



Elementos de apoio para unidade curricular

# **Desenho Técnico Assistido por Computador**

Apontamentos teóricos

Ana Cristina Gonçalves, António Bento Dias, Adélia Sousa, Rita Cabral Guimarães

Departamento de Engenharia Rural

Évora, 2011



# Aspectos Gerais do Desenho Técnico



## Apontamentos teóricos de Desenho Técnico Assistido por Computador

O desenho pode ser dividido em:

- desenho artístico
- desenho técnico

O desenho artístico expressa um conjunto de emoções.

O desenho técnico tem que ser efectuado de tal forma que seja possível a qualquer pessoa entender exactamente o que foi desenhado.

O desenho técnico tem um conjunto de normas que devem ser seguidas, de modo a facilitar a sua análise.

Em Portugal são seguidas:

Norma Portuguesa – **NP**

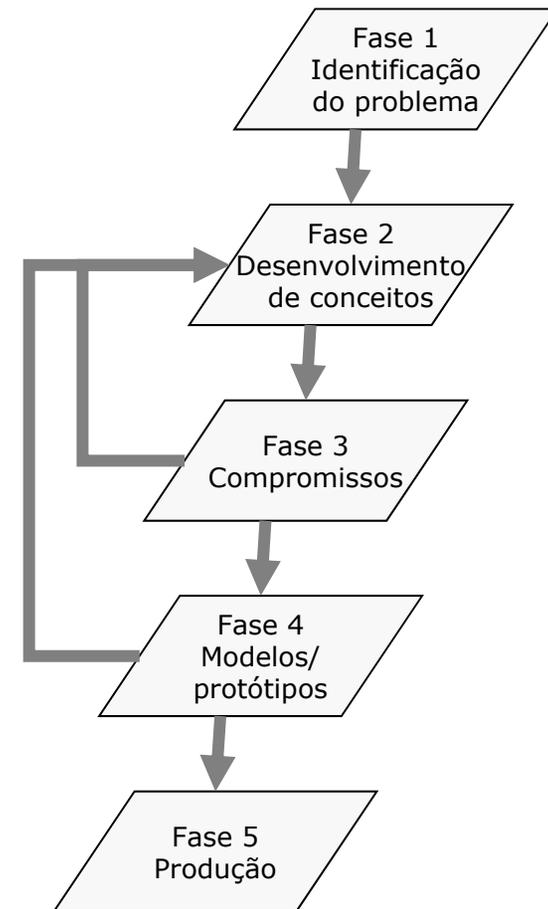
Norma Internacional standard - **ISO**

O desenho técnico é uma ferramenta, nas áreas da Engenharia, usada em todas as fases de elaboração de projectos.

Podem considerar-se as seguintes fases de um projecto:

**Fase 1 – Identificação do problema** – em que se definem os objectivos gerais, nomeadamente requisitos, prazos de execução e custos aproximados.

**Fase 2 – Desenvolvimento de conceitos** – é a fase criativa do processos, em que as ideias são anotadas e se fazem esboços, que são apresentadas ao consumidor potencial, anotando as suas reacções e sugestões.





**Fase 3 – Compromissos** – ponderam-se os prós e os contras de cada solução e são estudadas a produção, manutenção e reciclagem de componentes. Desta análise surge uma solução de compromisso com mais informação no que diz respeito aos materiais e processos de fabrico. Devem também ser efectuados alguns cálculos com modelos simplificados, como por exemplo resistência, velocidades, temperaturas de funcionamento, estimativas de duração. De seguida fazem-se modelos de componentes, em geral num sistema CAD. Os modelos devem ser aproveitados para fazer dimensionamento prévio com uma interfase para programas de cálculo. Devem ser feitos compromissos entre as diversas soluções possíveis. O custo deve estar sempre à cabeça dos compromissos tomados, pois por melhor que seja o produto, ele deve ser sempre vendido com uma margem de lucro.

**Fase 4 – Modelos/protótipos** – pode haver necessidade de fazer um protótipo, à escala ou em tamanho real, para efectuar testes variados, como facilidade de fabrico, aerodinâmicos, de durabilidade ou simplesmente para verificar a aparência do produto. Os testes efectuados poderão ditar alterações na montagem ou processo de fabrico de determinados componentes. Esta fase é importante quando o produto a desenvolver é muito complicado, com um elevado número de componentes.

**Fase 5 – Produção** – refere-se à execução do projecto.



### Escrita normalizada

A informação inscrita num desenho, sejam algarismos ou outros caracteres, devem ser apresentados em escrita normalizada.

Existe um conjunto de normas no que diz respeito a:

- espaçamento entre letras
- altura das letras
- espaçamento entre linhas
- espaçamento entre palavras
- espessura das linhas

As normas **ISO 3098** definem as características da escrita normalizada.

## Escrita normalizada

A altura da letra maiúscula é a dimensão de referência em relação à qual todas as outras dimensões dos caracteres são definidas.

A gama de alturas normalizadas,  $h$ , é a seguinte: 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20 mm.

Esta gama corresponde a uma progressão geométrica de razão  $\sqrt{2}$ .





## Escrita normalizada

### Características da letra normalizada tipo A

Característica		Razão	Dimensões (mm)						
Altura das letras maiúsculas	h	$(14/14)h$	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Altura das letras minúsculas	c	$(10/14)h$	-	2,5	3,5	5	7	10	14
Espaçamento entre caracteres	a	$(2/14)h$	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
Espaço mínimo entre linhas	b	$(20/14)h$	3,5	5	7	10	14	20	28
Espaço mínimo entre palavras	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



## Escrita normalizada

### Características da letra normalizada tipo B

Característica		Razão	Dimensões (mm)						
Altura das letras maiúsculas	h	$(10/10)h$	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Altura das letras minúsculas	c	$(7/10)h$	-	2,5	3,5	5	7	10	14
Espaçamento entre caracteres	a	$(2/10)h$	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
Espaço mínimo entre linhas	b	$(14/10)h$	3,5	5	7	10	14	20	28
Espaço mínimo entre palavras	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



## Tipos de linhas

Os diferentes elementos a representar devem apresentar diferentes tipos de linha, de modo que se reconheçam facilmente os elementos do desenho.

A norma ISO 128:1982 define 10 tipos de linhas e respectivas espessuras (tabela 3.3).

Espessura:

- traço grosso,
- traço fino,

a sua relação não deve ser inferior a 2:1.

A espessura do traço deve ser escolhida em função do papel e do tipo de desenho, variando de 0,18; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1,4 e 2,0 mm.

Quadro 3.3 – Tipos de linhas e sua aplicação

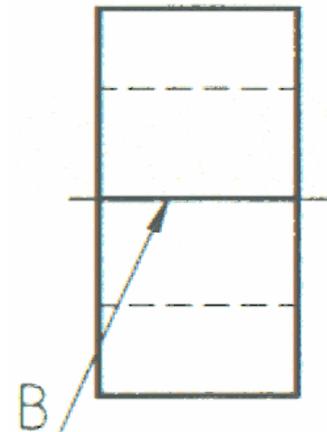
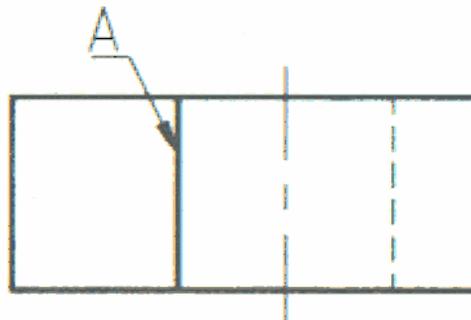
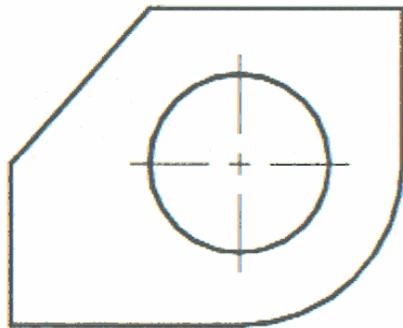
	Tipo de traço	Descrição	Aplicações
<b>A</b>		Contínuo grosso	A1 Linhas de contorno visível A2 Arestas visíveis
<b>B</b>		Contínuo fino	B1 Arestas fictícias B2 Linhas de cota B3 Linhas de chamada B4 Linhas de referência B5 Tracejado de corte B6 Contorno de secções locais B7 Linhas de eixo curtas
<b>C</b>		Contínuo fino à mão livre (*1)	C1 Limites de vistas locais ou interrompidas quando o limite não é uma linha de traço misto. Limites de cortes parciais
<b>D</b>		Contínuo fino em Ziguezague (*1)	D1 Mesmas aplicações de C1
<b>E</b>		Interrompido grosso (*2)	E1 Linhas de contorno invisível E2 Arestas invisíveis
<b>F</b>		Interrompido fino (*2)	F1 Linhas de contorno invisível F2 Arestas invisíveis
<b>G</b>		Misto fino	G1 Linhas de eixo G2 Linhas de simetria G3 Trajectórias de peças móveis
<b>H</b>		Misto Fino com Grosso nos limites da linhas e nas mudanças de direcção	H1 Planos de corte
<b>J</b>		Misto grosso	J1 Indicação de linhas ou superfícies às quais é aplicado um determinado requisito
<b>K</b>		Misto fino duplamente interrompido	K1 Contornas de peças adjacentes K2 Posições extremas de peças móveis K3 Centróides K4 Contornos iniciais de peças submetidas a processos de fabrico com deformação plástica K5 Partes situadas antes dos planos de corte

(\*1) e (\*2) – Apesar de existirem duas alternativas, num dado desenho apenas um dos tipos deve ser utilizado. O traço contínuo fino à mão livre e o traço interrompido fino são os traços recomendados.

## Precedência de linhas

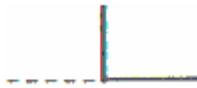
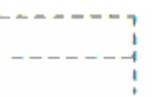
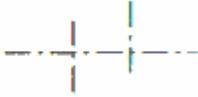
Existindo sobreposição de linhas, apenas uma delas pode ser representada, sendo condicionada pelas seguintes regras:

- 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).



## Intersecção de linhas

Cruzamento de linhas visíveis com linhas invisíveis.

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.		

## Folhas de desenho

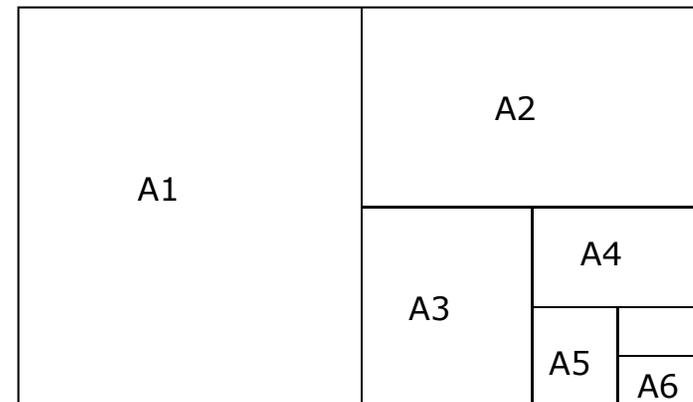
### Formatos

Folhas de menor dimensão são mais fáceis de manusear, mas obrigam à utilização de escalas de redução para representação das peças – prejudica a interpretação e a compreensão.

Formatos maiores - maior clareza, maior custo impressão, maior dificuldade de manuseamento.

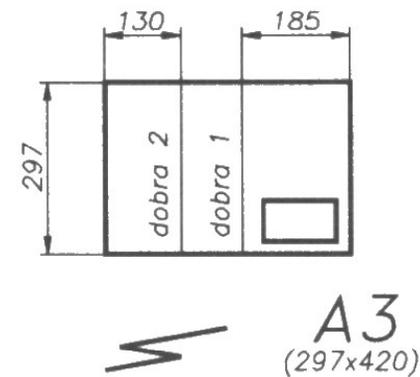
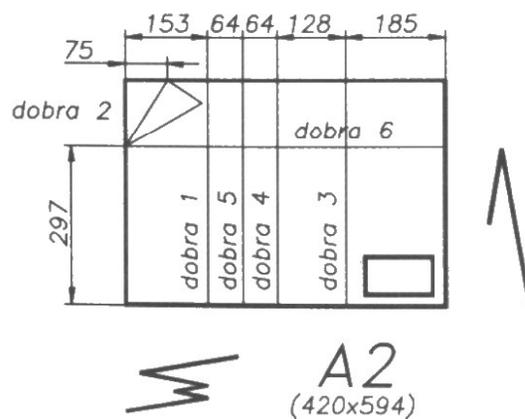
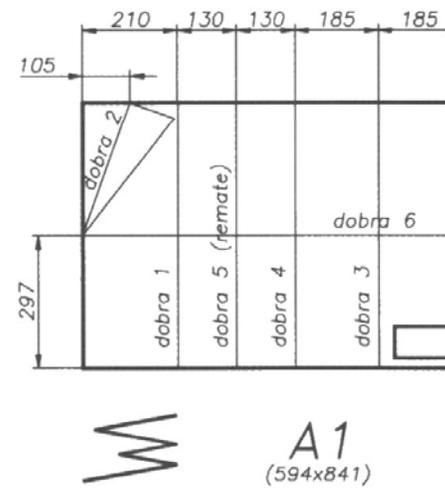
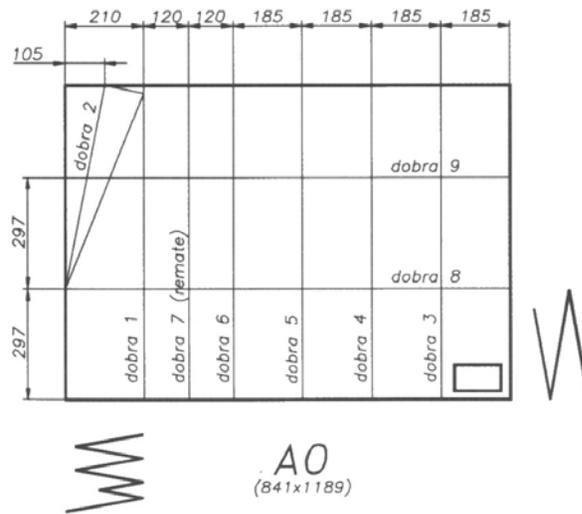
Normas **ISO 5457:1980** e **ISO 216:1975** – formatos e orientação

Designação	Dimensões (mm)
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297



O lado maior de cada formato = lado menor do formato seguinte

## Dobragem das folhas





## Legenda

Zona contendo um ou vários campos, delimitada por um rectângulo.

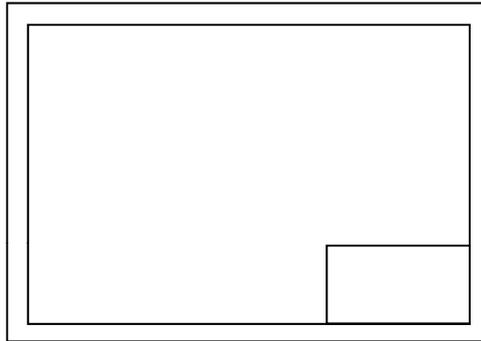
Localiza-se no canto inferior direito.

Dá informações como projectista, empresa proprietária do desenho, nome do projecto, etc.

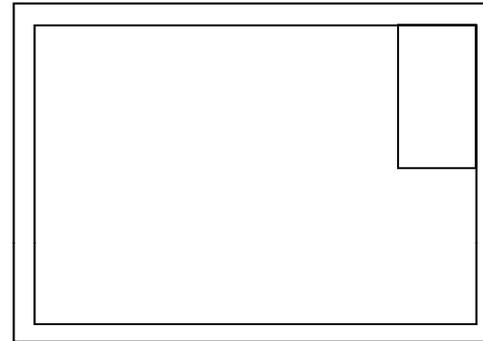
Norma portuguesa **NP 204:1968** e norma **ISO 7200:1984**.

## Localização da legenda

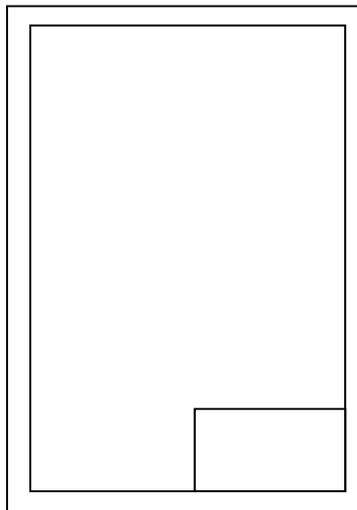
A direcção de leitura do desenho coincide com a leitura do desenho.



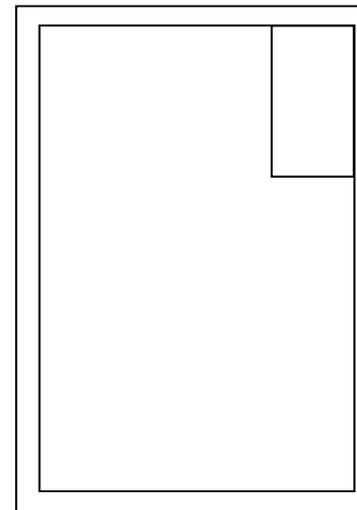
Posição da legenda na folha ao baixo (Tipo X)



Posição da legenda na folha ao baixo (Tipo Y)



Posição da legenda na folha ao alto (Tipo Y)



Posição da legenda na folha ao alto (Tipo X)



### Norma NP 204:1968

Esta norma 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.

Compreende no máximo 12 zonas de legendas. As zonas 1 a 10 contêm as indicações principais e as 11 e 12 as indicações complementares.

A diferentes zonas compreendem a seguinte informação:

**Zona 1** – Descrição do título. A designação deve 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).



### Norma NP 204:1968

**Zona 3** – Responsáveis e executantes do desenho. Inscreve-se 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. Inscreve-se apenas no caso do desenho não se destinar à entidade executante.

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

**Zona 6** – Referências às alterações ou reedições do desenho. Estas alterações são 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. Costuma escrever-se “Substitui k”, sendo k o número de registo.



### Norma NP 204:1968

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

**Zona 9** – Escala ou escalas 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. Quando não for necessária para este fim, esta zona pode ser usada para outras indicações.

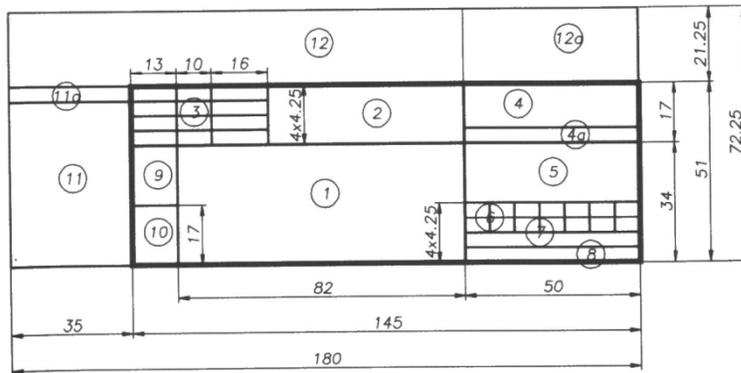
**Zona 11** – Campo de aplicação do desenho, observações.

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

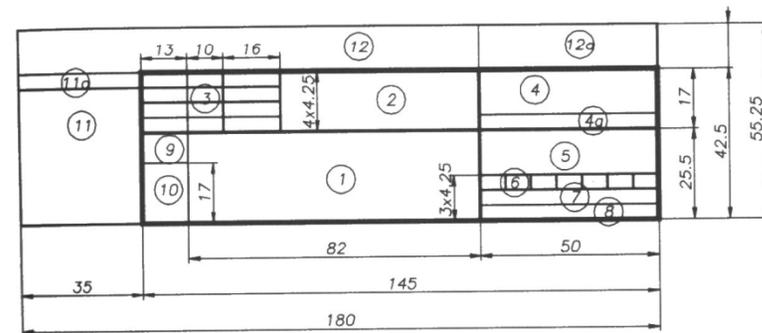
**Zona 12** – Anotações posteriores à execução. Registam-se, por exemplo, esclarecimentos relativos a alterações efectuadas.

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

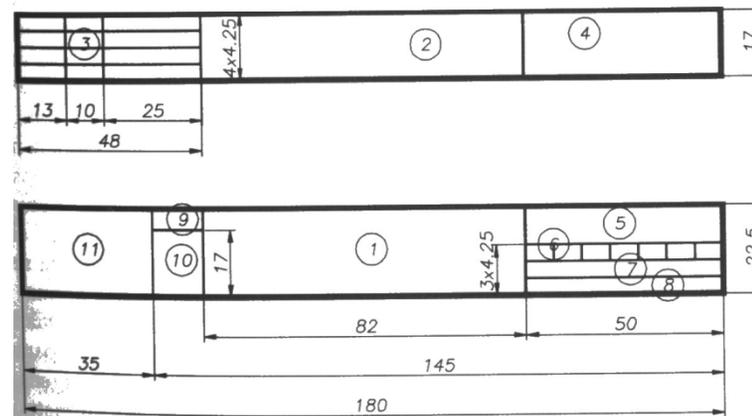
## Norma NP 204:1968



Legendas do tipo 1 e 3



Legendas do tipo 2 e 4



Legenda do tipo 5

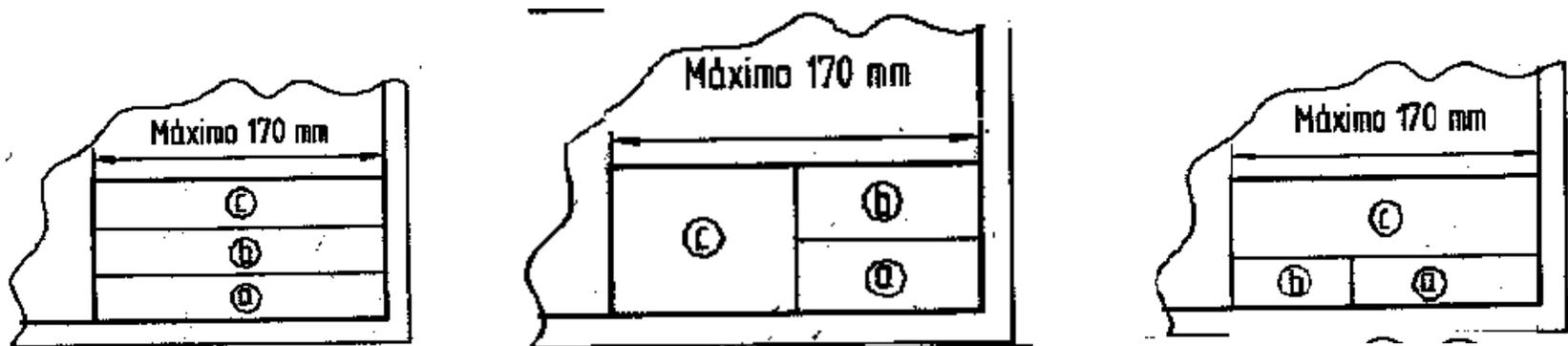
## Norma ISO 7200:1984

**Zona de identificação** - canto inferior direito da legenda; delimitada traço contínuo grosso, mesma espessura da linha esquadria;

**Zona de identificação adicional** - adjacente à zona anterior, por cima ou à esquerda.

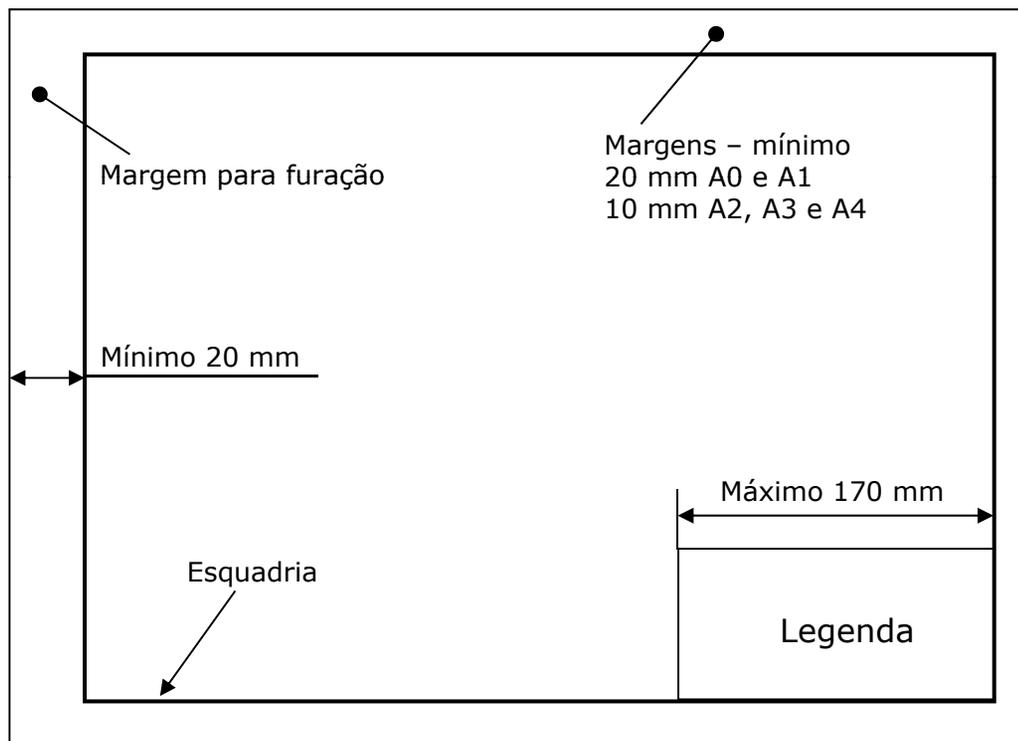
### Zona de identificação

- Nº identificação ou registo do desenho; canto inferior direito da zona de identificação;
- Título do desenho; deve descrever a peça representada;
- Nome da empresa proprietária do desenho.



## Margens e esquadrias

Rectângulo de traço contínuo grosso de espessura mínima de 0,5 mm (**ISO 5457**).



Em alguns casos as margens podem ser reduzidas para um mínimo de:  
10 mm A0 e A1  
7 mm A2, A3 e A4

A margem de furação **não** pode ser inferior a 20 mm.



### Escalas

**Escala** – relação entre a dimensão do objecto representado no papel e a dimensão real ou física do mesmo. É desejável representar as peças à escala real.

Na prática, tal não é possível, pelo que têm que se utilizar escalas de conversão da dimensão real para a dimensão de representação.

As escalas estão normalizadas e devem ser indicadas na zona da legenda reservada para o efeito.

Escala de redução – quando a dimensão do objecto no desenho é menor que a sua dimensão real.

Escala de ampliação – quando a dimensão do objecto no desenho é maior que a sua dimensão real.

As escalas estão normalizadas de acordo com a norma **ISO 5455**



## Apontamentos teóricos de Desenho Técnico Assistido por Computador

<b>Tipo de escala</b>	<b>Escalas recomendadas</b>		
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

Podem utilizar-se outras escalas, a partir das escalas normalizadas, utilizando um factor multiplicador de 10.



# Projecções Ortogonais



## Introdução

Os objectivos primordiais do desenho técnico são definir a forma e a dimensão de um determinado objecto.

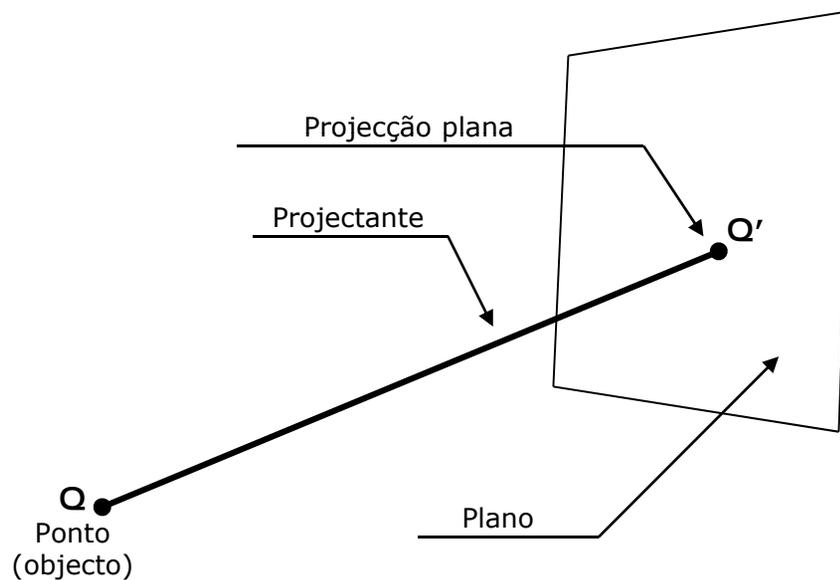
O desenho serve de elo de ligação entre a concepção e a execução, pelo que deve ser isento de ambiguidades.

A representação de objectos em desenho técnico efectua-se através de um sistema de projecções.

Pretende-se que a representação seja clara, simples e convencional de modo a ser facilmente perceptível.

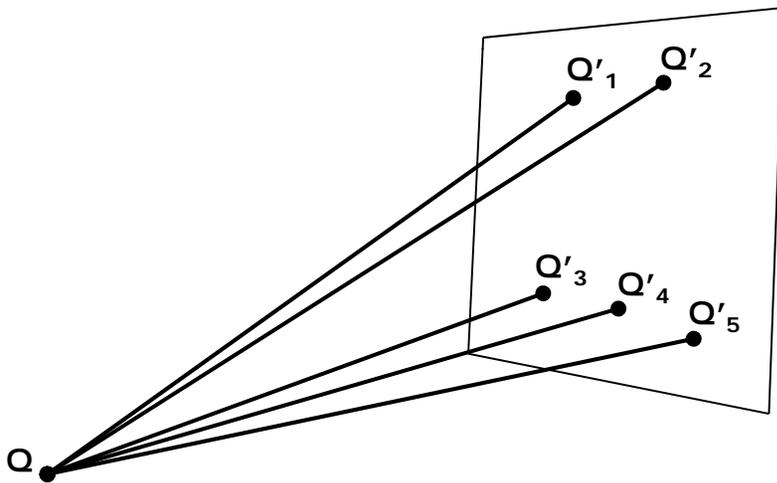
## Conceito de projecção

A identificação de um ponto, do espaço, no plano, constitui uma representação plana e resulta da projecção desse ponto no plano.

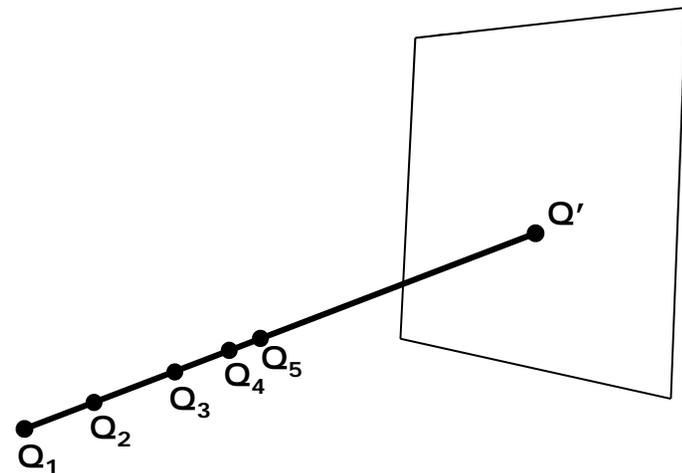


Se tivermos um ponto e um plano quantas projecções do ponto sobre o plano são possíveis de obter?

Cada ponto terá infinitas projecções no plano

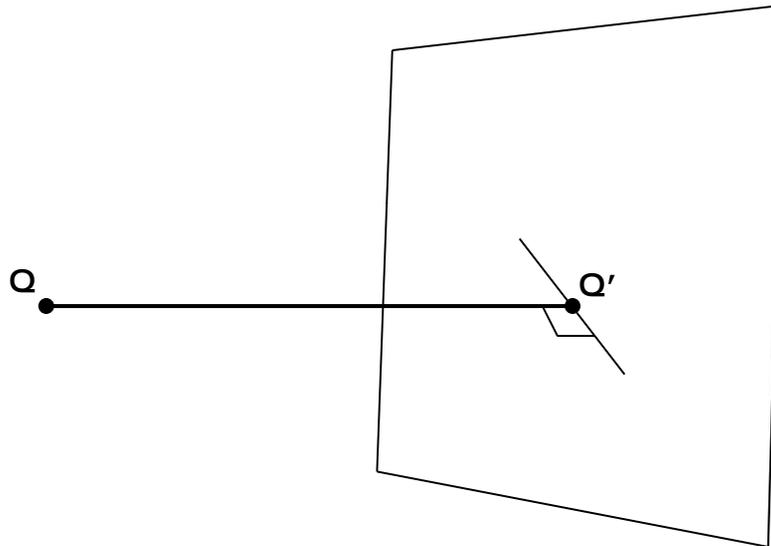


A uma projecção ortogonal podem corresponder infinitos pontos



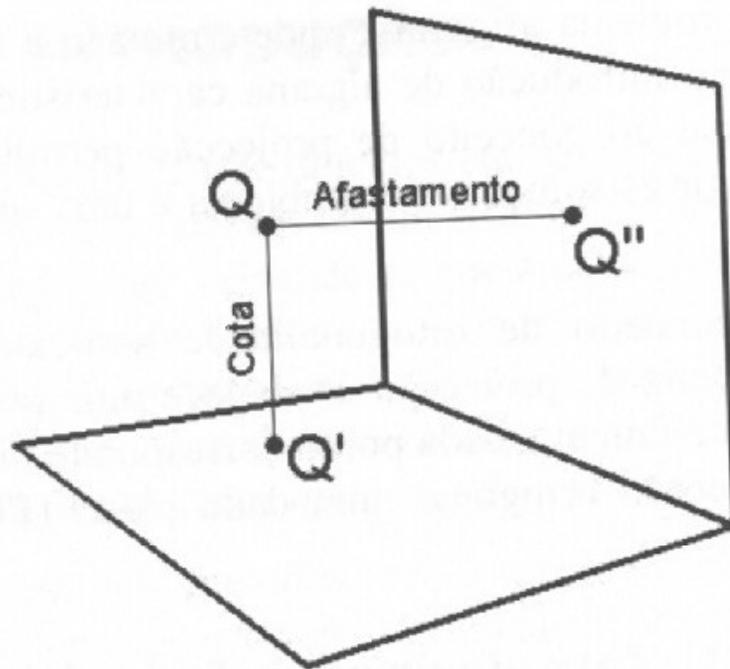
Conceito de ortogonalidade associado ao conceito de projecção define uma única possibilidade:

A cada ponto corresponde uma só projecção ortogonal num dado plano.



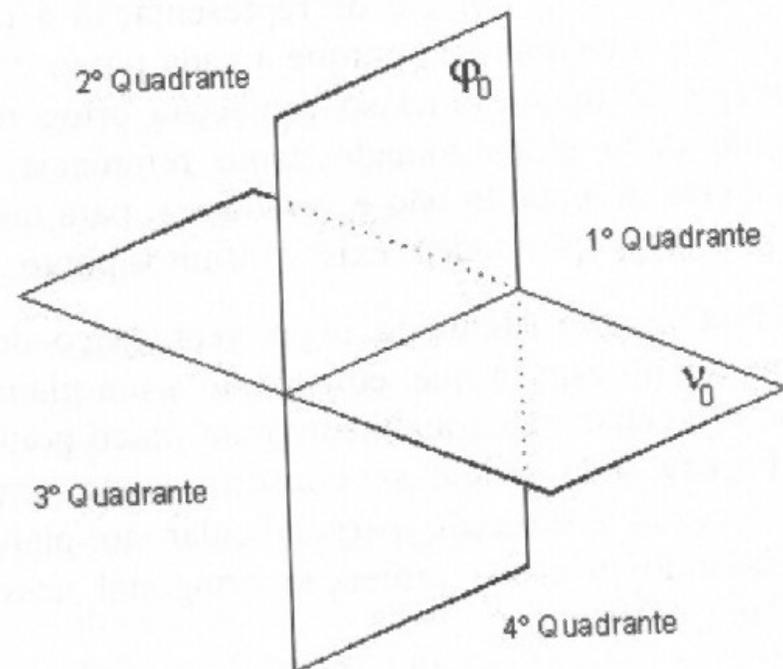
Para resolver a indeterminação de identificar o ponto para o qual se conhece uma projecção ortogonal num dado plano é considerar um segundo plano, perpendicular ao primeiro.

Duas projecções ortogonais de  $Q$  em dois planos ortogonais entre si



As distâncias do ponto a cada um dos planos de projecção são as coordenadas em relação aos planos, a Cota e o Afastamento.

Referencial ortogonal – divide o espaço em quatro quadrantes.

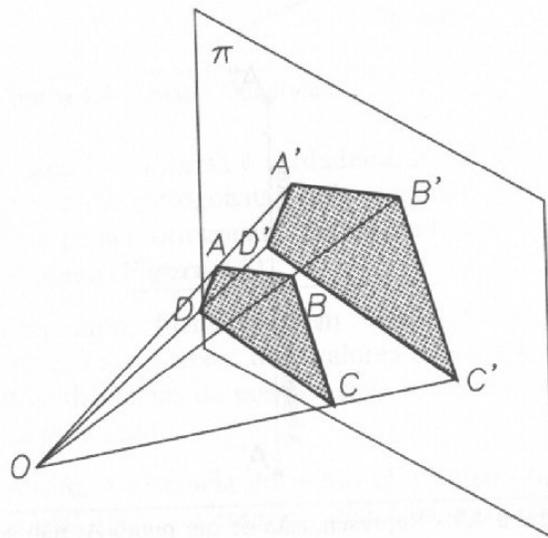


## Projectão de figuras planas

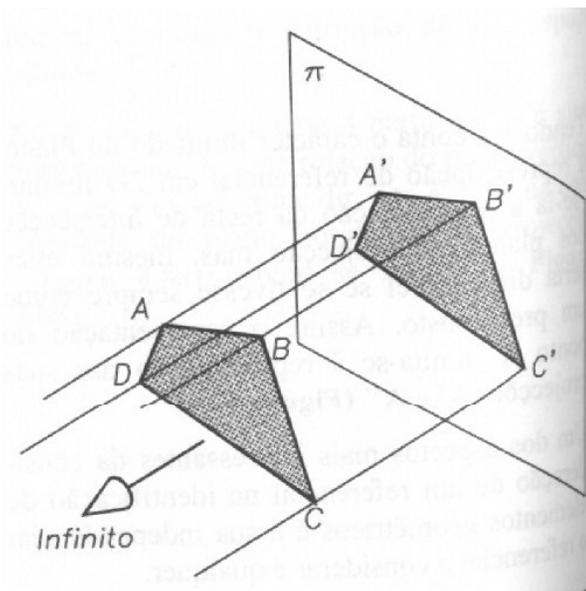
As projectões podem classificar-se em:

**Projectão central ou cónica** – em que o centro de projectão, no infinito é um ponto, e em que as linhas projectantes são concorrentes. O objecto projectado é maior ou menor que o objecto projectante.

**Projectão paralela ou cilíndrica** – no infinito as linhas projectantes são paralelas. O objecto projectado e o a projectar têm a mesma dimensão.



Projectão central ou cónica

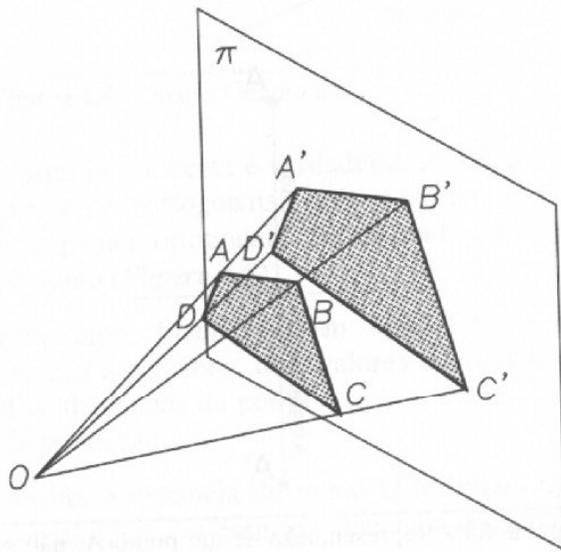


Projectão paralela ou cilíndrica

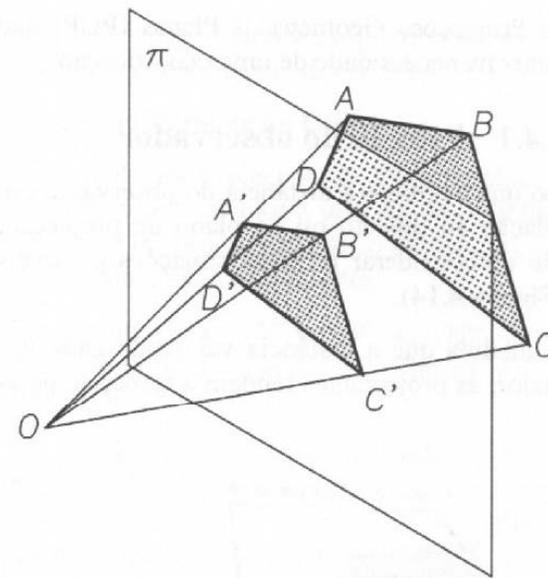
## Métodos de projecção

**Método Europeu** – em que o objecto projectado se encontra depois de objecto a projectar.

**Método Americano** – em que o objecto projectado se encontra entre o centro de projecção e o objecto a projectar.



Método Europeu



Método Americano

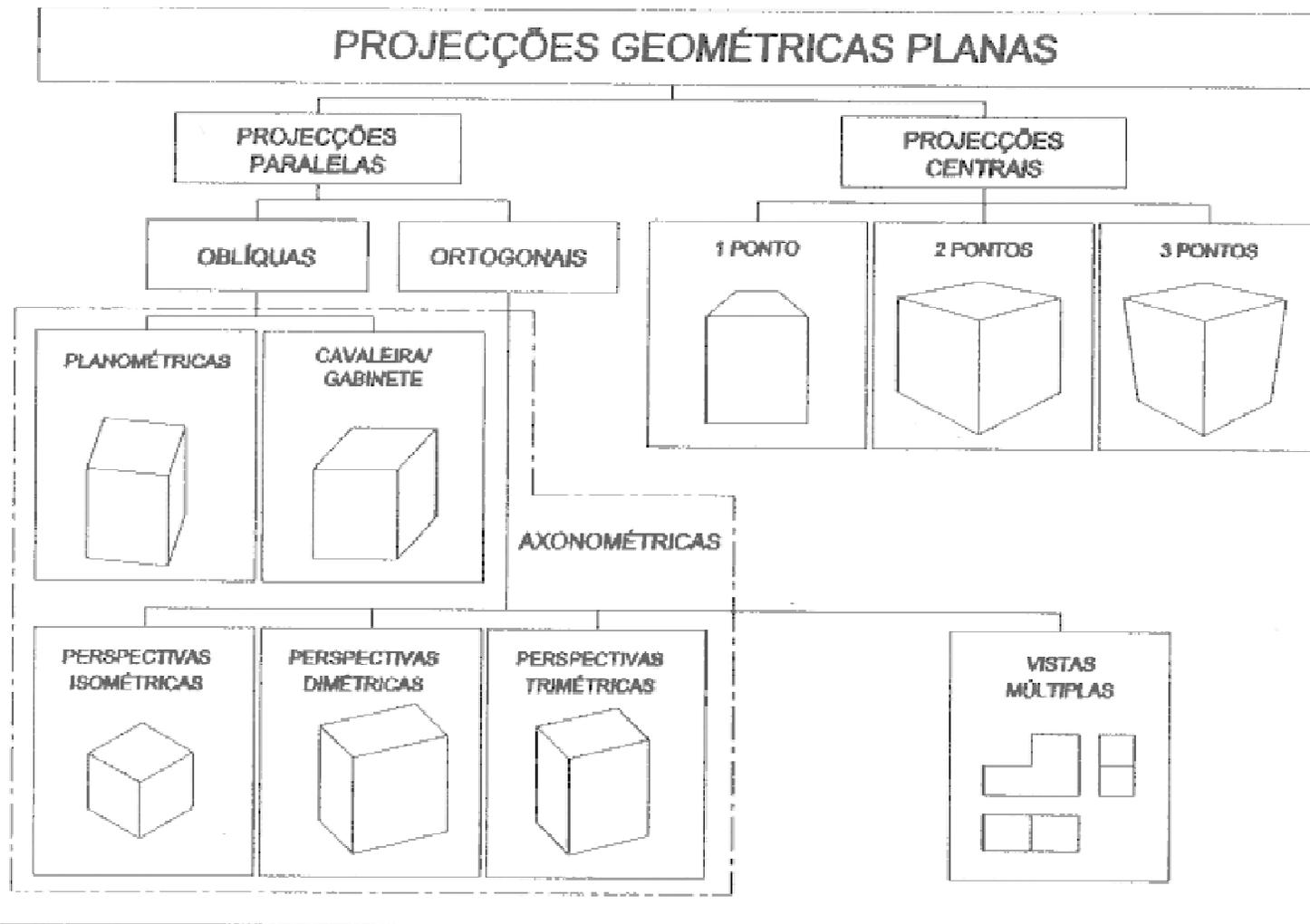
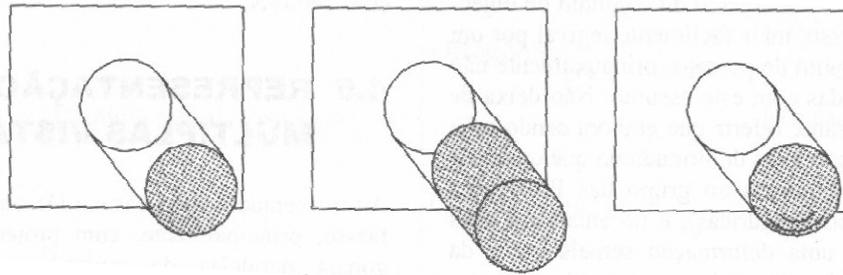


Figura 6.1 - Tipos de projecções planas.

Devem-se projectar todos os pontos de uma figura sobre um plano.

Em virtude das peças não serem planas, a projecção de várias figuras pode dar origem a uma mesma forma, por isso utilizam-se vários planos de projecção para representar convenientemente as peças.



Projecção de um círculo, de um cilindro e de uma esfera num plano vertical

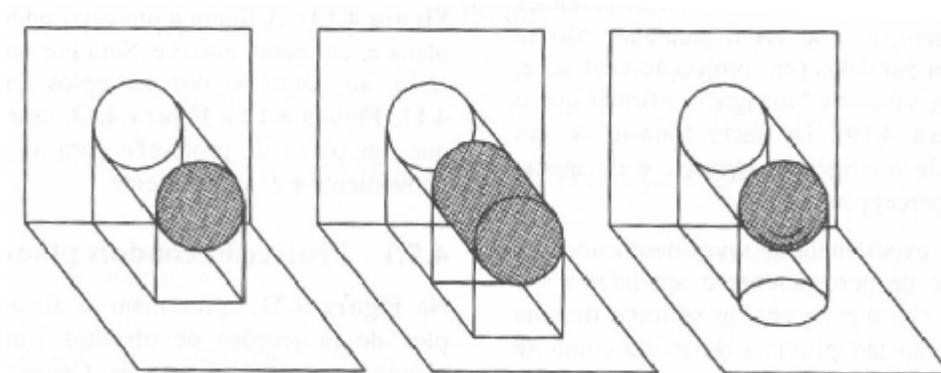
Para definir correctamente a forma dos objectos torna-se necessário utilizar 2 ou 3 planos ortogonais:

- plano vertical (PV);
- plano horizontal (PH);
- plano lateral (PL).

Os três planos são perpendiculares entre si. O plano vertical e horizontal intersectam-se segundo uma linha recta designada por linha de terra (LT).

Chama-se **vista** à projecção ortogonal paralela de um objecto num plano de projecção. Pelo que temos:

- **Vista de frente ou alçado principal** – projecção num plano vertical;
- **Vista de cima ou planta** – projecção num plano horizontal;
- **Vista lateral ou alçado lateral** – projecção sobre o plano de projecção lateral.



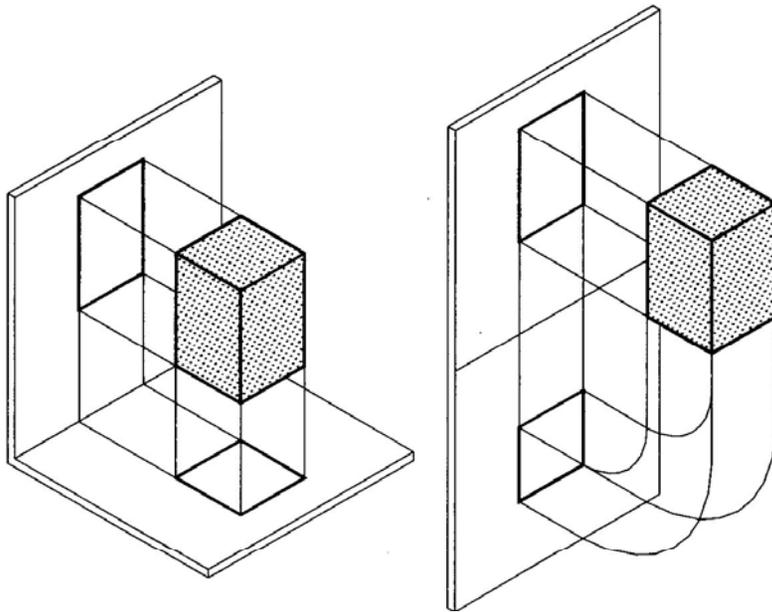
Projecção de um círculo, de um cilindro e de uma esfera num plano vertical e horizontal

As vistas dão noções das dimensões. Assim:  
Vista da frente - largura e altura  
Vista de cima - largura e profundidade  
Vista do lateral - profundidade e altura

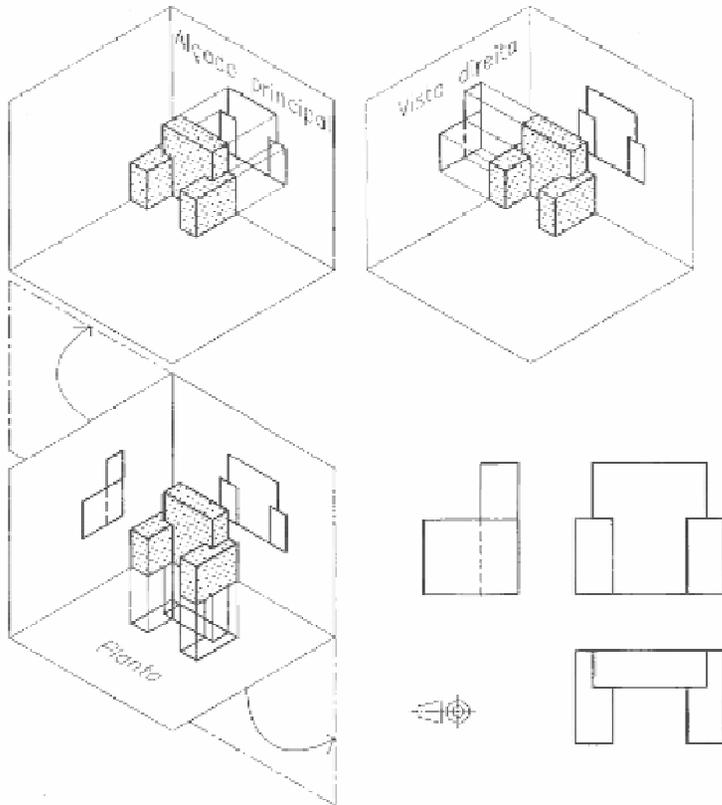
**Procedimento para obtenção das vistas correctas de uma dada peça:**

- considere-se que a folha de papel corresponde ao plano vertical;
- no caso da vista de cima, roda-se o plano horizontal em torno da linha de terra até assentar no plano vertical;
- as duas projecções ficam no mesmo plano, o que torna possível desenhá-las na folha de papel.

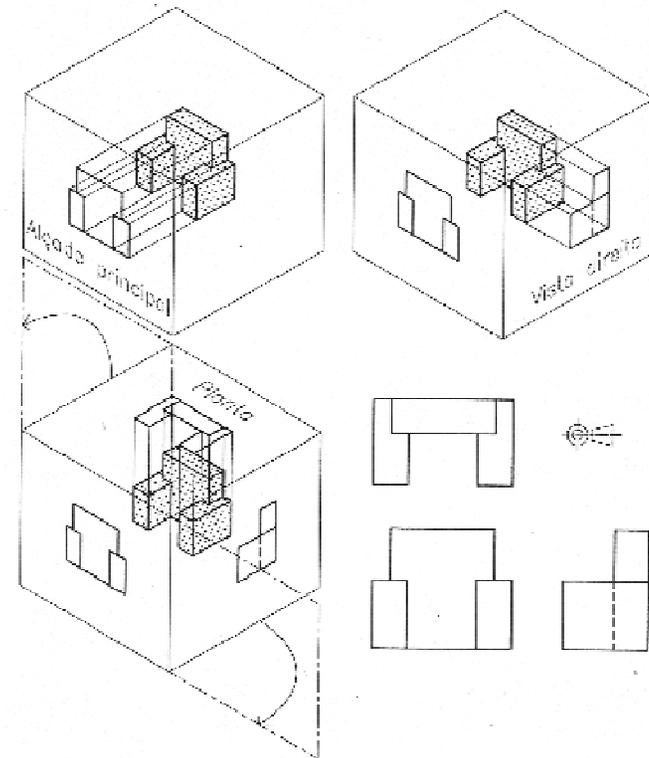
Este procedimento costuma designar-se por rebatimento do plano horizontal sobre o plano vertical.



## Projecção em três planos



Peça definida por três planos de projecção  
**Método Europeu**



Peça definida por três planos de projecção  
**Método Americano**

## Significado das linhas

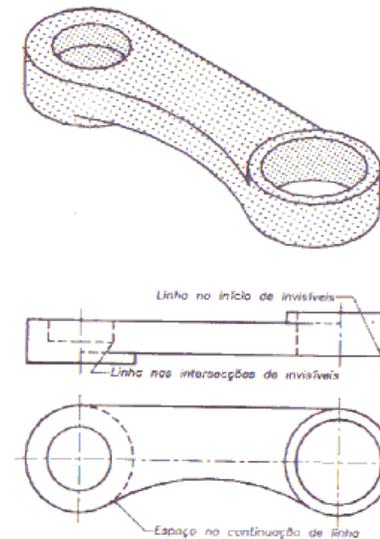
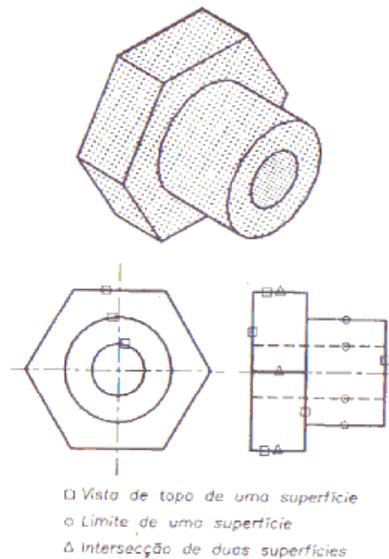
### Contornos visíveis – traço contínuo grosso

Contornos das peças,

Linhas de intersecção de 2 superfícies,

Linhas que representam a vista de topo das superfícies exteriores da peça,

Linhas que representam o limite de superfícies curvas.





### **Contornos invisíveis – traço interrompido**

Linhas de intersecção de 2 superfícies,

Linhas que representam a vista de topo das superfícies exteriores da peça,

Linhas que representam o limite de superfícies curvas.

Quando 2 linhas invisíveis se intersectam tocam-se.

Quando 2 linhas invisíveis se cruzam não se tocam.

### **Linhas de eixo**

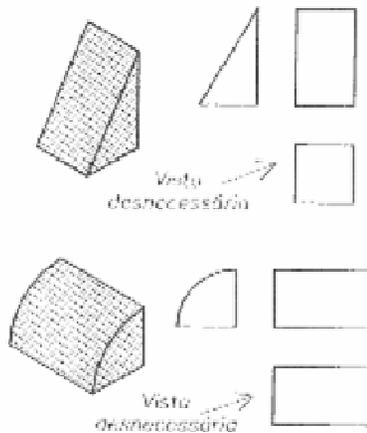
Linhas de simetria que posicionam o centro de furos ou pormenores com simetria radial.

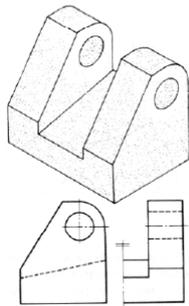
A construção de peças inicia-se com a marcação do centro de furos.

## Vistas necessárias e vistas suficientes

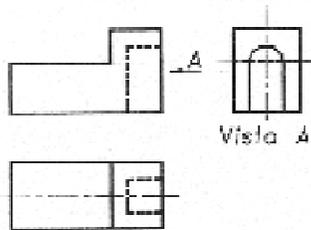
Alçado principal deve ser escolhido de modo a fornecer a maior informação sobre a peça. Em caso de dúvida deve utilizar-se a vista de frente da peça.

O número de vista deve ser o necessário e suficiente para definir completamente a peça.





**Vistas parciais** – utilizadas na representação de vistas auxiliares.



**Vistas deslocadas** – representação de uma vista fora da sua posição correcta

Figura 4.21 - Vista deslocada.

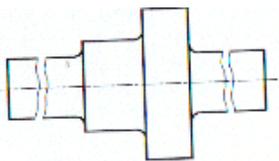


Figura 4.23 - Vistas interrompidas de peças compridas.

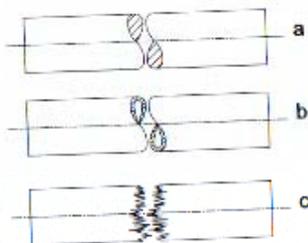


Figura 4.24 - Linhas de fractura: (a) varão metálico, (b) tubo metálico e (c) madeira.

**Vistas interrompidas** – representação de um objecto longo com troços uniformes em todo o seu comprimento



# Cotagem



### Cotagem

A correcta representação geométrica não é suficiente para o fabrico de peças.

Além da representação da forma é necessário quantificá-la, isto é, definir com exactidão as dimensões e posições dos diferentes elementos na peça.

A esta informação chama-se cotagem.

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 incorrecta ou ambígua pode causar grandes prejuízos no fabrico de um produto.**



## Cotagem

### Aspectos gerais da cotagem

Existe um conjunto de regras e princípios imprescindíveis para a definição, fabrico e controlo de uma peça, as quais permitem uma correcta e fácil interpretação.

Os aspectos fundamentais são:

- elementos de cotagem;
- selecção das cotas a inscrever nos desenhos;
- posicionamento das cotas.



### Elementos da cotagem

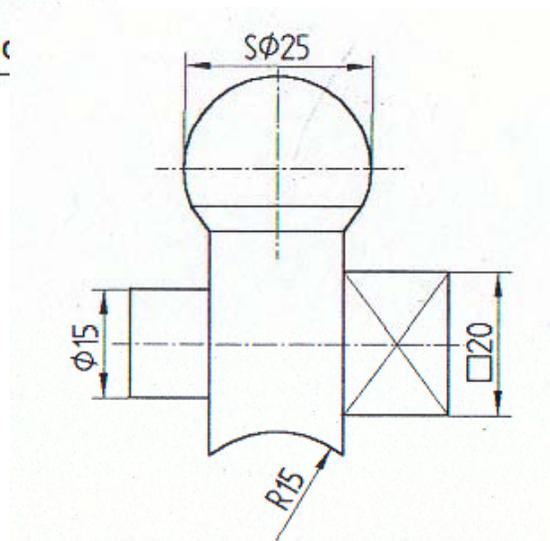
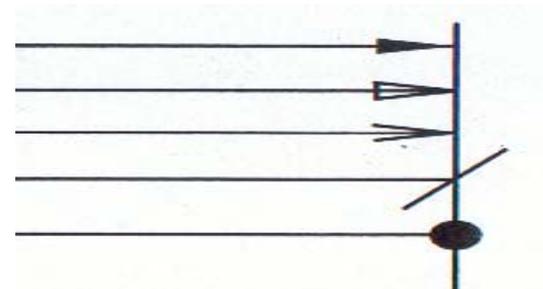
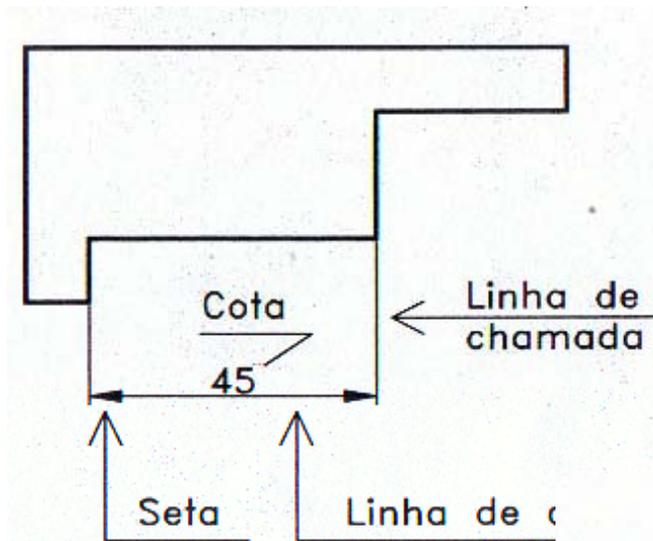
**Cotas** – números que indicam as dimensões lineares ou angulares do elemento. A unidade é o milímetro, nos países onde se adoptou o Sistema Internacional de unidades.

**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 rectas 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.

**Símbolos** –  $\emptyset$  – Diâmetro; R – Raio;  $\square$  - quadrado; SR – Raio esférico;  $S\emptyset$  – Diâmetro esférico.



Símbolos complementares de cotagem



### **Seleção das cotas a inscrever nos desenhos**

As cotas devem ter em conta a função dos elementos ou das peças. Os processos de fabrico e controlo desempenham também um papel importante na selecção das cotas.

### **Posicionamento das cotas**

As cotas devem ser posicionadas no desenho de forma e definirem rigorosamente os objectos cotados facilitando a sua leitura e interpretação.



### Inscrição das cotas nos desenhos

A inscrição das cotas nos desenhos obedece a um conjunto de regras que visam facilitar a leitura e interpretação do desenho

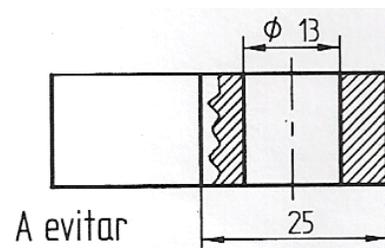
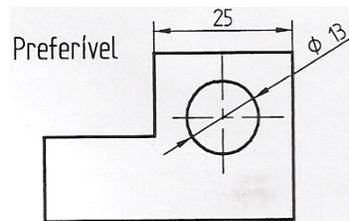
As regras são as seguintes:

- 1) As cotas indicadas nos desenhos são sempre cotas reais do objecto, independentemente da escala utilizada no desenho;
- 2) Cor dos caracteres. Os elementos de cotagem devem estar representados a preto;
- 3) Dimensão dos elementos. As cotas devem ser representadas em caracteres de dimensão adequada à sua legibilidade. Os algarismos das cotas devem obrigatoriamente ter sempre a mesma dimensão no desenho;
- 4) Não pode ser omitida nenhuma cota necessária para a definição da peça;

## Inscrição das cotas nos desenhos

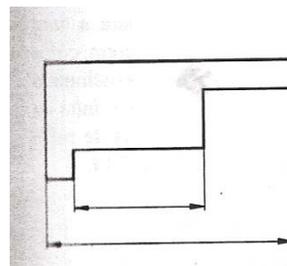
As regras são as seguintes:

5) Os elementos devem ser cotados, preferencialmente, na vista que dá mais informação em relação à sua forma ou à sua localização;

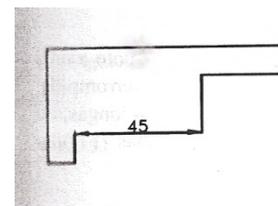


Seleção da vista mais adequada para inscrição de uma cota

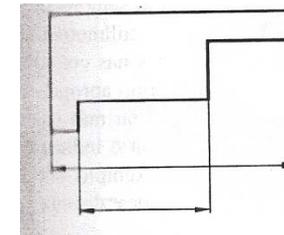
6) Devem evitar-se, sempre que possível, cruzamentos de linhas de cota entre si ou com outro tipo de linhas, nomeadamente linhas de chamada ou arestas;



CORRECTO

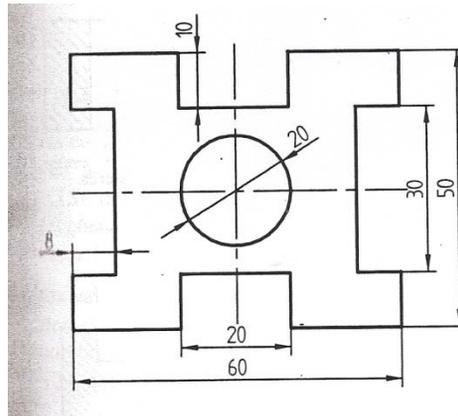


ERRADO

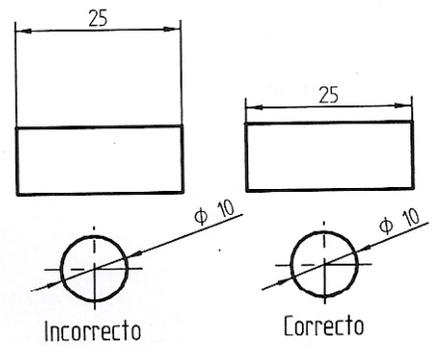


ERRADO

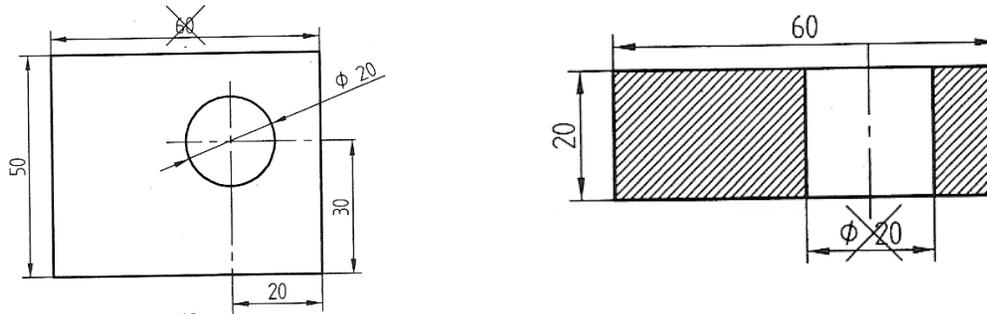
7) As cotas devem localizar-se, preferencialmente, fora do contorno das peças; todavia para uma melhor clareza e legibilidade podem ser colocadas no interior das vistas;



8) As cotas devem localizar-se o mais próximo possível do pormenor a cotar;



9) Cada elemento deve ser cotado apenas uma vez, independentemente do número de vistas da peça;

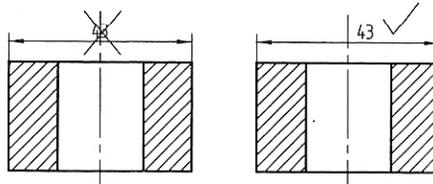


10) Em casos especiais, como nas fases intermédias de fabrico, podem inscrever-se cotas auxiliares entre parêntesis;

11) As cotas devem ser posicionadas sobre a linha de cota, paralelas a esta e, preferencialmente, no ponto médio da linha;

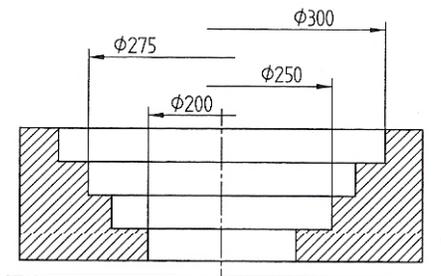


12) Os algarismos da cota não devem ficar sobrepostos ou separados com nenhum outro pormenor do desenho;

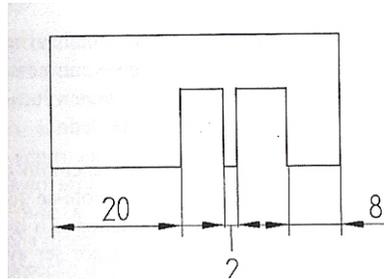


13) Num desenho devem ser sempre utilizadas as mesmas unidades, em geral milímetros. As unidades não são indicadas nas cotas, podendo ser indicadas na campo apropriado na legenda;

14) As cotas podem ser indicadas junto a uma das setas e a linha de cota interrompida, de modo a evitar linhas de cota longas ou eventuais cruzamentos de linhas;



15) Sempre que o espaço necessário para a cota não é suficiente, pode a cota ser colocada abaixo da linha de cota e ligada por uma linha de referência.

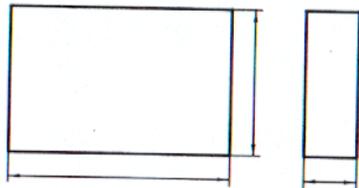


## Orientação das cotas

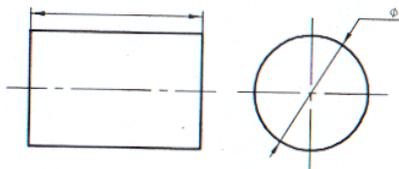
As cotas devem ser orientadas sempre em relação à legenda da folha de desenho, de tal forma que sejam lidas em duas direcções perpendiculares entre si, a partir do canto inferior direito da folha.

## Cotagem dos elementos

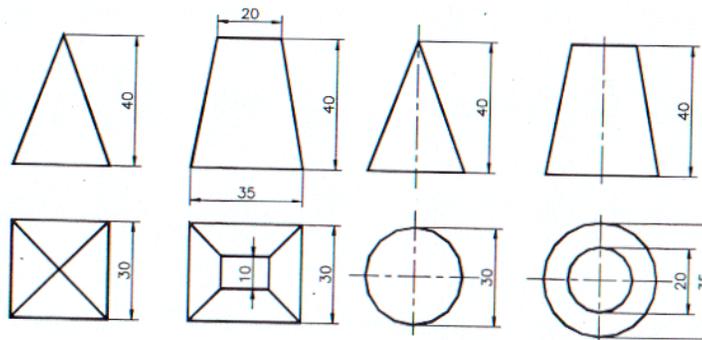
**Cotagem de forma** – diz respeito às dimensões dos elementos nas peças.



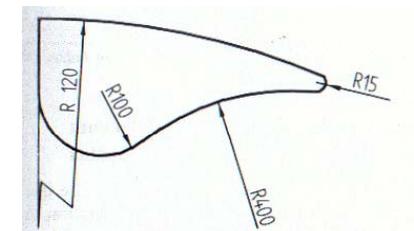
Cotagem de forma de prismas rectangulares



Cotagem de forma de um cilindro

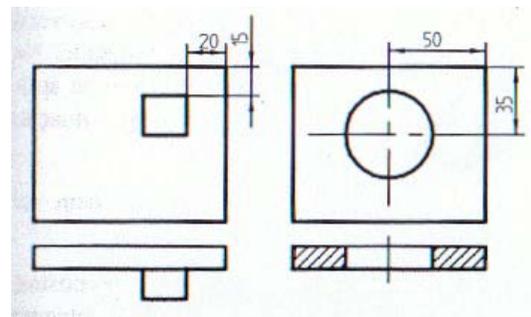


Cotagem de forma de elementos piramidais e cónicos



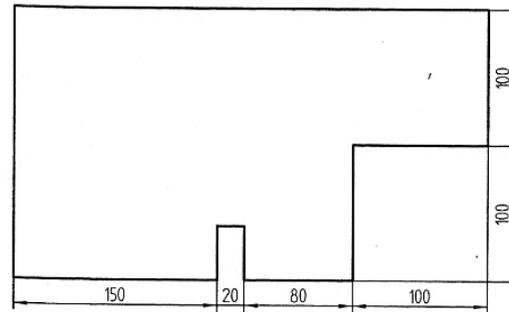
cotagem de arcos

**Cotagem de posição** – diz respeito à localização dos diferentes elementos na peça.

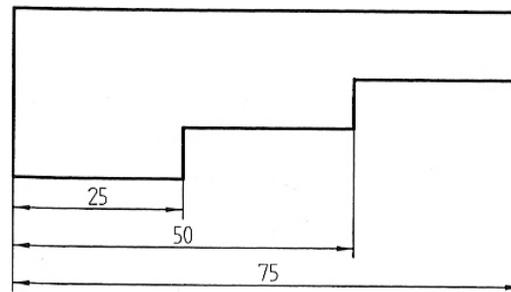


## CrITÉRIOS de cotagem

- **cotagem em sÉrie** – as cotas estão dispostas em sucessão.

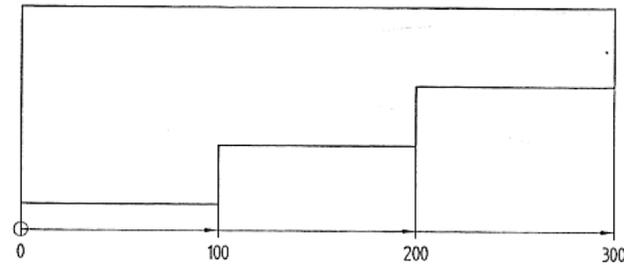
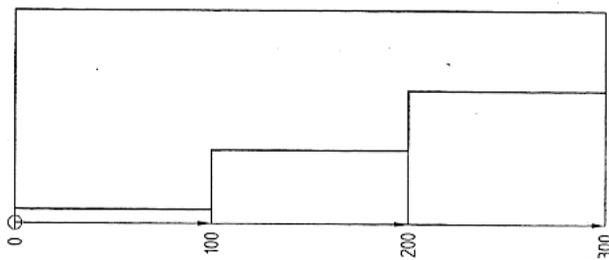


- **cotagem em paralelo** – as cotas estão dispostas paralelamente umas às outras e têm origem comum.

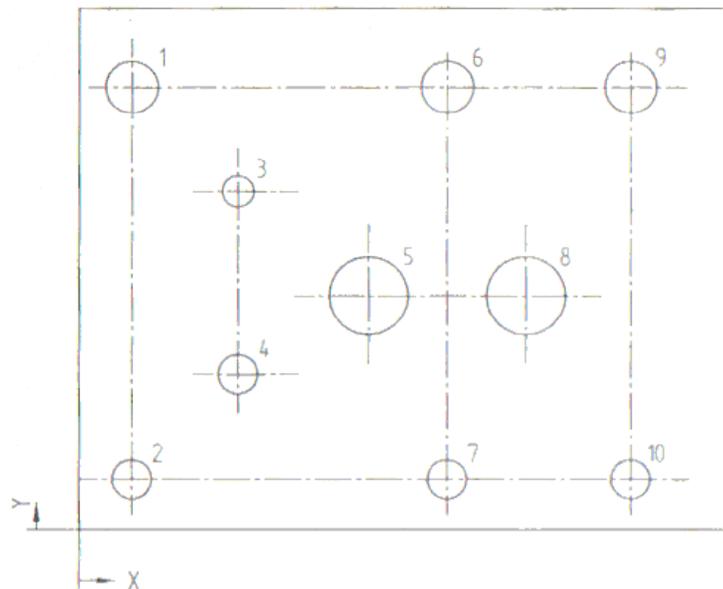


## CrITÉRIOS de cotagem

- **cotagem em paralelo com linhas de cota sobrepostas** – variante da cotagem em paralelo em que as linhas paralelas estão sobrepostas. Utiliza-se sobretudo quando existem limitações de espaço e quando a sua aplicação não provoca problemas de compreensão e legibilidade.

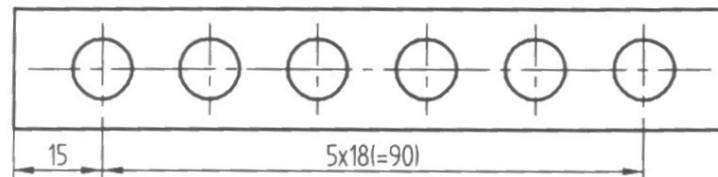


- **cotagem por coordenadas** - utiliza-se quando na peça existem diversos elementos e/ou dimensões idênticas. Constrói-se um quadro com as cotas de posição dos elementos e as respectivas dimensões, em função do referencial definido.

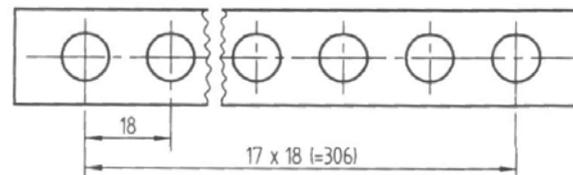


Furo Nº	X	Y	Ømetro
1	20	170	20
2	20	20	15
3	60	130	12
4	60	60	15
5	110	90	30
6	140	170	20
7	140	20	15
8	170	90	30
9	210	170	20
10	210	20	15

- **Cotagem de elementos equidistantes** – quando as peças contêm elementos equidistantes ou uniformemente distribuídos a sua cotagem pode ser simplificada, como é indicado na figura abaixo.



- **Cotagem de elementos repetidos** – quando uma peça tem elementos iguais basta cotar um deles e indicar a sua quantidade, como é indicado na figura abaixo.





# Perspectivas

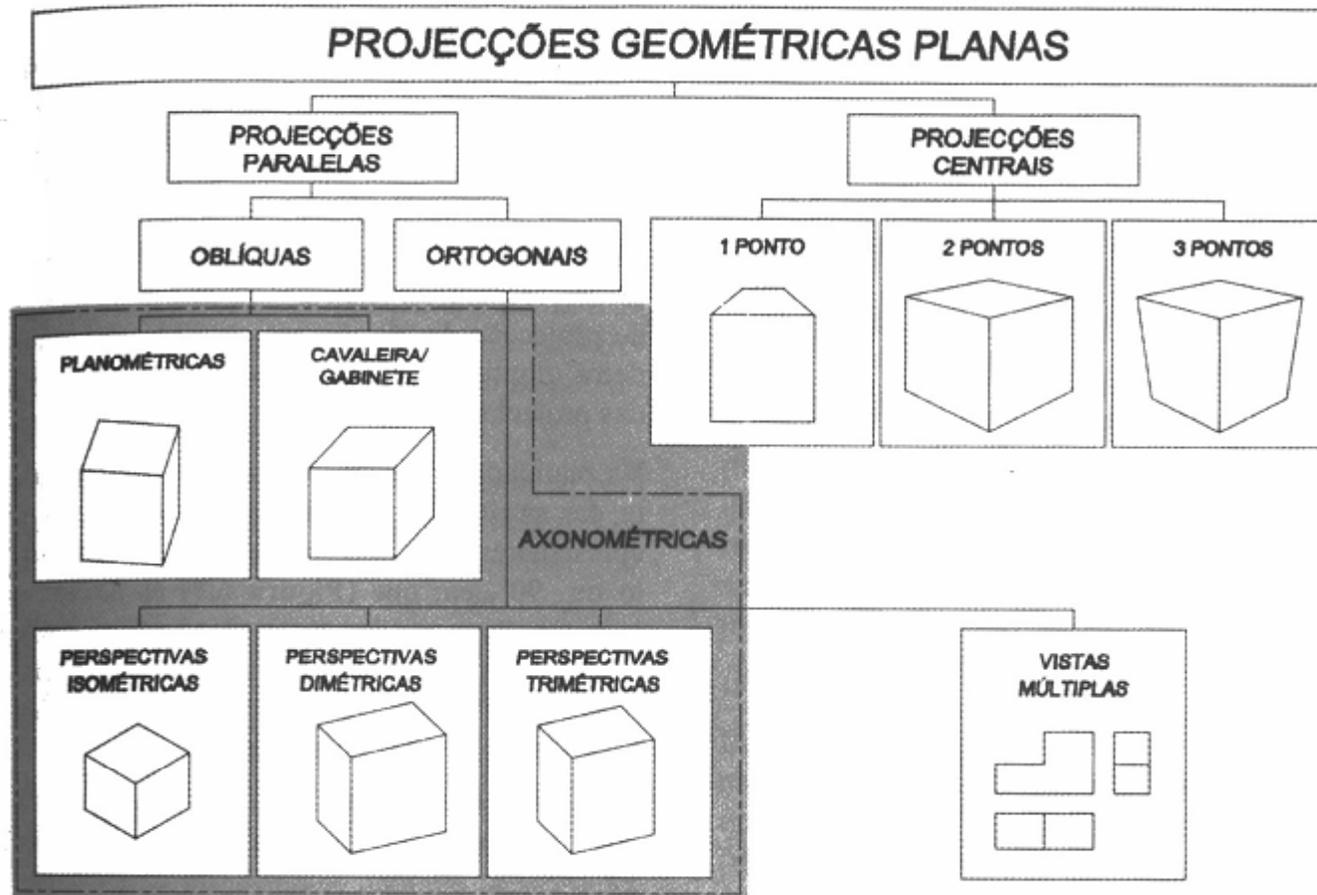


### Perspectivas

A perspectiva é uma representação gráfica com extrema utilidade para visualizar espacialmente qualquer objecto. Deve acompanhar os desenhos em vistas múltiplas porque facilita a compreensão da peça.

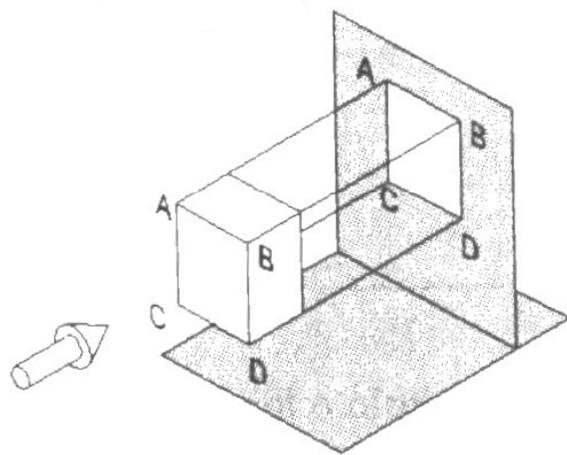
As perspectivas quase nunca permitem uma boa representação de todos os pormenores, pelo que não são usadas em desenhos de definição ou fabrico.

A perspectiva é um desenho simples de interpretar, embora nem sempre seja de fácil realização.

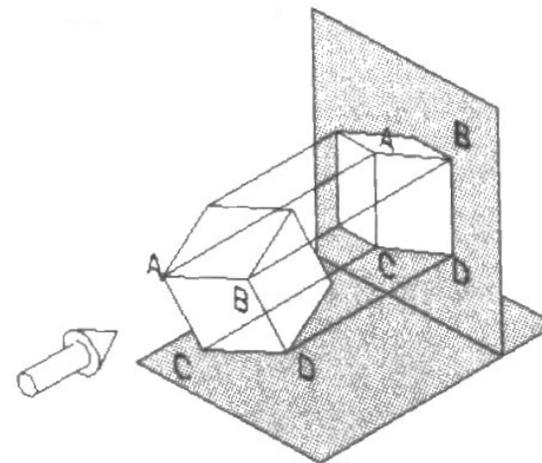


## Tipos de projecção

Projectantes paralelas entre si e perpendiculares ao plano de projecção



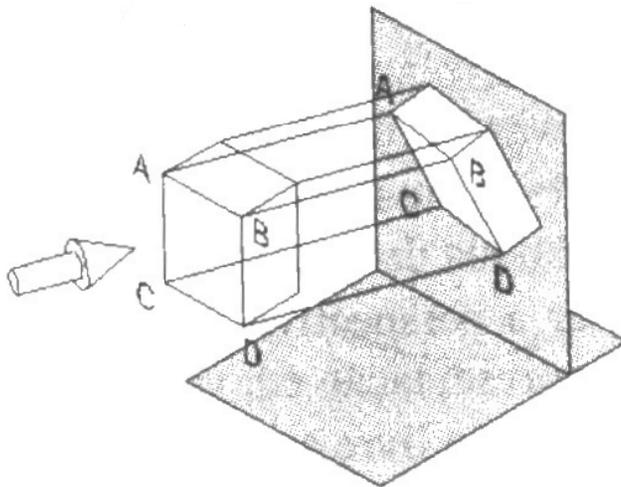
Vistas múltiplas



Projecção paralela ortogonal

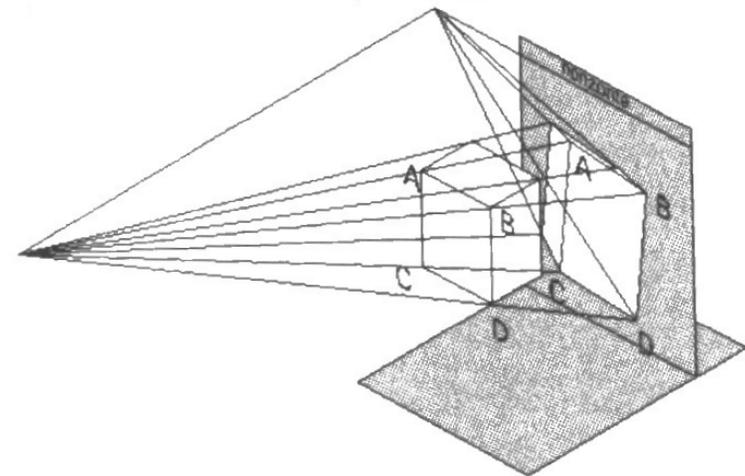
## Tipos de projecção

Projectantes paralelas entre si e oblíquas ao plano de projecção



Projecção paralela oblíqua

Projectantes concorrentes no ponto de vista



Projecção central



### Projecções paralelas oblíquas

Na projecção oblíqua (projecção cilíndrica de projectantes oblíquas ao plano de projecção), a face do objecto paralela ao plano de projecção (ângulos entre os eixos dos referenciais associados respectivamente ao objecto e ao plano de projecção de  $0^\circ$ ) aparece sempre em verdadeira grandeza, qualquer que seja a direcção das projectantes.

A perspectiva assim obtida resulta das projecções de 3 eixos, por forma a apresentarem dois ângulos de  $135^\circ$  e um ângulo de  $90^\circ$ , em que as alturas são marcadas na verdadeira grandeza, sendo as profundidades afectadas de um coeficiente de redução.

Projecções paralelas oblíquas:

- perspectiva cavaleira – profundidade afectada de um coeficiente de redução  $r=0,5$ ;
- perspectiva de gabinete - profundidade afectada de um coeficiente de redução  $r=1,0$ .

São as perspectivas mais usuais, que simplificam as projecções oblíquas reais, para facilidade de representação.

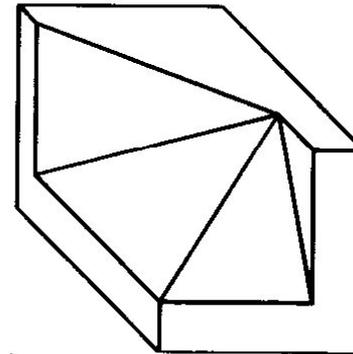
## Perspectiva Cavaleira

Coloca-se uma das faces da peça paralela ao plano de projecção, assumindo na face da frente, a mesma construção usada nas vistas múltiplas.

A face da frente deve ser aquela que apresenta mais informação da peça.

As arestas perpendiculares àquela face projectam-se segundo um ângulo variável, mas geralmente utilizam-se  $45^\circ$ .

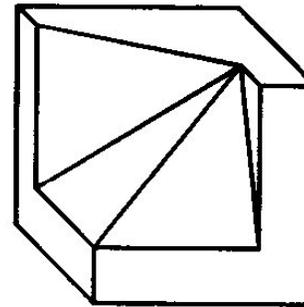
A peça apresenta um aspecto deformado, pelo que se aconselha a dispor a maior dimensão da peça no plano frontal.



## Perspectiva de gabinete

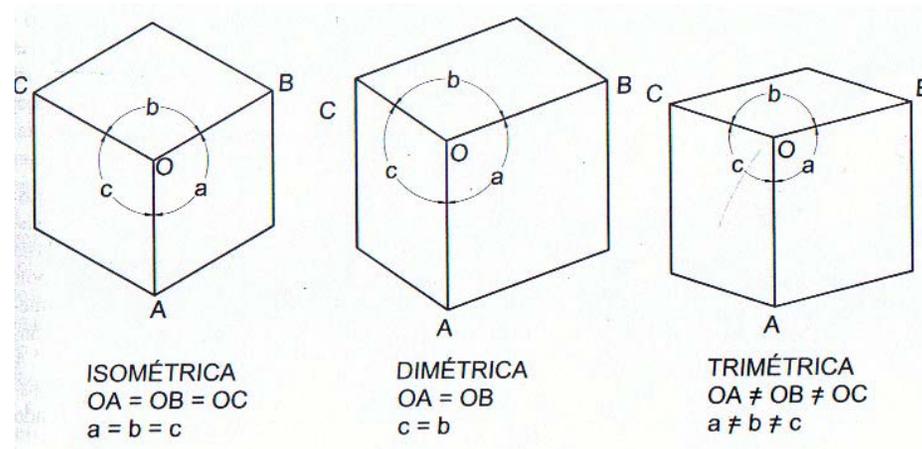
É semelhante à perspectiva cavaleira, excepto na escala da dimensão perpendicular ao plano da face.

Usa-se o factor de escala de 0,5 para estas dimensões, pelo que qualquer medida será reduzida a metade, de forma a reduzir a deformação da perspectiva Cavaleira.



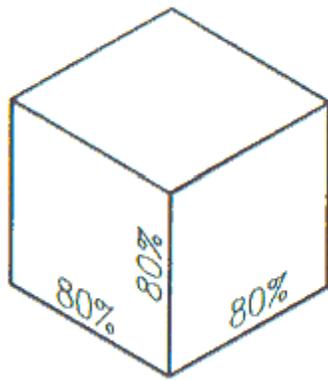
## Projecções paralelas ortogonais

- perspectiva **isométrica** - uma das arestas encontra-se na vertical e as que lhe são perpendiculares formam ângulos de  $30^\circ$ . Os três eixos têm referenciais iguais;
- perspectiva **dimétrica** - o cubo é projectado numa relação entre os lados de  $1:1:0,5$ ; o que significa marcar-se a verdadeira grandeza sobre as direcções vertical e a de  $7^\circ$  e marcar metade dos comprimentos sobre a direcção de  $42^\circ$ . Dois eixos têm referenciais sendo o terceiro diferente dos anteriores;
- perspectiva **trimétrica** - os factores de escala são  $1:0,9:0,5$ . Este tipo de perspectiva hoje em dia é pouco usado. Os três eixos têm referenciais diferentes.

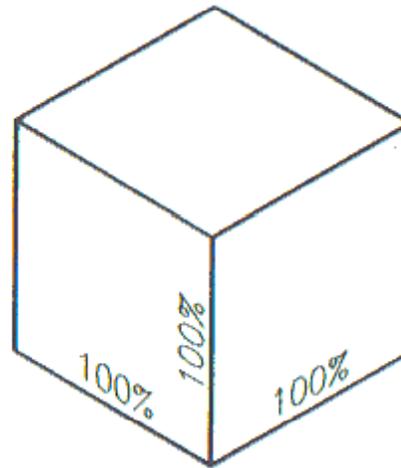


## Perspectivas isométricas

- Isométrica **real** - possui um factor de escala de 0,8 em relação à dimensão real da peça;
- Isométrica **simplificada** - representa os objectos à escala real, aparentando que o objecto é maior do que em vistas múltiplas.



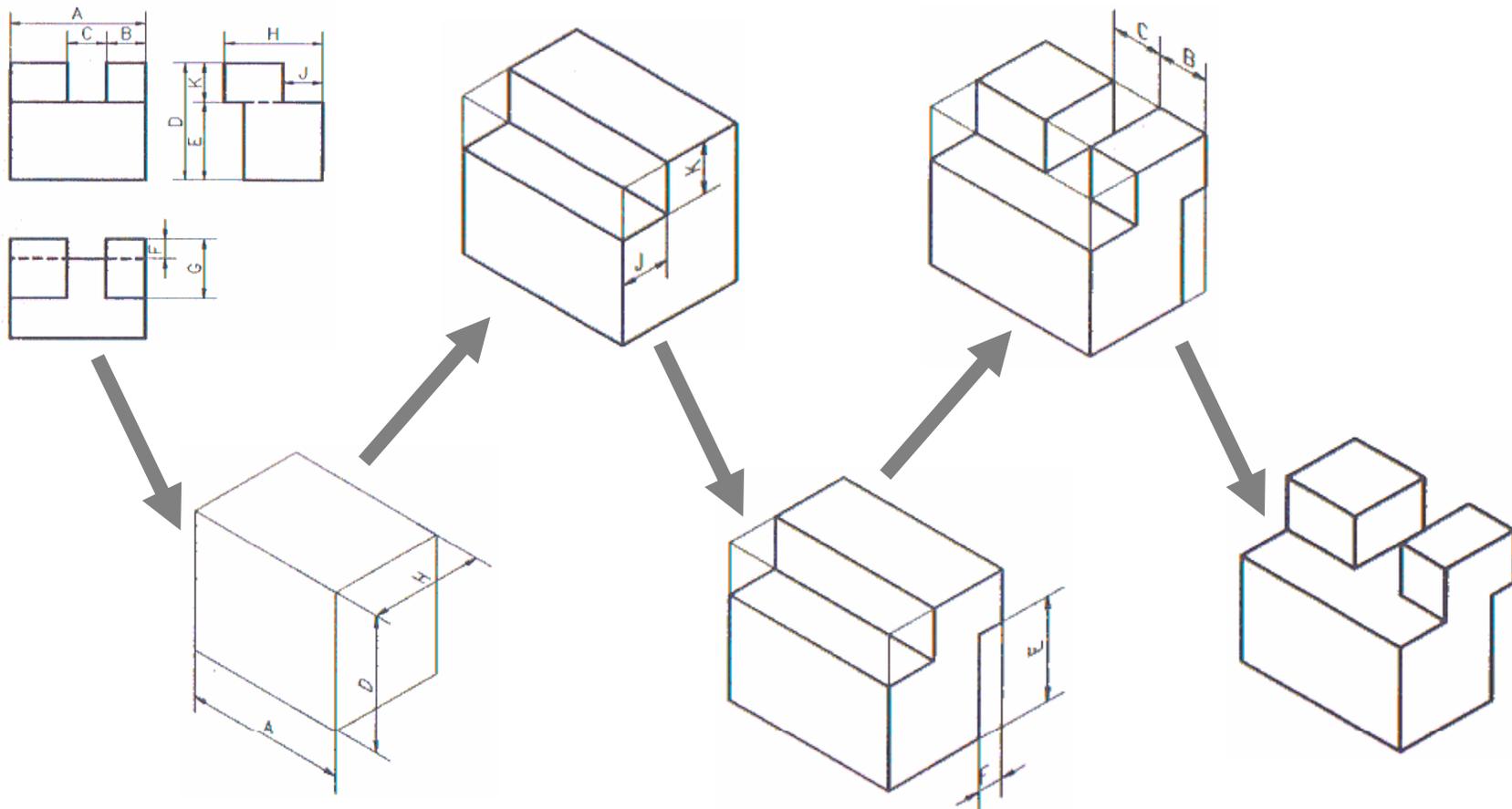
Isométrica real



Isométrica simplificada

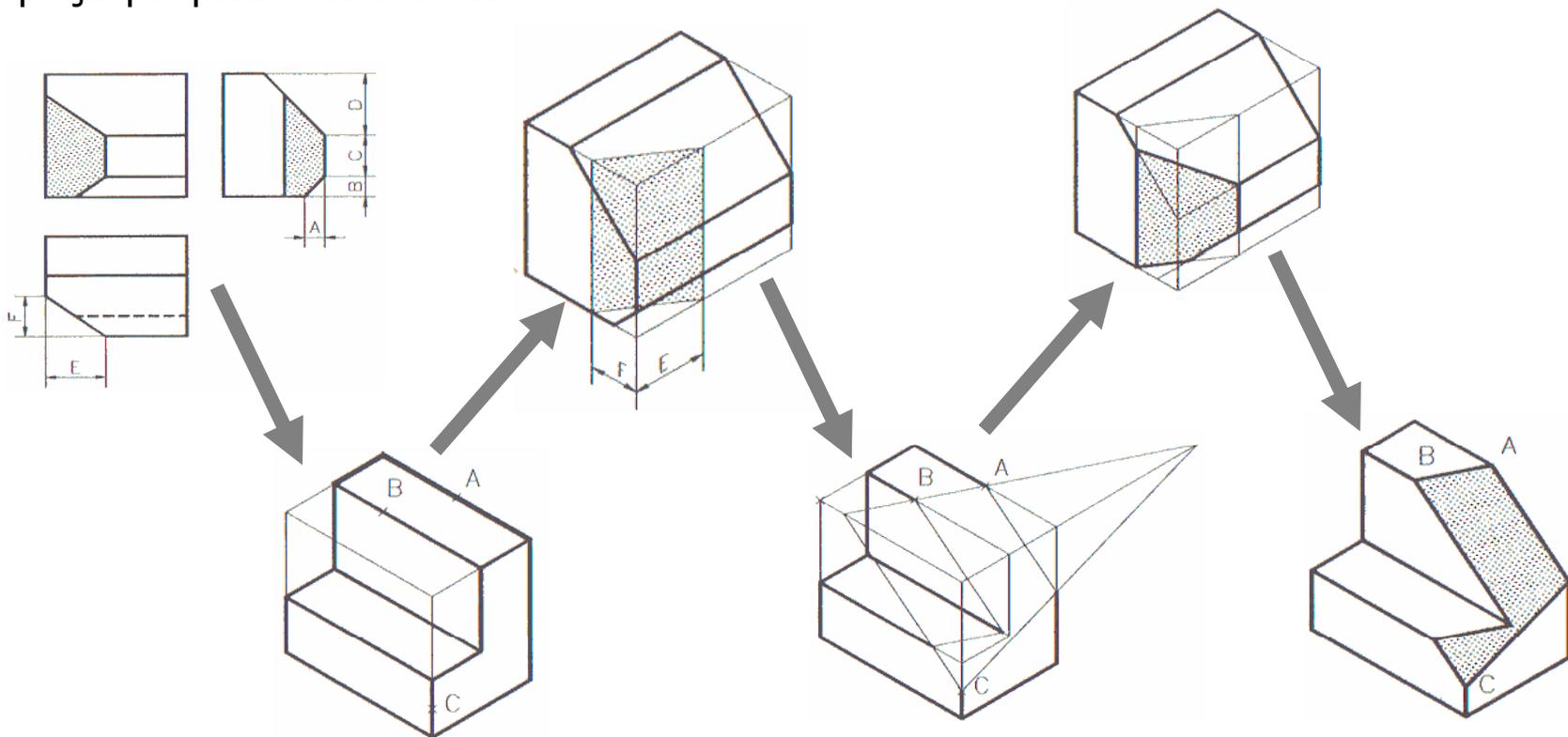
## Construção de peças em perspectiva isométrica

Desenhar o paralelepípedo envolvente e depois as distâncias relativas entre os diversos pormenores, medindo-as ao longo das linhas isométricas.



Quando existe um plano inclinado, as medições devem ser feitas ao longo das linhas isométricas, devendo-se traçar em primeiro lugar a intersecção do plano inclinado com os planos do paralelepípedo envolvente.

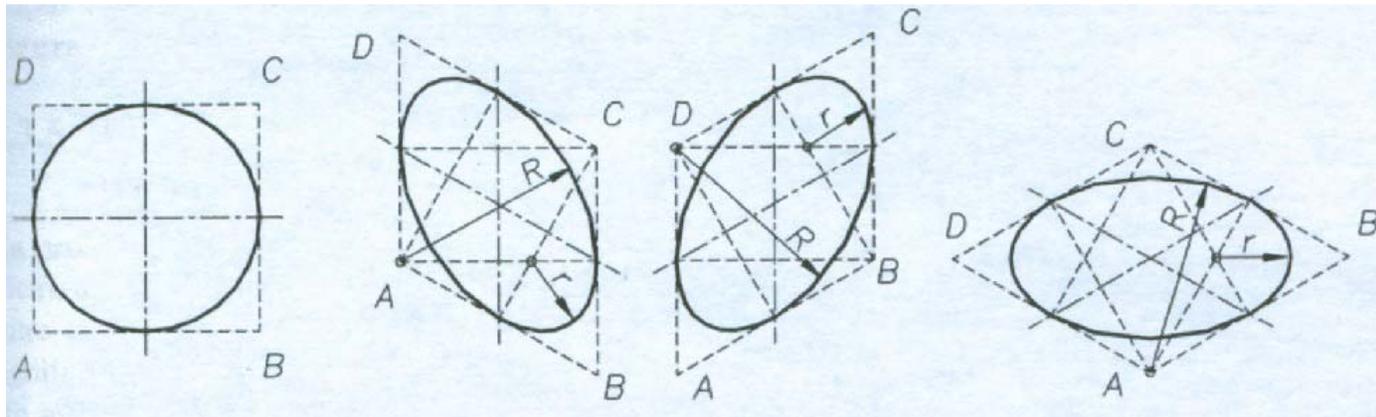
A representação de um plano oblíquo é mais complexa, devendo achar-se a intersecção do plano oblíquo com o paralelepípedo envolvente e só depois com a peça propriamente dita.



## Construção de circunferências em perspectiva

Em perspectiva isométrica, as circunferências em vistas múltiplas transformam-se em elipses.

A sua construção não é muito difícil usando uma técnica de aproximar a representação da elipse por quatro arcos de circunferência (figura seguinte).





### **Marcação de ângulos**

Os ângulos não podem ser marcados em perspectiva, porque não são representados na sua verdadeira grandeza nos planos isométricos.

Os ângulos devem ser transformados em medidas de catetos, dado que estas podem ser tratadas na sua verdadeira grandeza ao longo das linhas isométricas.

A construção é semelhante à de um plano inclinado.



### **Linhas invisíveis, linhas de eixo e cortes em perspectivas**

Geralmente não se representam linhas invisíveis em perspectiva, excepto quando sejam estritamente necessárias para a compreensão da peça representada.

As linhas de eixo também são de evitar em perspectiva, excepto quando seja necessário cotar o centro de um furo.

Cortes em perspectiva são raros, mas são usados quando existem pormenores interiores que não podem ser claramente visualizados.

### **Cotagem em perspectiva**

Geralmente as perspectivas não são cotadas, uma vez que existem pormenores que nunca são mostrados na sua verdadeira grandeza.

Contudo pode cotar-se utilizando as regras gerais da cotagem.



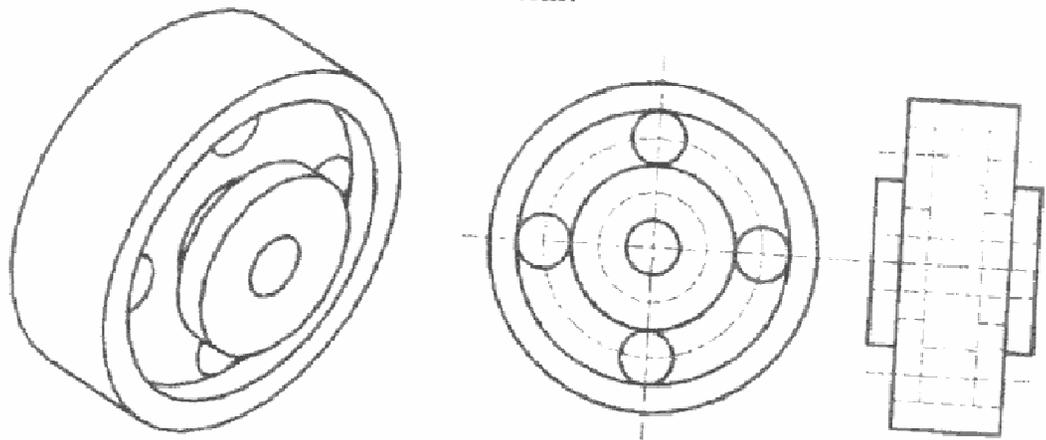
# Cortes e secções

## Cortes e secções

Utilizam-se quando:

- a peça tem forma interior complicada;
- existem pormenores que não ficam definidos em projecção ortogonal.

Devem utilizar-se apenas quando trouxerem algo de relevante à representação gráfica convencional.



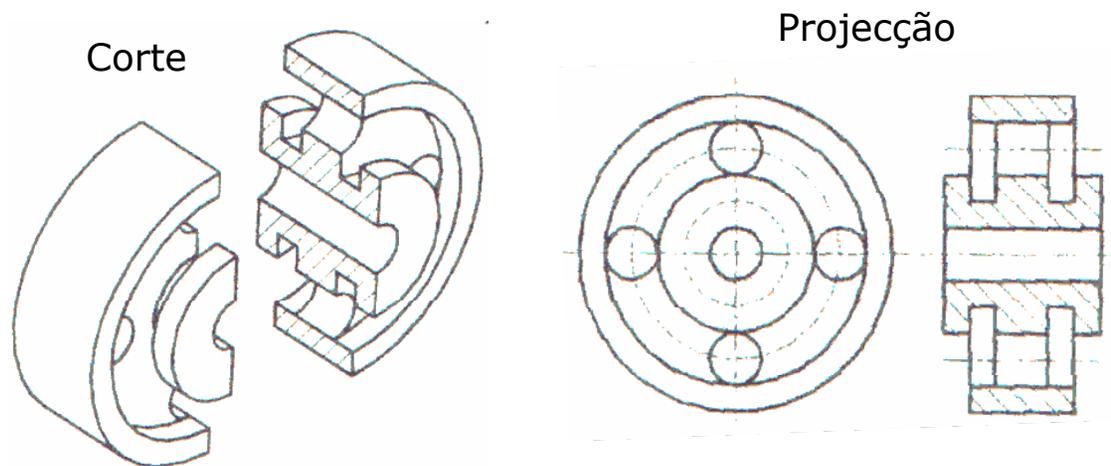
Peça com espaços vazios representados por linhas interrompidas.  
Representação demasiado confusa

## Modos de cortar as peças

A representação em corte consiste em imaginar a peça cortada por um ou vários planos, sendo suprimida uma parte das peças.

Em seguida faz-se a projecção da parte do objecto que ficou, adoptando as regras gerais da disposição das vistas.

Finalmente representam-se a tracejado as superfícies das partes da peça que os planos de corte intersectaram.

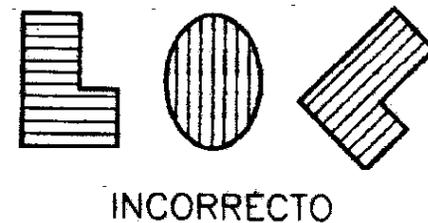
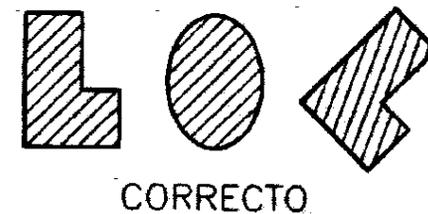


Corte da peça evitando a representação de linhas invisíveis.

Os planos de corte são em geral paralelos aos planos de projecção e devem passar, preferencialmente pelos planos de simetria e eixos de furos que eventualmente possam existir.

O tracejado de corte, indicando as partes da peça intersectadas pelo plano de corte, faz-se, sempre que possível, a 45° e com espaçamento conveniente, dependente do tamanho da desenho, escala, etc.

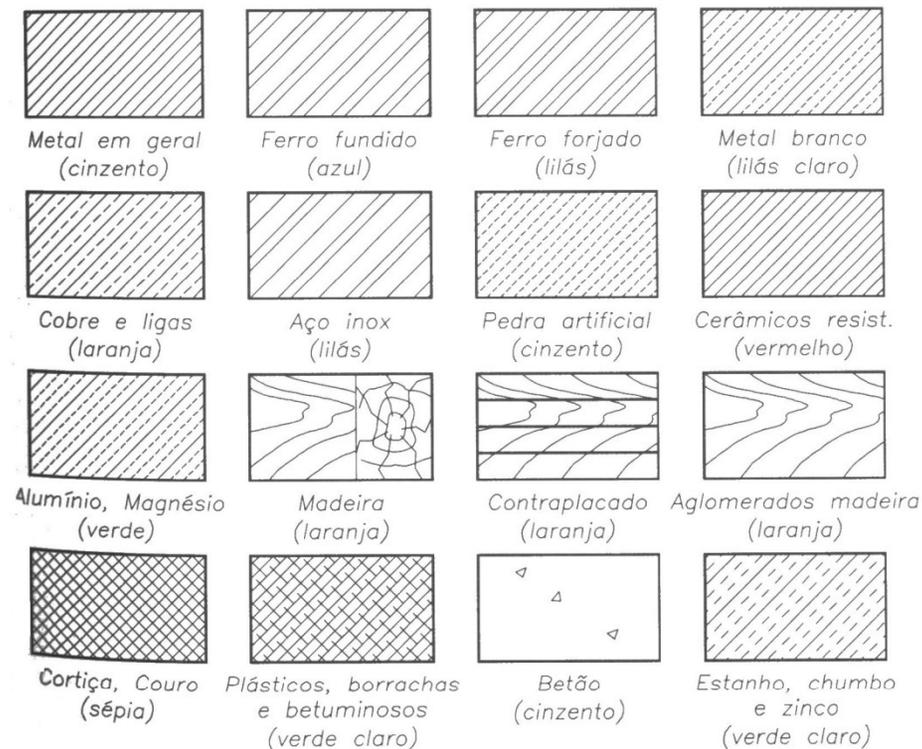
A inclinação do tracejado não deve nunca coincidir nem ser perpendicular com a orientação de um ou mais traços de contorno da peça.

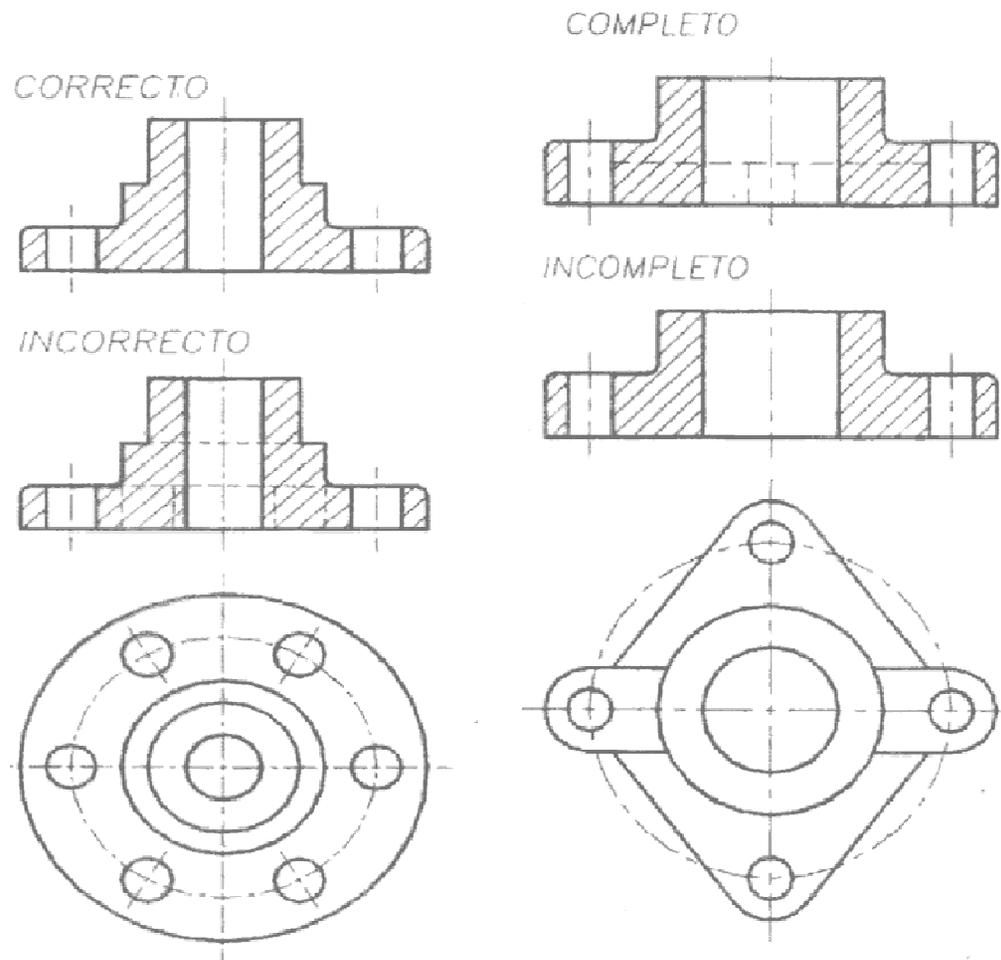


Deve evitar-se a representação de linhas invisíveis numa vista cortada, sendo apenas de utilizar quando tal procedimento poupar a representação de outra vista.

A norma NP 167:1966 define os tracejados em função do tipo de material – é uma representação gráfica indicativa, podendo não determinar precisamente o tipo de material.

Nos tracejados pode ser usada cor, embora em desenho técnico seja desaconselhado.



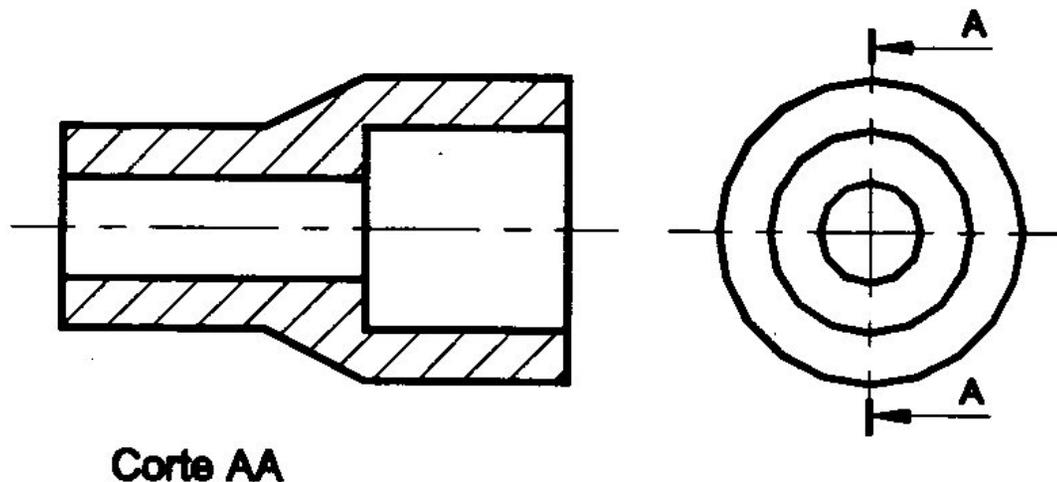


Exemplos de representação de invisíveis num corte

## Simbologia do corte

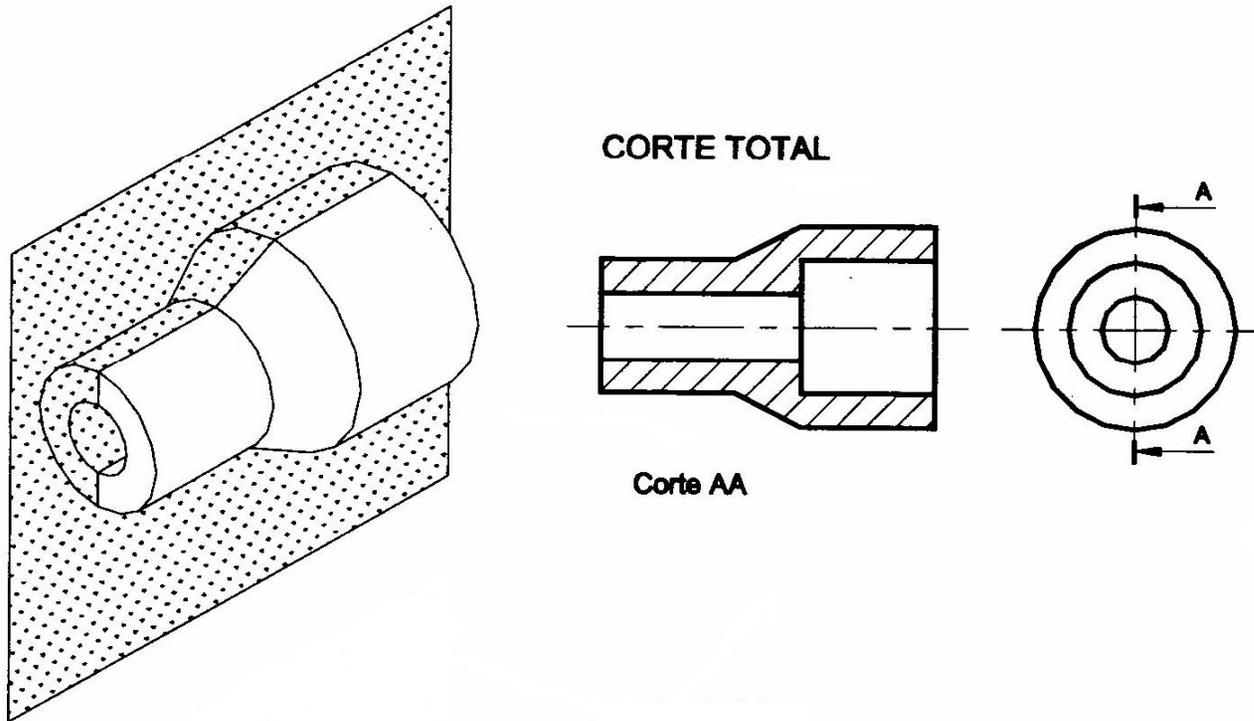
Assinalar o plano de corte na vista onde o plano se encontra de topo.

Define-se com traço misto, com grosso nas extremidades e mudanças de direcção. Duas flechas com letras identificadoras maiúsculas definem o sentido do corte. Junto à vista cortada deve vir a inscrição **CORTE** seguida das letras identificadoras.



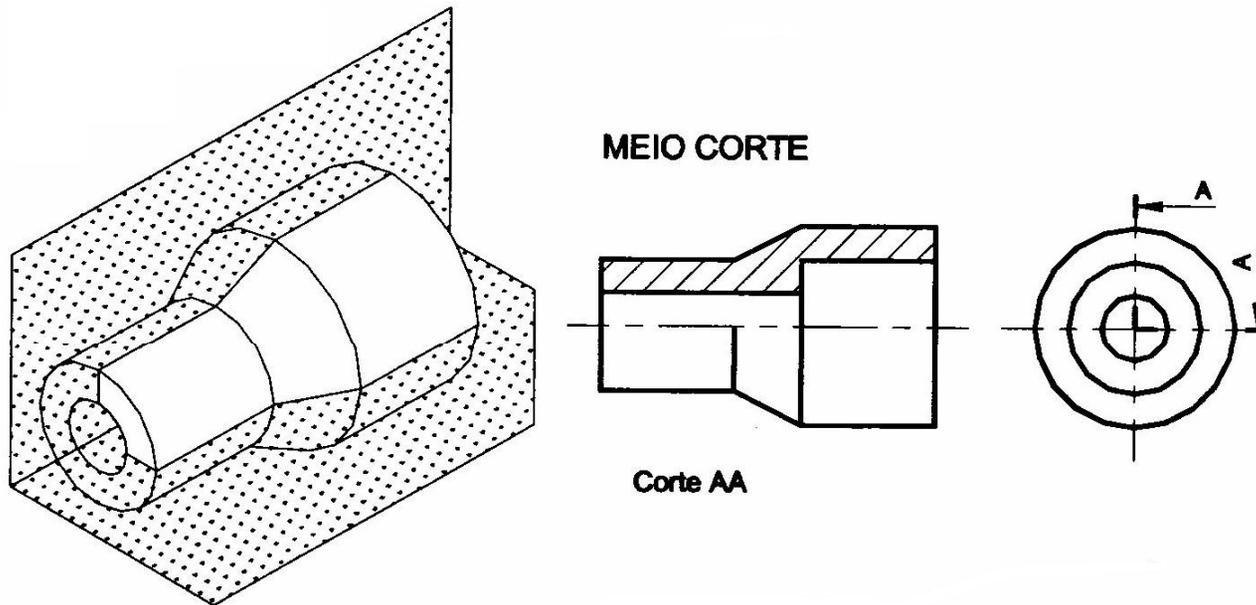
## Tipos de corte

**Corte total** - Plano de corte contém o eixo da peça e corta-a totalmente.



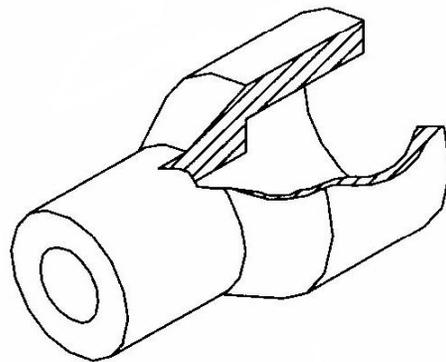
## Tipos de corte

**Meio corte** - dois planos concorrentes de corte no eixo da peça definem o plano de corte.

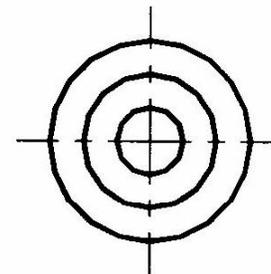
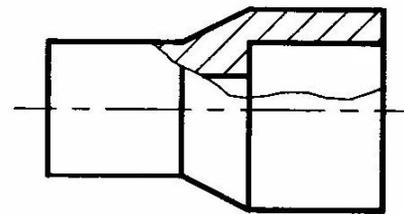


## Tipos de corte

**Corte parcial** – não se fazem indicações nem identificações do corte. Apenas se utiliza uma linha contínua fina ondulada fina para delimitar o corte na vista onde este se visualiza.

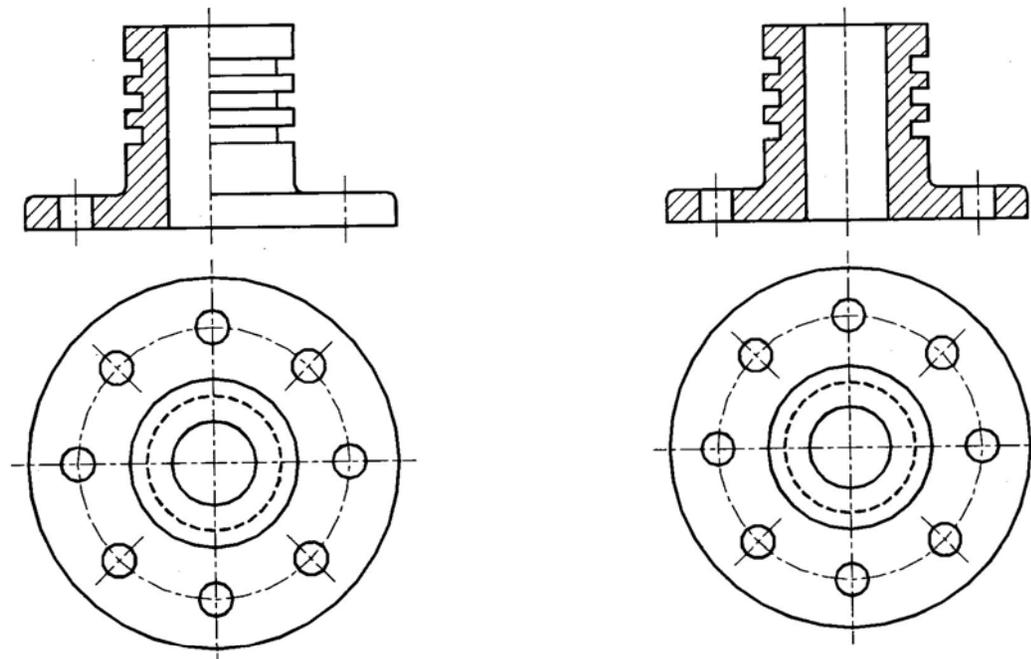


**CORTE PARCIAL**

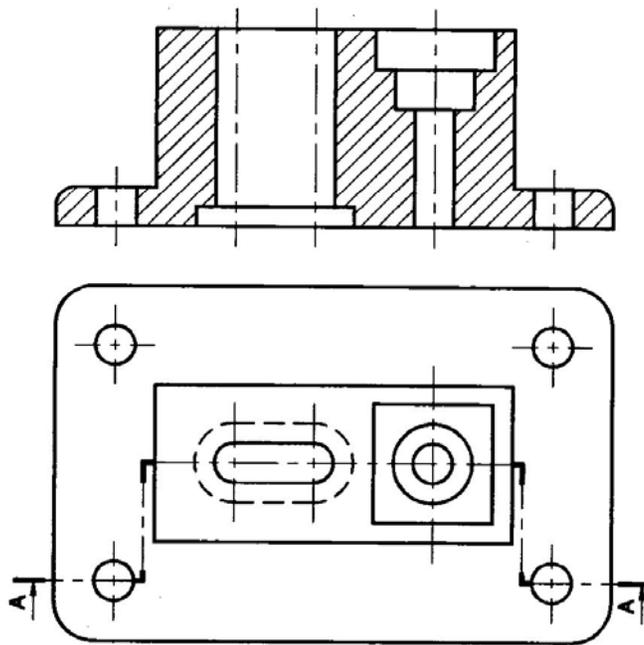


Em peças simétricas é preferível fazer um meio corte em vez de um corte completo, em virtude de o meio corte mostrar o interior e o exterior da peça fornecendo mais informação.

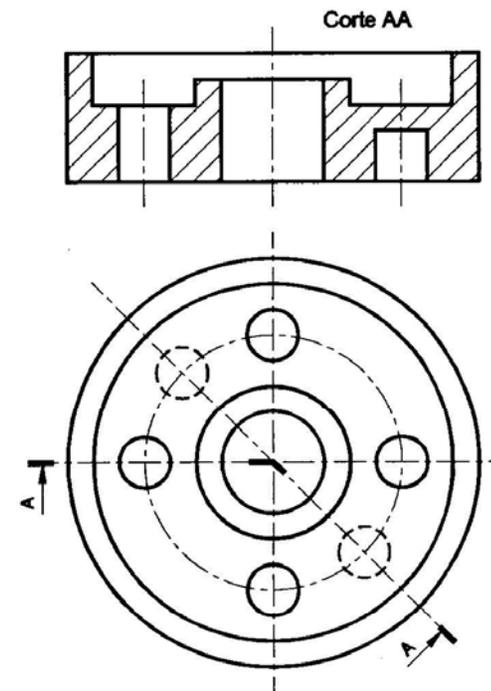
O corte parcial deve ser usado em peças onde os pormenores de interesse sejam restritos a uma zona da peça.



Quando os pormenores de interesse não se encontram alinhados uns com os outros, ter-se-á que utilizar o números de planos necessários à completa definição da peça.

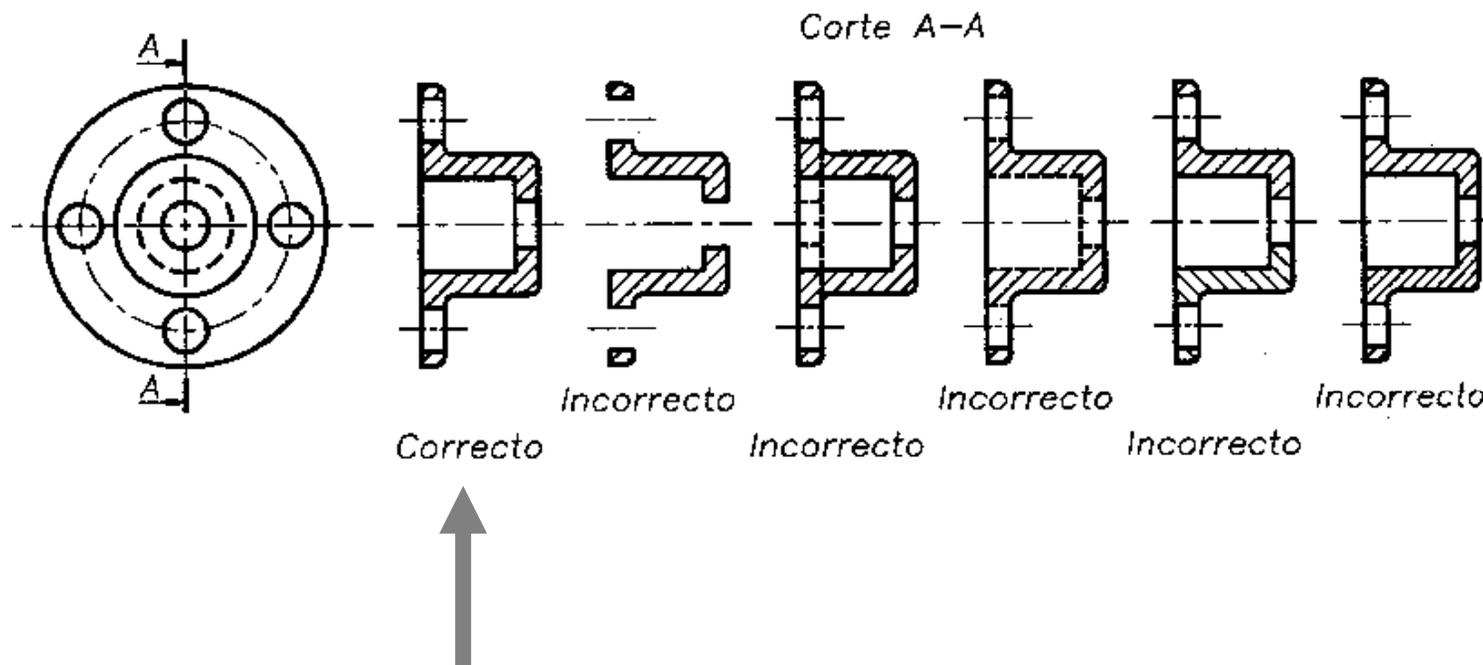


Corte por planos paralelos



Corte por planos concorrentes

## Representação de um corte





### Regras gerais em cortes

- 1) A representação da vista cortada compreende a superfície cortada pelo plano de corte e tudo o que se vê para lá desse plano;
- 2) A porção da peça supostamente retirada não se pode omitir em todas as vistas;
- 3) As zonas em que a peça foi cortada assinalam-se por meio de tracejado, devendo o tracejado deve ter sempre a mesma direcção e espaçamento;
- 4) Sempre que possível os planos de corte devem passar pelos eixos de simetria da peça a cortar;
- 5) Não se devem utilizar linhas de contorno invisível, se não trouxerem nada de fundamental à representação da peça;
- 6) As superfícies de corte são sempre delimitadas por linhas de contorno visível, por linhas a traço misto ou por linhas de fractura.



### **Colocação da vista cortada no desenho**

Em geral, a vista cortada ocupa a posição da projecção ortogonal correspondente.

Se o corte não ocupar o lugar da projecção ortogonal deve ser assinalado com simbologia adequada, sendo a vista cortada acompanhada pela designação do corte e colocada em qualquer parte da folha de desenho.

### **Elementos que não são cortados**

Quando peças como veios, porcas, parafusos, rebites, chavetas, elos de corrente, nervuras, são intersectadas longitudinalmente pelo plano de corte, não se devem tracejar.

### **Cortes em desenhos de conjuntos de peças**

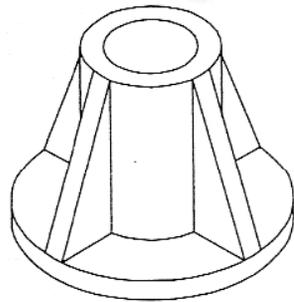
Nos cortes em conjuntos de peças, as superfícies a tracejar que pertencem a diferentes peças deverão ter tracejados diferentes.

Podem ser usadas diferentes orientações ( $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ) ou espaçamentos entre linhas diferentes. De modo que a diferença entre as peças seja evidente.

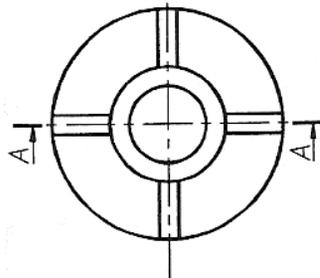
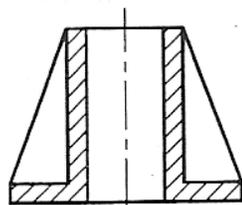
Para peças delgadas usa-se o enchimento a preto, sendo as peças contíguas ligeiramente separadas por um filete branco.

## Representações convencionais

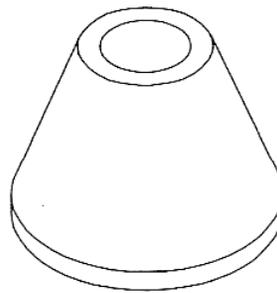
Corte em peça com nervuras



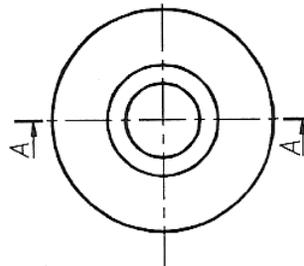
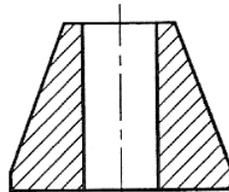
Corte A-A



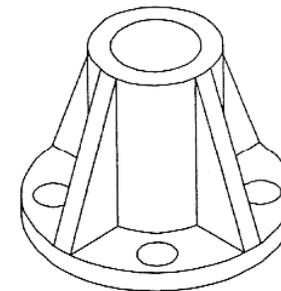
Corte em peça maciça



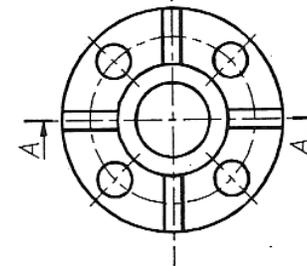
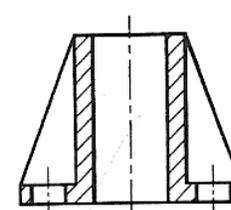
Corte A-A



Corte em peça com nervuras e rebatimento de pormenores não cortados



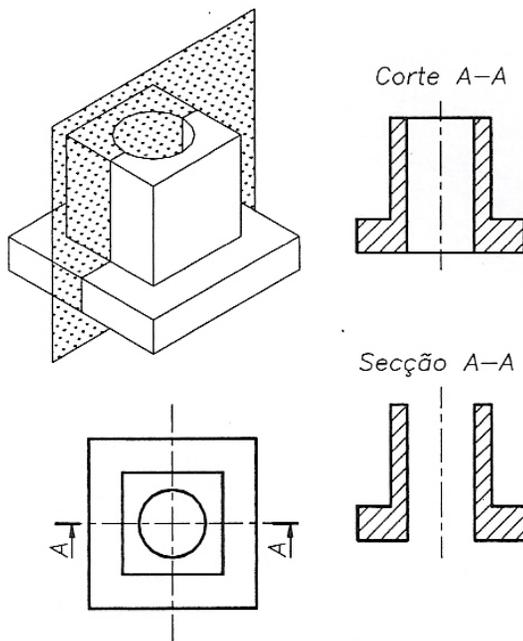
Corte A-A



## Secção

Superfície resultante da intersecção de um plano com o corpo a representar. Representa somente a intersecção do plano secante com a peça.

Utilizada para definir as formas externas de peças como nervuras, braços de tambores.



Distinguem-se rapidamente dos cortes por representarem apenas a intersecção do plano secante com a peça, não englobando aquilo que se encontra para lá desse plano.

As secções são normalmente transversais ou perpendiculares ao eixo da peça, sempre tracejadas e nunca contêm traços interrompidos.

Quando a secção é representada fora dos limites da peça os contornos são a traço contínuo grosso. Nos casos em que a secção é rebatida, dentro da peça, os contornos são representados a traço contínuo fino.