

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/319516539>

Desenho e Representação Gráfica – 1. Introdução ao Desenho Técnico

Chapter · September 2019

CITATIONS

2

READS

19,375

3 authors:



Filipe Marques

University of Minho

68 PUBLICATIONS 342 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Paulo Flores

University of Minho

470 PUBLICATIONS 5,330 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



António Pedro Souto

University of Minho

117 PUBLICATIONS 963 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Plasma-assisted deposition of microcapsule containing Aloe vera extract for cosmeo-textiles [View project](#)



photonic crystals, structural colouration, colloid crystals [View project](#)



Desenho e Representação Gráfica

1. Introdução ao Desenho Técnico

Filipe Marques | Paulo Flores | António P. Souto



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Guimarães 2019

ÍNDICE

1. Introdução ao Desenho Técnico	1
1.1. Embriogénese da Comunicação Gráfica	1
1.2. Formas de Representação Gráfica	5
1.3. Breve Histórico do Desenho Técnico	8
1.4. Principais Tipos de Desenhos Técnicos	11
1.5. O Desenho Técnico no Desenvolvimento do Produto	17
1.6. O Desenho Técnico Assistido Por Computador	21
1.7. A Importância da Normalização em Desenho Técnico	25
1.8. Revisão de Conhecimentos	27
1.9. Bibliografia Consultada	28

“A arte diz o indizível, exprime o inexprimível, traduz o intraduzível.”

Leonardo da Vinci

1. INTRODUÇÃO AO DESENHO TÉCNICO

1.1. EMBRIOGÊNESE DA COMUNICAÇÃO GRÁFICA

É sabido que, desde os primórdios da humanidade, a expressão e comunicação de ideias é feita sob a forma de representação¹ gráfica, aliás como se pode atestar pelas inúmeras representações de animais e objetos em paredes rochosas de cavernas e de locais que o homem ocupou ao longo dos tempos (*vide* figura 1.1).



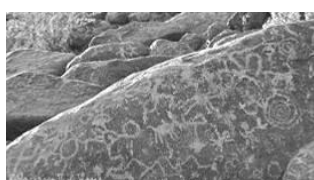
Tassili n'Ajjer (Argélia)



Tadrart Acacus (Líbia)



Tsodilo (Botsuana)



Arizona (EUA)



Piauí (Brasil)



Toquepala (Peru)



Ajanta (Índia)



Malipo (China)



Sigiriya (Sri Lanca)



Altamira (Espanha)



Chauvet (França)



Foz Côa (Portugal)



Tanum (Noruega)



Alberta (Canadá)



Sydney (Austrália)

Figura 1.1 – Representações gráficas existentes em diversas zonas geográficas do mundo.

¹ Representar diz respeito ao modo de apresentar formas reais ou configurações inteligíveis.

Pinturas, gravuras e réplicas escultóricas, mais ou menos fiéis das entidades representadas, existem um pouco por tudo todo o mundo, e que vão desde a pré-história até aos nossos dias. A figura 1.1 ilustra alguns exemplos de pinturas e gravuras existentes em diversos países de várias zonas geográficas do mundo. Da observação da figura 1.1 verifica-se que naquelas representações não existe texto, nem gramática, mas sim e apenas, arte. Este tipo de representação gráfica constitui uma forma embrionária, universal e intemporal da expressão e comunicação de ideias. Na verdade, a representação gráfica através de desenhos e pinturas antecede o aparecimento da escrita. Por isso, é comum dizer-se que antes das palavras serem escritas, os pensamentos e as ideias eram pintados nas paredes das cavernas. Deve ainda referir-se que na escrita antiga se usavam desenhos esquemáticos e representações simbólicas, que ulteriormente deram origem à escrita ideográfica. Os hieróglifos egípcios e a escrita chinesa são dois exemplos bem elucidativos de escritas ideográficas, tal como se ilustra nas representações da figura 1.2. As escritas ideográficas evoluíram naturalmente até ao surgimento das escritas com alfabeto, as quais são bastante mais simples, práticas e generalizáveis.

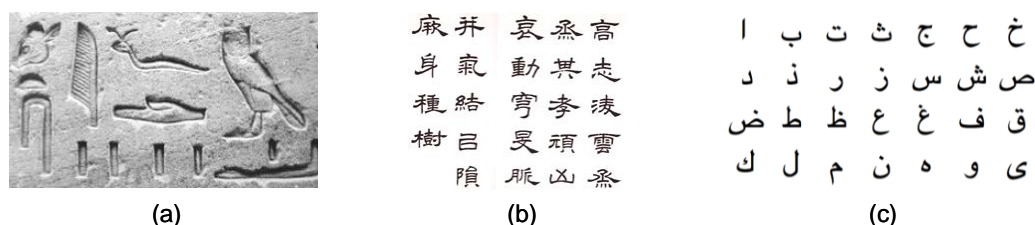


Figura 1.2 – (a) Hieróglifos egípcios; (b) Escrita chinesa; (c) Alfabeto árabe.

Tal como foi mencionado acima, um dos modos mais simples e eficazes de comunicar ideias é através da representação gráfica na forma de desenhos ou imagens. Por vezes, com este tipo de representação consegue-se estar mais próximo da realidade do que com a comunicação oral² ou escrita. Este paradigma está bem patente na máxima popular do filósofo chinês Confúcio (551-479 a.C.), a qual diz o seguinte “uma imagem vale mais do que mil palavras”. Esta máxima é particularmente verdadeira e relevante em engenharia, uma vez que se torna mais fácil e eficaz transmitir ou compreender uma determinada ideia utilizando recursos visuais, como os desenhos ou as imagens. A figura 1.3 diz respeito a uma ilustração de Confúcio que foi um dos maiores pensadores chineses, cujas doutrinas têm sido seguidas até aos dias de hoje.



Figura 1.3 – Ilustração do filósofo chinês Confúcio.

² A este respeito, refira-se, a título de curiosidade, a existência de uma célebre frase atribuída a Leonardo da Vinci, a qual reza o seguinte “quando me faltam as palavras, eu desenho”.

As obras-primas do artista italiano Miguel Ângelo (1475-1564) são do mais sublime, espantoso e paradigmático concretizar da máxima de Confúcio. De facto, são de valor inestimável e por demais conhecidas muitas das obras de Miguel Ângelo e que abrangem a pintura, a escultura, entre outras áreas. A pintura juízo final e a escultura pietá são apenas dois bons exemplos que imortalizaram Miguel Ângelo, tornando-o num dos maiores criadores de arte de todos os tempos. Nestes exemplos pode observar-se a qualidade da comunicação gráfica, o detalhe de pormenores representados e a natureza planar e tridimensional da expressão, como se evidencia nas ilustrações da figura 1.4.



(a)



(b)

Figura 1.4 – Duas das mais emblemáticas obras de Miguel Ângelo: **(a)** Juízo final; **(b)** Pietá.

No dealbar do período renascentista são notáveis e infindáveis os contributos do multifacetado autor Leonardo da Vinci (1452-1519), pois as suas obras abarcam diversas áreas, tais como a pintura, a medicina, a engenharia, entre muitas outras. A representação da última ceia, a ilustração da anatomia humana, assim como um vasto leque de esboços e desenhos esquemáticos de máquinas e mecanismos são exemplos reveladores do talento extraordinário daquele polímato. A figura 1.5 inclui alguns exemplos da sua vasta obra, e que tornaram Leonardo da Vinci num dos mais notáveis autores de toda a história da Humanidade. Pode facilmente observar-se que nas representações de Leonardo da Vinci está bem patente o rigor, o detalhe e a proporcionalidade dos elementos utilizados para comunicar as suas ideias.

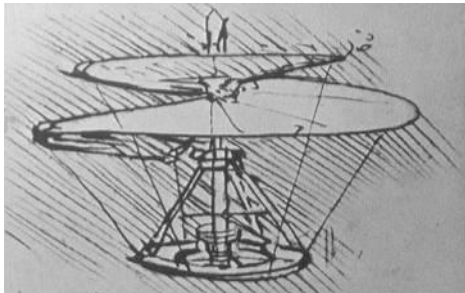
É por demais evidente que os projetistas e engenheiros têm necessidade de comunicar e transmitir as suas ideias, produtos e soluções a fabricantes e clientes. Aquela comunicação só é possível de concretizar, de modo efetivo e eficaz, através de esboços e de desenhos rigorosos, os quais podem apresentar naturezas diversas. Gaspar Monge (1746-1818), engenheiro militar francês (*vide* figura 1.6a), foi quem primeiramente inventou um método, a geometria descritiva ou método de Monge, que possibilita a realização de desenhos de forma universal e rigorosa. De facto, até ao aparecimento da geometria descritiva, os desenhos eram usados para veicular informação, porém, sem qualquer grau de uniformidade, tornando-os de difícil compreensão e de leitura ambígua. Assim, por exemplo, da representação da figura 1.6b facilmente se depreende que se trata de uma pirâmide de base triangular, todavia, daquela representação nada se pode inferir acerca das dimensões, do material, se é oca ou maciça, entre outras propriedades geométricas, físicas e tecnológicas. É neste quadro que a geometria descritiva constitui um pilar fundamental do desenho técnico, em geral, e das representações ortográficas, em particular.



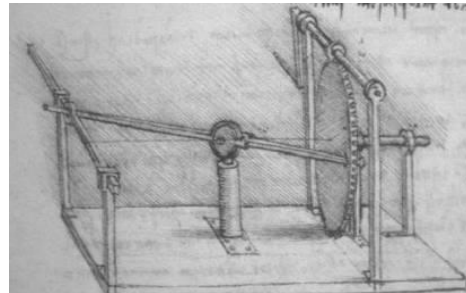
(a)



(b)



(c)

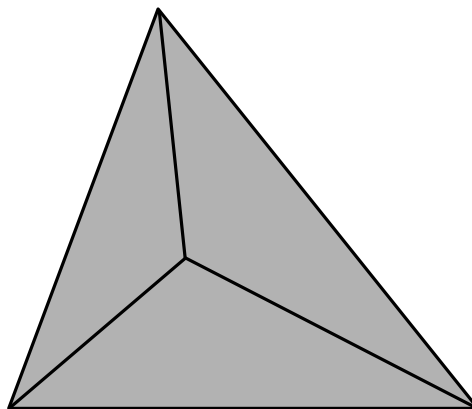


(d)

Figura 1.5 – Exemplos de obras de Leonardo da Vinci: **(a)** Última ceia; **(b)** Anatomia humana; **(c)** Máquina voadora; **(d)** Mecanismo biela-manivela tridimensional.



(a)



(b)

Figura 1.6 – **(a)** Ilustração de Gaspar Monge; **(b)** Pirâmide triangular.

1.2. FORMAS DE REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

A comunicação gráfica envolve o uso de materiais e dispositivos para relacionar e transmitir ideias. Tal como se referiu anteriormente, esboços, desenhos, imagens, diapositivos, bem como a impressão 3D, são diferentes formas que permitem a comunicação gráfica. De facto, qualquer recurso ou meio que use representações gráficas para ajudar a transmitir uma mensagem ou instrução faz parte da comunicação gráfica. Uma das formas mais comuns de comunicação gráfica é o desenho. No caso mais geral, um desenho pode ser entendido como uma representação gráfica de ideias, conceitos e entidades reais ou imaginárias. O desenho é, na verdade, uma das formas de comunicação mais antigas, que surgiu antes da comunicação verbal. De seguida são apresentadas as formas de representação gráfica mais frequentemente utilizadas nas diversas áreas do conhecimento, dando-se particular enfoque aos diferentes tipos de desenhos. De um modo simples e abrangente, pode dizer-se que os principais tipos de desenhos usados nas representações gráficas são o desenho artístico e o desenho técnico. Este último pode ser projetivo ou não-projetivo. As representações ortográficas e perspéticas são exemplos de desenhos técnicos projetivos. Por seu lado, esboços e diagramas concretizam desenhos técnicos não-projetivos. A figura 1.7 apresenta, de forma resumida e geral, os principais tipos de desenhos.



Figura 1.7 – Principais formas de representação gráfica.

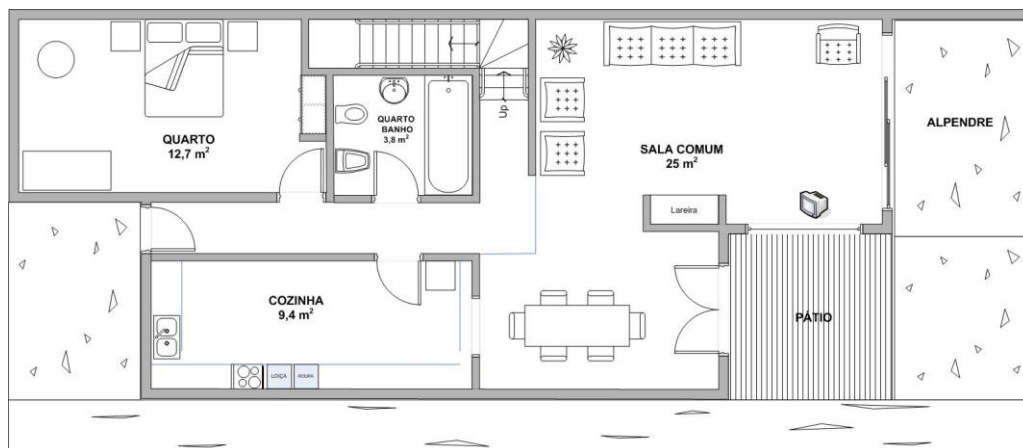
A figura 1.8 mostra um desenho artístico e um desenho técnico, a qual possibilita, de antemão e automaticamente, distinguir estes dois tipos de desenhos. Uma característica que permite identificar o tipo de desenho de uma dada representação gráfica prende-se com o seu propósito. Assim, num desenho artístico é objetivo comunicar ideias e sensações, através do estímulo da imaginação e criatividade do observador ou leitor. Com um desenho técnico pretende-se representar objetos o mais próximo possível da realidade, quer no que diz respeito às formas, quer às dimensões, quer ainda às especificações físicas e técnicas dos objetos. Um desenho artístico pode ir desde uma simples linha, até ao mais famoso quadro. Independentemente do grau de complexidade, um desenho artístico pode ser usado para transmitir ideias, sentimentos, crenças, filosofias, etc. Por isso, é muito frequente dizer-se que antes de se en-

tender um desenho artístico é necessário, em primeiro lugar, conhecer o próprio autor ou criador. Os desenhos artísticos são, em geral, acompanhados de um título e um resumo descritivo, os quais, por sua vez, dão origem a diferentes interpretações. O desenho técnico, ao invés, não necessita de títulos nem resumos, e não requer um conhecimento sobre o seu criador, mas apenas a compreensão do próprio desenho técnico. Um desenho técnico é, pois, um meio de comunicação claro e conciso de toda a informação necessária para transformar uma ideia ou um conceito em realidade. Por conseguinte, um desenho técnico contém, para além da própria representação gráfica, dimensões, formas e especificações técnicas.

Em suma, o desenho artístico possibilita, tanto ao autor, como ao leitor, amplos graus de liberdade em termos de representação e interpretação das obras. No desenho técnico, pelo contrário, não é aceitável que haja graus de liberdade na representação e interpretação de desenhos, devendo, por isso, ser executados de modo completo, rigoroso e sem ambiguidade. O desenho técnico é, portanto, uma linguagem universal utilizada por desenhadores, projetistas, engenheiros e arquitectos no desenvolvimento de produtos e na resolução de problemas, pelo que aqueles profissionais devem ser conhecedores das regras e normas associados ao desenho técnico. De uma maneira geral, um desenho técnico pode ser executado à mão livre, recorrendo a técnicas e recursos mecânicos, ou ainda utilizando recursos e meios computacionais.



(a)



(b)

Figura 1.8 – (a) Guernica de Picasso; (b) Planta de uma casa.

A figura 1.9 diz respeito a quatro desenhos técnicos, nomeadamente dois desenhos técnicos projetivos e dois desenhos técnicos não-projetivos. Deve chamar-se a atenção para o facto de o desenho técnico ser uma ferramenta de trabalho necessária e útil em diversas áreas da engenharia, quer seja o desenho projetivo, quer seja o desenho não-projetivo. Todavia, há algumas engenharias em que o desenho técnico tem um papel preponderante, designadamente em Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Engenharia de Polímeros, Engenharia Aeroespacial e Engenharia Biomédica.

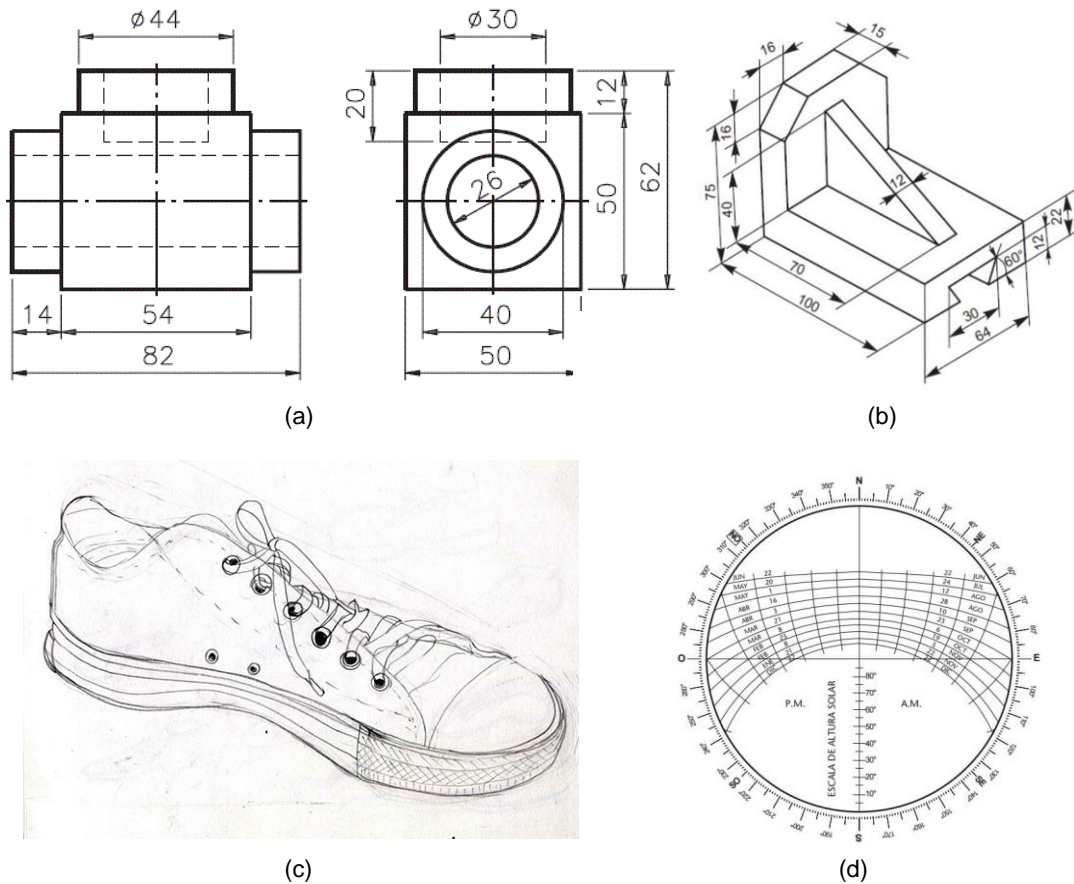


Figura 1.9 – (a) Desenho técnico projetivo, representação ortográfica; (b) Desenho técnico projetivo, representação perspetiva; (c) Desenho técnico não-projetivo, esboço à mão; (d) Desenho técnico não-projetivo, ábaco.

1.3. BREVE HISTÓRICO DO DESENHO TÉCNICO

Buscando uma definição simples e suficientemente abrangente pode dizer-se que o desenho técnico³ é uma forma de comunicação gráfica que contém informações técnicas relativas a um objeto, a parte de um objeto ou ainda a um conjunto de objetos. O desenho técnico segue regras e normas que estabelecem com rigor o significado de linhas, letras, algarismos, sinais, etc. Por conseguinte, um qualquer desenho técnico pode ser lido por diferentes profissionais.

A contínua evolução das técnicas, recursos e meios conduziu ao desenvolvimento de diversas formas de representação de desenho bidimensional. Todavia, uma representação tridimensional é de leitura mais difícil, ocupa mais espaço e apresenta menor portabilidade do que uma representação bidimensional equivalente. Esta, por sua vez, coloca dificuldades ao nível da fiabilidade de representação, as quais o homem procura ultrapassar desde a Antiguidade. Na verdade, até se atingir o estado atual, o desenho técnico passou por diversas fases ao longo dos tempos. Assim, nos parágrafos seguintes apresentam-se alguns dos principais marcos e contribuições no âmbito do desenvolvimento do desenho técnico.

Uma das primeiras e mais importantes etapas no surgimento do desenho técnico teve como protagonistas os arquitetos italianos Filippo Brunelleschi (1377-1446) e Leon Battista Alberti (1404-1472), que teorizaram sobre os sistemas de representação com base científica, nomeadamente no que diz respeito à projeção cónica. Por seu lado, Giuliano da Sangallo (1443-1516) foi um dos pioneiros na representação de elementos tridimensionais em superfícies bidimensionais. Algumas das obras deste arquiteto italiano são parte integrante do espólio da biblioteca do Vaticano.

Leonardo da Vinci (1452-1519) veio dar novo e marcante impulso às formas de representação gráfica, podendo mesmo ser considerado como aquele que verdadeiramente abriu o caminho para o desenvolvimento do desenho técnico moderno. O artista alemão Albrecht Dürer (1471-1528) fez uma primeira abordagem empírica ao método de Monge através do alinhamento de vistas de objetos. Aquele método surgiria alguns séculos mais tarde. A perspetiva cavaleira foi estudada e racionalizada pelo matemático francês Gerard Desargues (1591-1661). No âmbito da geometria projetiva⁴ este autor enunciou um teorema conhecido como teorema de Desargues.

Já em pleno século XVIII, o engenheiro francês Gaspar Monge (1746-1818) criou um método gráfico de projeção ortogonal que veio permitir a representação de formas complexas tridimensionais, o método de Monge ou sistema diédrico⁵. Ainda no mesmo século, o professor inglês William Farish (1759-1837) realizou estudos relativos à perspetiva axonométrica, tornando mais fácil a compreensão dos objetos desenhados em projeção. Farish teorizou e investigou sobre a perspetiva⁶ isométrica,

³ Deve recordar-se que o desenho técnico inclui também os diversos tipos de desenho não-projetivo, tais como digramas, gráficos, fluxogramas, entre outros.

⁴ A geometria projetiva diz respeito ao estudo das propriedades descritivas das figuras geométricas. Por seu turno, a geometria analítica refere-se ao estudo da geometria recorrendo aos princípios da álgebra e da análise. Já a geometria descritiva diz respeito à representação de objetos tridimensionais em superfícies bidimensionais.

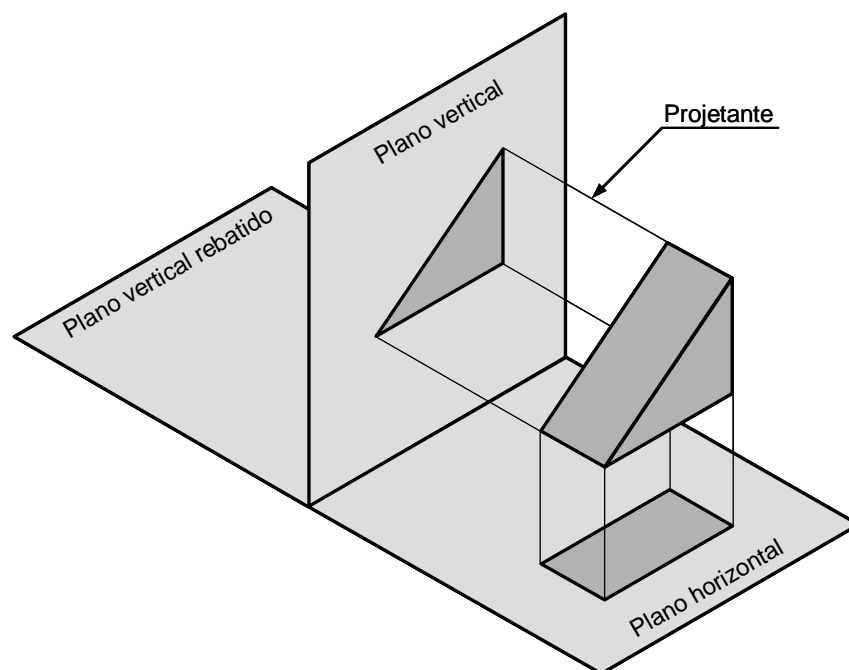
⁵ Um diedro é uma entidade tridimensional que diz respeito à junção de dois planos perpendiculares entre si. No sentido mais lato, diedro pode ser visto como a extensão do conceito de ângulo para o espaço tridimensional.

⁶ A palavra perspetiva etimologicamente é de origem latina (*perspicere*), significando ver através de.

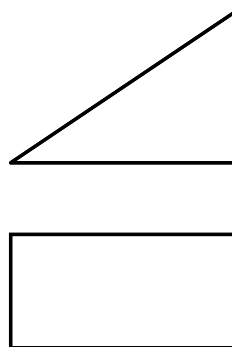
cujos resultados foram publicados em 1822. O discípulo de Monge, Jean Victor Poncelet (1788-1867), introduziu o conceito de infinito no domínio da geometria descritiva. Segundo este autor duas retas paralelas interseitam-se no infinito.

No século XIX, o engenheiro italiano Quintino Sella (1827-1884) desenvolveu estudos no âmbito da representação isométrica e foi também responsável pela implementação desta representação na indústria, tendo em vista a economia e a diminuição de falhas no projeto e fabrico de máquinas e componentes mecânicos. As perspectivas dimétrica e trimétrica foram estudadas por Otto Möllinger (1814-1886) e Julius Weisbach (1806-1871).

Deve ainda referir-se que outros nomes poderiam ser incluídos nesta breve resenha histórica, todavia, os que aqui são expostos refletem, de algum modo, as contribuições mais relevantes na evolução histórica do desenho técnico.



(a)



(b)

Figura 1.10 – (a) Representação do método de Monge; (b) Planificação das projeções.

Não obstante os desenvolvimentos supramencionados, pode observar-se que, até ao século XX, não existiam conhecimentos sistematizados em relação ao desenho

técnico, quer ao nível dos métodos de representação, quer ao nível das regras e normas. Na verdade, o mais significativo e concreto avanço no domínio do desenho técnico foi proporcionado por Gaspar Monge, quando, com genial argúcia, desenvolveu a bem conhecida geometria descritiva ou mongeana. De facto, com o aparecimento desta metodologia foi possível representar correta, rigorosa e inambiguamente objetos tridimensionais em superfícies planas. Pode, pois, dizer-se com propriedade, que o método de Monge constitui a base fundamental do desenho técnico. O método de Monge, sistema diédrico ou método da dupla projeção, considera dois planos de projeção perpendiculares entre si, nos quais os objetos tridimensionais são projetados. Na figura 1.10a aqueles planos são materializados por um plano horizontal e outro vertical. É nestes planos que se definem as projeções⁷ ortogonais do objeto, ligando este último aos planos de projeção por meio de retas denominadas projetantes. Neste método as projetantes são perpendiculares aos planos de projeção, garantindo a unicidade de correspondência entre o objeto e as projeções resultantes. Ainda na figura 1.10a é visível o rebatimento do plano vertical até à situação em que os dois planos de projeção estão coincidentes e formam uma superfície plana. O resultado da planificação das projeções, ou imagens, do objeto tridimensional, uma cunha no presente caso, está representado na figura 1.10b.

Pode asseverar-se que a geometria descritiva faz uso da *épura*, isto é, da representação, num ou mais planos, das projeções ortogonais de um dado objeto tridimensional, em que o observador está situado no infinito. A *épura* de Monge diz respeito à planificação dos elementos projetados. Deve ainda referir-se que a representação gráfica de Monge é constituída pelas relações espaciais entre quatro elementos essenciais, a saber: (i) o objeto a representar, (ii) a localização do observador ou foco, (iii) a superfície de representação ou alvo, e (iv) as ligações entre o objeto e a sua imagem no alvo, ditas projetantes.

⁷ O termo projeção provém do étimo latino (*projectio*) e que significa ação de lançar contra.

1.4. PRINCIPAIS TIPOS DE DESENHOS TÉCNICOS

Os desenhos técnicos têm vários objetivos e finalidades, pelo que para diferentes contextos existem tipos de desenhos técnicos distintos e apropriados. Os desenhos técnicos podem ser agrupados e classificados de acordo com critérios diversos e complementares. Um modo simples de agrupar os diferentes tipos de desenhos técnicos é o que os divide em duas grandes classes, designadamente os desenhos projetivos e os desenhos não-projetivos. O primeiro grupo inclui os desenhos que se obtêm das projeções de um objeto num ou vários planos de projeção. Este primeiro grupo de desenhos técnicos diz respeito fundamentalmente às projeções ortográficas e perspéticas. Por seu turno, os desenhos técnicos não-projetivos referem-se a representações gráficas que resultam, por exemplo, de cálculos algébricos, e de que são exemplos os diagramas, os organogramas, os ábacos, etc.

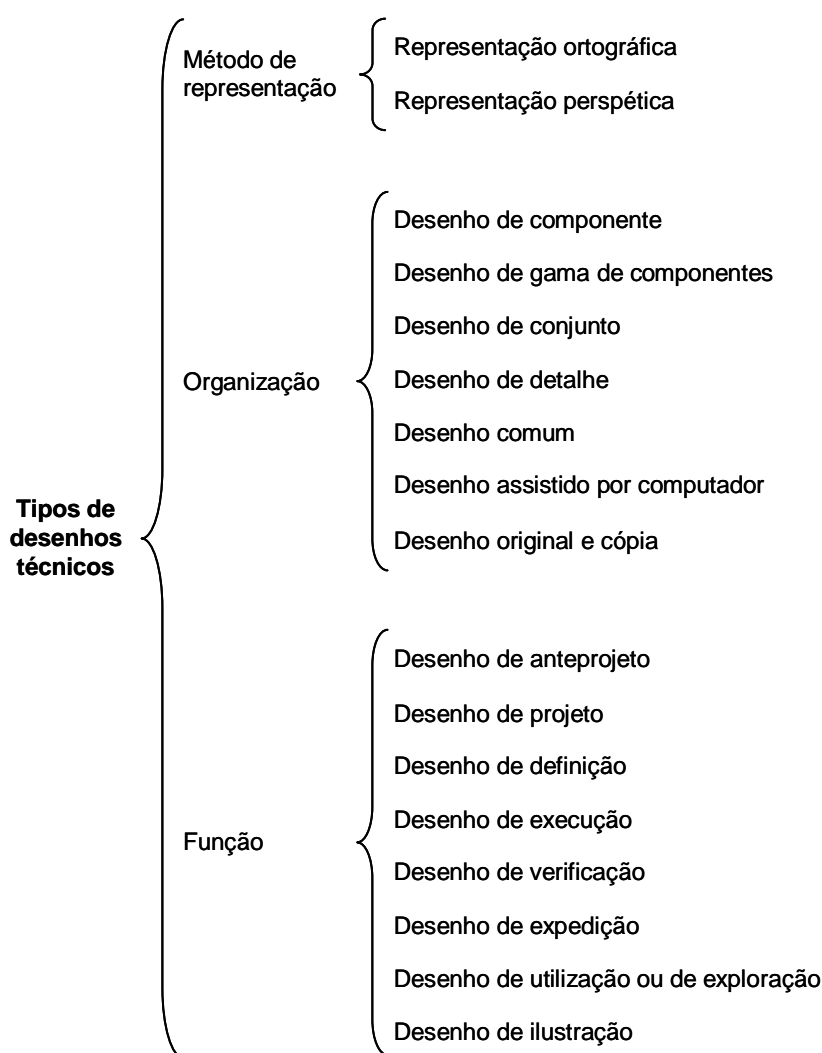


Figura 1.11 – Tipos de desenhos técnicos segundo Morais (2009).

Da consulta da norma ISO 10209 pode verificar-se que existem mais de duas dezenas de designações e desenhos técnicos. Morais (2009) apresenta um vasto leque de desenhos técnicos, os quais estão divididos em várias categorias, tal como se ilustra na figura 1.11. Cunha (2008) agrupa os desenhos técnicos em três classes. Na

primeira classe estão os desenhos de concepção, os quais podem ser mais ou completos e têm como finalidade apresentar soluções idealizadas para um dado problema ou projeto. Na segunda categoria estão os desenhos de definição que dizem respeito aos requisitos, especificações e características funcionais a que um dado objeto deve obedecer. Finalmente, no terceiro grupo estão os desenhos de execução ou fabrico, os quais devem incluir toda a informação necessária e suficiente para a execução ou fabricação de um dado objeto, tendo em consideração os processos tecnológicos adotados. Ainda neste contexto, Cunha (2008) apresenta e subdivide estas três classes de desenhos técnicos em subcategorias. Silva (2001), de modo brilhante e sem procurar esgotar o assunto, propõe, no âmbito da produção mecânica, classificar os desenhos técnicos em quatro categorias, a saber: (i) diagrama de princípio, (ii) desenho de concepção (iii) desenho de fabrico, (iv) desenho de catálogo. Subsequentemente, este ilustre autor disserta, de forma eloquente e detalhada, sobre aqueles e ainda uma infinidade de outros tipos de desenhos técnicos.

No âmbito do presente texto faz-se aqui uma breve descrição e caracterização dos principais tipos de desenhos técnicos, em particular sobre aqueles que são mais frequentemente utilizados em engenharia e arquitetura. Com efeito, a figura 1.12a diz respeito a um desenho técnico em representação ortográfica ou multivistas, o qual contém duas vistas. Por seu lado, na figura 1.12b está ilustrada uma representação perspetiva do mesmo objeto representado na figura 1.12a. Destas duas representações, facilmente se pode fazer a distinção entre desenho em multivistas e desenho em perspetiva. O desenho em multivistas é mais frequente em desenho técnico, sendo também de mais fácil execução. O desenho em perspetiva é utilizado quando se pretende ter uma visualização rápida e espacial do objeto a representar. Este tipo de desenho técnico é preferido pelos utilizadores menos familiarizados com as regras e normas do desenho técnico. Uma grande diferença existente entre o desenho técnico em multivistas e em perspetiva prende-se com a quantidade de informação nele veiculada. Assim, como é evidente, um desenho técnico em multivistas transmite mais e melhor informação, uma vez que este tipo de representação inclui, em geral, dados relativos às formas, às dimensões, aos materiais, entre outras características físicas e tecnológicas. Os desenhos técnicos em multivistas podem ir desde um simples esboço, até ao mais completo e complexo desenho técnico para o fabrico.

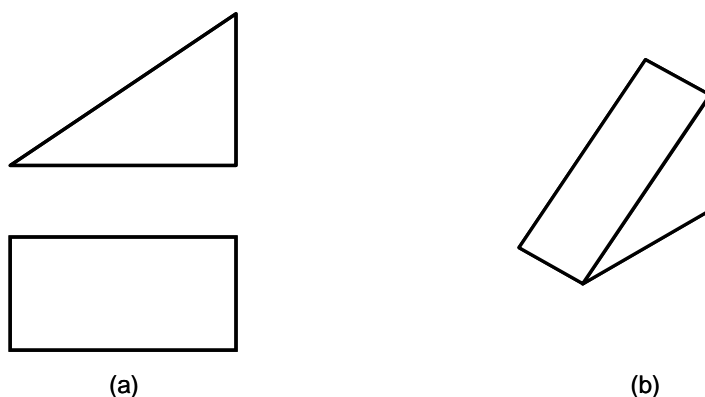


Figura 1.12 – (a) Desenho técnico em multivistas; (b) Desenho técnico em isométrico.

Na maioria dos casos, os esboços são desenhos técnicos elaborados à mão livre que servem para definir a configuração geral do objeto a representar. Neste tipo de desenho não há grandes preocupações com o detalhe e o rigor da representação. A

figura 1.13 ilustra uma união de veios do tipo *Cardan* ou universal, realizada à mão livre e em representação perspética. Pode facilmente observar-se que nos esboços não há necessidade de se considerar uma escala, sendo, todavia, muito importante garantir a proporcionalidade entre os diversos elementos representados. Este tipo de desenho possibilita uma percepção rápida do objeto considerado. No esboço da figura 1.13 apresenta-se a cotação de atravancamento, indica-se o sentido de rotação dos veios de entrada e de saída e não se representam os elementos não visíveis ou ocultos, tais como os que existem ou possam existir no interior do objeto considerado. Deve referir-se que na elaboração de esboços à mão livre consideram-se como materiais essenciais o papel, o lápis e a borracha.

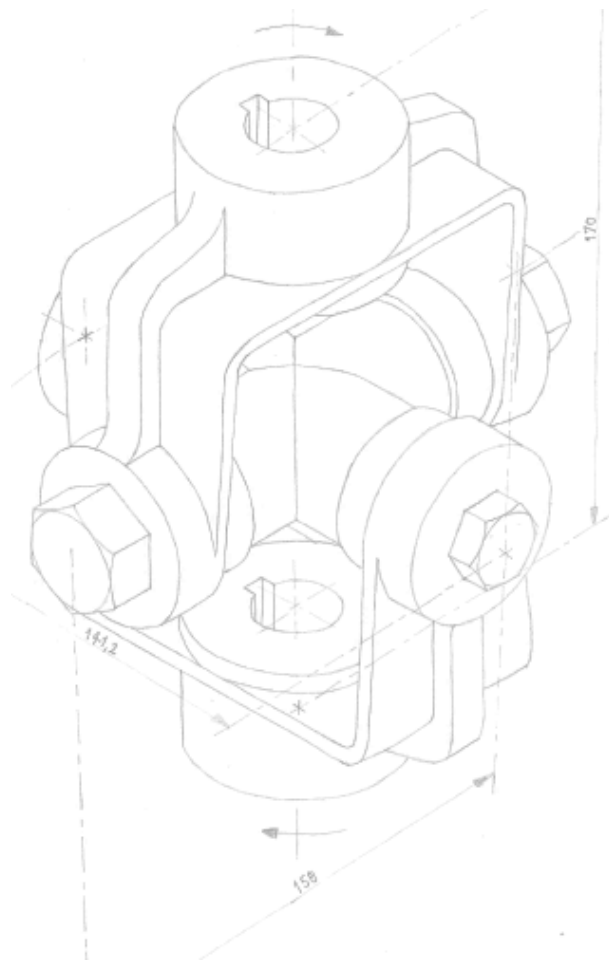
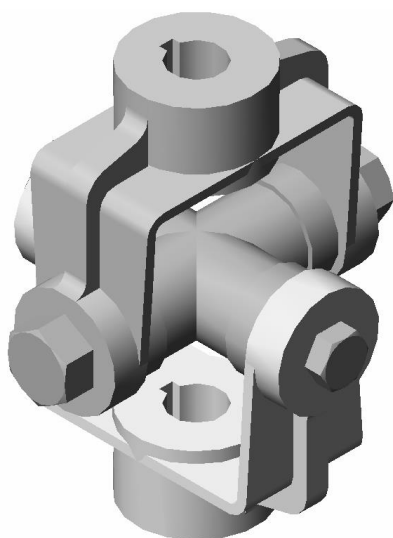
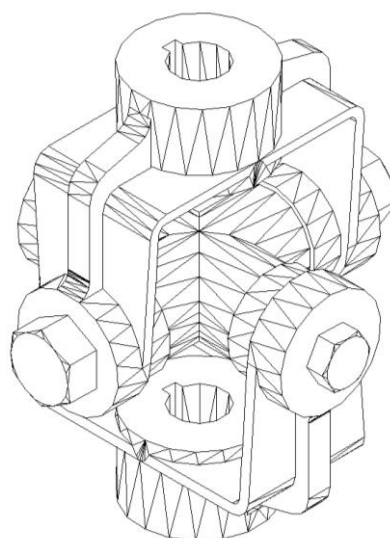


Figura 1.13 – Esboço à mão livre de uma união de veios do tipo *Cardan* ou universal.

Na figura 1.14 está representado um desenho assistido por computador de uma união *Cardan*. A figura 1.14 inclui duas representações que diferem apenas no modo de visualização, isto é, em modo sólido e em arame. Estas representações dizem respeito ao desenho de conjunto montado, em que se faz uso da representação perspética. Os desenhos de conjunto podem ser, por um lado, em multivistas ou perspético e, por outro, em conjunto montado ou explodido. Em geral, os desenhos de conjunto contêm os vários elementos agrupados na sua posição de utilização ou funcionamento. A figura 1.15 apresenta o desenho de conjunto perspético explodido da união *Cardan* anteriormente referida. Por seu lado, na figura 1.16 representa-se o desenho de conjunto em multivistas do mesmo objeto.



(a)



(b)

Figura 1.14 – Desenho de conjunto montado em representação perspética de uma união *Cardan*: (a) Visualização em modo sólido; (b) Visualização em modo arame.

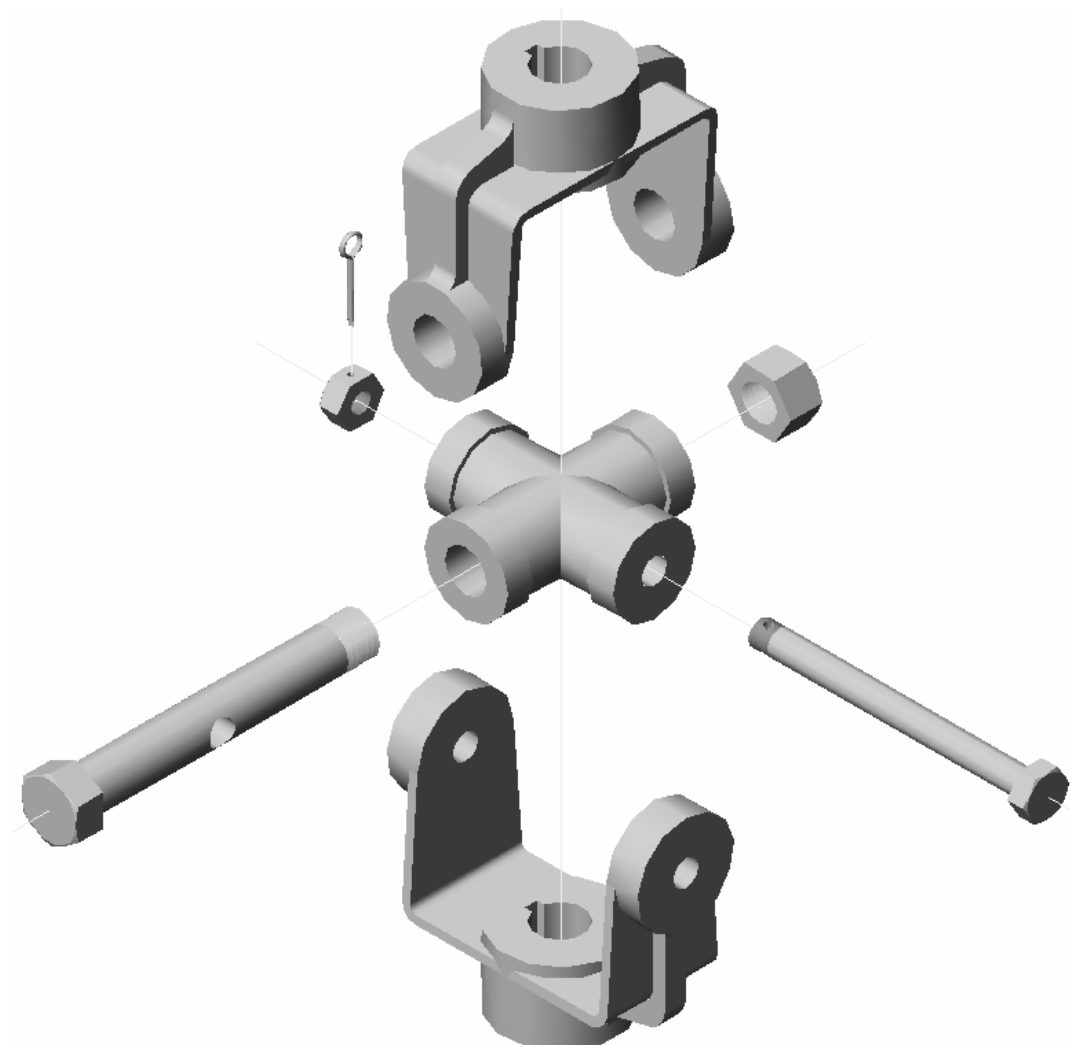


Figura 1.15 – Desenho de conjunto perspético explodido em de uma união *Cardan*.

Technical drawing of a mechanical assembly (UNIAO CARDAN) showing three views: front, top, and side. The front view includes dimensions 158, 120, and 90. The top view includes dimensions 111.2 and 6. The side view includes dimensions 85 and 170. Callouts 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, and 9 point to various components. A detail view of a bolt is shown with dimensions 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 80, 82, 84, 86, 88, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104, 106, 108, 110, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196, 198, 200, 202, 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264, 266, 268, 270, 272, 274, 276, 278, 280, 282, 284, 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300, 302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342, 344, 346, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 360, 362, 364, 366, 368, 370, 372, 374, 376, 378, 380, 382, 384, 386, 388, 390, 392, 394, 396, 398, 400, 402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418, 420, 422, 424, 426, 428, 430, 432, 434, 436, 438, 440, 442, 444, 446, 448, 450, 452, 454, 456, 458, 460, 462, 464, 466, 468, 470, 472, 474, 476, 478, 480, 482, 484, 486, 488, 490, 492, 494, 496, 498, 500, 502, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518, 520, 522, 524, 526, 528, 530, 532, 534, 536, 538, 540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556, 558, 560, 562, 564, 566, 568, 570, 572, 574, 576, 57

1. Introdução ao Desenho Técnico

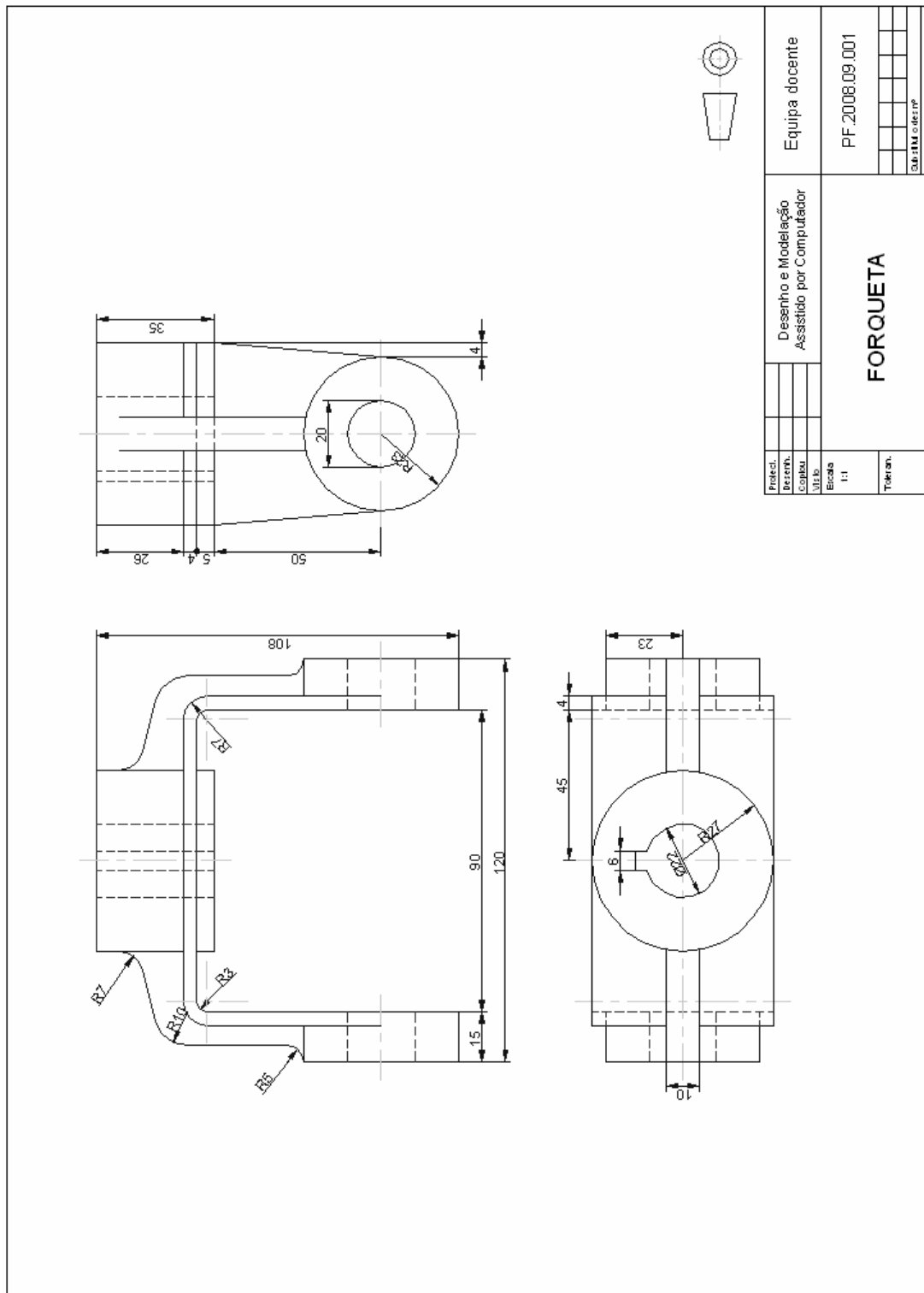


Figura 1.17 – Desenho de componente da forqueta de uma união *Cardan*.

1.5. O DESENHO TÉCNICO NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Nesta secção faz-se uma breve alusão ao desenho técnico como ferramenta indispensável no desenvolvimento do produto. Pode dizer-se que quase tudo o que nos rodeia foi criado ou influenciado por engenheiros projetistas. Edifícios, automóveis, computadores, telemóveis são apenas alguns exemplos de uso comum no dia-a-dia, que foram concebidos a partir de esboços e desenhos de ideias pré-existentes.

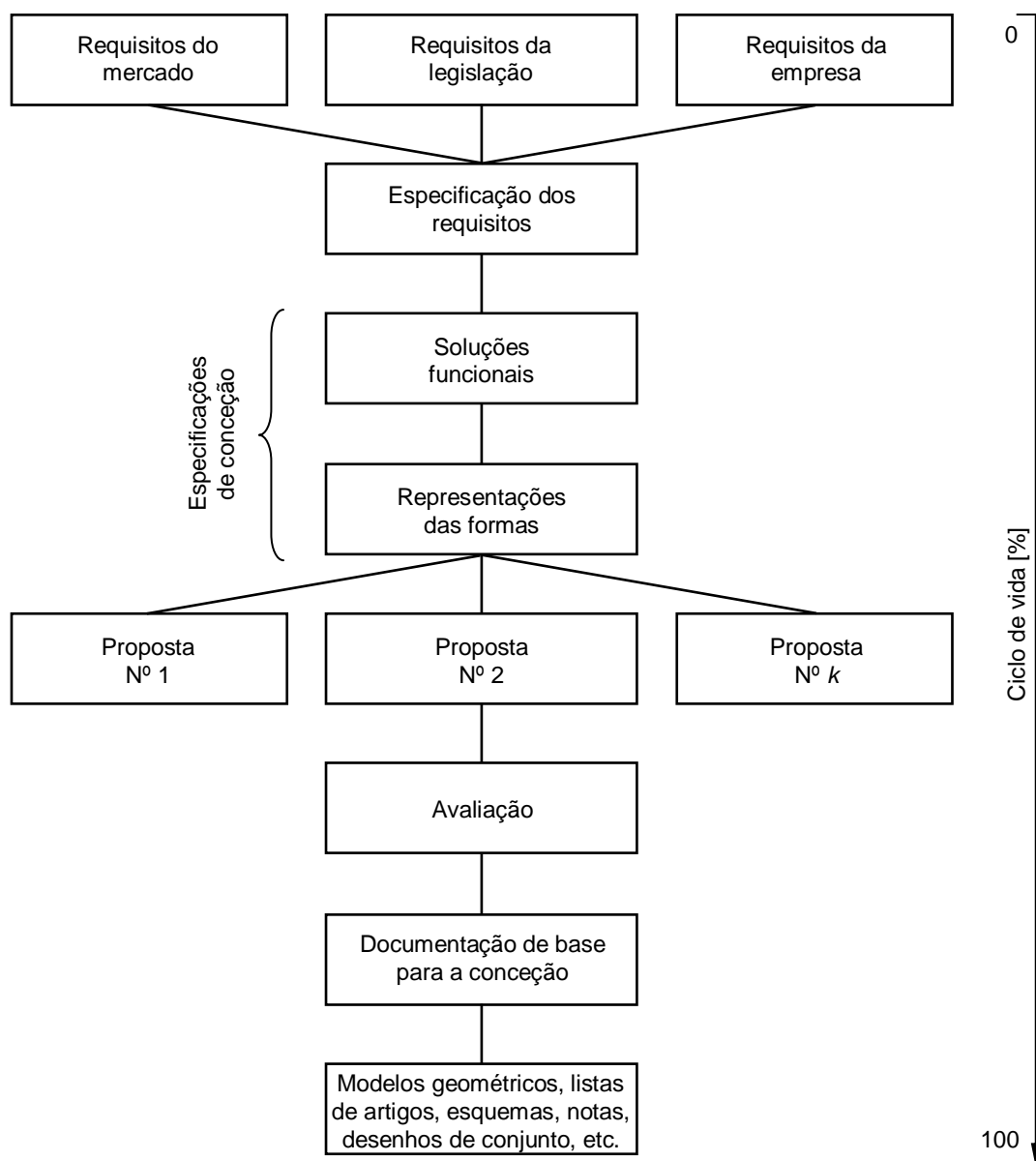


Figura 1.18 – Processo de desenvolvimento do produto segundo a normal ISO 11442.

Facilmente se pode constatar que o desenho técnico desempenha um papel de capital importância como ferramenta de apoio ao desenvolvimento do produto, pois neste processo são necessários meios e suportes que permitam a comunicação e expressão gráfica. Na verdade, o projeto e desenvolvimento de produtos, desde os mais simples até aos mais elaborados, são na maioria das vezes acompanhados de desenhos técnicos como meio de facilitar e promover a comunicação. Desenhos técnicos

de diferentes tipos acompanham as várias etapas que o produto percorre, e que vão desde a idealização, passando pelo fabrico e terminando na transmissão da informação para o cliente. Segundo a norma ISO 11442, o processo de desenvolvimento do produto engloba seis fases que dizem respeito a um conjunto diversificado de atividades inseridas no ciclo de vida do produto. Este ciclo, representado na figura 1.18, tem início com uma necessidade e uma ideia do produto e tem o seu término com a alienação do produto.

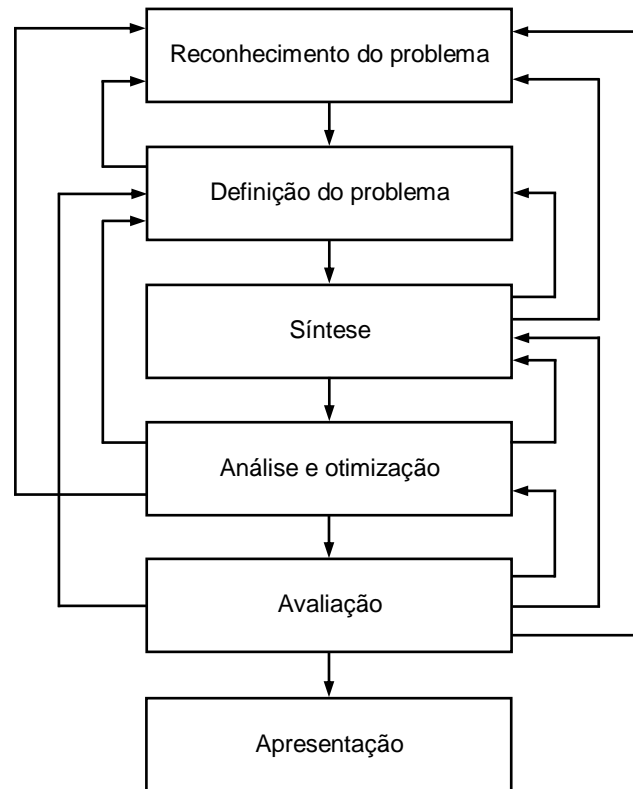


Figura 1.19 – Projeto e desenvolvimento do produto segundo Shigley e Mischke (1989).

Shigley e Mischke (1989) descrevem seis fases distintas associadas à realização de um projeto de desenvolvimento do produto, nomeadamente: (i) identificação do problema ou da necessidade, (ii) definição do problema, (iii) síntese, (iv) análise e otimização, (v) avaliação, (vi) apresentação. A figura 1.19 ilustra a interação entre aquelas fases, as quais são resumidamente descritas de seguida. Assim, a identificação do problema caracteriza-se pelo reconhecimento da existência de uma necessidade, devido a limitações ou problemas de um determinado produto já disponível no mercado, ou porque há potencial mercado para um novo produto. No âmbito da definição do problema deve-se contextualizar e definir o problema, identificar os respetivos objetivos, bem como os requisitos e especificações técnicas a que o produto deve obedecer, tais como características físicas, funcionais, económicas, etc. O enquadramento teórico do problema deve resultar das pesquisas bibliográficas e de campo adequadas. Como corolário desta segunda fase, os projetistas devem efetuar a definição do problema em termos da situação atual e de uma situação desejável, relevando as discrepâncias entre aquelas situações. Por sua vez, a síntese diz respeito ao desenvolvimento de possíveis soluções capazes de responder ao problema, estudando os prós e os contras de cada uma das soluções. Nesta fase é expectável que os projetis-

tas realizem um *brainstorming* no sentido de decidir o que é melhor e o que pode ser modificado para se obter uma solução mais adequada. No âmbito da análise e otimização, analisam-se as soluções apresentadas na fase anterior com o intuito de aferir o seu potencial, recorrendo a princípios da matemática, da física, da engenharia, etc. Este processo deverá ser repetido até se obter uma solução otimizada capaz de responder cabalmente ao problema inicial. Na fase de avaliação são desenvolvidos, de forma detalhada, todos os aspetos associados à solução anteriormente adotada, incluindo a construção de modelos teóricos, protótipos virtuais, etc. Através de testes reais e outras formas de avaliação, os projetistas devem analisar e aferir até que ponto a solução desenvolvida atinge os objetivos estabelecidos na primeira fase. Os projetistas devem verificar em que medida a discrepância entre a situação atual e a situação desejável foi reduzida. Finalmente, a última fase consiste na apresentação do produto, a qual inclui documentação técnica produzida durante o processo de desenvolvimento do produto. Esta etapa é crucial no sentido de vender a solução encontrada e de demonstrar que o produto desenvolvido funciona e é fiável.

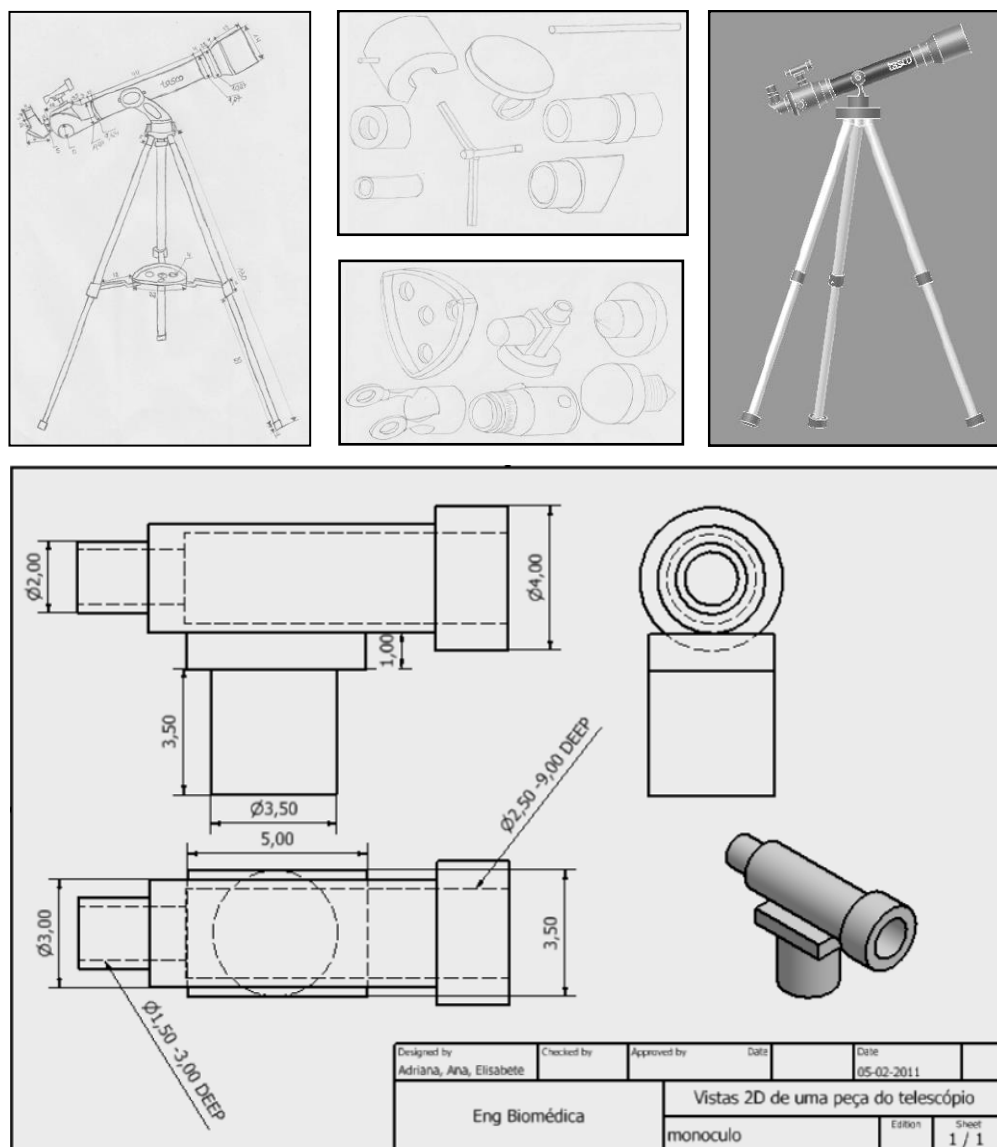


Figura 1.20 – Desenhos técnicos usados no estudo e desenvolvimento de um telescópio.

Pelo exposto, pode facilmente observar-se que o desenho técnico desempenha um papel chave no processo de desenvolvimento do produto. No âmbito das construções mecânicas, os projetistas realizam principalmente desenhos de conceção, desenhos de definição e desenhos de execução. Os primeiros são usados fundamentalmente na fase de investigação e desenvolvimento, isto é, durante a execução de anteprojecto e projecto. Por sua vez, os desenhos de definição são utilizados na fase relativa ao fabrico dos objetos. Finalmente, os desenhos de execução são considerados sobretudo para a preparação do fabrico, montagem, instalação e verificação dos componentes.

A figura 1.20 apresenta alguns exemplos de desenhos técnicos usados no estudo e desenvolvimento de um telescópio. Nesta figura podem observar-se esboços à mão livre do conjunto e de componentes individuais, os quais são usados para estudos prévios. Ainda na figura 1.20 está representado um modelo computacional em sólidos do conjunto montado, a partir do qual se podem realizar estudos complementares e obter desenhos técnicos em multivistas. Finalmente, na figura 1.20 apresenta-se um desenho em multivistas de um dos componentes do telescópio. Estes exemplos podem facilmente ser associados a diferentes fases do processo de desenvolvimento do produto anteriormente descritas. Em todas as etapas é importante que se tenha presente a implementação final e a viabilidade do produto.

1.6. O DESENHO TÉCNICO ASSISTIDO POR COMPUTADOR

No âmbito do presente texto é oportuno fazer aqui uma breve referência à introdução do computador no domínio do desenho técnico. O desenvolvimento de tecnologias de conceção e desenho assistido por computador, vulgarmente designadas pela sigla inglesa CAD (*Computer Aided Design*⁸) deu origem a uma verdadeira revolução nos métodos tradicionais de desenho. Graças aos impressionantes avanços, tanto ao nível do *software*, como do *hardware*, foi possível aos utilizadores usufruir de computadores a preços acessíveis, e deste modo terem ferramentas e programas informáticos de auxílio no desenho técnico. Na verdade, os primeiros sistemas CAD vieram substituir as tradicionais réguas-tê e pranchetas. Este fenómeno, embora tenha surgido mais cedo, foi-se generalizando nas empresas e nas universidades, sobretudo, a partir dos anos 80 do século XX. Os programas informáticos de auxílio no desenho técnico tornaram mais fácil a execução e modificação de desenhos, e facilitaram o armazenamento e a comunicação da informação veiculada nos desenhos técnicos. De facto, o computador e os sistemas CAD são, hoje em dia, utilizados para realizar, rever, armazenar e transmitir desenhos técnicos. Atualmente, são várias as propostas de aplicações em CAD que existem no mercado. O produto final de qualquer sistema CAD é, ainda e sempre, um conjunto de especificações técnicas, desenhos e outras informações necessárias à correta definição de objetos ou produtos⁹.

Os sistemas CAD possibilitam diferentes métodos de representação de modelos, nomeadamente através de elementos bidimensionais (linhas, letras, algarismos, etc.) como no tradicional desenho técnico, ou de entidades tridimensionais (superfícies, sólidos, etc.). É ainda possível atribuir propriedades aos objetos modelados nos sistemas CAD, tal como o tipo de material, a massa, a textura das superfícies, entre muitas outras características. Deste modo, a elaboração de documentação técnica, incluindo diversos tipos de desenhos técnicos, é facilitada sobremaneira pelos sistemas CAD, promovendo o intercâmbio e a interoperabilidade da informação técnica nas diversas áreas da engenharia.



Figura 1.21 – Modelo sólido de uma biela realizado num sistema CAD.

⁸ A expressão *Computer Aided Design* pode ser interpretada de um modo mais abrangente, isto é, projeto assistido por computador.

⁹ Os produtos acabados produzidos por uma empresa denominam-se de artigo. Os artigos podem ser dos seguintes tipos: peças, conjuntos, complexos e jogos. Uma peça refere-se a um artigo de materiais homogêneos ou não, que não requerem operação de montagem. Um conjunto é um artigo que integra partes que foram reunidas no decorrer das operações de montagem. Um complexo é composto por dois ou mais artigos não ligados entre si por operações de montagem, sendo destinado à execução de funções interligadas. Um jogo é composto por dois ou mais artigos não ligados entre si por operações de montagem, e destinados à execução de uma função comum de carácter auxiliar.

Uma das grandes vantagens dos sistemas CAD tem a ver com a possibilidade de criar modelos sólidos paramétricos dos objetos, sendo que as dimensões dos seus elementos geométricos podem ser facilmente alteradas e ajustadas. A figura 1.21 ilustra um modelo sólido de uma biela realizado num sistema CAD. Uma parte significativa dos sistemas CAD atualmente existentes permite a geração automática das projeções ortográficas dos objetos modelados como entidades sólidas, bem como a realização de outras ações e operações, tais como cortes, detalhes, cotação, etc. Assim, atendendo a que existe uma associação e interligação entre o modelo sólido e as vistas, qualquer alteração no primeiro reflete-se automaticamente no segundo. A figura 1.22 diz respeito às projeções ortográficas da biela referida anteriormente. Deve desde já referir-se que no processo de obtenção automática das vistas, nem sempre são cumpridas as regras e normas do desenho técnico.

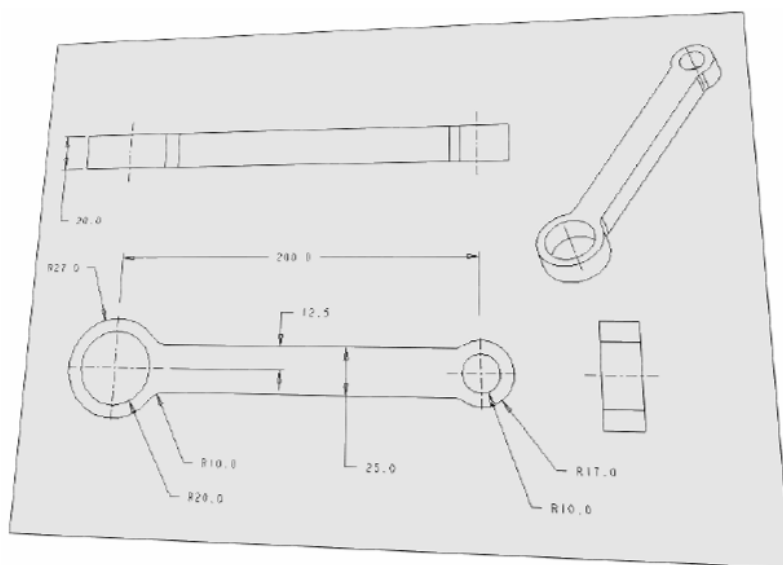


Figura 1.22 – Projeções de uma biela obtidas de forma automática num sistema CAD.

Uma outra característica muito interessante dos sistemas CAD prende-se com a possibilidade de realizar montagens, isto é, juntar ou agrupar, de forma lógica e coerente, diversos componentes ou peças que formam um conjunto funcional. A figura 1.23 ilustra um sistema biela-manivela com pistão. Deve referir-se que nas montagens existe uma associação entre o conjunto e os diferentes modelos que foram previamente modelados de forma independente, pelo que alterações ou modificações nos modelos das peças refletir-se-ão automaticamente no conjunto.

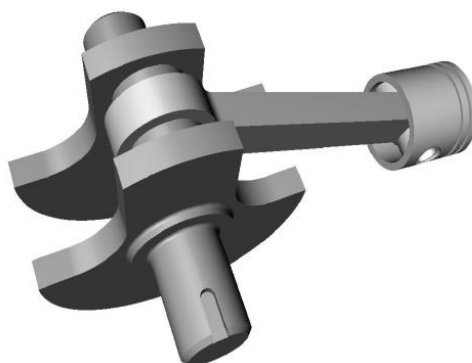


Figura 1.23 – Conjunto de um sistema biela-manivela com pistão modelo num sistema CAD.

Os modelos CAD podem ainda ser utilizados para realizar estudos complementares e análises posteriores. Assim, utilizando, por exemplo, o método dos elementos finitos é possível prever o comportamento de uma peça quando sujeita a determinadas cargas durante o ciclo de vida. Na figura 1.24 é possível observar as condições de fronteira e as cargas aplicadas à biela anteriormente referida. Na figura 1.25 pode visualizar-se a resposta ou comportamento da biela em termos da análise estrutural, verificando-se que determinadas zonas da peça são mais solicitadas do que outras. Deste modo, os projetistas podem aferir se os modelos desenvolvidos irão responder de forma segura às solicitações reais. Deste modo é possível estudar e analisar o efeito das alterações realizadas no modelo CAD e, assim, obter uma solução otimizada. É ainda possível, a partir dos conjuntos modelados, estabelecer constrangimentos e cadeias cinemáticas e, posteriormente, efetuar a análise das características dos movimentos dos componentes, tais como posições, velocidades, acelerações, etc. Estas abordagens são frequentemente designadas pela sigla inglesa CAE (*Computer Aided Engineering*). Uma outra potencialidade dos sistemas CAD prende-se com a sua integração com as ferramentas CAM (*Computer Aided Manufacturing*) e CIM (*Computer Integrated Manufacturing*).

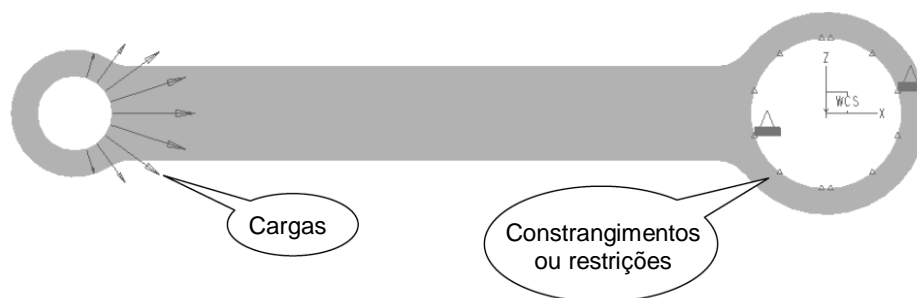


Figura 1.24 – Definição das condições de fronteira e aplicação de cargas a uma biela.

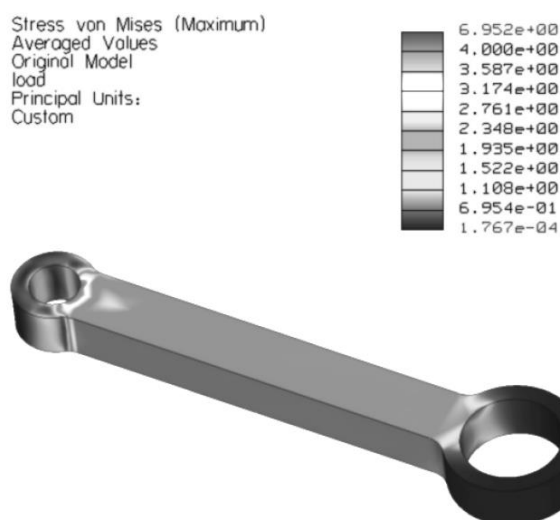


Figura 1.25 – Resposta ou comportamento de uma biela sujeita a cargas aplicadas.

Em jeito de conclusão deve referir-se que apesar dos sistemas CAD terem vindo a substituir o desenho técnico mais tradicional, o perfeito conhecimento e o correto domínio do desenho técnico é, ainda e sempre, essencial nas diversas áreas da engenharia e arquitetura, constituindo também uma base fundamental na própria aprendi-

zagem das técnicas de realização de desenhos assistidos por computador. Todavia, são inquestionáveis as vantagens e os benefícios decorrentes da utilização dos sistemas CAD, donde se podem elencar as seguintes: *(i)* facilidade de execução, modificação, cópia e armazenamento de desenhos, *(ii)* qualidade gráfica uniforme e rigor da apresentação, *(iii)* possibilidade de execução de relatórios técnicos, *(iv)* potencialidade de integração com sistemas CAE, CAM e CIM.

1.7. A IMPORTÂNCIA DA NORMALIZAÇÃO EM DESENHO TÉCNICO

O desenho técnico, tal como existe hoje, surge no decorrer da revolução industrial do século XIX, aquando do aparecimento das primeiras normas, cujo principal objetivo se prendia com a uniformização do modo de utilização da geometria descritiva como linguagem gráfica de engenharia. De facto, com o advento daquela revolução, o projeto e fabrico de máquinas e componentes requeriam, por um lado, maior rigor na sua representação e, por outro, os diferentes profissionais necessitavam de uma linguagem comum para comunicar. Assim, o desenho técnico foi a ferramenta que possibilitou a descrição rigorosa de objetos e facilitou a comunicação entre projetistas e fabricantes. A normalização em desenho técnico foi também fortemente impulsionada pelas duas grandes guerras. Inicialmente, após a primeira guerra mundial surgiram as normas alemãs, vulgo DIN (*Deutsches Institut für Normung*). Refira-se, a título de curiosidade, que os formatos de papel foram primeiramente normalizados em 1922, precisamente na Alemanha. Pode dizer-se que no início do século XX, alguns países tinham o seu próprio sistema de normalização, o que originava um forte défice de uniformização. Em 1947, já no pós segunda grande guerra, foi fundada, em Genebra, a organização internacional de normalização, vulgarmente designada pela sigla inglesa ISO (*International Organization for Standardization*). Esta organização veio suceder à ISA (*International Standards Association*) criada em 1926 e extinta no decorrer da segunda guerra mundial. Em Portugal, o organismo responsável pela normalização é o Instituto Português da Qualidade (IPQ), criado há mais de 30 anos.

Em engenharia, o desenho é a principal forma de comunicação, sendo através dele que se realizam as atividades de conceção, projeto, fabrico, etc. É, pois, neste contexto que normalização desempenha um papel crucial. De um modo simples, pode dizer-se que a normalização em desenho técnico tem como finalidade principal estabelecer regras e procedimentos para representar os objetos de modo claro e uniforme, bem como simplificar a execução de um produto ou serviço. A importância da normalização no desenvolvimento tecnológico está bem patente no exemplo apresentado por Cunha (2008), quando refere os problemas com que os aliados se deparam durante a segunda grande guerra no que concerne ao intercâmbio de informação técnica e militar. Este autor apresenta como exemplo bem elucidativo a ausência de normas internacionais de filetes e passos de roscas, facto que teve pesadas consequências económicas para os aliados. É, pois, inquestionável a importância e os benefícios associados à normalização, que se prendem com os ganhos de tempo, poupança de materiais, melhoria na produção, maior facilidade de comunicação e transmissão de informação, e evidentemente maior garantia de qualidade para os consumidores. Pode afirmar-se que a normalização em desenho técnico está hoje em dia bastante avançada e amadurecida.

De acordo com a norma NP EN 45020 normalização diz respeito a uma “atividade conducente à obtenção de soluções para problemas de carácter repetitivo, essencialmente no âmbito da ciência, da técnica e da economia, com vista à realização do grau ótimo de organização num dado domínio”. Por seu lado, norma refere-se a um documento escrito e aprovado pelos organismos competentes (nacionais ou internacionais) que contém prescrições técnicas elaboradas com base em conhecimentos científicos e tecnológicos. Por outras palavras, no âmbito do desenho técnico, norma diz respeito às regras e recomendações que devem ser cumpridas na realização ou leitura de desenhos técnicos. Cunha (2008) distingue diversos tipos de normas, e que vão

desde norma básica até à norma descritiva. Segundo Morais (2009) a normalização, de uma forma geral encerra seis objetivos centrais, designadamente: (i) possibilitar a comunicação entre o fabricante e o consumidor, facilitando o comércio, (ii) simplificar os processos de produção, tendo como base a economia de esforços, de materiais, de energia, etc., (iii) unificar as características dos produtos, facilitando a sua substituição e reduzindo a variedade em armazenamento, (iv) especificar como devem ser controladas as características dos produtos, quer na produção, quer na receção, (v) promover a qualidade de vida em termos de segurança, saúde e proteção ambiente, (vi) apoiar a criação e a produção de novos produtos.

Segundo Cunha (2008) normalizar consiste em definir, unificar e simplificar tanto os produtos, como os elementos que se empregam para os produzir, através de documentos denominados normas. O mesmo autor acrescenta que definir significa precisar qualitativa e quantitativamente todos os materiais, objetos e elementos que se utilizam na produção, bem como os próprios produtos finais. Por seu turno, os termos unificar e simplificar têm em vista reduzir as variedades supérfluas de todos os materiais, elementos e operações, quer do processo de produção, quer dos produtos finais. Tal como se referiu anteriormente, em Portugal, o organismo responsável pela normalização é o Instituto Português da Qualidade (IPQ). Às normas portuguesas está associado o prefixo NP (e.g. NP 48:1968). A figura 1.26 refere-se a uma visão geral da norma NP 48:1968 e que diz respeito aos formatos de papel. Quando as normas portuguesas são provenientes de normas europeias usa-se o duplo prefixo NP EN (e.g. NP EN 150 128-21:2002). Quando as normas portuguesas são provenientes de normas ISO utiliza-se o duplo prefixo NP ISO (e.g. NP ISO 128-22:2002). Quando as normas portuguesas são provenientes das normas europeias e ISO usa-se o prefixo NP EN ISO (e.g. NP EN ISO 6284:2002). Listagens exhaustivas das principais normas de desenho técnico podem ser encontradas em Cunha (2008), Morais (2009) e Costa (2018), bem como no sítio do IPQ.

NORMA PORTUGUESA DEFINITIVA	DESENHO TÉCNICO Formatos	NP-48 1968	
Título: Formatos de Papel			
1 — OBJECTIVO			
<p>A presente Norma destina-se a estabelecer as dimensões dos formatos finais dos papéis de desenho, bem como as dimensões dos formatos brutos que, em correspondência com os primitivos, assegurem as margens suplementares necessárias à execução.</p>			
2 — FORMATOS			
<p>Como formatos finais de desenhos adoptam-se os formatos da série A (veja-se a Norma NP-17) indicados no quadro I, que inclui também os formatos brutos correspondentes.</p>			
QUADRO I			
Designação do Formato	Formatos Brutos		Formatos finais Desenhos em mm
	Dimensões em mm	Área m ²	
A0	1 189 × 1 662	2,00	1 230 × 1 750
A1	841 × 1 189	1,00	880 × 1 230
A2	594 × 841	0,50	625 × 880
A3	420 × 594	0,25	450 × 625
A4	297 × 420	0,1250	320 × 450
A5	210 × 297	0,0625	240 × 320
A6	148 × 210	0,0312	—
A7	105 × 148	0,0156	—
3 — APLICAÇÃO DOS FORMATOS			
<p>a) Formatos finais (cópia cortada): devem ser adoptados em todos os desenhos técnicos, cópias, desenhos impressos e papéis impressos de desenho.</p> <p>b) Formato bruto: utilizam-se em especial nos papéis para desenhar, opacos ou transparentes, e nos papéis para reprodução de desenhos.</p>			
(Continua)			
Port. n.º 13 545, de 1958-0-01 Port. n.º 13 605, de 1961-10-07 Port. n.º 13 701, de 1966-12-04	Redacção: IPQ Criação: Comissão Portuguesa de Normalização e de Desenho		

NP-48 (1968) p. 2

4 — LARGURA NORMAL DOS ROLOS DE PAPEL PARA DESENHO

As larguras normais dos rolos de papel para desenho são 125 cm e 90 cm.

A utilização mais favorável destes rolos para obtenção dos formatos brutos é a indicada no quadro II.

QUADRO II

Formato	Utilização dos Formatos Brutos a partir de rolos com larguras normais (Utilizando um rolamento)	
	Largura 125	Largura 90
A0	1 230 × 20	—
A1	1 230 × 20	880 × 20
A2	2 × 625	880 × 20
A3	2 × 450	2 × 450
A4	2 × 320 × 240 × 20	2 × 320 × 240

5 — FORMATOS ALOJADOS

5.1 — Em casos especiais poderão ser utilizados formatos finais alojados, que se obtêm a partir de cada formato da série A multiplicando o seu lado menor por um factor P tal que:

- para os formatos A0 até A1, P é um múltiplo inteiro e maior que 1, da fração $\frac{1}{4}$;
- para os formatos A2, P é um múltiplo inteiro e maior que 1, da fração $\frac{1}{8}$.

5.2 — Os formatos alojados serão designados antepondo à designação do formato normal de que derivam o factor P .

Exemplos:

Figura 1.26 – Visualização geral da norma NP 48:1968 relativa aos formatos de papel.

1.8. REVISÃO DE CONHECIMENTOS

Com o propósito de proporcionar uma revisão de conhecimentos, apresenta-se nesta secção, um conjunto diversificado de questões relativas aos principais aspetos relacionados com a introdução ao desenho técnico.

1. Apresente, resumidamente, alguns dos principais marcos relativo à génese do desenho técnico.
2. Diga o que entende por representação gráfica.
3. Distinga desenho artístico de desenho técnico.
4. Faça a distinção entre desenho projetivo e desenho não-projetivo.
5. Apresente três exemplos de desenhos técnicos projetivos.
6. Liste três exemplos de desenhos não-projetivos.
7. Discuta a importância do método de Monge no desenho técnico.
8. Quais são os principais elementos associados ao método de Monge?
9. Diga quais são os principais tipos de desenhos técnicos.
10. Defina desenho de conjunto.
11. O que entende por desenho de concepção?
12. Qual é a utilidade dos esboços em desenho técnico?
13. Caracterize o desenho técnico em perspetiva.
14. Compare os desenhos técnicos em multivistas e em perspetiva.
15. O que entende por desenho de componente?
16. Apresente as principais fases ou etapas do desenvolvimento do produto, bem como a sua relação com o desenho técnico.
17. Faça uma breve reflexão sobre a aplicação dos sistemas CAD como ferramenta de apoio no desenho técnico.
18. Quais são os principais objetivos da normalização em desenho técnico?
19. Discuta a importância da normalização no âmbito do desenho técnico.
20. Defina norma.

1.9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Almacinha, J.A. (2005) *Introdução à Nova Linguagem ISO de Especificação Geométrica de Produtos. Parte 1: A classificação dos elementos geométricos de superfície e suas aplicações*. Tecnometal, 161, pp. 7-14. Porto.
- Almacinha, J.A. (2013) *A Modelação em CAD 3D e a Especificação Técnica no Desenvolvimento de Produtos. Parte 1: Visão geral sobre a evolução da documentação técnica para a definição e a especificação de produtos*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Almacinha, J.A. (2013) *A Modelação em CAD 3D e a Especificação Técnica no Desenvolvimento de Produtos. Parte 2: A nova linguagem ISO de especificação geométrica de produtos*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto.
- Chevalier, A. (2004) *Guide du Dessinateur Industriel*. Hachette Technique. Paris.
- Costa, R. (2018) *Desenho Técnico para Arquitetura, Engenharia e Construção*. Quântica Editora. Engebook, Porto.
- Cunha, L.V. (2008) *Desenho Técnico*. 14ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Fontes, J.M.P. (2011) *Desenvolvimento de Novos Produtos Apoiado em Ferramentas CAD*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade de Aveiro. Aveiro.
- French, T.E., Vierck, C.J., Foster, R.J. (1993) *Engineering Drawing and Graphic Technology*. 14th Edition. McGraw-Hill.
- International Standard Organization, ISO 10209 (2012) *Technical product documentation - Vocabulary - Terms relating to technical drawings, product definition and related documentation*.
- International Standard Organization, ISO 11442 (2006) *Technical product documentation - Document management*.
- Manfé, G., Pozza, R., Scarato, G. (2014) *Manuale di Disegno Meccanico*. Principato Editore. Milano.
- Marques, F., Flores, P., Souto, A.P. (2017) *Desenho e Representação Gráfica - 1. Introdução ao Desenho Técnico*. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, publicação interna, Guimarães, Portugal, 27p.
- Martins, A.F.P. (2010) *Da Maqueta para o Desenho: Meios de Representação Tridimensional no Design de Artefactos*. Dissertação de Mestrado em Design Materiais e Gestão do Produto. Universidade de Aveiro. Aveiro.
- Morais, J.M.S. (2009) *Desenho Técnico Básico. Volume 3, Desenho de Construções Mecânicas*. 23ª Edição. Porto Editora, Porto.
- Quinlan, C. (1995) *Orthographic Projection Simplified*. 5th Edition. McGraw-Hill.
- Ricca, G. (1992) *Geometria Descritiva – Método de Monge*. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa.
- Shigley, J.E., Mischke, C.R. (1989) *Mechanical Engineering Design*. 5th Edition. McGraw-Hill. New York.
- Silva, A., Ribeiro, C.T., Dias, J., Sousa, L. (2004) *Desenho Técnico Moderno*. 11ª Edição. Lidel. Lisboa.
- Silva, J.P.M.A. (2001) *O Desenho na Produção Mecânica*. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica – Componente Científica. Escola de Engenharia, Universidade do Minho. Guimarães.
- Vychnepolski, I., Vychnepolski, V. (1987) *Desenho de Construção Mecânica*. Editora MIR. Moscovo.