridade ao ensino/aprendizagem dos conceitos fundamentais que ajudem a promover a aquisição de conhecimentos nos domínios da matemática, da física, da representação gráfica, etc., indispensáveis ao desenvolvimento de capacidades e competências, nos estudantes, que poderão ser decisivas para a sua adaptação às futuras e inevitáveis mudanças, nomeadamente de carácter tecnológico, que irão ter de enfrentar ao longo do seu percurso profissional.

Assim, na UC de “*Desenho Técnico*”, o atual número reduzido de horas de contacto professor/estudante, associado ao baixo nível de conhecimentos prévios, manifestado pela generalidade dos discentes, neste domínio, obriga a que a atenção seja focada, sobretudo, nos princípios gerais de representação gráfica e no desenvolvimento das capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica, assuntos considerados fundamentais para permitir uma qualquer abordagem posterior de conceitos mais elaborados. No entanto, no “espírito do Processo de Bolonha”, nada impede que, em termos extra-curriculares, os estudantes façam uma iniciação individual aos sistemas de CAD, aproveitando as facilidades concedidas, pelo Centro de Informática (CICA) da FEUP, em termos de instalação e acesso a programas comerciais, disponíveis num repositório de software acessível a toda a comunidade académica da FEUP.

Relativamente à circunstância de, na UC de “*Desenho de Construção Mecânica*”, os trabalhos com desenhos de conjunto de sistemas mecânicos e desenhos de definição de peças componentes, em representação ortográfica, continuarem a obedecer a padrões de exigência elevados, numa época em que os modelos de sólidos, elaborados em CAD 3D, passaram já a ser as fontes primárias de definição da geometria nominal dos produtos, a nível industrial, tal deriva do facto de, atualmente e ainda durante um período de tempo mais ou menos longo, os desenhos de engenharia (2D) continuarem a ser ferramentas de comunicação gráfica muito importantes em diferentes fases do processo industrial, pelas razões indicadas e desenvolvidas nas referências [Q1, M1 e C1].

No que respeita ao ensino/aprendizagem no domínio da utilização de *sistemas de CAD* avançados, deve ter-se em consideração que estes sistemas são ferramentas poderosas na estruturação e na comunicação de informação entre as fases de conceção, de produção e do controlo de qualidade dos produtos. No entanto, para se conseguir uma utilização profícua e eficaz deste tipo de aplicações, num período de contacto professor/estudante reduzido, o utilizador deve possuir bons conhecimentos de construções geométricas no espaço 2D e de cotação nominal, e ter adquirido a capacidade para estruturar toda a modelação e, dentro do possível, para relacionar as sucessivas operações a executar com as anteriormente realizadas, de modo a permitir que uma qualquer alteração possa ter o efeito pretendido sobre a totalidade do objecto e/ou sistema em causa [A3].

Quanto ao processo de aprendizagem ao longo da vida, também preconizado pela filosofia adstrita ao “Processo de Bolonha” [P1], os docentes da SDI têm promovido ou colaborado na realização de “*Ações de formação de curta e média duração*”, fundamentalmente no domínio da “Especificação geométrica de produtos” (GPS), dirigidas a engenheiros, projetistas e desenhadores e realizadas, periodicamente, em empresas tais como, por exemplo, a Bosch-Vulcano (Cacia), a Celoplás (Barcelos), a Sodecia (Maia), o CINFU (Porto), a Küpper & Schmidt (O. Aze-meis), a Gametal (Ovar), o CENFIM (Porto), etc.

Novos engenheiros com sólida formação nos domínios abordados são muito apreciados pela Indústria Nacional e da Região Norte em particular. Uma das competências dos graduados em Engenharia Mecânica, pela FEUP, mais valorizadas pelas entidades empregadoras e

que tem permitido distingui-los positivamente face aos colegas formados por outras Escolas é o seu bom desempenho na interpretação e execução de desenhos de engenharia, mesmo em atividades de grande exigência neste domínio, como é o caso da indústria dos moldes. Neste contexto, as atuais unidades curriculares de “Desenho e CFAC” podem ser vistas como uma característica de diferenciação positiva do MIEM, em relação a muitos dos outros cursos de Engenharia Mecânica nacionais, no atual quadro de desenvolvimento económico do País.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No atual mercado global, os engenheiros e os técnicos em geral devem possuir conhecimentos de representação gráfica cada vez mais sólidos, de modo a fazerem face ao uso crescente de meios de comunicação gráfica, que tornam mais fácil a circulação da informação técnica. O Desenho técnico é uma linguagem gráfica normalizada, a nível mundial, que permite estabelecer a comunicação técnica entre todos os ramos da Engenharia. Neste contexto, a *Documentação técnica de produtos*, que engloba os diversos tipos de desenhos técnicos, é o único meio oficial de comunicação e serve de base para a interpretação dos contratos.

Com a atual utilização generalizada dos sistemas de CAD 3D, os *modelos virtuais de sólidos* tornaram-se responsáveis pela definição da geometria nominal dos produtos, que passou a ser uma função secundária (e redundante) dos desenhos de engenharia. No entanto, os *desenhos 2D* gerados a partir de modelos 3D são, presentemente, e continuarão a ser, num futuro previsível, muito utilizados, a nível industrial, atendendo aos limites da integração das fases de conceção, fabrico e verificação registados em muitas empresas [C1].

Deve também ser assinalado que, apesar do contexto tecnológico referido neste texto, a aptidão para fazer desenhos à mão livre, em folhas de papel, continua a ser uma competência muito importante em termos da representação gráfica em engenharia, pois permite desenvolver as capacidades de visualização espacial e de comunicação técnica – imaginar soluções construtivas, traduzindo-as em desenhos ilustrativos ou explicando-as a outros.

Finalmente, merece ser destacado o papel desempenhado pela Secção de Desenho Industrial do DEMec, ao longo dos últimos quarenta e cinco anos, na introdução e desenvolvimento dos novos conceitos, no âmbito da “Especificação técnica de produtos”, ao nível do Ensino universitário nacional e na sua promoção e divulgação a nível industrial.

## BIBLIOGRAFIA

- [A1] Almacinha, J. A.; Simões Morais, J. M. – *Desenho Técnico*. Texto de apoio às aulas teóricas e coleção de exercícios a executar nas aulas práticas da unidade curricular de Desenho Técnico. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da FEUP. Porto: AEFEUP Editorial. 8ª ed. 2013.
- [A2] Almacinha, J. A.; Simões Morais, J. M. – *Desenho de Construção Mecânica*. Texto de apoio às aulas teóricas e coleção de exercícios a executar nas aulas práticas da unidade curricular de Desenho de Construção Mecânica. Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da FEUP. Porto: AEFEUP Editorial. 8ª ed. 2014.
- [A3] Almacinha, J. A.; Tavares, J. M. R. S.; Fonseca J. O. – *O Ensino do Desenho na Licenciatura em Engenharia Mecânica*. Documento da Secção de Desenho Industrial. Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, 2003. 68 p.

- [A4] Almacinha, J. A. – *Alguns comentários acerca da proposta de Reformulação do Plano de Estudos do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica* (MIEM). Documento interno do DEMec. Porto: FEUP, 2010-05-30. 4 p.
- [A5] *Anuário da Faculdade de Engenharia*. Vol. I. Porto: FEUP. 1973. 172 p.
- [B1] Barr, R. E.; Juricic, D. – *From Drafting to Modern Design Representation: The Evolution of Engineering Design Graphics*. Journal of Engineering Education. July 1994, p. 263-270.
- [B2] Bertoline, G. R. – *Graphics Literacy in a Modern Engineering/Engineering Technology Curriculum*. Proceedings Frontiers in Education 21st Annual Conference, 1991. L. P. Grayson, Ed. (pp. 556 - 559). West Lafayette, Indiana.
- [C1] Concheri, G. – *Le nuove norme impongono un cambio radicale dell'insegnamento del disegno*. Giornata Naz. ADM – La rivoluzione dell'insegnamento del disegno: le nuove normative ISO e ASME. Torino, 28 maggio 2014.
- [M1] Melton, D. W.; Stewardson, G. – *The American Drafter: Why use 1st Angle Projection in a 3rd Angle World?* Technology Interface Journal/Fall 2008, Vol 9, No 1.
- [P1] *Processo de Bolonha – Questões Frequentes* [Em linha]. SIGARRA U.Porto. Ensino. Universidade do Porto. [Consult. 22 jun. 2014]. Disponível em WWW:<URL:https://sigarra.up.pt/up/pt/web\_base.gera\_pagina?p\_pagina=122250>.
- [Q1] Quintana, V.; Rivest, L.; Pellerin, R.; Venne, F.; Kheddouci, F. – *Will Model-based Definition replace engineering drawings throughout the product life-cycle? A global perspective from aerospace industry*. Computers in Industry. 2010, Vol 61, No 5, p. 497-508.
- [R1] *Reformulação do Plano de Estudos do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica*. Versão 7. Documento após reunião do Conselho de Departamento do DEMec. Porto: FEUP. 2012-09-25. 25 p.
- [R2] Reis Gomes, C.; Fonseca, J. O. – *Concepção e Fabrico Assistidos por Computador*. Texto de apoio à disciplina de Concepção e Fabrico Assistidos por Computador (3º ano). Licenciatura em Engenharia Mecânica da FEUP. Porto: AEFEP Editorial. 1993/94.
- [R3] Ricca Gonçalves, G. – *Geometria Descritiva*. 4ª ed. Lisboa: F. C. Gulbenkian, 2009.
- [S1] Sá, Vasco – *História do Departamento de Engenharia Mecânica – Anos 70 a 74 (Segundo capítulo)*. Documento preliminar interno do DEMec, produzido no âmbito de um trabalho de elaboração de uma “História do Departamento de Engenharia Mecânica”. Porto: FEUP, 2010. 7 p.
- [S2] Sá, Vasco; Almacinha, J. A. – *Criação e Desenvolvimento das Secções de Matemática e de Desenho Industrial*. Documento preliminar interno do DEMec, produzido no âmbito de um trabalho de elaboração de uma “História do Departamento de Engenharia Mecânica”. Porto: FEUP, 2010. 8 p.
- [S3] Simões Morais, J. M. – *Geometria Descritiva*. Texto de apoio às aulas da disciplina de Geometria Descritiva (1º ano). Licenciatura em Engenharia Mecânica da FEUP. Porto: AEFEP Editorial. 1995-96 (policopiado). 176 p.
- [S4] Simões Morais, J. M. – *Desenho Básico*. Desenho de Construções – 1. 26ª ed. Porto: Porto Editora, 1999.
- [S5] Simões Morais, J. M. – *Desenho Técnico Básico-3*. 24ª ed. Porto: Porto Editora Lda, 2007.
- [T1] Tavares de Castro, P.; Guimaráes, R. – *Plano de Reapetrechamento do DEMec/INEGI em Equipamento informático e de Fabricação Assistida por Computador*. Documento interno do DEMec/INEGI. Porto: FEUP, 1988. 83 p.

#### NORMALIZAÇÃO

- ISO 3:1973 Preferred numbers – Series of preferred numbers. ISO.
- ISO 17:1973 Guide to the use of preferred numbers and of series of preferred numbers. ISO.
- ISO 128 (all parts) Technical drawings – General principles of presentation. ISO [NP ISO 128 (todas as partes) IDT].
- ISO 129-1:2004 Technical drawings – Indication of dimensions and tolerances – Part 1: General principles. ISO (NP ISO 129-1:2007 IDT).
- ISO 129-1:2018 Technical product documentation (TPD) -- Presentation of dimensions and tolerances -- Part 1: General principles. ISO.

- ISO 497:1973 Guide to the choice of series of preferred numbers and of series containing more rounded values of preferred numbers. ISO.
- ISO 5456-1:1996 Technical drawings – Projection methods – Synopsis. ISO (NP EN ISO 5456-1:2002 IDT).
- ISO 5456-2:1996 Technical drawings – Projection methods – Orthographic representations. ISO (NP EN ISO 5456-2:2002 IDT).
- ISO 5456-3:1996 Technical drawings – Projection methods – Axonometric representations. ISO (NP EN ISO 5456-3:2002 IDT).
- ISO 5456-4:1996 Technical drawings – Projection methods – Central projection. ISO (NP EN ISO 5456-4:2002 IDT).
- ISO 16792:2015 Technical product documentation – Digital product definition data practices. ISO.

Nota: Este texto foi elaborado a partir de um texto idêntico, com o mesmo título, incluído na dissertação “Visão Geral sobre a Linguagem ISO de Especificação Técnica de Produtos”, FEUP, 2016.

José António Almacinha é Doutor em Engenharia Mecânica (2016), Mestre em Engenharia Estrutural (1985) e Licenciado em Engenharia Mecânica (1980) pela FEUP. Desde 1981, presta serviço no DEMec da FEUP, sendo atualmente Professor Auxiliar da Secção de Desenho industrial. Tem lecionado diversas disciplinas na área do Desenho, participado em projetos de I&D na área da Construção Mecânica e colaborado em ações de formação, em empresas, no domínio da *Especificação geométrica de produtos*.

86

É colaborador do INEGI, desde 1986, e membro do Organismo de Normalização Setorial ONS-INEGI, desde 1991, sendo também secretário das Comissões Técnicas portuguesas de normalização CT 1, desde 1998, e CT 9, desde 2004.

*José António Almacinha is PhD in Mechanical Engineering (2016), Master in Structural Engineering (1985) and Degree in Mechanical Engineering (1980) by FEUP. Since 1981, he serves in the DEMec of FEUP, being currently Assistant Professor of the Industrial Design Section. He has taught several disciplines in the area of Design, has participated in R&D projects in the area of Mechanical Construction and has collaborated in training actions, in companies, in the field of Geometric Specification of products.*

*He is a collaborator at INEGI, since 1986, and member of the Sectorial Standardisation Body ONS-INEGI, since 1991, being also secretary of the Portuguese Technical Commissions for Standardisation CT 1, since 1998, and CT 9, since 2004.*