



**Universidade de Évora**  
*Honesto Estudo com Longa Experiência Misturado*

**GEOMÁTICA**  
**DESENHO TÉCNICO ASSISTIDO POR COMPUTADOR**

**Apontamentos teóricos**

(Edição revista)

Ana Cristina Gonçalves

Évora

2020

Textos didáticos



## Índice

1. Desenho livre e técnico .....	1
2. Aspectos gerais do desenho técnico.....	5
3. Projeções e cotagem .....	13
3.1. Projeções.....	13
3.2. Desenho de projeções em vistas múltiplas.....	18
3.3. Cotagem .....	23
3.4. Exercícios resolvidos de projeções e cotagem .....	28
4. Perspetivas .....	29
4.1. Perspetivas paralelas e oblíquas .....	30
4.2. Desenho de perspetivas.....	32
4.3. Exercícios resolvidos de perspetivas .....	36
5. Desenho a três dimensões, cortes e secções.....	37
5.1. Desenho a três dimensões.....	37
5.2. Cortes.....	37
5.3. Secções.....	42
5.4. Exercícios resolvidos de construção a três dimensões, cortes e secções .....	44
6. Referências.....	45



## 1. Desenho livre e técnico

Ao longo do tempo o desenho tem sido uma forma privilegiada de comunicação e expressão do homem. É talvez a sua forma mais antiga. Um exemplo são as pinturas rupestres. O desenho antecede a escrita, utilizando-se para esta simbologias gráficas, escritas ideográficas como os hieróglifos egípcios e os caracteres orientais (por exemplo chineses e japoneses), originando mais tarde as escritas com alfabeto que se baseiam num número pequeno de sinais e por isso de mais fácil aprendizagem e utilização. Pode ainda dizer-se que o desenvolvimento do desenho e da tecnologia têm ocorrido em paralelo.

Podem distinguir-se dois tipos de desenho: o livre e o técnico. O **desenho livre** transmite uma imagem em que não é dada ênfase à quantificação das dimensões do(s) objeto(s), podendo ou não ser artístico, e que é suscetível de ter diferentes interpretações e significados para diferentes pessoas, ou seja, a sua interpretação é subjetiva. O **desenho técnico** tem por objetivo a representação rigorosa da forma e das dimensões do(s) objetos(s), dos aspetos relevantes para a sua execução, e que é compreensível sem dar margem para uma interpretação subjetiva. Deve ser representado sempre da mesma maneira, de forma completa e rigorosa e sem qualquer ambiguidade, ou seja, a sua interpretação deve ser objetiva.

O desenho em geral, e o desenho técnico em particular, têm vindo a ser usados ao longo do tempo como uma ferramenta de trabalho. Foi evoluindo e também aumentando de complexidade, sendo especialmente evidente o seu interesse na definição e comunicação da forma e dimensão, e arranjo (ou distribuição) espacial de objetos.

Um projeto surge em geral sob a forma de imagens no pensamento do projetista, que são transmitidas sob a forma de desenho. Este é utilizado para criar, transmitir, guardar e analisar a informação (Cunha, 2010; Silva *et al.*, 2004). A descrição do(s) objeto(s) tem por isso uma representação gráfica que Silva *et al.* (2004) definem como aquela que permite “descrever e analisar a informação de carácter operativo e geométrico e as suas aplicações”. Ao desenho técnico (que também é uma representação gráfica) está associada uma linguagem e simbologia próprias.

Um projeto, além do desenho, é composto por um relatório que inclui por exemplo as dimensões, os materiais, as normas de enquadramento (leis e regulamentos aplicáveis) e as escalas. Na elaboração de um projeto, em especial nas áreas da Engenharia, o desenho técnico é uma ferramenta utilizada em todas as suas fases. Num projeto podem definir-se as seguintes fases (Figura 1):

Fase 1 – **Identificação do problema** – é a primeira fase de um projeto, em que são definidos os objetivos em função das necessidades do mercado. São definidos os objetivos gerais que compreendem os requisitos, prazos de execução e custos aproximados.

Fase 2 – **Desenvolvimento de conceitos** – é a segunda fase de um projeto, a fase criativa, em que se desenvolvem as ideias da fase 1 e se efetuam esboços que são apresentados ao(s)

consumidor(es) potenciais. Anotam-se as suas primeiras reações e sugestões, avaliando-se posteriormente a sua possível implementação no projeto.

Fase 3 – **Compromissos** – é a terceira fase de um projeto, em que se apresentam aos consumidores um conjunto de alternativas, frequentemente implementadas em sistemas CAD, incluindo alguns cálculos e estimativas de dimensionamento, resistência de materiais e sua duração, considerando os materiais e processos de fabrico selecionados, as vantagens e desvantagens de cada alternativa, assim como a implementação do projeto. Pretende-se chegar a um compromisso em relação às diferentes alternativas propostas, considerando sempre os custos e o rendimento.

Fase 4 – **Modelos/protótipos** – é uma fase facultativa que depende do projeto, sendo efetuada sempre que existe necessidade de uma melhor compreensão do projeto a três dimensões ou quando é necessário fazer testes por exemplo de resistência de materiais, facilidade de fabrico ou durabilidade. Estes testes permitem ajustar o projeto às condicionantes encontradas relativamente à sua execução, materiais selecionados ou sua montagem. O protótipo pode ser à escala ou em tamanho real e é tanto mais importante quanto mais complexo é o projeto.

Fase 5 – **Produção** – é a última fase de um projeto e corresponde à sua execução.

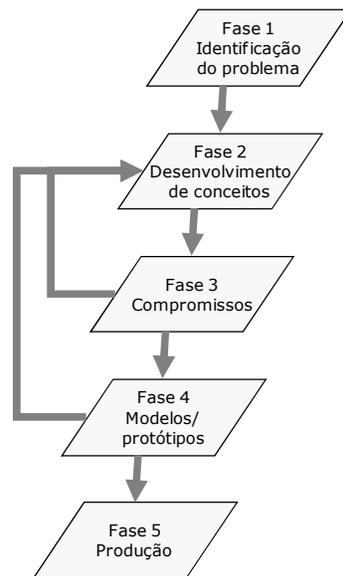


Figura 1 Esquema das fases de um projeto

O desenho técnico tem por base o conceito de projeção, desenvolvido por Gaspard Mongue no século XVIII, que dá origem às duas representações mais usadas; as perspectivas e as vistas múltiplas. As perspectivas permitem uma visualização espacial de fácil e rápida interpretação, embora não permitam uma boa representação de todos os pormenores do(s) objeto(s). As vistas múltiplas baseiam-se no conceito de projeção ortogonal sendo de visualização espacial fácil e rápida para um observador que conheça as normas de representação em desenho técnico, mas mais difíceis e lentas para um observador menos experiente. As vistas múltiplas permitem a inclusão de mais informação e são mais fáceis de executar que as perspectivas, sendo por isso preferidas pelos projetistas (Figura 2).

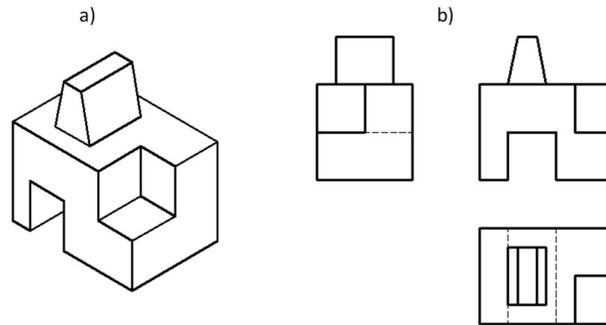


Figura 2 Perspetiva (a) e vistas múltiplas (b).

De modo a facilitar a leitura e compreensão de um desenho técnico, e não dar origem a interpretações subjetivas, são usadas regras e convenções. Cunha (2010) refere que normalizar “consiste em definir, unificar e simplificar tanto os produtos acabados como os elementos que se empregam para os produzir, através do estabelecimento de documentos chamados normas”. Entende o mesmo autor, definir como “precisar qualitativa e quantitativamente” todos os elementos de um projeto assim como o produto final; unificar e simplificar como a redução ao mínimo necessário e suficiente de elementos quer no projeto quer no produto final. Normalização é definida pela NP EN 45020:2001, como 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”. Norma é definida pela NP EN 45020:2001, como “especificação técnica ou outro documento do domínio público preparado com a colaboração e o consenso ou aprovação geral de todas as partes interessadas, baseado em resultados conjugados da ciência, da tecnologia e aprovado por um organismo para tal juridicamente qualificado a nível regional, nacional ou internacional”. A normalização tem vantagens tanto para os projetistas como para as empresas e consumidores, dado que permite economia de tempo, de matérias-primas e de mão-de-obra; melhorar a qualidade dos produtos e a regularidade da produção; e que a substituição de produtos normalizados seja simples.

As normas podem ser nacionais ou internacionais. Em Portugal o Instituto Português da Qualidade (IPQ) é o organismo responsável pela normalização e as suas normas têm o prefixo NP (Norma Portuguesa). Das normas internacionais destacam-se as da International Organization for Standardization, com o prefixo ISO, e as EURO-normas de prefixo EN. Embora existam algumas discordâncias entre as normas referidas, os organismos nacionais e internacionais estão em constante esforço para criar normas semelhantes ou que sejam compatíveis entre si. De referir que em geral as normas ISO e EN são semelhantes.

O desenho técnico começou por ser feito à mão. Com o desenvolvimento da informática, tanto do “hardware” como do “software”, o desenho assistido por computador (CAD, Computer Aided Design) tem vindo a ser cada vez mais usado. Implementa-se num programa (software) a partir de um conjunto de algoritmos do domínio da computação gráfica (ciência multidisciplinar que relaciona a matemática, geometria e ciência computacional), hierarquizados, segundo uma estrutura lógica de utilização. O programa tem um conjunto de comandos de desenho (por exemplo, linhas, polígonos, sólidos geométricos) e de manipulação (por exemplo, ampliação, alteração de escala, cópia, translação, rotação, duplicação). O desenho é normalmente organizado num conjunto de camadas (layers), que

permitem a separação dos vários elementos do desenho e a sua visualização integral ou parcial. Os comandos são de utilização fácil e direta.

São conhecidas as vantagens do desenho técnico assistido por computador, em relação ao desenho à mão. Destas destacam-se:

- 1 – O desenho técnico assistido por computador é mais simples de elaborar que o feito à mão, especialmente no que diz respeito aos símbolos normalizados que no segundo caso tinham que ser feitos com escantilhões ou folhas de decalque e que no primeiro caso se trata de selecionar os símbolos e inseri-los no desenho, permitindo ainda uma alteração fácil e rápida da sua dimensão.
- 2 – No desenho técnico assistido por computador é possível efetuar correções com facilidade e rapidez; os erros são facilmente corrigidos com o comando “apagar”, ao contrário no desenho à mão os erros tinham que ser raspados com uma lâmina no papel vegetal.
- 3 – Os desenhos técnicos digitais são de mais fácil armazenamento, dado que ocupam menos espaço que os em papel.
- 4 – Os desenhos técnicos digitais não perdem qualidade com o tempo enquanto os desenhos em papel vão perdendo.
- 5 – Os desenhos técnicos digitais, podem ser alterados ou reutilizados e os desenhos feitos à mão não.
- 6 – Os desenhos técnicos digitais são mais rápidos de executar e têm melhor qualidade que os à mão, especialmente porque os elementos como por exemplo as tangentes, as elipses e os arcos são de implementação automática no primeiro caso.
- 7 – Os desenhos técnicos digitais podem ser exportados e usados em sistemas de edição e formatação de texto.
- 8 – Os desenhos técnicos digitais podem ser construídos a duas ou três dimensões, enquanto os desenhos à mão só o podem ser a duas dimensões.
- 9 – Os desenhos técnicos em sistema CAD quando associados a programas de análise estrutural e sistemas CAM (Computer Aided Manufacturing) e CIM (Computer Integrated Manufacturing) possibilitam a execução assistida por computador dos projetos.

## 2. Aspetos gerais do desenho técnico

A elaboração de desenhos rege-se por um conjunto de normas, que dizem respeito a: tipo de escrita, tipo e espessura de linhas, precedência e interceção de linhas, formatos de papel, dobragem dos desenhos, legenda, área útil de desenho e escala.

A informação apresentada num desenho, quer seja efetuado à mão ou num sistema CAD, deve ser uniforme, facilmente legível e reprodutível sem perda de qualidade. Tal consegue-se a partir da **escrita normalizada**, que tem um conjunto de regras para o desenho e dimensões dos caracteres usados, quer sejam algarismos, letras ou outros caracteres (Figura 3). A normalização da escrita consta na norma ISO 3098:2015/1998, que define como referência a altura da letra maiúscula ( $h$ ) e em função desta a altura da letra minúscula ( $c$ ), o espaçamento entre os caracteres ( $a$ ), o espaçamento entre as linhas ( $b$ ), o espaço mínimo entre as palavras ( $e$ ) e a espessura das linhas ( $d$ ). As alturas da letra maiúscula normalizadas são seguintes: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20 mm, que correspondem a uma progressão geométrica de razão  $\sqrt{2}$  (a mesma que é usada nos formatos de papel do tipo A). No Quadro 1 apresentam-se os tipos de escrita normalizada para as razões normalizada  $d/h$  de  $1/14$  e  $1/10$ .



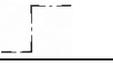
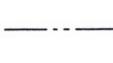
Figura 3 Normalização da escrita.

Quadro 1 Escrita normalizada do tipo A ( $d/h=1/14$ ) e B ( $d/h=1/10$ ).

Característica	Razão	Dimensões (mm)							
<b>Tipo A (<math>d/h=1/14</math>)</b>									
Altura das letras	$h$	$(14/14)h$	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Altura das letras	$c$	$(10/14)h$	-	2,5	3,5	5	7	10	14
Espaçamento entre	$a$	$(2/14)h$	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
Espaço mínimo entre	$b$	$(20/14)h$	3,5	5	7	10	14	20	28
Espaço mínimo entre	$e$	$(6/14)h$	1,05	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4
Espessura das linhas	$d$	$(1/14)h$	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4
<b>Tipo B (<math>d/h=1/10</math>)</b>									
Altura das letras	$h$	$(10/10)h$	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Altura das letras	$c$	$(7/10)h$	-	2,5	3,5	5	7	10	14
Espaçamento entre	$a$	$(2/10)h$	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
Espaço mínimo entre	$b$	$(14/10)h$	3,5	5	7	10	14	20	28
Espaço mínimo entre	$e$	$(6/10)h$	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
Espessura das linhas	$d$	$(1/10)h$	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2

Num desenho há a necessidade de usar diferentes **tipos** e **espessuras de linhas** para os vários elementos que são representados, permitindo a identificação e interpretação dos diferentes elementos que formam o desenho. Os tipos e espessuras de linhas são regidos pela norma ISO 128:1982. Que define dez tipos de linhas e duas espessuras, assim como as suas aplicações (Quadro 2). Destas normas destaque-se o traço contínuo grosso usado para desenhar as linhas e as arestas de contorno visíveis, o traço contínuo fino para os elementos de cotação, o traço interrompido fino para as linhas e arestas de contorno invisível e o traço misto fino para as linhas de eixo e simetria. A relação entre o traço grosso e fino deve ser, no mínimo, de 2:1 e ser sempre a mesma num desenho. A escolha da espessura da linha está condicionada à dimensão da área de desenho e ao seu tipo, indicando-se as seguintes alternativas para o traço contínuo grosso: 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,4 e 2,0 mm.

Quadro 2 Tipo de traço e suas aplicações.

Tipo de traço	Descrição	Aplicações
A 	Contínuo grosso	A1 Linhas de contorno visível A2 Arestas visíveis
B 	Contínuo fino	B1 Arestas fictícias B2 Linhas de cota B3 Linhas de chamada B4 Linhas de referência B5 Tracejado de corte B6 Contorno de secções locais B7 Linhas de eixo curtas
C 	Contínuo fino à mão livre	C1 Limites de vistas locais ou interrompidas quando o limite não é uma linha de traço misto Limites de cortes parciais
D 	Contínuo fino em ziguezague	D1 Limites de vistas locais ou interrompidas quando o limite não é uma linha de traço misto Limites de cortes parciais
E 	Interrompido grosso	E1 Linhas de contorno invisível E2 Arestas invisíveis
F 	Interrompido fino	F1 Linhas de contorno invisível F2 Arestas invisíveis
G 	Misto fino	G1 Linhas de eixo G2 Linhas de simetria G3 Trajectórias de peças móveis
H 	Misto fino com grosso nos limites das linhas e mudanças de direcção	H1 Planos de corte
J 	Misto grosso	J1 Indicação de linhas ou superfícies às quais é aplicado um determinado requisito
K 	Misto fino duplamente interrompido	K1 Contornos de peças adjacentes K2 Posições extremas de peças móveis K3 Centróides K4 Contornos de peças iniciais submetidas a processos de fabrico com deformação plástica K5 Partes situadas antes dos planos de corte

No desenho de um objeto tridimensional em duas dimensões existem linhas que se sobrepõem e que se intercetam. A representação de linhas sobrepostas está sujeita a regras de **precedência de linhas**, que é função da sua importância para a representação do objeto e sua leitura. Por norma quando há sobreposição de linhas apenas uma se representa no desenho (Figura 4), sendo a precedência função do tipo de linhas:

- 1-arestas e linhas de contorno visíveis (Tipo A);
- 2-arestas e linhas de contorno invisíveis (Tipo E ou F);
- 3-planos de corte (Tipo H);
- 4-linhas de eixo e de simetria (Tipo G);
- 5-linha de centróides (Tipo K);
- 6-linha de chamada de cotas (Tipo B).

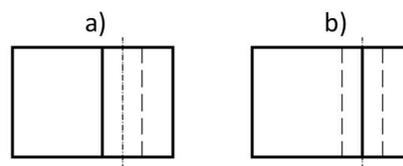


Figura 4 Exemplo de precedência das linhas; a aresta visível tem precedência em relação à invisível (a) e em relação à linha de eixo, deve representar-se a parte que está para fora do objeto (b).

A **intersecção das linhas** ocorre quando há cruzamento de linhas, visíveis ou invisíveis e de eixo. As normas permitem um padrão comum facilitando a compreensão do desenho e algumas estão normalizadas de acordo com a regra ISO 128-20:1986 (Quadro 3). A utilização de desenho técnico assistido por computador veio facilitar o desenho da intersecção das linhas, dado que normalmente nos algoritmos dos programas já estão implementadas as regras.

Quadro 3 Precedência das linhas.

Caso	Descrição	Correcto	Incorrecto
1	Quando uma aresta invisível termina perpendicularmente ou angularmente em relação a uma aresta visível toca a aresta visível		
2	Se existir uma aresta visível no prolongamento duma aresta invisível, então a aresta invisível não toca a aresta visível		
3	Quando duas ou mais arestas invisíveis terminam num ponto devem tocar-se		
4	Quando uma aresta invisível cruza outra aresta (visível ou invisível) não deve toca-la		
5	Quando duas linhas de eixo se intersectam devem tocar-se		

A escolha do formato de papel depende do desenho e é da responsabilidade do projetista. Áreas de desenho menores são mais fáceis de trabalhar, quer em papel quer em formato digital, no entanto para a representação dos elementos do desenho é frequente ter que se usar escalas de redução que podem dificultar a sua leitura e compreensão. Áreas grandes permitem escalas maiores, maior facilidade de leitura e compreensão, mas têm a desvantagem de serem mais difíceis de manusear. As dimensões das áreas de desenho, quer sejam em papel ou em formato digital, estão regulamentadas

pelas normas ISO 5457:1980 e ISO 216:1975. Em Portugal usa-se a dimensão da série A, que está enquadrada na norma ISO 216:1975, cujo maior formato A0 tem uma área de 1 m<sup>2</sup> e que se relaciona com os formatos mais pequenos, pela razão geométrica  $\sqrt{2}$  (idêntica à da escrita normalizada), de acordo com as dimensões apresentadas no Figura 5.

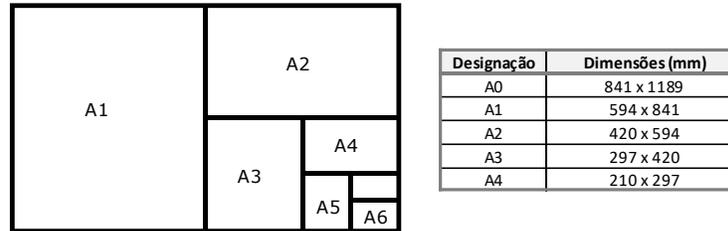


Figura 5 Folhas de dimensão da série A e suas dimensões.

Nos desenhos em papel pode haver necessidade de recorrer à sua dobragem, em que deve seguir a norma NP 49: 1968, devendo apresentar sempre a legenda visível. Na Figura 6 apresentam-se alguns exemplos.

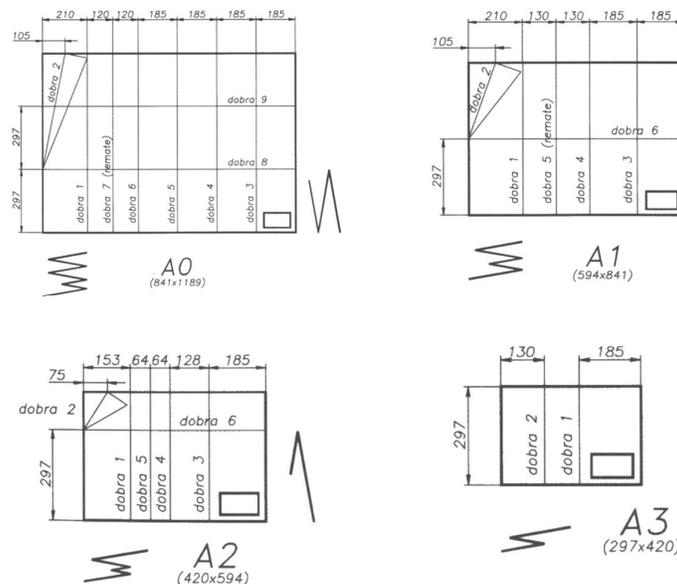


Figura 6 Exemplos de dobragem de folhas para o tamanho A4.

Como já foi referido, um projeto para além da sua componente gráfica deve ter também um conjunto de informação que permita a sua leitura sem ambiguidades. A legenda é uma zona, retangular, delimitada por um traço contínuo grosso, com um ou mais campos que contém informação relativa por exemplo à escala, unidades métricas e/ou angulares, elementos de identificação do desenho e título do desenho. A localização da legenda está padronizada pela norma ISO 5457, devendo localizar-se no canto inferior direito da área de desenho (Figura 7a,b). A mesma norma permite que por uma questão de economia de espaço se localize no canto superior direito (Figura 7c,d). A legenda não pode localizar-se nos cantos superior ou inferior esquerdo, nem em qualquer outra zona da área de desenho.

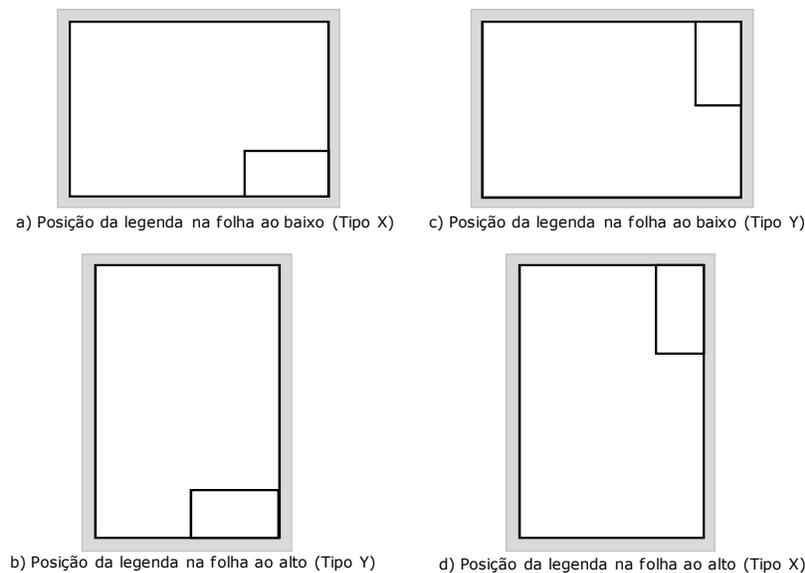


Figura 7 Localização da legenda na área de desenho.

A informação a incluir na legenda está regulamentada pelas normas NP 204:1968 e norma ISO 7200:1984. A primeira é mais complexa e restritiva indicando a informação que deve ser incluída por cada tipo definido, assim como as dimensões e os campos da legenda (Box 1). A norma ISO 7200:1984 é mais simples e mais flexível definindo apenas as suas dimensões máximas e a informação obrigatória e facultativa (Box 2).

É, frequente os projetos terem várias folhas de desenho. Todas as folhas devem ser numeradas de modo sequencial, num campo apropriado na legenda, com “Folha  $n/p$ ”, em que  $n$  é o número da folha e  $p$  o número total de folhas. A primeira folha tem que incluir a legenda completa e as seguintes podem ter uma legenda reduzida.

A área útil de desenho é delimitada por um traço contínuo grosso de pelo menos 0,5 mm regulamentado pela norma ISO 5457 e denomina-se *esquadria*. Definem-se assim as margens, ou seja, a área compreendida entre a esquadria e os limites da folha, em que não é permitido desenhar, e a área útil de desenho que se localiza no interior da esquadria. A norma 718:1968 define a dimensão das margens em função da dimensão das folhas da série A, para desenho à mão. Nos desenhos elaborados em sistemas CAD utiliza-se a norma ISO 5457, dado que permite a compatibilização com a impressão (em impressoras e “plotters”). A margem esquerda, denominada *margem de furação*, deve, independentemente do tamanho da folha, ter no mínimo 20 mm. As margens direita, superior e inferior são definidas em função do tamanho da folha sendo no mínimo de 20 mm para os formatos A0 e A1, e 10 mm para os A2, A3 e A4 (Figura 8). Admite-se em alguns casos que estas margens possam ser reduzidas para 10 mm nos formatos A0 e A1, e 7 mm nos A2, A3 e A4.

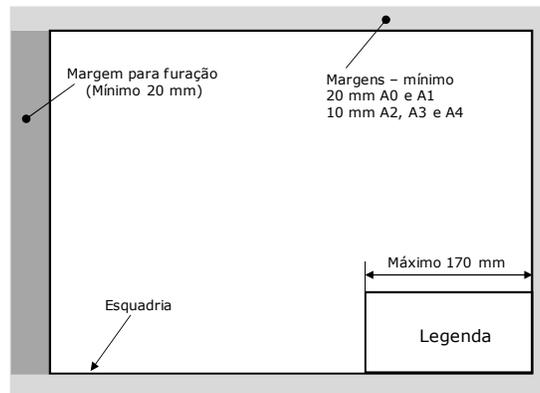


Figura 8 Esquadria e limites mínimos das margens.

Na maior parte das situações não é possível desenhar um projeto com as suas dimensões reais. Há então que utilizar uma **escala**, que se define como a relação entre as dimensões de representação do objeto e as suas dimensões reais. É a escala que permite uma representação rigorosa, precisa e clara dos elementos de um projeto. Num projeto deve usar-se sempre a mesma escala, no entanto se for necessário usar outra escala, esta deve ser identificada na legenda e nos elementos do desenho.

Podem dividir-se as escalas em dois tipos:

Escala de **ampliação** – em que as dimensões dos elementos de desenho são maiores que as suas dimensões reais, sendo representada por  $N:1$ , com  $N > 1$ .

Escala de **redução** – em que as dimensões dos elementos de desenho são menores que as suas dimensões reais, sendo representada por  $1:N$ , com  $N > 1$ .

As escalas estão regulamentadas pela norma NP EN ISO 5455:2002 (Quadro 4), sendo o fator de escala 2, 5 ou 10 e os seus múltiplos de 10.

Quadro 4 Escalas normalizadas.

Tipo de escala	Escala recomendada		
Ampliação	20:1	50:1	100:1
	2:1	5:1	10:1
Real	1:1		
Redução	1:2	1:5	1:10
	1:20	1:50	1:100
	1:200	1:500	1:1000
	1:2000	1:5000	1:10000

As escalas mais usadas nas ciências agronómicas e florestais são 1:10000 ou 1:5000 ao nível da unidade de gestão ou exploração agrícola e/ou florestal. A escala 1:25000 é de uso frequente em Portugal, nomeadamente em cartas topográficas, altimétricas e de solos, e decorre da norma NP 717 que considerava como escala normalizada 1:2,5 e os seus múltiplos de 10, e que foi substituída pela norma anteriormente referida.

**Box 1 – Norma NP 204:1968**

Prevê sete tipos diferentes de legenda que podem ser simples (tipos 1, 2, 6 e 7), completas (tipos 3 e 4) ou desdobradas (tipo 5). Estabelece que as legendas devem ser desenhadas com três espessuras de traço, respectivamente 1,2 mm, 0,6 mm e 0,3 mm, e no máximo 12 zonas de legendas. As zonas 1 a 10 contêm as indicações principais e as 11 e 12 as indicações complementares, com a seguinte informação:

**Zona 1** – Descrição do título - devendo referir-se ao objecto representado e ser independente do fim a que se destina.

**Zona 2** – Indicações complementares do título - têm como objectivo identificar a finalidade do desenho (por exemplo entidade que encomendou o desenho, grupo de estudos em que se inclui, conjunto de desenhos de que faz parte).

**Zona 3** – Responsáveis e executantes do desenho - contendo normalmente o tipo de responsabilidade (por exemplo projecto, desenho, cópia, verificação), a data e a rubrica do responsável.

**Zona 4** – Entidade que executa ou promove a execução do desenho.

**Zona 4a** (eventual) – Entidade co-proprietária do desenho – usa-se apenas quando o desenho não se destinar à entidade executante.

**Zona 5** – Número de registo do desenho - elemento principal para a identificação ou localização do desenho no arquivo.

**Zona 6** – Referências às alterações ou reedições do desenho - alterações muitas vezes indicadas por letras maiúsculas ou números, podendo também registar-se as datas.

**Zona 7** – Identificação do desenho efectuado anteriormente, que foi substituído pelo actual – escrevendo-se “Substitui k”, sendo k o número de registo.

**Zona 8** – Indicação de um desenho efectuado posteriormente que veio substituir aquele a que diz respeito a legenda - escrevendo-se “Substituído por k”, sendo k o número de registo do desenho.

**Zona 9** – Escala(s) em que o desenho está executado - quando existe mais de uma escala indica-se a principal na primeira linha, com caracteres maiores, e as restantes nas linhas seguintes, com caracteres menores.

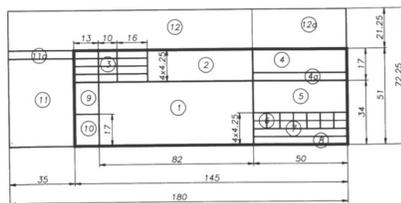
**Zona 10** – Especificação das tolerâncias gerais - são indicadas nesta zona sempre que não sejam inscritas no desenho ou quando não for necessária para este fim pode ser usada para outras indicações.

**Zona 11** – Campo de aplicação do desenho, observações.

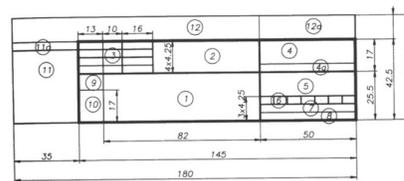
**Zona 11a** (eventual) – Título do que se regista na zona 11.

**Zona 12** – Anotações posteriores à execução - registam-se, por exemplo, esclarecimentos relativos a alterações efectuadas.

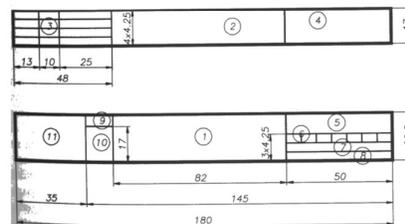
**Zona 12a** (eventual) – Firma e número de registo da nova entidade proprietária do desenho - aplica-se quando o desenho tiver mudado de propriedade.



Legendas do tipo 1 e 3



Legendas do tipo 2 e 4



Legenda do tipo 5

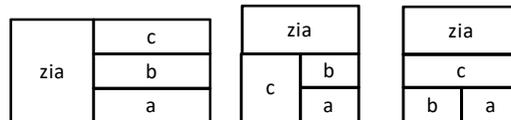
**Box 2 – ISO 7200:1984**

Prevê três zonas de legenda com a seguinte informação:

**Zona de identificação** – canto inferior direito da legenda; delimitado traço contínuo grosso, mesma espessura da linha esquadria, onde se inclui o número de identificação ou registo do desenho, título do desenho e nome da empresa proprietária do desenho.

**Zona de identificação adicional** – adjacente à zona anterior, por cima ou à esquerda, contendo informação facultativa adicional pode ser subdividida em:

- 1) *Informação indicativa* destinada a evitar erros de interpretação, podendo incluir o método de projecção usado (normalmente em símbolo), escala, unidades dimensionais;
- 2) *Informação técnica*, indicando os métodos e convenções usadas na representação de produtos ou desenhos de fabrico, podendo incluir o método de tolerâncias geométricas, valores de tolerâncias dimensionais (não incluídas na cotagem), entre outras especificações técnicas;
- 3) *informação administrativa*, que tem a ver com a gestão e controlo dos desenhos podendo, incluir o formato da folha, data de elaboração e de revisão do projecto, assinaturas dos responsáveis ou outras informações.



### 3. Projeções e cotagem

#### 3.1. Projeções

Os objetivos principais do desenho técnico são definir a forma e as dimensões dos objetos, dado que servem de elo de ligação entre a conceção e a execução de um projeto, devendo por isso estar isentas de ambiguidades. Para a representação de objetos tridimensionais no plano (bidimensionais), como já foi referido, usa-se o conceito de projeção.

A representação de um ponto no espaço num plano é obtida através da sua projeção (Figura 9a), definida pela linha projetante, ou seja a direção definida entre o ponto no espaço e o plano de projeção. No entanto, um mesmo ponto no espaço pode ser projetado em  $n$  pontos no plano a partir de  $n$  linhas projetantes diferentes (Figura 9b). Há então necessidade de introduzir o conceito de ortogonalidade, ou seja, que a linha projetante faça um ângulo de  $90^\circ$  com o plano de projeção. Associados os conceitos de projeção e ortogonalidade, a projeção de um ponto no espaço corresponde apenas a um ponto no plano (Figura 9c). No entanto, um ponto projetado num plano pode corresponder a  $n$  pontos no espaço (Figura 9d), ou seja todos os  $n$  pontos estão dispostos na direção da linha projetante, ainda que localizados em diferentes zonas no espaço. Esta indeterminação é resolvida com a criação de um segundo plano ortogonal, perpendicular ao primeiro (Figura 10a). Neste sistema cada ponto é projetado em cada um dos planos, ou seja, é projetado duas vezes, uma no plano vertical e outra na horizontal. Neste caso pode dizer-se que às duas projeções ortogonais corresponde um único ponto no espaço. A representação do ponto  $Q$  no plano horizontal é normalmente representada por  $Q'$  e na vertical por  $Q''$ . Podem ainda definir-se as distâncias do ponto no espaço e a sua projeção no plano horizontal ( $QQ'$ ) denominada cota, e entre o ponto no espaço e a sua projeção no plano vertical ( $QQ''$ ), denominado afastamento. Este sistema de planos ortogonais permite definir um referencial ortogonal (Figura 10b), dividindo o espaço em quatro quadrantes, designando-se o plano vertical por  $\varphi_0$  e o horizontal por  $\gamma_0$ . Definiu-se assim um referencial tridimensional. A representação no plano consegue-se fazendo a rotação de  $90^\circ$  do plano horizontal (Figura 10c). Como se pode observar na Figura 10a a representação de um ponto no espaço ( $Q$ ), dá origem a dois pontos, um no plano horizontal ( $Q'$ ) e outro no plano vertical ( $Q''$ ).

Em função da distância de um ponto de observação podem distinguir-se dois tipos de projeções ortogonais (Figura 11):

**Projeção central** ou **cônica** – em que o centro de projeção, é um ponto no espaço, e em que as linhas projetantes são concorrentes. O objeto projetado e a projetar têm dimensões diferentes.

**Projeção paralela** ou **cilíndrica** – em que o centro de projeção, no infinito, e as linhas projetantes são paralelas. O objeto projetado e a projetar têm a mesma dimensão.

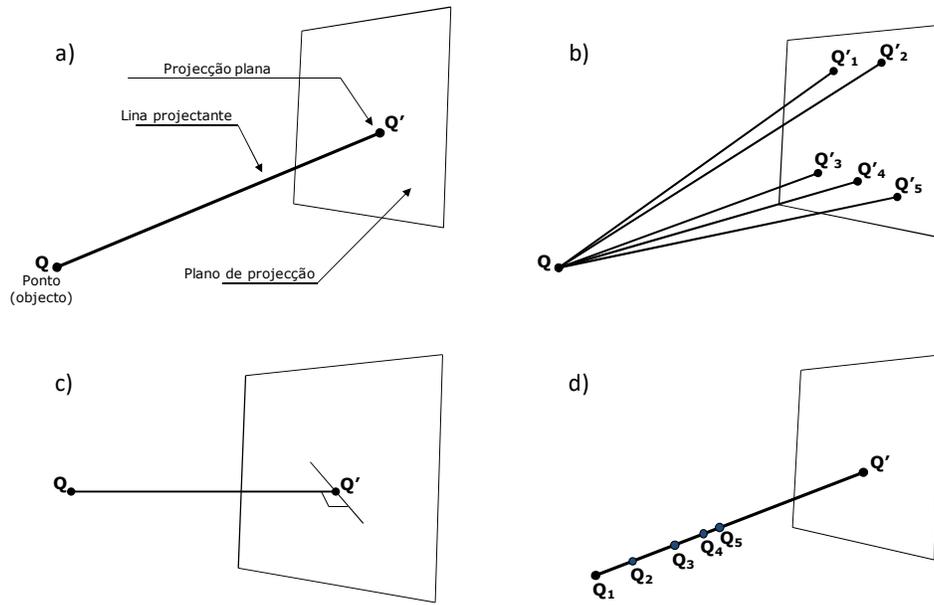


Figura 9 Representação da projeção de um ponto num plano por uma linha projetante (a), de um por cinco linhas projetantes (b) e por uma linha projetante ortogonal (c), de cinco pontos por uma linha projetante ortogonal (d).

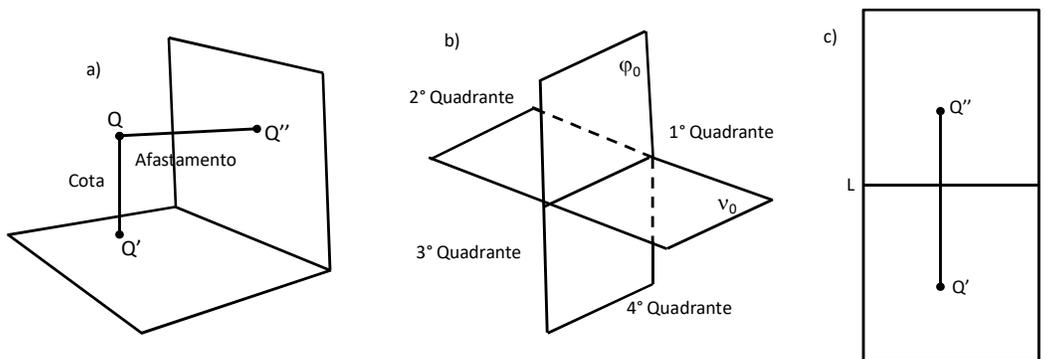


Figura 10 Representação de duas projeções ortogonais de um ponto (a), de quatro quadrantes (b) e da rotação de dois planos projetantes e de projeções de um ponto (Q) nos dois planos (c).

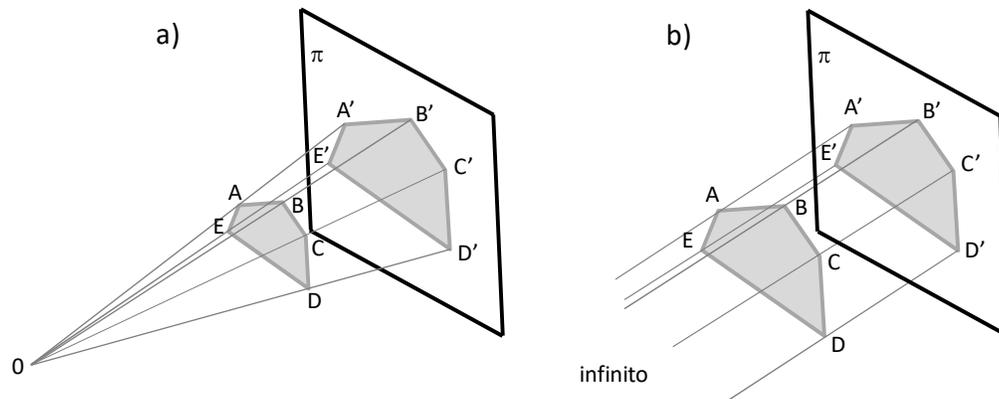


Figura 11 Representação da projeção central ou cónica (a) e paralela ou cilíndrica (b).

Nas projeções centrais podem ainda definir-se dois métodos em função da localização do plano de projeção (Figura 12):

**Método Europeu** – em que o plano de projeção e o objeto projetado se encontram depois do objeto a projetar.

**Método Americano** – em que o plano de projeção e o objeto projetado se encontram entre o centro de projeção e o objeto a projetar.

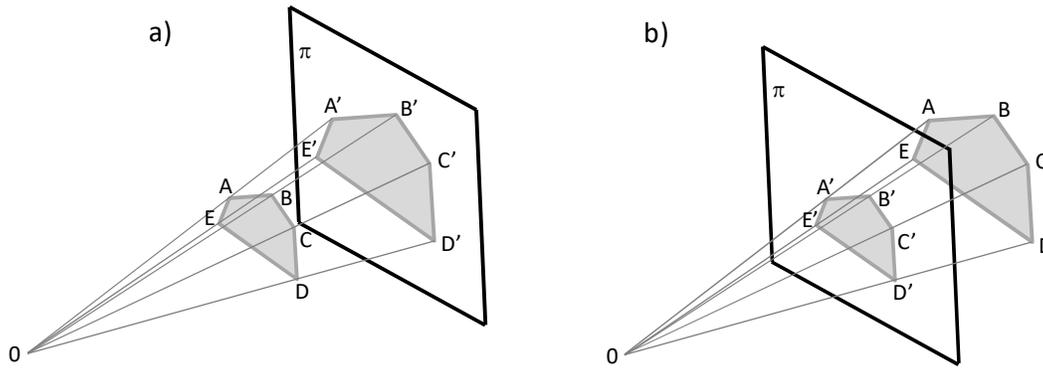


Figura 12 Representação da projeção cônica pelo método europeu (a) e pelo método americano (b).

A projeção bidimensional (2D) que resulta de um objeto tridimensional (3D) depende de três entidades: o observador, o objeto e o plano de projeção. As combinações entre estas três entidades são muitas. A distância do observador ao plano de projeção permite definir dois tipos de Projeções Geométricas Planas (PGP) uma em que a distância do observador ao plano de projeção é finita, em que as linhas projetantes configuram uma superfície cônica originando a projeção central ou cônica; e outra em que a distância do observador ao plano de projeção é infinita e as linhas projetantes configuram uma superfície cilíndrica, originando a projeção cilíndrica ou paralela (Figura 13). Estes dois tipos de projeção podem ainda ser divididos em subtipos em função da posição do objeto em relação a um referencial cartesiano.

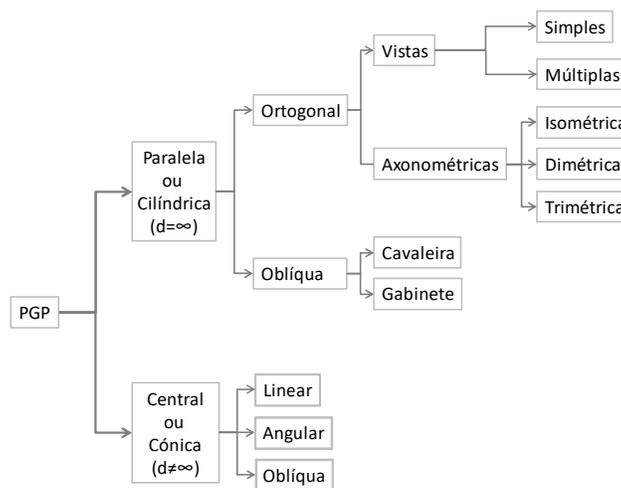


Figura 13 Projeções Geométricas Planas (PGP).

Nas projeções geométricas planas cilíndricas consideram-se duas subdivisões: a ortogonal e a oblíqua. Na projeção ortogonal, considerando um referencial cartesiano X, Y, Z, o observador situa-se numa posição sobre o eixo dos ZZ, sendo as projetantes paralelas ao plano de projeção. Em função dos ângulos que os três planos do referencial fazem entre si podem distinguir-se as vistas (projeções ortogonais) e as projeções axonométricas. Nas vistas os ângulos  $\widehat{Xx}$  e  $\widehat{Yy}$  são de  $0^\circ$  ou  $180^\circ$ . Ou seja, os eixos homólogos são paralelos (Figura 14a). Estas projeções podem ser simples ou múltiplas (quando são várias). Nas projeções axonométricas (Figura 14b) os ângulos  $\widehat{Xx}$  e  $\widehat{Yy}$  e  $\widehat{Zz}$  são diferentes de  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  ou  $180^\circ$ , podendo ser ou não iguais entre si. Nesta representação, ao contrário da anterior, ocorre a deformação das dimensões do objeto nas direções x, y e z. Podem considerar-se três casos. No primeiro, a deformação é tão pequena que se pode ser desprezada, tratando-se das projeções axonométricas isométricas. No segundo caso as deformações são consideráveis e quantificáveis podendo ser minimizadas com a aplicação de um coeficiente de redução, tratando-se das projeções axonométricas dimétricas. O terceiro caso corresponde a um conjunto de valores angulares entre os eixos de referência associados ao plano de projeção e do objeto não enquadrados nos casos anteriores, tratando-se das projeções axonométricas trimétricas. Na projeção oblíqua, considerando um referencial cartesiano X, Y, Z, o observador situa-se numa posição que não é coincidente com o eixo dos Z, com o eixo das projetantes paralelo mas não ortogonal em relação ao plano de projeção (Figura 14c). As projeções oblíquas podem dividir-se em: cavaleira e de gabinete. A projeção oblíqua cavaleira caracteriza-se pelo plano de projeção ser frequentemente definido pelos eixos x-z, fazer um ângulo de  $45^\circ$  entre este e as linhas projetantes e o coeficiente de redução ser 1,0. A projeção oblíqua de gabinete difere da anterior por apresentar um coeficiente de redução de 0,5.

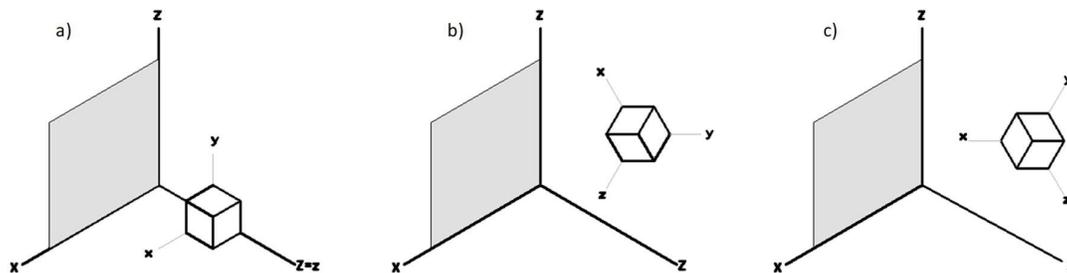


Figura 14 Projeções Geométricas Planas (PGP) ortogonal simples (a), ortogonal axonométrica (b) e oblíqua (c).

As projeções geométricas planas centrais ou cilíndricas são as que mais se aproximam da forma como o olho humano vê. Apresentam uma deformação considerável, no entanto, como as pessoas são capazes de corrigir intuitivamente é também a de mais fácil legibilidade. Pode apresentar-se como exemplo uma estrada reta, cuja delimitação real são duas retas paralelas, e que na projeção central se aproximam com um ângulo de inclinação parecendo tanto menos larga quanto maior a distância a partir do ponto onde se localiza o observador (Figura 15).

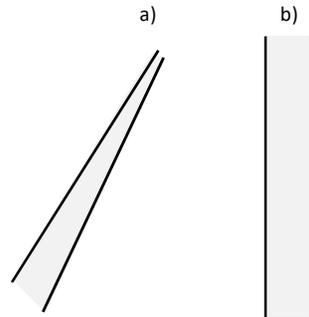


Figura 15 Representação de uma reta de uma estrada em projeção central (a) e paralela (b).

Em desenho técnico a representação de desenhos a duas dimensões faz-se normalmente usando as projeções paralelas ortogonais. Deverão projetar-se, no plano, todos os pontos que definem o objeto a representar. A complexidade dos objetos determina o número de vistas que devem ser usadas. A projeção de um objeto deve identificá-lo inequivocamente. Desta forma para se selecionar o número de vistas a representar de um objeto considere-se o exemplo da projeção de três objetos; um círculo, um cilindro e uma esfera, no plano vertical (Figura 16a). Neste caso a projeção é igual para os três objetos, isto é um círculo. Então pode dizer-se que nenhum objeto fica inequivocamente representado. Parece que haverá que introduzir mais planos ortogonais para tentar representar os objetos de uma forma inequívoca. Considere-se um segundo plano perpendicular ao primeiro, por exemplo o plano horizontal (Figura 16b). A projeção dos três objetos no plano horizontal resulta num segmento de reta, num retângulo e num círculo, para respetivamente o círculo, o cilindro e a esfera. Donde com dois planos ortogonais pode definir-se de modo exato estes três objetos.

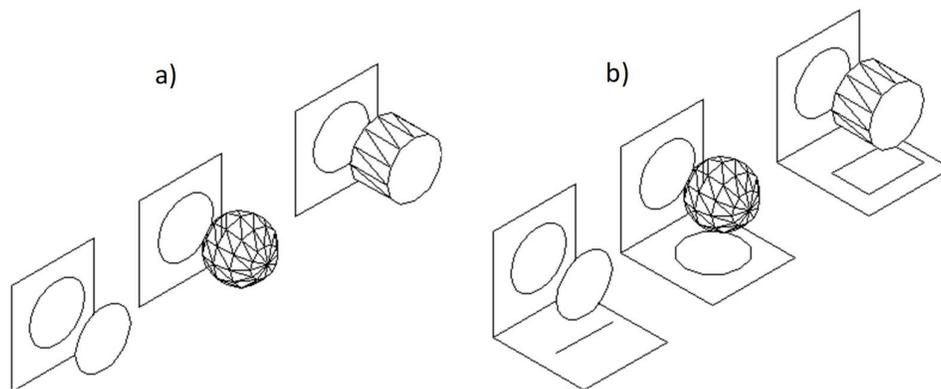


Figura 16 Representação de três objetos num plano vertical (a) e em dois planos, um vertical e outro horizontal (b). Adaptado de Silva et al. (2003).

No exemplo apresentado anteriormente dois planos de projeção são os necessários e suficientes para definir os três objetos, no entanto em muitos casos são necessários três ou mais planos de projeção. Pode então dizer-se que para representar um objeto se deverão considerar o plano vertical (PV), o plano horizontal (PH) e o plano lateral (PL). Os planos são perpendiculares entre si e os dois primeiros intersectam-se por uma linha denominada linha de terra (LT).

À projeção paralela ortogonal num plano de projeção chama-se vista. Em função dos planos definidos acima tem-se:

**Vista de frente** ou **alçado principal** – projeção num plano vertical, correspondendo às dimensões largura e altura;

**Vista de cima** ou **planta** – projeção num plano horizontal, correspondendo às dimensões largura e profundidade;

**Vista lateral** ou **alçado lateral** – projeção sobre o plano de projeção lateral, correspondendo às dimensões profundidade e altura.

### 3.2. Desenho de projeções em vistas múltiplas

A representação das projeções faz-se num único plano. Considerando dois planos de projeção, por exemplo o vertical e o horizontal, haverá que efetuar a rotação de 90° do plano horizontal, pela linha de terra, frequentemente denominado rebatimento do plano horizontal sobre o vertical (Figura 17).

Na Figura 18 apresentam-se alguns exemplos de projeções paralelas ortogonais em que duas vistas são suficientes para definir o objeto sem ambiguidades. No entanto, nos três exemplos apresentados Figura 19 (a, b, c) a projeção com duas vistas não permite a representação de modo inequívoco dos objetos, dado que a partir das duas projeções se pode identificar mais que um objeto. Esta indeterminação pode ser ultrapassada com a adição de mais informação, ou seja, adicionando um terceiro plano de projeção ortogonal aos dois já definidos. A nova vista gerada permite uma leitura sem ambiguidades dos três objetos (Figura 19d,e,f).

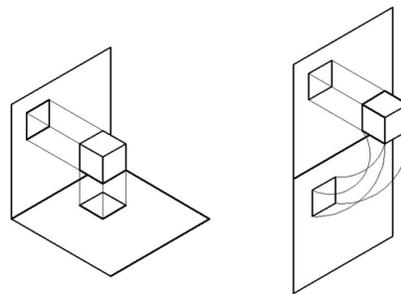


Figura 17 Rebatimento do plano horizontal sobre o vertical.

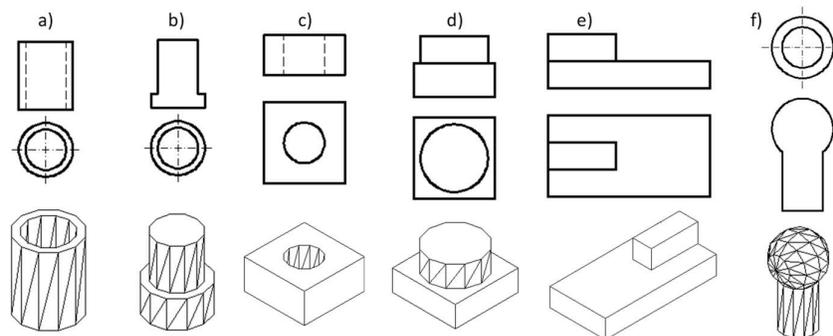


Figura 18 Exemplos de projeções ortogonais com duas vistas.

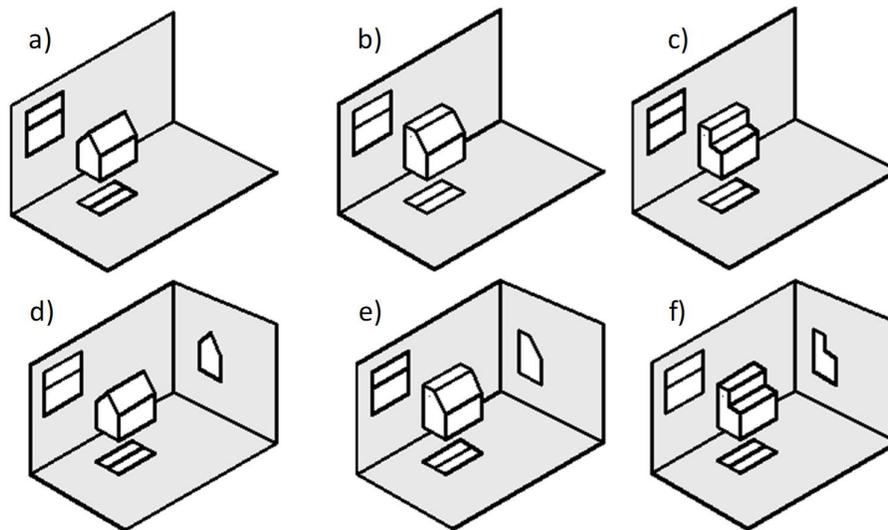


Figura 19 Exemplo de três objetos projeções múltiplas com duas vistas (a, b, c) e três vistas (d, e, f).

Na elaboração das projeções de objetos complexos são normalmente identificados primeiro os vértices. Estes projetam-se em dois planos perpendiculares, por exemplo no plano vertical e no plano horizontal. Para clarificar a exposição considere-se o objeto da Figura 20 (esquerda), em que se identificaram 10 vértices pelas letras maiúsculas (de A a J) e os quais foram projetados em dois planos perpendiculares, gerando dois pontos; um no plano horizontal com a denominação  $Q'$  (sendo  $Q=A\dots J$ ) e outro no plano vertical com a denominação  $Q''$  (sendo  $Q=A\dots J$ ). Efetuando o rebatimento de plano horizontal e do lateral obtém-se a Figura 20 (direita).

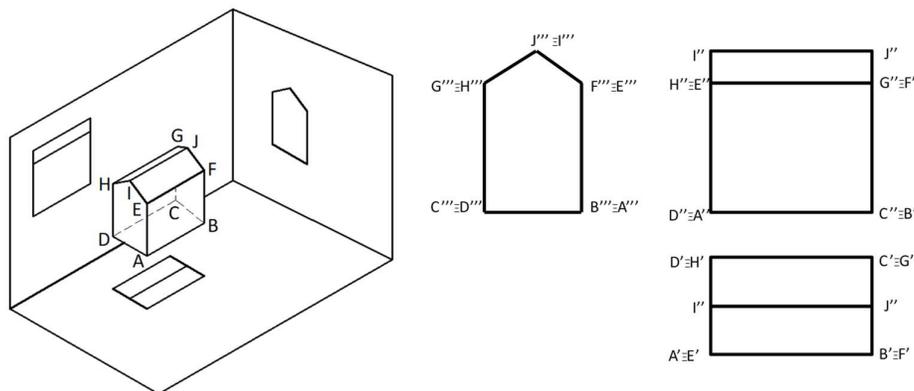


Figura 20 Projeção de um objeto em três planos ortogonais e suas vistas múltiplas.

O rebatimento das vistas está associado ao método de projeção. Na Figura 21 ilustram-se as projeções de um objeto em três planos e os seus rebatimentos, de acordo com o método europeu (Figura 21a,b). Neste método, como o plano de projeção está para além do objeto a projetar, o plano de projeção do alçado principal vai ser a face de trás do cubo de referência. A colocação das vistas será gerada a partir da posição do alçado principal, ficando a planta em baixo, e o alçado lateral direito à esquerda e, caso seja representado, o alçado lateral esquerdo à direita. No método Americano o plano de projeção está

situado entre o centro de projeção e o objeto a projetar, por isso a projeção do alçado principal faz-se na face da frente do cubo de referência. Também neste caso a colocação das vistas será função da localização do alçado principal, ficando a planta em cima, o alçado lateral direito à direita e, caso seja representado, o alçado lateral esquerdo à esquerda (Figura 21c,d). Em alguns casos de objetos muito complexos pode haver necessidade de recorrer aos seis planos ortogonais correspondentes às faces de um cubo de referência (Figura 21e), originando-se seis vistas que devem ser colocadas como se indica na Figura 21f. Sempre que possível, deverão usar-se outro tipo de representações como os cortes e as secções, dado que são de leitura e interpretação mais fácil que as seis vistas.

Como foi referido em 2., na representação de arestas e outros elementos do desenho devem usar-se tipos de linhas diferentes de modo que os vários elementos do desenho sejam facilmente identificáveis. Assim, os contornos visíveis devem ser desenhados a traço contínuo grosso e representam contornos das peças, linhas de intersecção de duas superfícies, linhas que representam a vista de topo das superfícies exteriores da peça e linhas que representam o limite de superfícies curvas (Figura 22). A projeção da maior parte dos objetos dá também origem a linhas invisíveis, que devem ser desenhadas a traço interrompido fino e representam linhas de intersecção de 2 superfícies, linhas que representam a vista de topo das superfícies exteriores da peça e linhas que representam o limite de superfícies curvas. Há também frequentemente que representar linhas de eixo, que indicam a posição do centro por exemplo de cilindros ou furos, que são fundamentais dado que no fabrico de peças estes são os primeiros a ser marcados. A linha de eixo representa-se a traço misto fino e deve ser desenhada com duas linhas perpendiculares que se interseitam no centro do círculo (Figura 22) e que se estendem um pouco para além dele, não devendo intersecetar-se com mais nenhum traço.

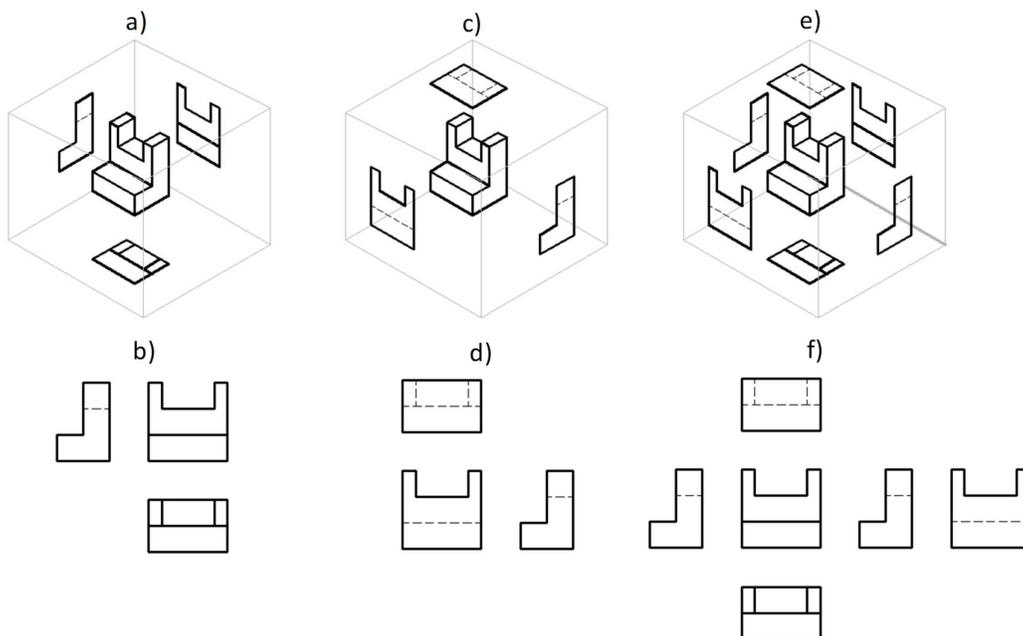


Figura 21 Projeções com três vistas pelo método europeu (a,b) e americano (c,d) e com seis vistas (e,f).

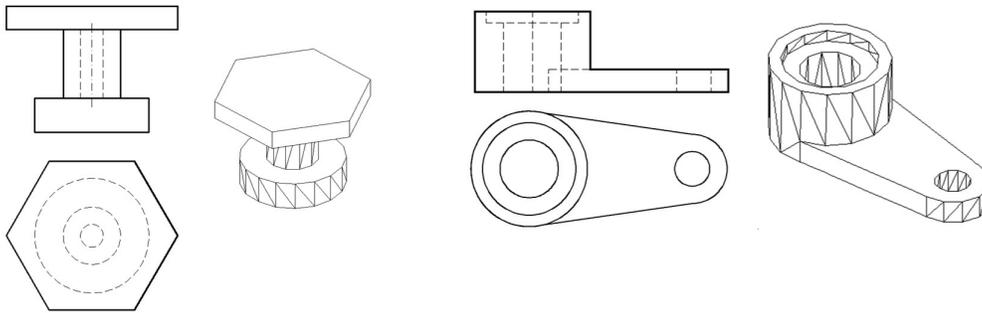


Figura 22 Tipos de traços a usar na representação dos elementos de uma projeção. Sem cotagem

Na seleção do número de vistas para definir um objeto devem considerar-se os seguintes pressupostos:

- O alçado principal deverá ser a vista que contém mais informação sobre o objeto a desenhar. Em caso de dúvida deverá ser usada a posição de serviço, isto é a posição que o objeto terá depois de executado.
- O número de projeções deve ser o necessário e suficiente para definir o objeto, nem a mais nem a menos. As projeções que não tragam mais informação do que aquela que está representada não devem ser incluídas no desenho. Considere-se o exemplo de duas peças representadas na Figura 23, em que o alçado principal e um lateral definem completamente os objetos, devendo-se omitir a planta por não trazer informação adicional. No entanto, se em alternativa se tivesse escolhido o alçado principal e a planta, haveria que representar também o alçado lateral, dado que o objeto com as primeiras duas vistas não ficaria completamente definido.
- A seleção das vistas a representar não deve originar ambiguidades em relação ao objeto. Considerem-se os exemplos apresentados na Figura 23, em que os alçados principal e lateral dos objetos de c) e d) e dos objetos d) e f) originam ambiguidades de leitura, assim como na planta e alçado lateral dos objetos c) e e). Neste caso nos exemplos da direita haveria que usar uma terceira projeção.
- O número de linhas invisíveis nas projeções deve ser o menor possível, ou seja, o desenho deve conter o máximo de pormenores visíveis e o menor de invisíveis. Refira-se que todo e qualquer pormenor deve ser visível em pelo menos uma vista. Para ilustrar esta regra considere-se o exemplo da Figura 24.
- As diferentes vistas devem ter um espaçamento constante, dado que permite a correspondência entre os pontos das diferentes vistas e porque facilita a leitura e compreensão do objeto. O espaçamento deve ser também suficiente para que se possa efetuar a cotagem das vistas.

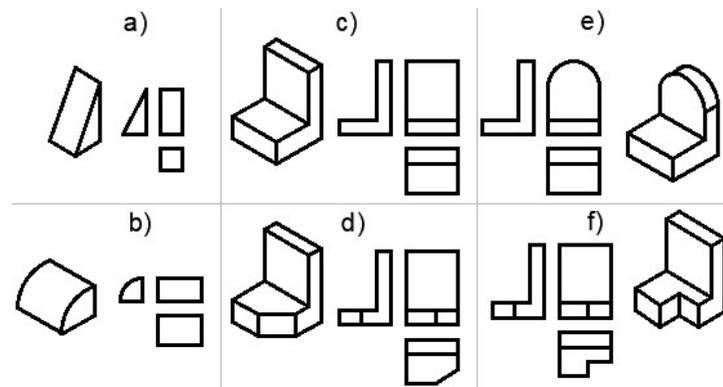


Figura 23 Perspetiva e projeções de dois objetos com três vistas, em que a planta é desnecessária (a, b) e em que com duas vistas em que pode haver ambiguidade de leitura (c, d, e, f).

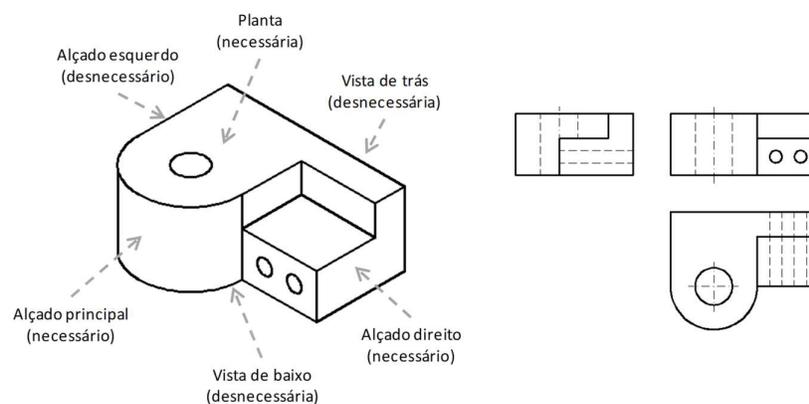


Figura 24 Seleção das vistas a representar.

Nem sempre é necessário o desenho de uma vista completa, podendo usar-se em alternativa as vistas: parciais, locais ou interrompidas. As vistas parciais são utilizadas quando a representação completa da vista não trás informação adicional, sendo principalmente usadas nas vistas auxiliares (Figura 25a). As vistas locais ou de pormenor correspondem à representação de zonas pequenas de uma vista, que não ficam facilmente legíveis e interpretáveis nessa vista. A zona correspondente à vista local é delimitada por um círculo a traço fino e identificada com uma letra maiúscula. A vista é normalmente ampliada e associada à letra, indicando-se, se necessário, a escala (Figura 25b). As vistas interrompidas são usadas quando o objeto a representar tem características uniformes em todo o seu comprimento ou em troços longos. Desenham-se as extremidades, indicando-se a parte intermédia omitida por linhas de fratura (Figura 25c). A representação de uma vista deslocada, que pode ocupar qualquer zona da folha de desenho, é aceitável se tornar mais clara a sua leitura. Neste caso deve assinalar-se o sentido de observação com uma flecha e uma letra maiúscula, e junto à vista deslocada deve colocar-se o texto “Vista A”, em que A é a letra usada (Figura 25d). As vistas deslocadas podem se locais ou parciais, distinguindo-se destas porque as primeiras são delimitadas por linhas de traço contínuo grosso.

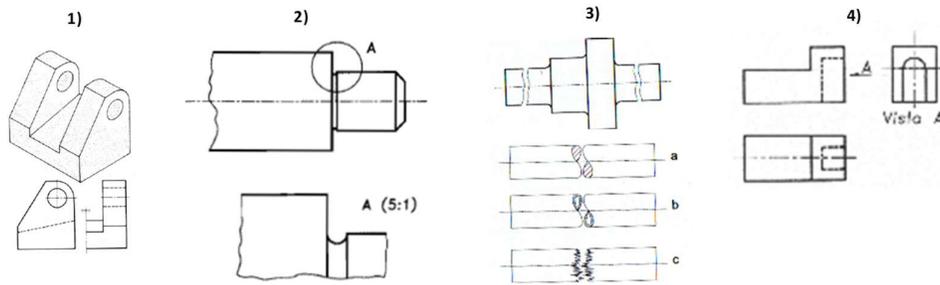


Figura 25 Exemplo de vistas parciais (1), locais (2), interrompidas (3) e deslocadas (4).

### 3.3. Cotagem

Além da representação da forma é necessário quantificá-la, isto é, definir com exatidão as dimensões e posições dos diferentes elementos na peça. A esta informação chama-se **cotagem**. A correta representação geométrica não é suficiente para o fabrico de peças. Saber cotar é muito mais do que colocar as dimensões nos desenhos. A cotagem requer conhecimentos das normas, técnicas e princípios a ela associados, além dos processos de fabrico e das funções da peça ou dos elementos que a constituem. Uma cotagem incorreta ou ambígua pode causar grandes prejuízos no fabrico de um produto. Podem indicar-se três aspetos gerais da cotagem: os elementos de cotagem, a seleção das cotas a inscrever nos desenhos e o posicionamento das cotas.

Os elementos de cotagem são um conjunto de regras, que permitem uma leitura padronizada das dimensões e das posições dos elementos de um desenho, das quais constam as cinco seguintes (Figura 26):

**Cotas** – números que indicam as dimensões lineares ou angulares do elemento. No Sistema Internacional (SI) de unidades, para os países que o adotaram, pode ser o milímetro, o centímetro ou o metro, dependendo da dimensão do projeto. Para as medidas angulares é o grau.

**Linhas de chamada** – linhas a traço contínuo fino, perpendiculares à linha de cota, que a ultrapassam ligeiramente e que têm origem no elemento a cotar.

**Linhas de cota** – linhas retas ou arcos com setas nas extremidades, a traço contínuo fino, paralelas ao contorno do elemento que definem.

**Setas** – terminações da linha de cota, que se encontram normalizadas pela norma ISO 129:1985.

**Símbolos complementares de cotagem** – conjunto de símbolos que permitem identificar diretamente a forma de alguns elementos, melhorando a interpretação do desenho, por exemplo  $\varnothing$  – Diâmetro; R – Raio; □- quadrado; SR – Raio esférico;  $S\varnothing$  – Diâmetro esférico.

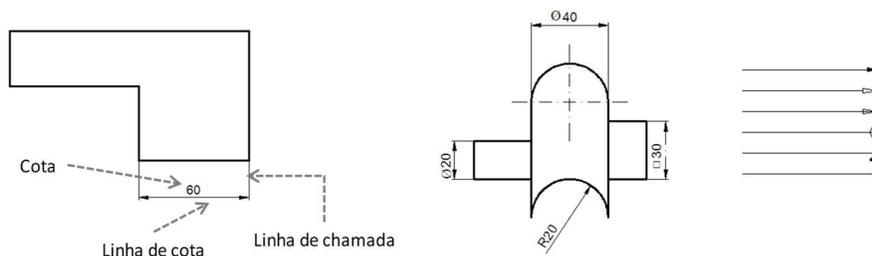


Figura 26 Elementos de cotagem.

Na seleção das cotas a inscrever nos desenhos deve ter-se em conta a função dos elementos ou das peças, devendo constar no desenho as dimensões e posições de todos os elementos. Os processos de fabrico e controlo desempenham também um papel importante na seleção das cotas. O posicionamento das cotas no desenho deverá permitir a definição rigorosa dos elementos cotados, e ser de leitura e interpretação fácil e expedita. A orientação das cotas deve ser sempre efetuada em relação à legenda. Desta forma podem ser lidas em duas direções perpendiculares, a partir do canto inferior direito da folha.

A cotagem é feita preferencialmente nos elementos visíveis de um desenho (correspondendo a linhas e arestas visíveis). As linhas invisíveis não devem ser cotadas, exceto se não existir outra alternativa mais clara para a cotagem de elementos. As perspetivas em geral não são cotadas uma vez que existem pormenores que nunca são mostrados na sua verdadeira grandeza.

A cotagem encontra-se normalizada pelas regras seguintes:

- 1) Num desenho as cotas são sempre as das dimensões e posições reais dos objetos, independentemente da escala utilizada no desenho;
- 2) Os elementos de cotagem devem estar representados a preto;
- 3) A dimensão dos caracteres que representam as cotas deve ser adequada à sua legibilidade e têm que ter sempre a mesma dimensão no desenho (Figura 27);
- 4) Nenhuma cota, necessária para a definição do(s) objeto(s), pode ser omitida;
- 5) Os elementos de um projeto devem ser cotados, preferencialmente, na vista que contém mais informação em relação à forma e/ou localização dos elementos do(s) objetos(s);
- 6) Deve evitar-se, sempre que possível, o cruzamento de linhas de cota ou de chamada entre si e com outras linhas do desenho (Figura 27b);
- 7) A localização das cotas deve ser, preferencialmente, fora do contorno do(s) objeto(s), embora seja admissível coloca-las no interior do(s) objeto(s) se se melhorar a sua legibilidade e compreensão (Figura 27a,g);
- 8) A localização das cotas deve ser o mais próximo possível do elemento a cotar (Figura 27c);
- 9) Um elemento de um objeto deve ser cotado uma única vez, independentemente do número de vistas (Figura 27, nesta representação, em duas vistas, o diâmetro deverá ser cotado apenas em a1 ou a2);
- 10) As cotas auxiliares, casos especiais usados em fases intermédias de fabrico por exemplo, devem inscrever-se entre parêntesis;
- 11) As cotas devem posicionar-se sobre a linha de cota, paralelas a esta e, preferencialmente, no seu ponto médio (Figura 27e);
- 12) Nenhum pormenor se deve sobrepor aos algarismos da cota (Figura 27d, forma incorreta (d1) e correta (d2) de colocar a cota);
- 13) Num desenho devem ser sempre usadas as mesmas unidades, indicando-se no campo apropriado da legenda e sempre que seja necessário usar outras unidades, estas devem ser indicadas no desenho e na legenda;
- 14) Para evitar linhas de cota longas ou os seus cruzamentos, podem usar-se linhas de cota interrompidas colocando-se as cotas junto a uma das setas (Figura 27f);

15) Quando um elemento a cotar é pequeno e não existe espaço suficiente para a cota e/ou as setas na linha de cota, coloca-se a cota abaixo do elemento a cotar e une-se com uma linha de referencia (Figura 27h).

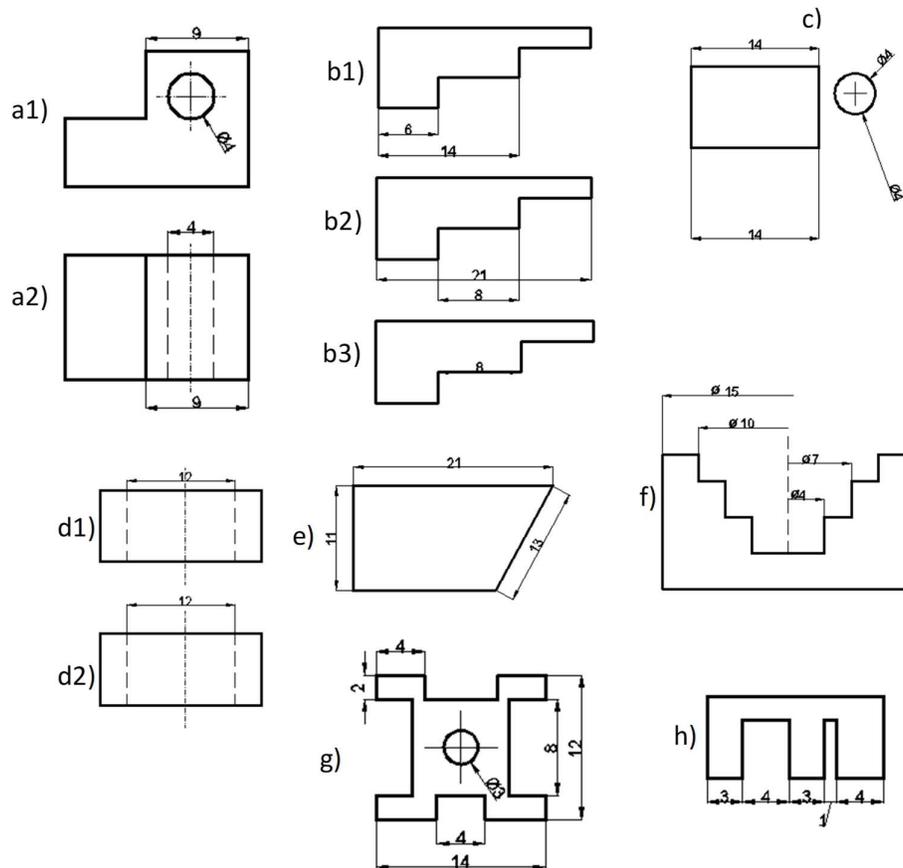


Figura 27 Exemplos de regras de cotagem.

A cotagem dos elementos pode dividir-se em: **cotagem de forma**, quando estão a ser cotadas as dimensões dos elementos (Figura 28a); e **cotagem de posição** quando estão a ser cotadas as localizações dos elementos (Figura 28b).

Na cotagem de forma uma cota que diz respeito a um pormenor que é visível em duas ou mais vistas deve localizar-se preferencialmente entre essas vistas. As cotas totais das peças devem localizar-se preferencialmente do mesmo lado.

Na cotagem de arcos apenas é usada uma seta que toca no elemento a cotar. A linha de cota deve ser orientada segundo a direção que liga ao seu centro, partindo ou não do centro. Quando o centro está a uma distância relativamente curta do arco, a linha de cota parte do centro e liga-se à superfície. Quando o centro está a uma distância grande, a linha de cota aponta na direção do seu centro fictício. O centro do arco só deve ser indicado se for imprescindível na sua construção (Figura 28a).

A cotação de posição deve ser sempre indicada relativamente a pormenores, elementos ou arestas de referência, a partir dos quais as dimensões e distâncias possam ser medidas (Figura 28b).

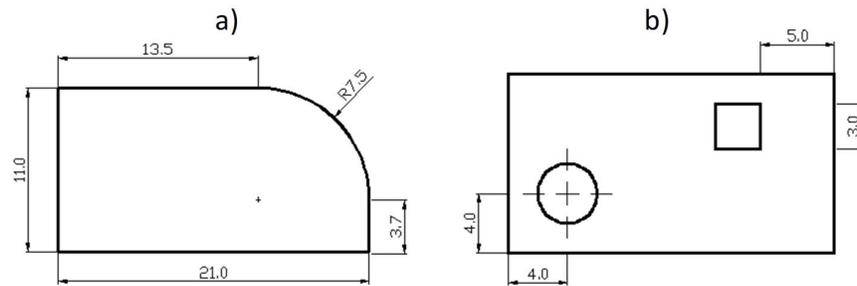


Figura 28 Cotação de forma (a) e de posição (b).

A organização das cotas num desenho está intimamente ligada à finalidade do desenho e aos métodos de execução e controlo, podendo definir-se os seguintes critérios de cotação:

**Cotação em série** – as cotas estão dispostas em sucessão, e a sua origem e a do elemento que se está a cotar são a mesma (Figura 29a).

**Cotação em paralelo** – as cotas e as linhas de cota são paralelas e têm uma origem comum (Figura 29b).

**Cotação em paralelo com linhas de cota sobrepostas** – semelhante à cotação em paralelo, mas que difere desta por as linhas de cota estarem sobrepostas (Figura 29c). É de particular interesse quando existem limitações de espaço e se a sua leitura e compreensão forem asseguradas.

**Cotação por coordenadas** – aplica-se quando uma vista tem vários elementos e cuja cotação torna a leitura e compreensão difícil (Figura 30a). Os elementos a cotar são numerados na vista e constrói-se um quadro com o código (número) dos elementos, as suas coordenadas em função de um referencial (x,y) e as suas dimensões (Figura 30b).

**Cotação de elementos equidistantes** – processo de simplificar a cotação quando existem elementos equidistantes, indicando-se a distância entre os elementos e o número de elementos (Figura 31a). Pode optar-se, por uma questão de legibilidade, por cotar o primeiro elemento e efetuar a cotação simplificada dos restantes.

**Cotação de elementos repetidos** – processo simplificar a cotação quando existem elementos repetidos, cotando-se um deles e indicando o número de elementos (Figura 31c).

Em alguns casos para facilitar a leitura e compreensão é preferível as cotas não estarem alinhadas no ponto médio da linha de cota (Figura 29d).

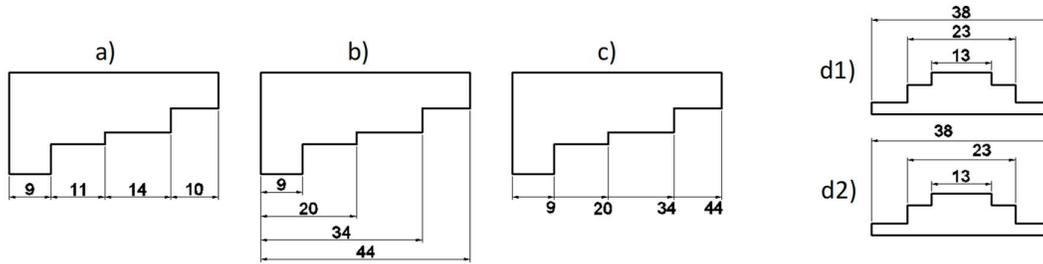


Figura 29 Cotagem em série (a), em paralelo (b), em paralelo com linhas sobrepostas (c) e alinhamento das cotas na linha de cota (d).

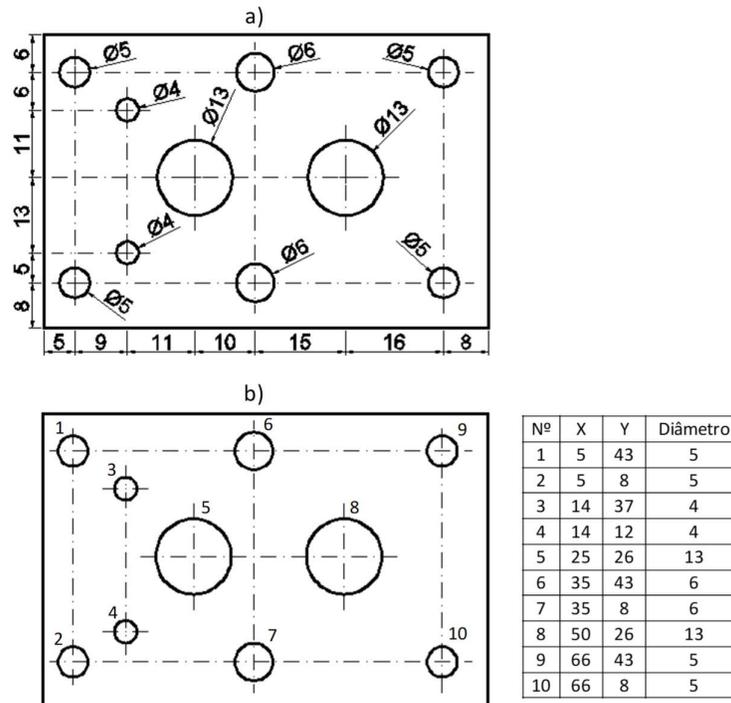


Figura 30 Cotagem de todos os elementos (a) e por coordenadas (b).

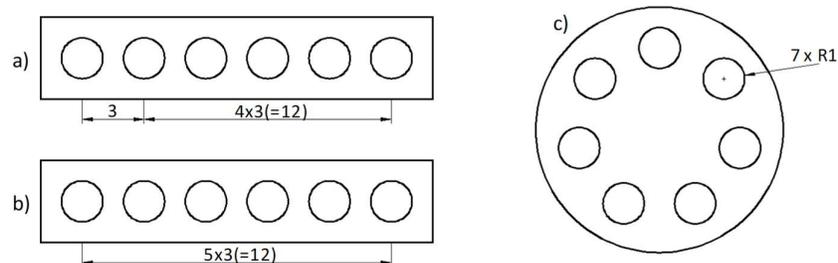
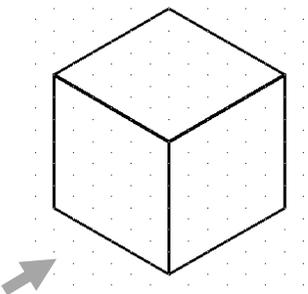
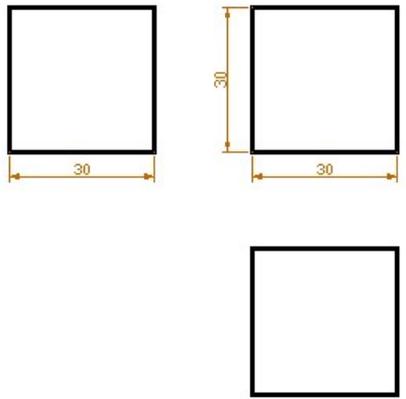
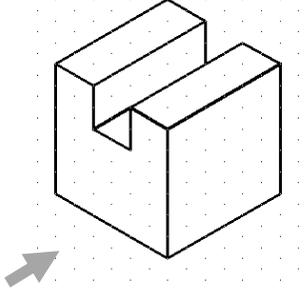
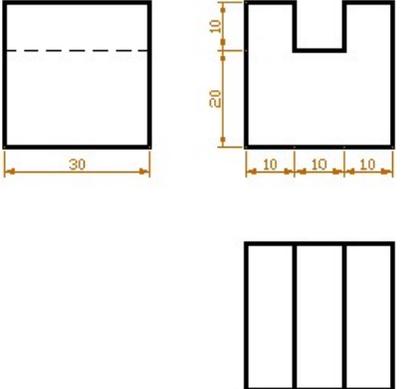
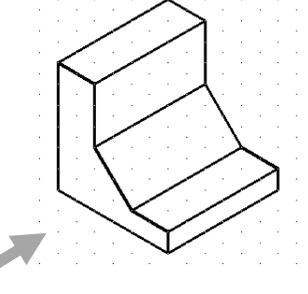
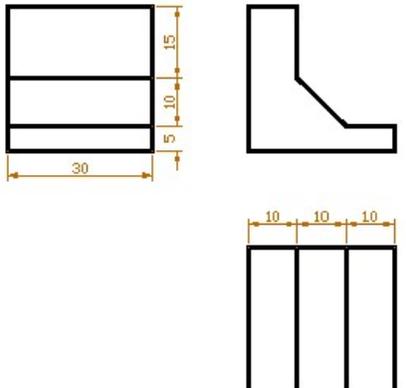


Figura 31 Cotagem de elementos equidistantes (a) e repetidos (b,c).

### 3.4. Exercícios resolvidos de projeções e cotagem

Desenhe, segundo o método Europeu, as projeções ortogonais necessárias para definir os objetos a seguir indicados (o espaçamento da grelha é 5 unidades e a seta a cinzento indica o alçado principal). Proceda à sua cotagem num nível (layer) diferente daquele onde fez as projeções ortogonais.

Enunciado	Resolução
1) 	
2) 	
3) 	

## 4. Perspetivas

As vistas são de extrema utilidade na definição de objetos, no entanto nem sempre permitem uma fácil e expedita visualização do volume do objeto, especialmente para pessoas que não conhecem ou que estão pouco familiarizadas com os conceitos de geometria descritiva e desenho técnico.

A perspetiva é uma representação gráfica, num plano, de um objeto tridimensional. É de fácil leitura, por isso útil na compreensão das projeções de um objeto. A elaboração de perspetivas à mão livre por vezes é difícil, mas com os sistemas CAD a sua representação é relativamente simples de realizar e, por isso, sempre que possível deve acompanhar os desenhos de vistas múltiplas. A desvantagem, das perspetivas é que não representam na sua verdadeira grandeza todos os elementos de um objeto, decorrente do sistema de eixos não ser ortogonal, originando em consequência uma visão mais ou menos distorcida do objeto. É por este motivo que não se usam para a definição de objetos ou para o seu fabrico, mas apenas para a visualização do volume do objeto. Existem vários tipos de perspetivas, em função do tipo de projeção que lhe está associado (Figura 32).

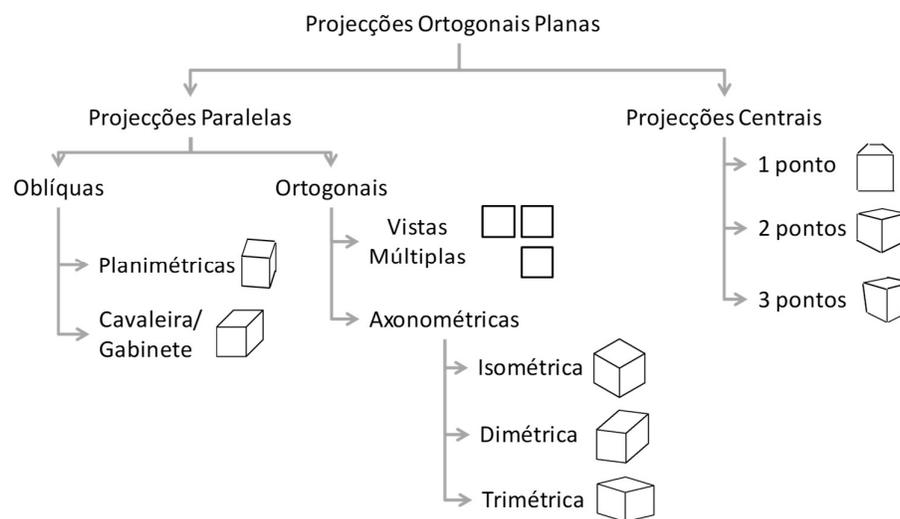


Figura 32 Projeções geométricas planas e sua relação com as perspetivas.

As diferenças das projeções em vistas múltiplas, paralela ortogonal, paralela oblíqua e central (cf. 3), no que diz respeito ao ângulo de incidência das linhas projetantes e a orientação do objeto podem observar-se na Figura 33. As perspetivas distinguem-se rapidamente vistas simples ou múltiplas (Figura 33a), dado que enquanto nestas os referenciais são ortogonais, nas restantes isso não acontece (Figura 33b,c,d).

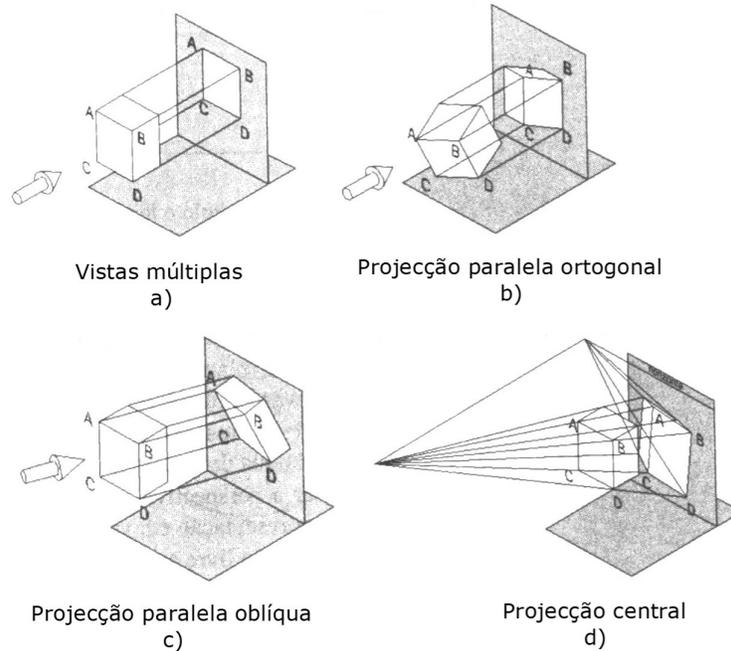


Figura 33 Projeções em vistas múltiplas (a) e perspectivas axonométrica (b), oblíqua (c) e central (d).

#### 4.1. Perspetivas paralelas e oblíquas

De entre as perspetivas existentes serão descritas a perspetiva rápida, a cavaleira, a de gabinete e as axonométricas (isométrica, dimétrica e trimétrica).

A **perspetiva rápida** é obtida pela projeção de um objeto no plano em que nenhuma face do objeto está perpendicular ao plano de projeção, mas as linhas projetantes são perpendiculares ao plano de projeção e paralelas entre si. Consegue-se deste modo criar no plano um referencial com três eixos, embora estes não sejam sempre ortogonais entre si, e é possível a visualização do volume do objeto. A designação de perspetiva rápida deriva da facilidade e da rapidez com se consegue efetuar. Consideram-se dois tipos: a cavaleira e de gabinete e as axonométricas.

As **perspetivas cavaleira e de gabinete** são projeções geométricas planas paralelas oblíquas, em que uma das faces do objeto é paralela ao plano de projeção, em que as linhas projetantes são oblíquas ao plano de projeção e paralelas entre si, ou seja de ângulo 0 (Figura 34a). A projeção no plano consegue-se a partir da definição de três eixos em que dois pares fazem um ângulo de  $135^\circ$  e o terceiro par de  $90^\circ$ , permitindo a marcação da altura e da largura na sua verdadeira grandeza, mas não a profundidade (Figura 34a), pelo que o objeto apresenta um aspeto deformado. A diferença entre as duas perspetivas é função do coeficiente de redução ( $r$ ) que se afeta à profundidade, enquanto na perspetiva de gabinete  $r=0,5$  na cavaleira  $r=1,0$ , correspondendo a uma deformação menor na primeira que na segunda. Se se prolongar o eixo C, verifica-se que é coincidente com a bissetriz do ângulo formado pelos eixos A e B (que são perpendiculares), correspondendo a um ângulo de  $45^\circ$ , que é denominado ângulo de fuga. O desenho de perspetivas com ângulos de fuga superiores a  $60^\circ$  e inferiores a  $30^\circ$  originam uma representação em que algumas faces dos objetos são pouco visíveis; e

coeficientes de redução inferiores a 0,4 e superiores a 1,0 originam deformações muito grandes dos objetos, por isso devem ser evitados. Embora possam ser usados coeficientes de redução entre 0,4 e 1,0 e ângulos de redução de 30°, 45° e 60°, os mais frequentemente usados são os coeficientes de redução de 0,5 e o ângulo de fuga de 45°, dado que a execução da perspectiva é mais simples.

As **perspetivas axonométricas** são projeções geométricas planas paralelas, em que as linhas projetantes são paralelas ao plano de projeção e em que a face de referência do objeto pode ter uma qualquer posição, ou seja, um qualquer ângulo entre o objeto e o plano de projeção. Distinguem-se três tipos de perspetivas axonométricas: a isométrica, a dimétrica e a trimétrica. Estas diferenciam-se pelos ângulos formados entre cada par de eixos e pela escala de cada eixo.

Na **perspetiva isométrica**, os eixos fazem ângulos de 120° entre si, o coeficiente de redução é 1,0 e os ângulos de fuga 30° (Figura 34b1), sendo de elaboração rápida embora das três perspetivas axonométricas seja aquela em que a distorção do objeto é maior. Em função do fator de escala definem-se dois tipos de perspetivas isométricas: a real com um fator de escala de 0,8 em relação à dimensão real do objeto (Figura 34b11), e a simplificada com um fator de escala de 1,0 (Figura 34b12). A última dado que é mais fácil de ser executada é mais usada, embora a representação em perspectiva seja maior que nas vistas múltiplas. Os três eixos chamam-se eixos isométricos e estão representados na sua verdadeira grandeza, pelo que quaisquer medições devem ser efetuadas ao longo destes três eixos. Desaconselha-se a medição ou colocação de pormenores em direções diferentes das dos três eixos isométricos, uma vez que apresentam deformações em relação à sua grandeza real.

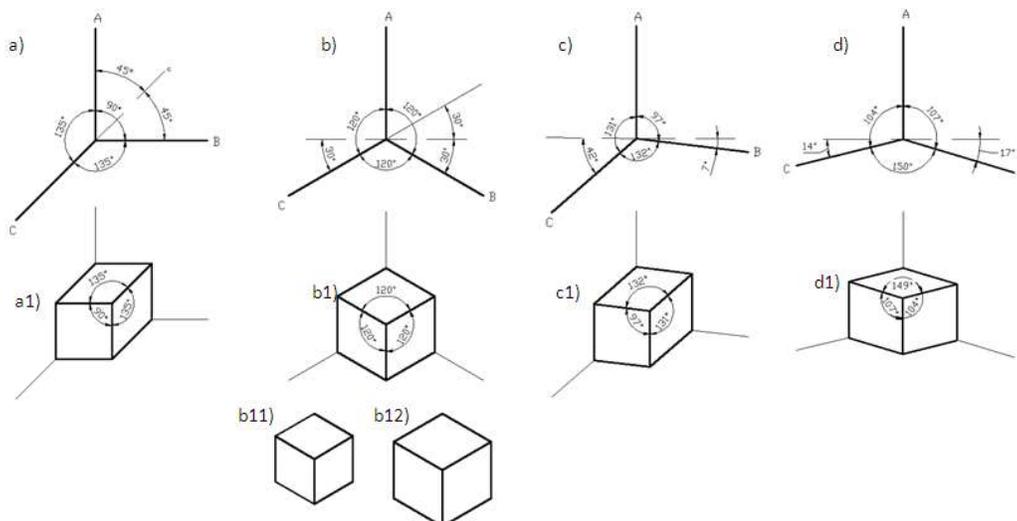


Figura 34 Projeção paralela oblíqua (a), ortogonal axonométrica isométrica (b), real (b11) e simplificada (b12), dimétrica (c) e trimétrica (d).

Na **perspetiva dimétrica**, os três eixos fazem entre si ângulos diferentes (Figura 34c), são usados dois coeficientes de redução, e dois ângulos de fuga (Figura 34c), podendo optar-se por uma das alternativas do Quadro 5. Embora o eixo B apresente um ângulo com a horizontal, como é pequeno assume-se um coeficiente de redução 1,0. De referir que nesta perspetiva a altura e a largura estão representadas na sua verdadeira grandeza, mas não a profundidade.

Na **perspetiva trimétrica**, todas as faces do objeto estão em planos oblíquos em relação ao plano de projeção, os eixos fazem entre si ângulos variáveis são usados três coeficientes de redução e dois ângulos de fuga (Figura 34d), podendo optar-se por uma das alternativas do Quadro 5. Nesta perspetiva apenas as alturas estão representadas na sua verdadeira grandeza. É mais morosa de executar dado que obriga à implementação de três (tri) escalas (métrica), sendo por isso preterida quando comparada com a dimétrica e, principalmente, com a isométrica, de mais fácil e rápida execução.

Quadro 5 Valores dos ângulos e eixos nas perspetivas dimétrica e trimétricas.

Ângulo		Eixo		
$\alpha$	$\beta$	A	B	C
<b>Perspectiva dimétrica</b>				
7°	42°	1	1	0,5
10°22'	39°49'	1	1	0,6
14°10'	37°55'	1	1	0,7
18°40'	35°40'	1	1	0,7
<b>Perspectiva trimétrica</b>				
5°10'	17°50'	1	0,9	0,5
9°50'	24°30'	1	0,9	0,6
14°30'	26°40'	1	0,9	0,7
11°50'	16°	1	0,9	0,7

## 4.2. Desenho de perspetivas

Em desenho à mão na elaboração de perspetivas deverá ser usado material apropriado, tal como régua em T, esquadros de 30° e 45°, escantilhões isométricos ou papel reticulado isométrico ou dimétrico. Em sistemas CAD existem, em geral, algoritmos que permitem estabelecer eixos de axonometria.

Antes de iniciar o desenho de uma perspetiva há que selecionar o tipo e orientação do objeto, de forma que o maior número possível de pormenores seja visível. Deve ainda selecionar-se o método de desenho, nomeadamente o da envolvente (paralelepípedo envolvente) ou o das coordenadas.

O método da envolvente consiste em determinar um paralelepípedo ao longo das três dimensões definidas e a seguir desenhar os pormenores do objeto (Figura 35a). O método das coordenadas consiste em considerar um plano que seja paralelo a uma das faces do objeto e duas direções paralelas. A construção é efetuada em função do plano de referência marcando-se as coordenadas em relação a esse ponto (Figura 35b).

O desenho de uma perspetiva isométrica é efetuado pela marcação dos vértices e arestas ao longo dos eixos isométricos, sendo as medições das últimas feitas ao longo dos eixos isométricos. Para clarificar o desenho de perspetivas isométricas apresentam-se três exemplos.

No primeiro (Figura 35a), a partir de um paralelepípedo envolvente vão-se desenhando os pormenores da peça que são apresentados nas vistas múltiplas. De notar que todas as arestas são paralelas a um dos eixos isométricos.

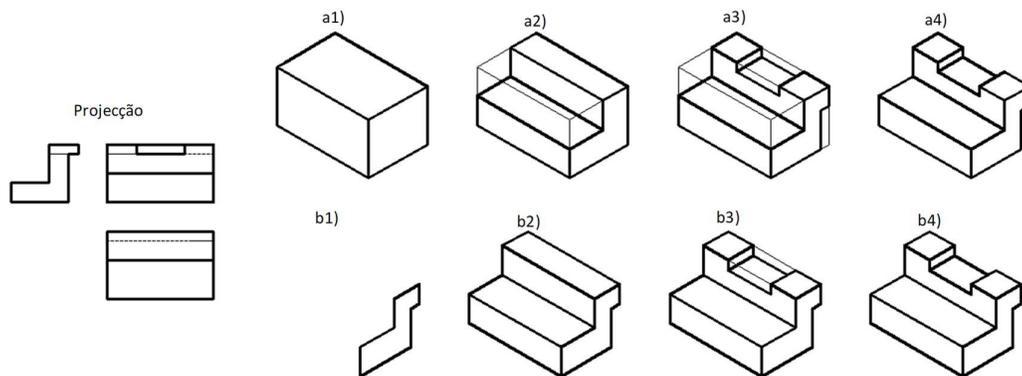


Figura 35 Desenho de uma perspetiva pelo método da envolvente (a) e das coordenadas (b).

No segundo exemplo (Figura 36a,b) existem planos oblíquos, que também não podem ser traçados diretamente. Neste caso, traça-se a intersecção do plano oblíquo com o paralelepípedo envolvente e de seguida com a peça. No terceiro exemplo, a marcação e desenho de ângulos não podem ser feitas diretamente nas perspetivas, dado que não é possível representá-los na sua verdadeira grandeza. Devem ser, por isso, convertidos em medidas lineares através das regras trigonométricas, ou seja devem ser usados os catetos desses ângulos, que já podem ser representados na sua verdadeira grandeza ao longo dos eixos isométricos (Figura 36c). A marcação de ângulos e a construção de planos inclinados em perspetiva isométrica faz-se de modo semelhante.

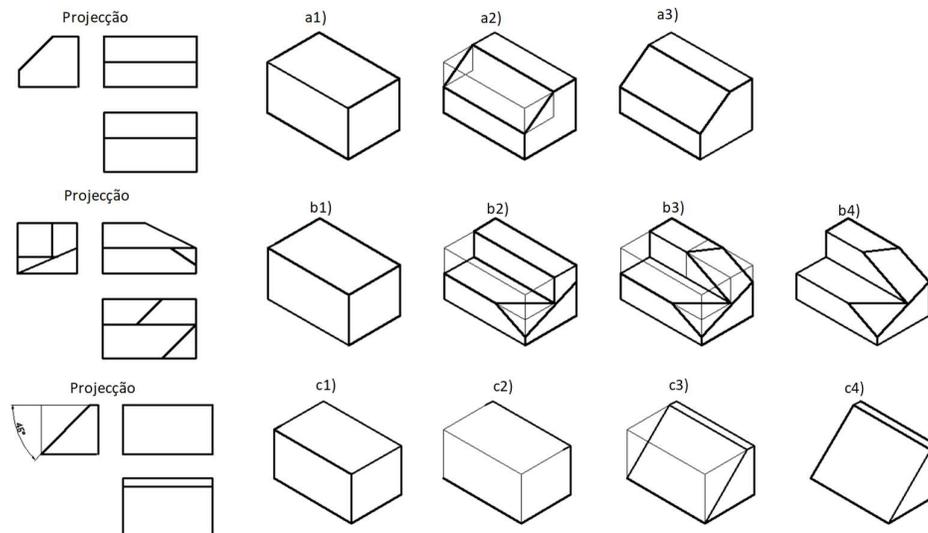


Figura 36 Desenho de uma perspetiva com um plano inclinado (a) e com planos oblíquos (b) e um ângulo (c).

Dado que os eixos, na representação de perspetivas, não são ortogonais, as circunferências representam-se como elipses. A construção da elipse em perspetiva isométrica é feita a partir do traçado de quatro arcos de círculo, com a ajuda de um conjunto de linhas auxiliares que permitem determinar o centro de cada arco de círculo (Figura 37). Na Figura 37 (inferior) a construção da perspetiva obriga ao traçado de elipses, que pode ser efetuada de acordo com os seguintes passos sequenciais:

- i) constrói-se a figura como se todas as arestas fossem retilíneas, assim como os losangos que envolvem as elipses (correspondentes a círculos em projeção ortogonal);
- ii) em cada um dos losangos traçam-se os arcos de concordância, como para o desenho de elipses;
- iii) em função da espessura da peça, os arcos de elipse traçados são duplicados na parte inferior da peça, seguindo a linha isométrica vertical;
- iv) desenha-se a tangente vertical ao arco de circunferência e remove-se a parte que não se vê.

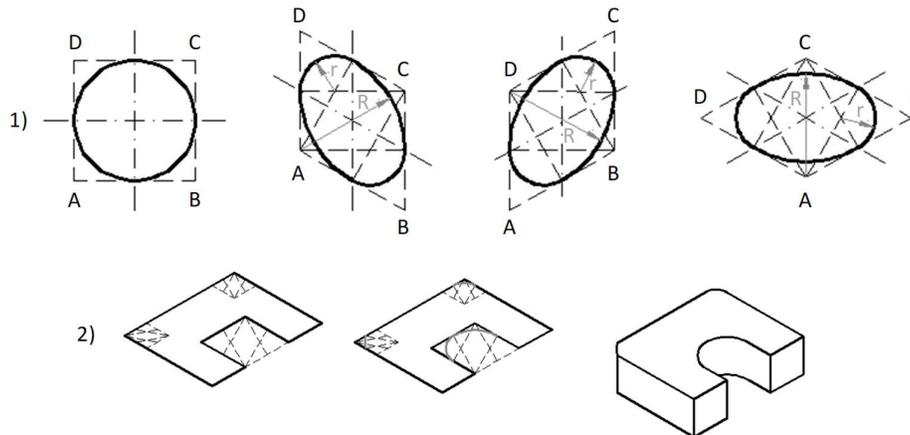


Figura 37 Desenho de um círculo em perspetiva isométrica (1) e de um objeto com arestas circulares (2).

Nas perspetivas não devem ser traçadas linhas invisíveis, dado que tornam a leitura e compreensão do objeto mais complicadas. No entanto, são admissíveis nos casos em que melhorem a leitura do objeto. Da mesma forma deve ser evitado o desenho de linhas de eixo, embora seja admissível se for necessário identificar o centro de um furo, por exemplo. Neste caso aplicam-se as regras das vistas múltiplas. A cotagem também não deve ser feita em perspetiva dado que nem todas as dimensões estão na sua verdadeira grandeza. No entanto, em alguns casos são admissíveis, as cotas devem aparecer alinhadas com a linha de cota, seguindo as regras da cotagem em geral. Na Figura 38 ilustra-se o modo aconselhado e dois desaconselhados de cotar perspetivas. Os cortes são também de evitar em perspetiva, contudo podem ser usados em casos especiais, em objetos com pormenores interiores que não são claros na perspetiva. A Figura 39 ilustra um corte, em que é de salientar a inclinação do tracejado. Este é feito de maneira que haja coincidência do tracejado na intersecção dos dois planos de corte.

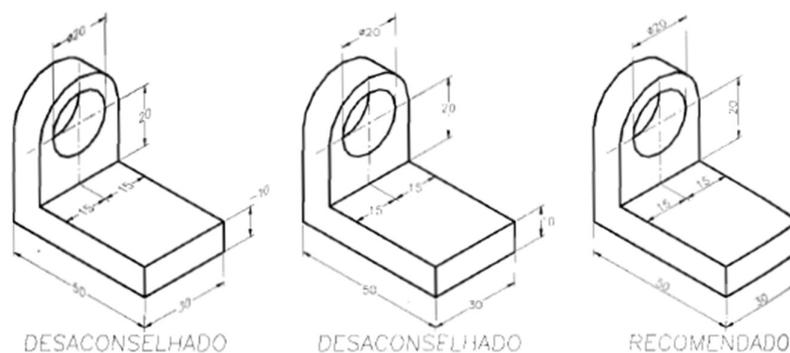


Figura 38 Cotagem em perspetivas isométricas.

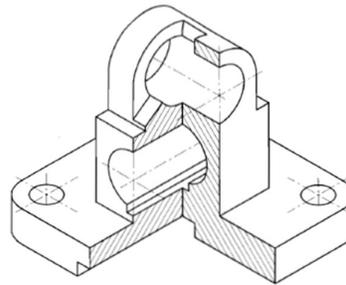


Figura 39 Cortes em perspectivas isométricas.

A leitura de perspectivas é relativamente fácil dado que se visualiza o volume correspondente ao objeto real, ainda que de forma deformada. A leitura de projeções ortogonais e a sua perceção espacial, ou seja, a visualização do objeto no espaço correspondente às vistas, não é, algumas vezes, tão simples e imediata como no caso anterior.

Para a visualização das vistas em volume haverá que ter em atenção a relação observador-objeto-plano de projeção. Assim, quando se analisa a planta deve ter-se a noção que se está a ver o objeto de cima, se for o alçado principal será de frente e se for o alçado lateral de lado. Por isso, se devem primeiro identificar as vistas. Tome-se como exemplo a Figura 40 e as posições das três vistas, pelo método europeu (Figura 40a). Numa qualquer vista uma aresta é definida por dois vértices, no entanto a observação de uma vista não permite a visualização de dois planos. Haverá então que fazer a análise conjunta de duas vistas identificando as arestas comuns às duas. Numa fase posterior devem analisar-se todas as vistas em conjunto, permitindo a identificação de qualquer vértice e aresta. A identificação de todos os vértices e arestas para o exemplo anterior é apresentada Figura 40b e a perspectiva na Figura 40c.

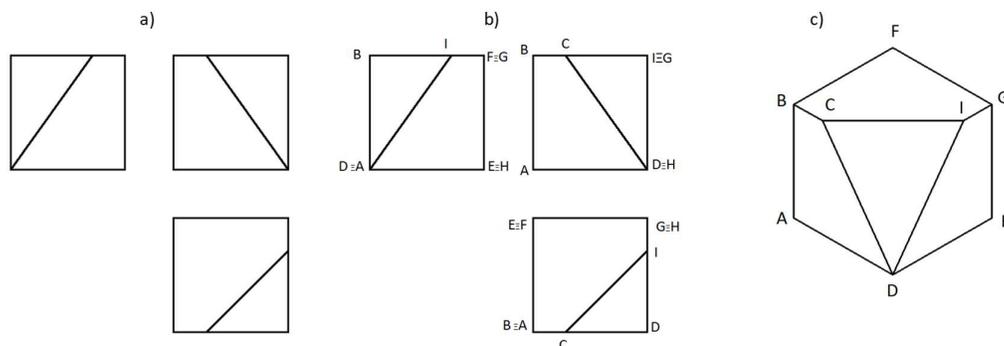
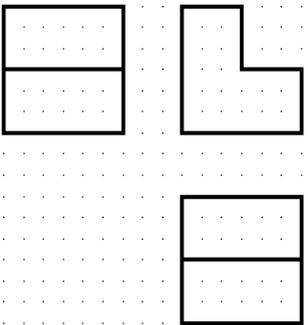
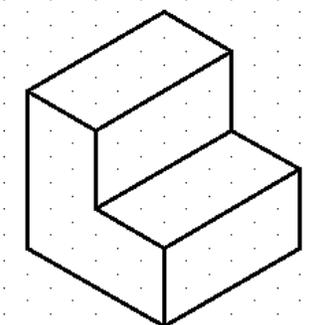
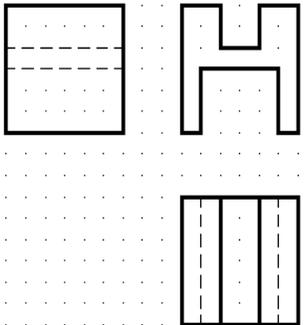
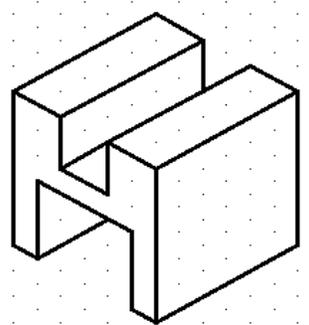
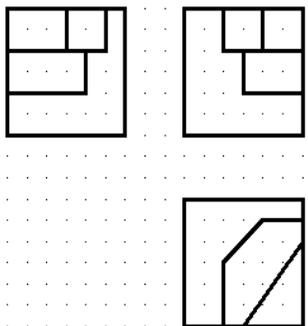
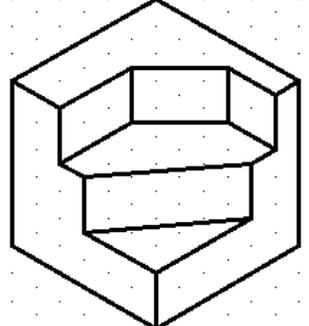


Figura 40 Ilustração da leitura de vistas múltiplas e perspectiva correspondente

### 4.3. Exercícios resolvidos de perspectivas

As figuras representam as projeções ortogonais de um objeto pelo método Europeu. Desenhe os objetos em perspectiva axonométrica isométrica (o espaçamento da grelha é 5 unidades).

Enunciado	Resolução
<p>1)</p> 	
<p>2)</p> 	
<p>3)</p> 	

## 5. Desenho a três dimensões, cortes e secções

### 5.1. Desenho a três dimensões

A construção de desenhos em três dimensões à mão livre não é viável, daí que em certos projetos se faça a construção de protótipos ou do projeto a uma escala reduzida de modo a ser possível a sua visualização a 3D. Em sistemas CAD existe um conjunto de ferramentas implementadas a partir de algoritmos de programação que permitem a construção de objetos a três dimensões. Nestes casos os três eixos são de facto ortogonais e, portanto, os elementos do projeto estão todos na sua verdadeira grandeza.

A construção de objetos a 3D em sistemas CAD é relativamente simples e pode ser dividida em dois grupos: a utilização de um conjunto de algoritmos que têm um conjunto de sólidos de revolução definidos (como por exemplo o cubo, o paralelepípedo e o cone) ou através de duas ferramentas que permitem a integração de uma área (polígono) ao longo de um eixo, quer linear quer angular. As ferramentas de construção a 3D em sistemas CAD permitem a construção de objetos simples ou complexos e de conjuntos de objetos. De sublinhar que a visualização a 3D se faz a partir de um conjunto de “vistas” isométricas, dado que os monitores dos computadores são planos.

Nestes sistemas estão ainda incluídas duas ferramentas. Uma de corte, permitindo de modo simples em relação a um referencial de eixos 3D definir o plano ou planos de corte a partir de três pontos, um plano e um ponto ou de um objeto, que corresponde ao plano de corte. Esta forma de obtenção de cortes é simples, podendo efetuar-se vários cortes, em função de diferentes planos, em pouco tempo. A outra ferramenta, cujo funcionamento é idêntico ao da dos cortes é a secção.

A elaboração de objetos tridimensionais permite a obtenção das vistas, no entanto dado que nem todas as regras de representação ortogonal estão implementadas, a sua obtenção automática origina desfasamentos consideráveis quando comparadas com as vistas elaboradas pelo operador e de acordo com as regras. De modo semelhante a representação da projeção do corte ou de vistas cortadas de modo automático comporta algumas diferenças ao convencional, tendo em conta as regras do desenho técnico.

### 5.2. Cortes

O desenho de muitos objetos representa-se de modo claro e inequívoco através das projeções ortogonais de vistas múltiplas. No entanto, objetos que tenham detalhes interiores mais ou menos complexos, dão origem a vistas com muitas arestas invisíveis que dificultam a leitura das vistas (por exemplo Figura 41a,b), ou em que não é possível definir todos os pormenores do objeto nas vistas. Neste caso recorre-se aos cortes. Existem, no entanto, objetos que não se devem cortar, dado que os

cortes e a sua vista cortada são iguais à correspondente vista ortogonal. São exemplos destes objetos as peças maciças, como por exemplo veios, parafusos, porcas, rebites, elos de corrente e nervuras.

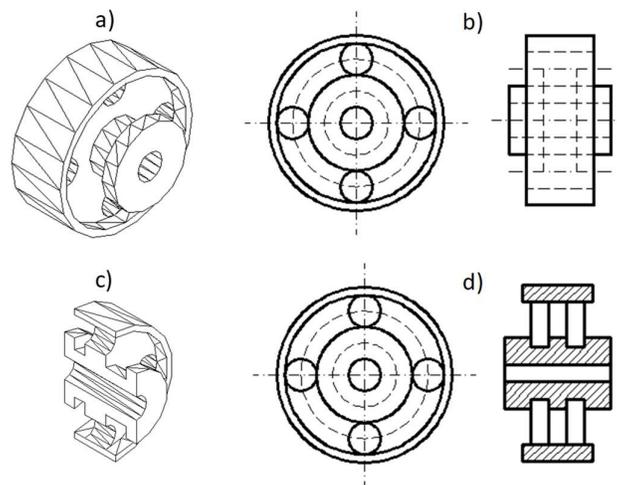


Figura 41 Objeto 3D (a), vistas múltiplas (b), corte (c) e projeção do corte (d).

Um corte pode definir-se como a parte do objeto a três dimensões que contém o(s) plano(s) de corte e a parte do objeto que está para além desse plano. Continua a ser um objeto a três dimensões, embora seja apenas uma parte dado que a outra é suprimida (Figura 41c). Por outro lado, a representação de um corte correspondente à projeção da parte do objeto que ficou após o corte (Figura 41d), denominando-se vista cortada. Nesta representação devem ser usadas as regras para a construção das projeções ortogonais. Destacam-se destas dado que os planos da peça que interseçam o plano de corte (ou plano secante) devem ser tracejados. O tracejado das vistas cortadas deve ter um ângulo, preferencialmente, de 45° com as arestas do objeto, espaçamento em função da dimensão do objeto e a traço contínuo fino. Não deve ser paralelo ou perpendicular às arestas do objeto dado que dificulta a leitura (Figura 42). A norma NP 167:1966 faz a associação do tracejado com diferentes tipos de materiais, associando ainda cor para se identificar mais facilmente o material.

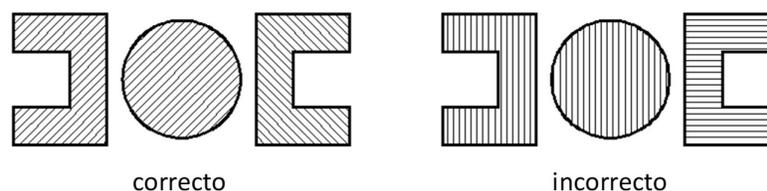


Figura 42 Tracejado de uma vista cortada.

A vista cortada substitui normalmente a vista múltipla correspondente, e deve ser colocada na sua posição. No entanto, admite-se a colocação noutra local na folha de desenho e assinalado com a simbologia adequada. Refira-se que, exceto a vista cortada, as restantes vistas devem ser desenhadas para o objeto completo (Figura 41d).

A localização do plano de corte condiciona a sua utilidade na definição de pormenores interiores de um objeto. Assim, os planos de corte devem ser paralelos aos planos de projeção e passar, preferencialmente, pelos planos de simetria ou eixos de furos.

Em casos particulares as vistas cortadas tornam-se de mais fácil leitura e interpretação se forem incluídas e se se puder poupar a representação de outra vista, embora seja desaconselhado. Nas vistas cortadas deve evitar-se o traçado de arestas e linhas invisíveis. No entanto, por uma questão de interpretação e clareza de leitura, são admissíveis, especialmente se pouparem o desenho de outra vista. Na Figura 43 apresenta-se um exemplo em que a inclusão das arestas invisíveis não é necessária (Figura 43a) e outro em que as linhas invisíveis permitem tornar claro um pormenor não visível na vista cortada (Figura 43b), e em que a sua não inclusão obrigaria ao desenho de outra vista.

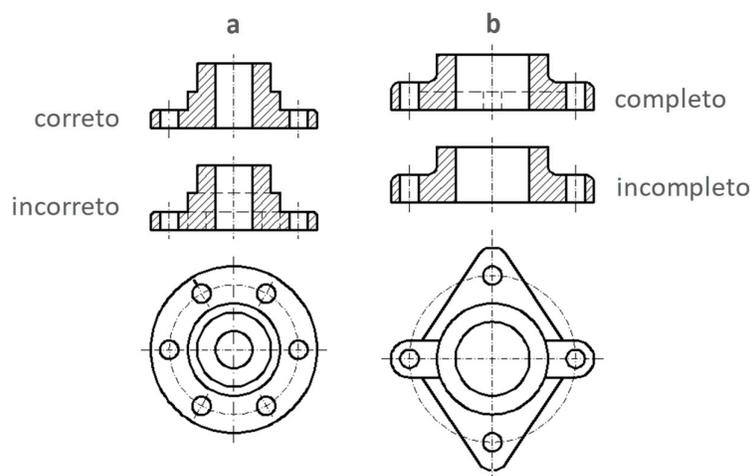


Figura 43 Representação de vistas cortadas em que não devem (a) e devem (b) ser desenhadas as arestas invisíveis.

Podem definir-se três tipos básicos de corte (Figura 44):

**Corte total** – em que um plano secante ou de corte corta totalmente o objeto e passa pelo seu eixo de simetria;

**Meio corte** – em que dois planos concorrentes, no eixo de simetria cortam o objeto parcialmente;

**Corte parcial** – em que o objeto é cortado numa zona, normalmente em que se pretende destacar um pormenor, podendo os planos de corte serem irregulares.

A indicação de corte tem uma simbologia própria. Nesta o plano de corte deve ser marcado na planta, com uma linha de traço misto com grosso nas extremidades e nas mudanças de direção (linha tipo H, cf. Quadro 2), e duas flechas com letras maiúsculas que indicam o sentido de corte (por exemplo AA). Na vista cortada deve ser indicado o plano de corte com traço misto fino e o texto “Corte AA”. Estas regras são válidas para o corte total e meio corte. No corte parcial não se utiliza nenhuma simbologia, embora na vista cortada o plano de corte seja indicado com traço ondulado (tipo C, cf. Quadro 2).

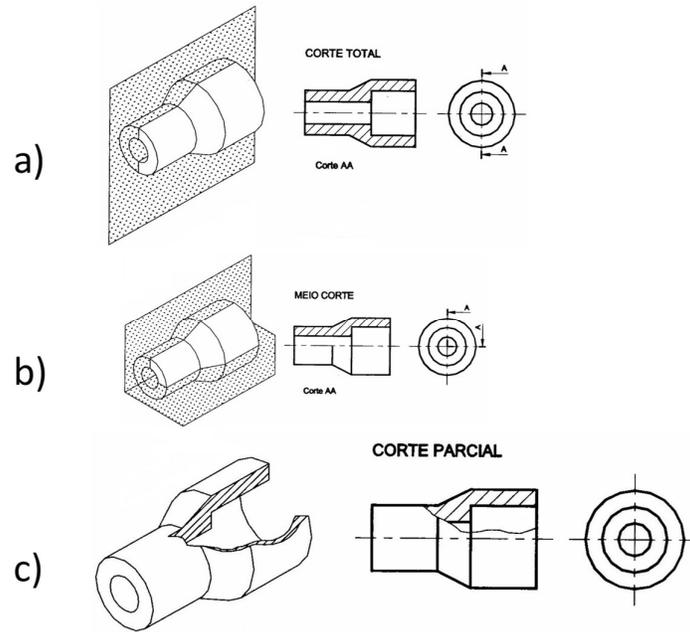


Figura 44 Tipos básicos de corte.

Nos objetos simétricos aconselha-se o meio corte, dado que é o que define de modo mais claro o objeto, tanto o seu interior como o seu exterior, ao contrário do que acontece com o corte total. O corte parcial é normalmente usado quando os pormenores a detalhar se encontram numa determinada zona do objeto.

Nem todos os objetos são simétricos ou têm elementos que se pretendem destacar ao longo de um plano. Então se os pormenores a destacar estiverem em planos paralelos, aconselha-se um conjunto de cortes em planos paralelos (Figura 45a). Por outro lado, em objetos de revolução um corte total pode não ser esclarecedor dos pormenores a destacar, neste caso deve-se usar um corte em planos concorrentes (Figura 45b), que como se pode observar corresponde a um meio corte.

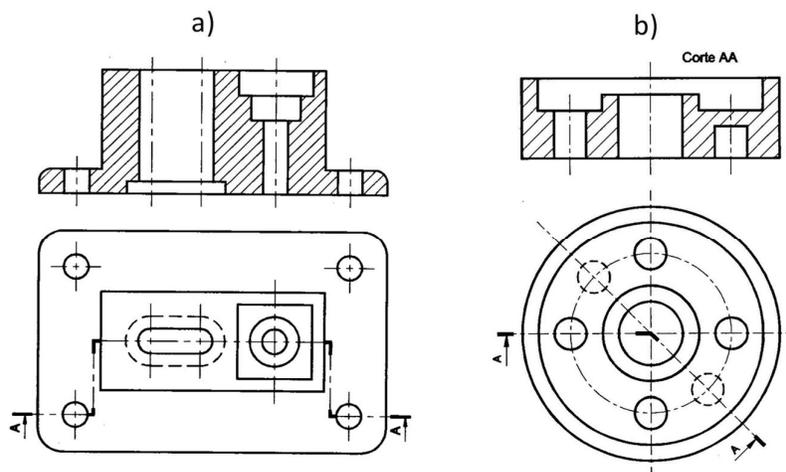


Figura 45 Cortes em planos paralelos (a) e concorrentes (b).

Tal como em outros aspetos do desenho técnico, também aos cortes se aplicam um conjunto de regras:

- 1) Na vista cortada é representada a intersecção do plano de corte com o objeto e tudo o que está para além desse plano.
- 2) Pelo menos numa vista a parte do objeto removida em corte tem que estar representada.
- 3) As superfícies de intersecção do objeto com o plano de corte devem estar assinaladas com tracejado, devendo este ter direção e espaçamento igual.
- 4) Os planos de corte devem, preferencialmente, passar pelos eixos de simetria do objeto.
- 5) Na representação da vista cortada devem evitar-se as linhas invisíveis, exceto se não permitirem a sua leitura e interpretação clara.
- 6) A representação das superfícies de corte é efetuada com linhas a traço contínuo grosso, a linhas a traço misto ou por linhas de fratura.

Na representação de vistas cortadas há que ter alguns cuidados no que diz respeito às regras na sua execução de modo normalizado. Na Figura 46 apresentam-se seis representações de vistas cortadas do mesmo corte, a vista a) está efetuada de acordo com as regras; a b) tem apenas a intersecção do objeto com o plano de corte, mas falta-lhe a representação do que está para além desse plano (não se cumpriu a regra 1); a c) apresenta linhas invisíveis, desaconselhadas em vistas cortadas (não se cumpriu a regra 5); a d) apresenta linhas invisíveis correspondentes à projeção do objeto, mas que são visíveis no corte, por isso deverão ser representadas a traço grosso (não se cumpriu a regra 6); a e) apresenta superfícies de corte com tracejado diferente (não se cumpriu a regra 3); e a f) apresenta tracejados com espaçamentos diferentes quando deveriam ser iguais (não se cumpriu a regra 3).

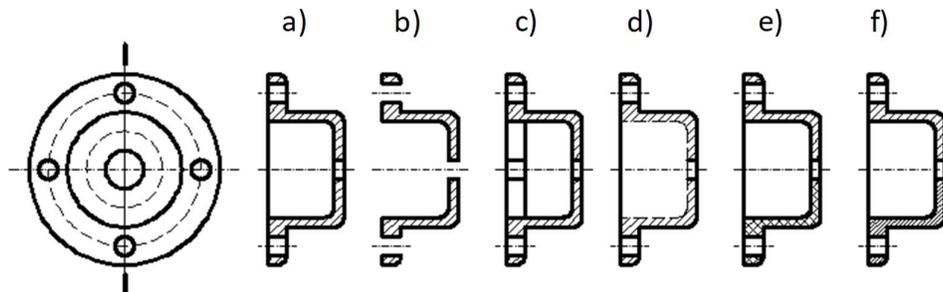


Figura 46 Representação de vistas cortadas de modo padronizado correto e incorreto.

Na Figura 47 os objetos e as vistas cortadas de três peças semelhantes em representação convencional. Na vista cortada é evidente a diferença entre as peças maciça (a) e com nervuras (b). Na peça com nervuras e orifícios (c), as nervuras não estão cortadas, mas são intersecadas pelo plano de corte ao contrário dos furos que não o são, no entanto estes foram rebatidos (c) para uma melhor leitura e compreensão (caso não o tivessem sido a vista cortada seria igual à de b).

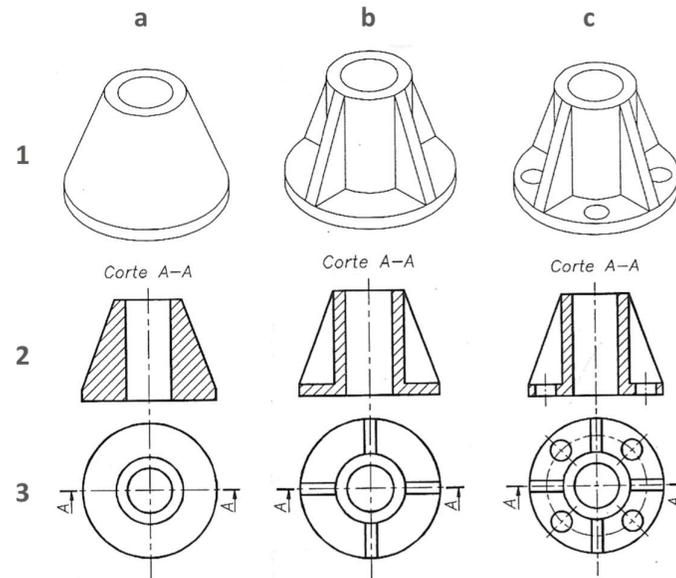


Figura 47 Vistas cortadas de três objetos semelhantes, maciço (a1), com nervuras (b1) e com nervuras e orifícios (c1) e vistas cortadas (a2, b2, c2) e planta (a3, b3, c3).

Existem peças formadas por mais que um objeto. Nas vistas cortadas cada objeto deve ficar claramente identificado, utilizando-se na superfície de intersecção com o plano de corte com os objetos, tracejados diferentes, ou seja o padrão do tracejado (por exemplo em função da NP 167:1966), as suas orientações (30°, 45°, 60°) ou os espaçamentos entre linhas (Figura 48a). Destaque-se o caso das peças delgadas em que frequentemente os tracejados são de difícil leitura, utilizando-se em alternativa a sua representação a preto e separados das peças contíguas por um filete branco (Figura 48b).

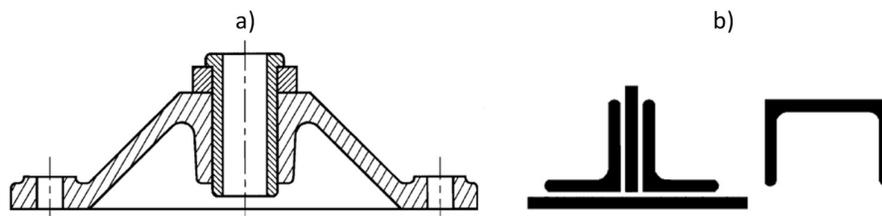


Figura 48 Tracejados numa peça composta por vários objetos (a) e constituída por objetos finos (b).

Os cortes em CAD tridimensional podem ser efetuados com um algoritmo apropriado, tendo o operador apenas que definir o plano ou planos de corte mais adequados, assim como a sua localização mais adequada na folha de desenho.

### 5.3. Secções

As secções definem-se pela superfície resultante da intersecção de um objeto com um plano. São bidimensionais e facilmente distinguíveis dos cortes dado que as primeiras representam apenas a intersecção do objeto com o plano secante e as segundas incluem para além do anterior tudo o que

está para além desse plano (ou seja são tridimensionais). Para melhor se perceber a diferença entre um corte e uma secção na Figura 49 apresentam-se, as duas, efetuadas segundo o mesmo plano e para o mesmo objeto. Fica claro que no corte e na sua vista cortada se podem observar o plano de corte e tudo o que está para além dele, enquanto na secção é só a intersecção do objeto num plano de corte. Refira-se que no caso desta figura o corte é preferível à secção, dado que na leitura desta pode induzir a considerar que são dois objetos uma vez que na vista cortada são visíveis as arestas que delimitam o objeto e na secção não. Destaque-se que a simbologia usada para as secções é a dos cortes e que estas se devem representar a traço contínuo grosso e tracejadas quando se localizem fora dos limites do objeto e a traço contínuo fino e tracejadas estão rebatidas no objeto.

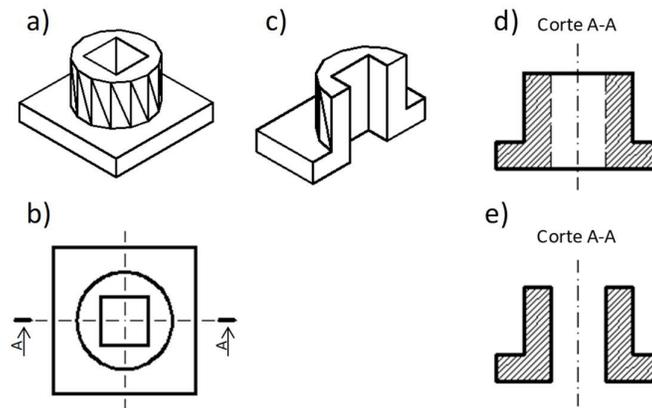


Figura 49 Objeto a 3D (a), planta com indicação do plano de corte (b), objeto cortado (c), vista cortada (d) e secção (e).

As secções são normalmente paralelas ou perpendiculares ao eixo de simetria de um objeto e são normalmente usadas para definir a sua forma externa. As secções são de particular interesse em objetos, cuja projeção num plano é continuamente variável. Através de um conjunto de secções, no plano perpendicular ao referido, pode-se ter uma melhor leitura da variação das dimensões e forma (Figura 50).

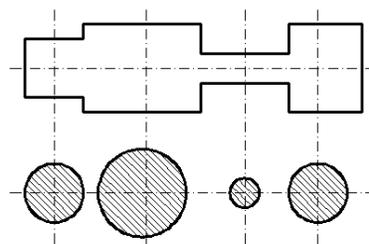
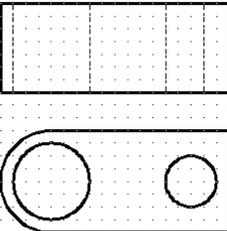
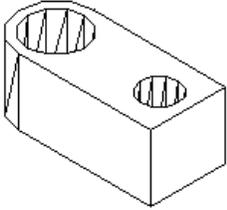
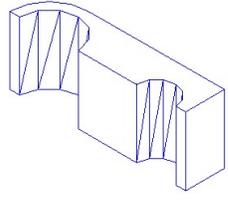
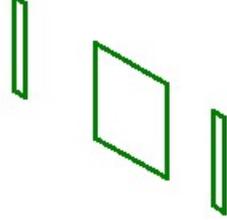
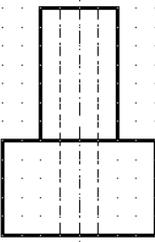
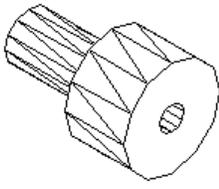
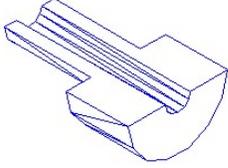
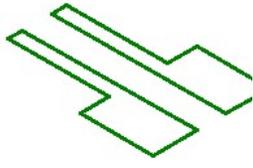
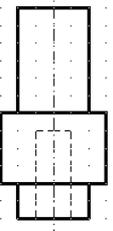
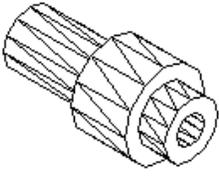
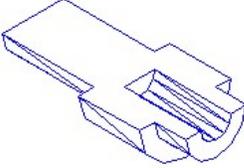
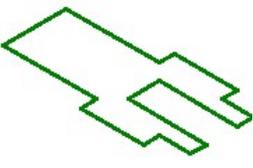
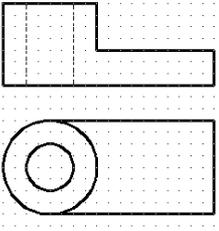
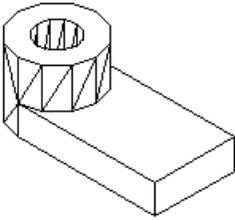
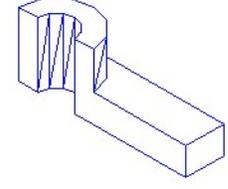
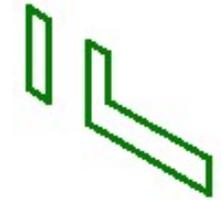


Figura 50 Secções de um objeto de variação contínua.

As secções em CAD tridimensional podem ser efetuadas com um algoritmo apropriado, de funcionamento semelhante ao do corte, tendo o operador apenas que definir o plano ou planos das secções mais adequados, assim como a sua localização mais adequada na folha de desenho.

### 5.4. Exercícios resolvidos de construção a três dimensões, cortes e secções

Desenhe as peças a 3D (o espaçamento da grelha é 10 unidades). Faça os cortes e as secções, que achar mais conveniente, selecionando o plano mais adequado.

Enunciado	Resolução	Corte	Seção
1) 	3D 	Corte 	Seção 
2) 			
3) 			
4) 			

## 6. Referências

### Livros

- Silva, A.; Ribeiro, C. T.; Dias, J.; Sousa, L. (2004). Desenho Técnico Moderno. 4ª Edição. Lidel.
- Bertoline, G. R.; Wiebe, E. N.; Hartman, N. W.; Ross, W. (2009). Technical Graphics communication. 4ª Edição. McGraw-Hill.
- Cunha, V. (2009). Desenho Técnico. 11ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian.

### Sítios da internet

- Instituto Português da Qualidade (IPQ) - <http://www.ipq.pt/>
- International Organization for standardization (ISO) - <http://www.iso.org/iso/home.html>

### Normas

- ISO 128:1982 Technical drawing – General principles of representation
- ISO 216:1975 Writing paper and certain classes of printed matter – Trimmed sizes – A and C series
- ISO 5457:1980 Technical product documentation – sizes and layout of drawing sheets
- ISO 3098:1997 Technical drawing – Lettering
- Part 0: General requirements (3098\_0:1997)
  - Part 1: Currently used characters (3098\_1:1997)
  - Part 2: Greek characters (3098\_2:1997)
  - Part 3: Diacritical and particular marks for Latin alphabet (3098\_3:1997)
  - Part 5: CAD lettering of the Latin alphabet, numerals and marks (3098\_5:1997)
- ISO 6433:1981 Technical drawings – Item references
- ISO 7200:1984 Technical drawings – Title blocks
- ISO 7573:1983 Technical drawings – Item lists
- ISO 5456\_1:1996 Technical drawings – Projections methods: Synopsys
- ISO 5456\_2:1996 Technical drawings – Projections methods: Orthographic representations
- ISO 5456\_3:1996 Technical drawings – Projections methods: Axonometric representations
- ISO 5456\_4:1996 Technical drawings – Projections methods: Central projection
- ISO 10209\_2:1993 Technical product documentation – Vocabulary: Terms relating to projection methods
- ISO 129:1985 Technical drawing – Dimensioning: General principles, definitions, methods of execution and special indications
- NP 204:1968 Desenho técnico. Legendas
- NP 205:1970 Desenho técnico. Listas de peças
- NP 718:1968 Desenho técnico. Esquadrias
- NP 167:1966 Desenho técnico. Figuração de materiais de corte
- NP 328:1964 Desenho técnico. Cortes e secções.
- NP 49:1968 Desenho Técnico. Modo de dobrar folhas de desenho



NP EN ISO 5455:2002 Desenho técnico. Escalas (de acordo com a norma ISO 5455:1979)