



APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO



CURSO: Engenharia Madeireira – CD029MD

PROFESSOR: Márcio Fontana Catapan, Dr. Eng.

ALUNO: _____

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A arte de representar um objeto ou fazer sua leitura por meio do desenho técnico é tão importante quanto à execução de uma tarefa, pois é o desenho que fornece todas as informações precisas e necessárias para a construção de uma peça.

Visando abordar a maioria dos assuntos relativos ao desenho técnico de forma sucinta, porém completa em um curso de 80 horas, esta apostila foi elaborada. A experiência de mais de 15 anos nesta área, capacitou o professor a construir um material que propiciasse tal dinâmica de aprendizagem.

Para isto, esta primeira apostila foi dividida no conteúdo de introdução ao Desenho Técnico e Desenho à mão livre, onde abordará os conceitos básicos para o seu entendimento.

Na primeira parte, dentro do escopo do curso e respeitando as limitações de tempo disponível para o ensino de desenho técnico dentro de um curso de Engenharia Mecânica, praticamente todos os conhecimentos básicos necessários para a realização de um desenho serão abordados.

Na segunda parte/apostila, os conhecimentos adquiridos na primeira são aplicados para a realização de desenhos bidimensionais e com instrumentos. Essa parte consiste basicamente no aprendizado do uso de instrumentos para aplicação dos conhecimentos de desenho técnico da primeira parte do curso.

A terceira parte, que constituirá o segundo semestre, será utilizado um Software de CAD.

Se você trabalhar com dedicação, conseguirá atingir todos os objetivos propostos em ambas as partes.

Bom trabalho!

Prof. Márcio Catapan

1. INTRODUÇÃO

1.1. ETIMOLOGIA

O português desenho é um substantivo deverbal do verbo desenhar, que remonta ao latim *designare*, “marcar, notar, traçar, desenhar; indicar, designar; dispor, ordenar, regular, imaginar”, étimo do italiano *desegnare*. O português desenhar (e desenho) é modernamente só “traçar (e traçado) com linhas e afins”.

Desenho é qualquer representação gráfica – colorida ou não – de formas. Desenho é a expressão gráfica da forma, não se pode desenhar sem conhecer as formas a serem representadas.



Hieróglifos



Desenho Primitivo



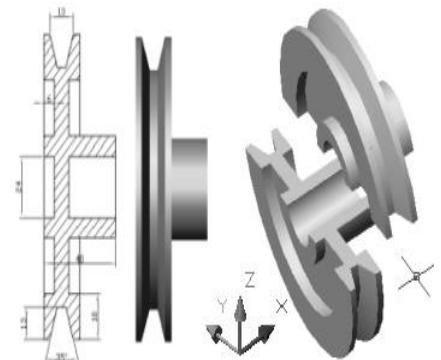
Arte Moderna



Planta Baixa



Perspectiva Exata



Desenho técnico

O desenho é a forma de comunicação mais importante, depois da palavra, o desenho serve à propaganda, ao humorismo, à arquitetura, à expressão gráfica da palavra, etc..

É um erro se considerar o desenho como uma cópia de formas, pois ele pode representar a imaginação de uma forma não existente (ficção científica): afinal, pode-se considerar desenho tudo aquilo que a mão humana traduz quando quer exprimir uma idéia mesmo que não o consiga.

Desenho Industrial – tradução da expressão inglesa industrial design – significa tradicionalmente o desenho, o projeto de objetos ou de sistemas de objetos industrializados normalmente fruídos na existência cotidiana, no lar, no trabalho, no lazer: do relógio de pulso, aos talheres, da bicicleta ao automóvel, do trem ao avião, dos eletrodomésticos aos instrumentos de escritório, dos móveis aos barcos, das ferramentas manuais à máquinas operatrizes. Todos esses objetos estão fundamentados num momento projetivo – de desenho criador – e num momento iterativo – de produção em série e mecanizada.

Assim, Desenho Técnico Mecânico é o projeto da forma de objetos destinados à fabricação de objetos em série. O Projetista Mecânico (*Mechanical Designer*) é responsável pela forma dos produtos da sua empresa e sociedade; por isso deve considerar no seu trabalho a complexidade de relações entre produto, máquinas/equipamentos e ambiente, produto e usuário, isto é, fatores tecnológicos, econômicos, sociais e culturais do ambiente.

1.2. CONCEITO

O que é Desenho Técnico?

O desenho técnico, como citado anteriormente, é uma linguagem gráfica utilizada na indústria. Para que esta linguagem seja entendida no mundo inteiro, existe uma série de regras internacionais que compõem as normas gerais de desenho técnico, cuja regulamentação no Brasil é feita pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

É derivado da Geometria descritiva, que é a ciência que tem por objetivo representar no plano (folha de desenho, quadro, etc.) os objetos tridimensionais, permitindo desta forma a resolução de infinitos problemas envolvendo qualquer tipo de poliedro, no plano do papel.

O desenho técnico é um desenho operativo, ou seja, após sua confecção segue-se uma operação de fabricação e/ou montagem. Desta forma, para fabricarmos ou montarmos qualquer tipo de equipamento ou construção civil, em todas as áreas da indústria, sempre precisaremos de um desenho técnico.

1.3. FINALIDADE

Ao iniciar o estudo de Desenho Técnico, você está empreendendo uma experiência educacional gratificante que terá real valor em sua futura profissão. Quando você tiver se tornado perito nesse estudo, terá a seu dispor um método de comunicação usado em todas as áreas da indústria técnica, uma linguagem sem igual para a descrição acurada de objetos sólidos.

O desenho técnico é um dos mais importantes ramos de estudo em uma escola técnica, porque é à base de todos os projetos e subseqüentes fabricações. Todo estudante técnico deve saber fazer e ler desenhos. O desenho é essencial em todos os tipos de

engenharia prática, e deve ser compreendido por aqueles relacionados com, ou interessados na indústria técnica. Todos os projetos e instruções para fabricação são preparados por desenhistas, escritores profissionais da linguagem, mas mesmo alguém que nunca tenha feito projetos deve ser capaz de lê-los e entendê-los, ou será, profissionalmente, um leigo.

A nossa finalidade é estudar a linguagem do desenho técnico, de tal maneira que se possa escrevê-la, de uma maneira clara, a alguém que, familiarizado com este assunto, possa lê-la prontamente quando escrita por outro alguém para tanto, é preciso conhecer sua teoria e composição básica e ficar a par das abreviaturas e convenções adotadas.

A finalidade principal do Desenho Técnico é a representação precisa, no plano, das formas do mundo material e, portanto, tridimensional, de modo a possibilitar a reconstituição espacial das mesmas.

Essa representação de formas constitui o campo do chamado "desenho projetivo"; o Desenho Técnico também abrange a representação gráfica de cálculos, leis e dados estatísticos, por meio de diagramas, ábacos, e nomogramas, que pertencem ao campo do "desenho não projetivo".

Por serem seus princípios fundamentalmente os mesmos em todo o mundo, alguém treinado nestas práticas em uma nação pode prontamente adaptar-se às de uma outra nação qualquer.

Esta linguagem é completamente gráfica e escrita, e é interpretada pela aquisição de um conhecimento visual do objeto representado. O êxito de um aluno nesta matéria será indicado não somente pela sua habilidade na execução, mas também pela sua capacidade de interpretar linhas e símbolos e visualizá-los claramente no espaço.

1.4. IMPORTÂNCIA

O Desenho Técnico constitui-se no único meio conciso, exato e inequívoco para comunicar a forma dos objetos; daí a sua importância na tecnologia, face à notória dificuldade da linguagem escrita ao tentar a descrição da forma, apesar a riqueza de outras informações que essa linguagem possa veicular.

Diante da complexidade dos problemas relativos aos projetos de Engenharia e Arquitetura, poderia parecer excessiva a importância atribuída à forma e à sua representação. Ocorre que a forma não é um acessório nos problemas de tecnologia, mas faz parte intrínseca dos mesmos.

O Desenho Técnico, ao permitir o tratamento e a elaboração da forma de modo fácil econômico, participa decisivamente das três fases da solução daqueles problemas.

Essas três fases são:

1° - A busca de conceitos e idéias que pareçam contribuir para a solução.

2° - O exame e análise crítica desses conceitos, quando alguns são escolhidos e outros rejeitados.

3º - O desenvolvimento dos conceitos escolhidos, seu aperfeiçoamento final e comunicação.

Portanto, as aplicações do Desenho Técnico não se limitam à fase final de comunicação dos projetos de Engenharia e Arquitetura, mas ainda cumpre destacar sua contribuição fundamental nas fases anteriores, de criação e de análise dos mesmos.

Adicionalmente, face à dificuldade em concebermos estruturas, mecanismos e movimentos tridimensionais, o Desenho Técnico permite estudá-los e solucioná-los eficazmente, porque permite a sua representação.

1.5. MODALIDADES DE EXECUÇÃO

É comum associar-se o Desenho Técnico apenas à execução precisa por meio de instrumentos (régua, compasso, esquadros, etc.), mas ele pode, também ser executado à mão livre ou por meio de computadores. Cada uma dessas modalidades difere apenas quanto à maneira de execução, sendo idênticos os seus princípios fundamentais.

Enquanto o "desenho instrumental" é utilizado em desenhos finais, de apresentação, de cálculos gráficos, de nomogramas, de diagramas, etc., o "esboço à mão livre" é, por excelência, o desenho do Engenheiro e do Arquiteto, pois possui a rapidez e a agilidade que permitem acompanhar e implementar a evolução do processo mental.

A presente apostila tem a finalidade de estudar os elementos básicos do Desenho Técnico Projetivo com enfoque na sua execução à mão livre. Os exercícios propostos visam não apenas treinar o aluno na execução do esboço à mão livre, mas objetivam, primordialmente, desenvolver a sua capacidade de visualização tridimensional e de representação da forma.

1.6. COMO É ELABORADO UM DESENHO TÉCNICO

Às vezes, a elaboração do desenho técnico mecânico envolve o trabalho de vários profissionais. O profissional que planeja a peça é o engenheiro ou o projetista. Primeiro ele imagina como a peça deve ser e depois representa suas idéias por meio de um esboço, isto é, um desenho técnico à mão livre. O esboço serve de base para a elaboração do desenho preliminar. O desenho preliminar corresponde a uma etapa intermediária do processo de elaboração do projeto, que ainda pode sofrer alterações.

Depois de aprovado, o desenho que corresponde à solução final do projeto será executado pelo desenhista técnico. O desenho técnico definitivo, também chamado de desenho para execução, contém todos os elementos necessários à sua compreensão.

O desenho para execução, que tanto pode ser feito na prancheta como no computador, deve atender rigorosamente a todas as normas técnicas que dispõem sobre o assunto.

O desenho técnico mecânico chega pronto às mãos do profissional que vai executar a peça. Esse profissional deve ler e interpretar o desenho técnico para que possa executar

a peça. Quando o profissional consegue ler e interpretar corretamente o desenho técnico, ele é capaz de imaginar exatamente como será a peça, antes mesmo de executá-la. Para tanto, é necessário conhecer as normas técnicas em que o desenho se baseia e os princípios de representação da geometria descritiva.

1.7. EXERCÍCIOS

- 1) O que é Desenho Técnico?**
- 2) Qual é a finalidade do Desenho Técnico?**
- 3) Qual é a importância do Desenho Técnico?**
- 4) Quais são as modalidades de execução de Desenho Técnico?**

2. NORMAS PARA DESENHO TÉCNICO – ABNT/DIN

2.1. ENTIDADES NORMALIZADORAS

A seguir temos uma lista das principais entidades de normalização:

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASME – Sociedade Americana de Engenharia Mecânica (American Society of Mechanical Engineering)

ASTM - Sociedade Americana para Testes e Materiais (American Society for Testing and Materials)

BS – Normas Britânicas (British Standards)

DIN – Instituto Alemão para Normalização (Deutsches Institut für Normung)

ISO – Organização Internacional para Normalização (International Organization for Standardization)

JIS – Normas da Indústria Japonesa (Japan Industry Standards)

SAE – Sociedade de Engenharia Automotiva (Society of Automotive Engineering)

2.2. PRINCIPAIS NORMAS

NBR 10067 – princípios gerais de representação em desenho técnico. A NBR 10067 (ABNT, 1995) fixa a forma de representação aplicada em desenho técnico. Normaliza o método de projeção ortográfica, que pode ser no 1º diedro ou no 3º diedro, a denominação das vistas, a escolha das vistas, vistas especiais, cortes e seções, e generalidades.

NBR 10068 – Folha de desenho Lay-out e dimensões – objetiva padronizar as dimensões das folhas na execução de desenhos técnicos e definir seu lay-out com suas respectivas margens e legenda.

NBR 10582 – apresentação da folha para desenho técnico – normaliza a distribuição do espaço da folha de desenho, definindo a área para texto, o espaço para desenho, etc..

NBR 13142 – desenho técnico – dobramento de cópias. Fixa a forma de dobramento de todos os formatos de folhas de desenho para facilitar a fixação em pastas.

NBR 8402 – execução de caracteres para escrita em desenhos técnicos.

NBR 8403 – aplicação de linhas em desenhos – tipos de linhas – larguras das linhas

NBR 8196 – desenho técnico – emprego de escalas

NBR 12298 – representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico

NBR10126 – cotagem em desenho técnico

NBR 8404 – indicação do estado de superfície em desenhos técnicos

NBR 6158 – sistema de tolerâncias e ajustes

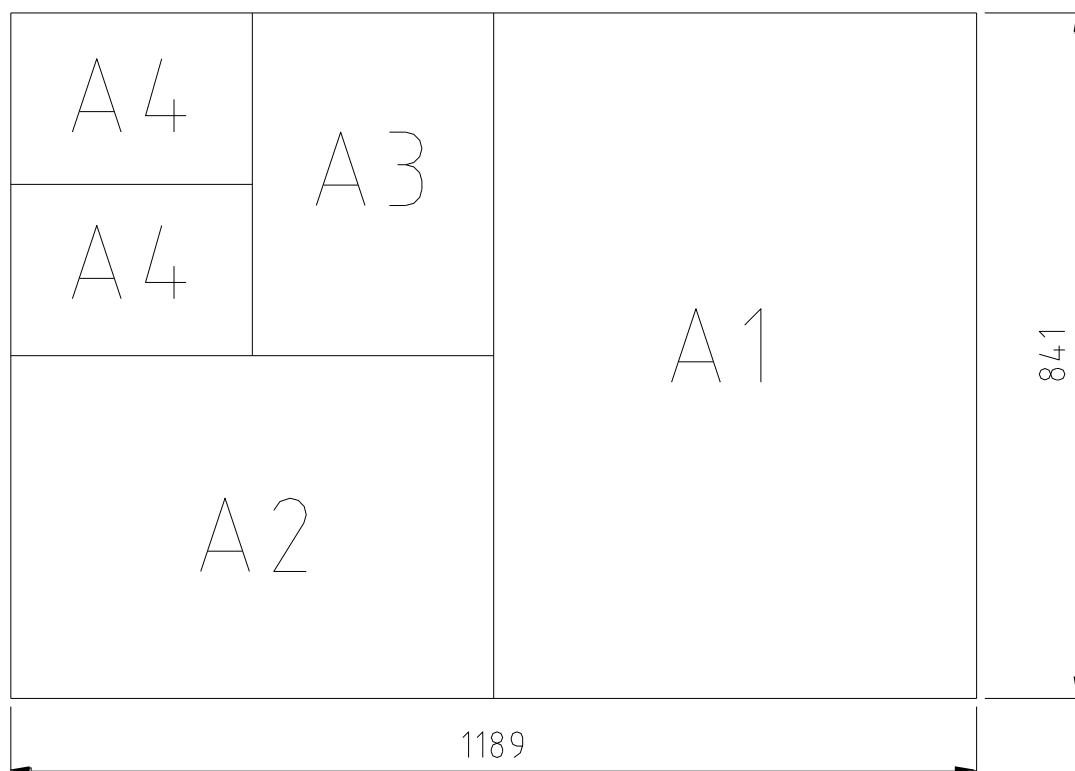
NBR 8993 – representação convencional de partes roscadas em desenho técnico

NBR 6402 – Execução de desenhos técnicos de máquinas e estruturas metálicas

2.3. FORMATOS PADRÕES DE FOLHAS

2.3.1. TAMANHOS DE FOLHAS PADRONIZADAS PELA ISO

O primeiro tamanho é o formato A0 com dimensões de 841 X 1189 mm, equivalente a 1 m² de área, sendo que os demais formatos originam-se da bipartição sucessiva deste, conforme figura abaixo.

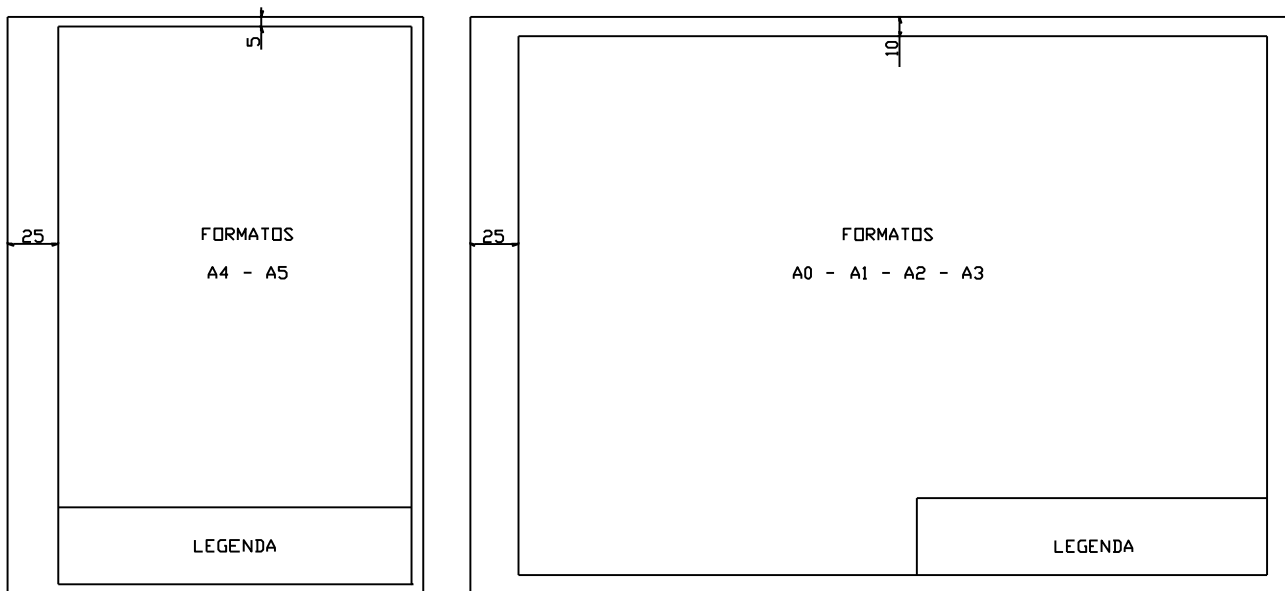


FORMATO	DIMENSÕES	MARGEM		COMPRIMENTO DA LEGENDA	ESPESSURA LINHAS DAS MARGENS
		ESQUERDA	OUTRAS		
A0	841 X 1189	25	10	175	1,4
A1	594 X 841	25	10	175	1,0
A2	420 X 594	25	10	178	0,7
A3	297 X 420	25	10	178	0,5
A4	210 X 297	25	5	178	0,5

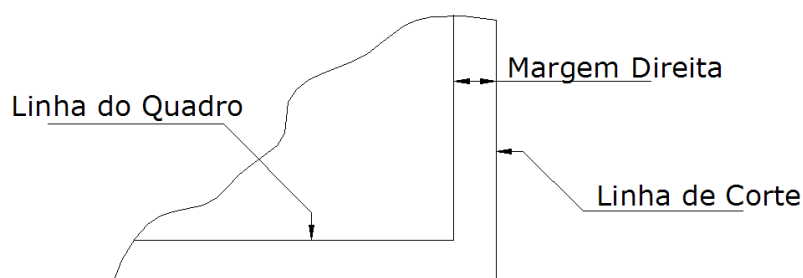
Quando da necessidade de utilização de formatos fora dos padrões estabelecidos, recomenda-se a escolha destes de tal forma que a largura ou o comprimento corresponda ao múltiplo ou submúltiplo do formato padrão.

2.3.2. QUADROS

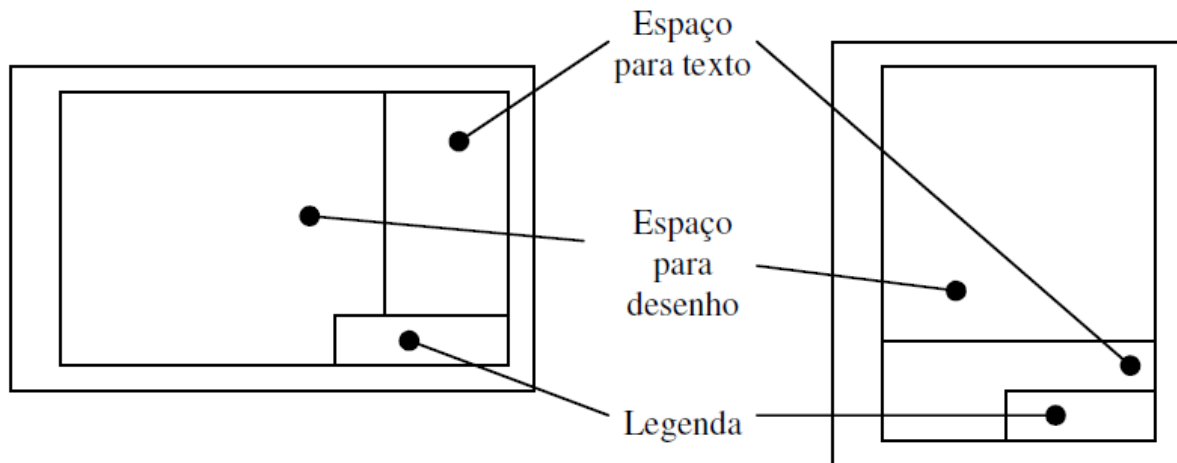
Nas dimensões das folhas deve haver um excesso de papel de 10 mm nos quatro lados e as margens ficam limitadas pelo contorno externo da folha e pelo quadro. O quadro tem a finalidade de limitar o espaço para o desenho conforme figura abaixo.



As margens são limitadas pelo contorno externo da folha e o quadro. O quadro limita o espaço para o desenho (Figura abaixo).



2.3.3. LAYOUT DA FOLHA



2.3.3.1. Espaço para desenho:

- Os desenhos são dispostos na ordem horizontal ou vertical.
- A vista principal é inserida acima e à esquerda, na área para desenho.

2.3.3.2. Espaço para texto:

- Todas as informações necessárias ao entendimento do conteúdo do espaço para desenho são colocadas no espaço para texto.
- O espaço para texto é colocado à direita ou na margem inferior do padrão de desenho.
- Quando o espaço para texto é colocado na margem inferior, a altura varia conforme a natureza do serviço.
- A largura do espaço de texto é igual a da legenda ou no mínimo 100 mm.
- O espaço para texto é separado em colunas com larguras apropriadas de forma que possível, leve em consideração o dobramento da cópia do padrão de desenho, conforme padrão A4.
- As seguintes informações devem conter no espaço para texto: explanação (identificação dos símbolos empregados no desenho), instrução (informações necessárias à execução do desenho), referência a outros desenhos ou documentos que se façam necessários, tábua de revisão (histórico da elaboração do desenho com identificação/assinatura do responsável pela revisão, data, etc).

2.3.3.3. Legendas:

A legenda deve ficar no canto inferior direito nos formatos A0, A1, A2, A3, ou ao longo da largura da folha de desenho no formato A4. As legendas nos desenhos industriais as informações na legenda podem ser diferentes de uma empresa para outra, em função das necessidades de cada uma. Este é o espaço destinado à informações complementares ao desenho como: identificação, número de registro, título, origem,

escala, datas, assinaturas de execução, verificação e aprovação, número de peças, quantidades, denominação, material e dimensão em bruto, etc...

5	8.765432	–	CP 4,25	7.654321	1
4	–	1234	CG 2,65	6.543210	1
3	1.234567	–	CG 1,95	5.432109	9
2	–	678	TR 50X30X3	4.321098	17
1	–	543	TQ50 X 2,7	3.210987	1
POS.	TABELA	DIMENSOES	MATERIAL	PECA N.º	QUANT.
IDENT.	U			PESO	
DES.	10/03/05	JOÃO PEDRO	SUBSTITUIDO	SUBSTITUI	
APROV.	13/03/05	JOSÉ PAULO	DESCRITIVO DO DESENHO EXEMPLO : ESTRUTURA DE SUSTENTAÇÃO LATERAL		
ESCALA	EMPRESA X			ARQUIVO	A3-CAD
1:2				CODIGO	70.012345

Toda folha de desenho deve possuir no canto inferior direito um quadro destinado à legenda. Este quadro deve conter o título do projeto/desenho, nome da empresa, escalas, unidades em que são expressas as informações, número da folha (caso o projeto tenha mais de uma folha), e outras informações necessárias para sua interpretação.

Título:	Data:	Disciplina/Turma:	Escala:	Unidade:
		2NA		
Aluno(a):	Disciplina/Turma:	2NA	UP	1/1

Figura – Exemplo de legenda

Acima da legenda é construído o quadro de especificações (ou NOTAS), contendo quantidade, denominação do objeto, material, acabamento superficial, entre outros que se julgar necessário.

A legenda deve ter 178 mm de comprimento nos formatos A2, A3 e A4, e 175 mm nos formatos A0 e A1.

2.3.3.4. Dobragem de Folhas:

Toda folha com formato acima do A4 possui uma forma recomendada de dobragem. Esta forma visa que o desenho seja armazenado em uma pasta, que possa ser consultada com facilidade sem necessidade de retirá-la da pasta, e que a legenda esteja visível com o desenho dobrado.

As ilustrações a seguir mostram a ordem das dobras. Primeiro dobra-se na horizontal (em "sanfona"), depois na vertical (para trás), terminando a dobra com a parte da legenda na frente. A dobra no canto superior esquerdo é para evitar de furar a folha na dobra traseira, possibilitando desdobrar o desenho sem retirar do arquivo.

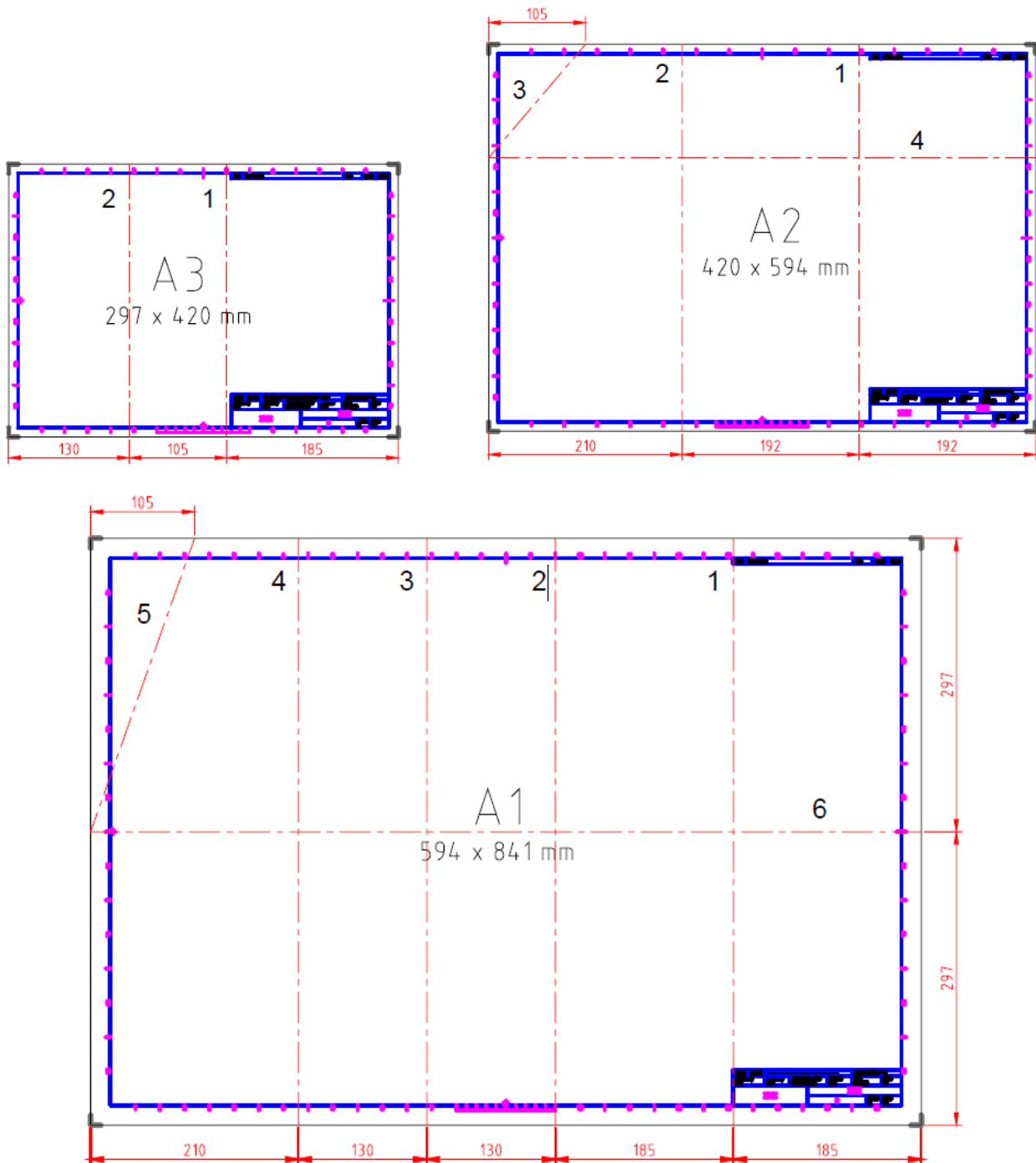


Figura - Dobragem de alguns formatos

2.4. LETRAS E ALGARISMOS

A NBR 8402 (ABNT, 1994) normaliza as condições para a escrita usada em Desenhos Técnicos e documentos semelhantes.

Visa à uniformidade, a legibilidade e a adequação à microfilmagem e a outros processos de reprodução.

“A habilidade no traçado das letras só é obtida pela prática contínua e com perseverança. Não é, pois, uma questão de talento artístico ou mesmo de destreza manual”. (SILVA, 1987)

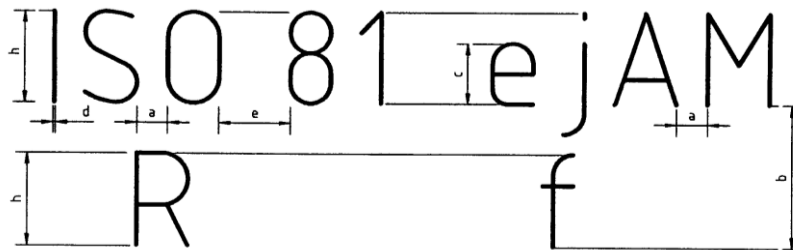
A maneira de segurar o lápis ou lapiseira é o primeiro requisito para o traçado das

letras. A pressão deve ser firme, mas não deve criar sulcos no papel. Segundo Silva (1987) a distância da ponta do lápis até os dedos deve ser 1/3 do comprimento do lápis, aproximadamente.

Na execução das letras e algarismos podem ser usadas pautas traçadas levemente, com lápis H bem apontado ou lapiseira 0,3mm com grafite H. Estas pautas são constituídas de quatro linhas conforme Figura 12. As distâncias entre estas linhas e entre as letras são apresentadas na Figura 13 e tabela 04 a seguir.

Caligrafia Técnica

Exemplo de pautas para escrita em Desenho Técnico

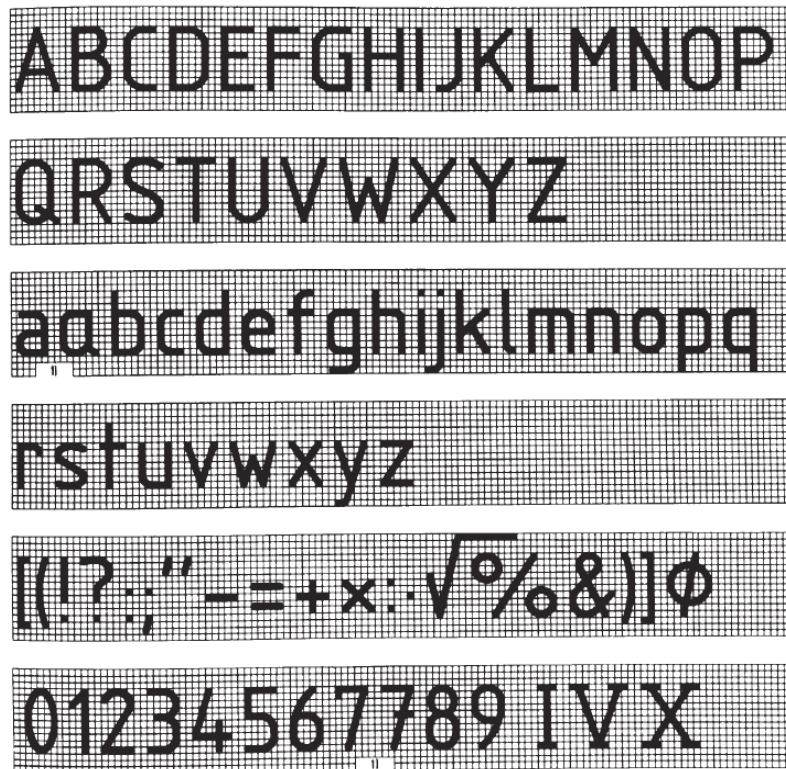


Características da forma de escrita
 Fonte: NBR 8402 (ABNT, 1994)

Tabela – Proporções e dimensões de símbolos gráficos
 NBR 8402 (ABNT, 1994)

Características	Relação	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	
Distância Mínima entre Caracteres - a	(2/10)h	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4	
Distância Mínima entre Linhas de Base - b	(14/10)h	3,5	5	7	10	14	20	28	
Distância Mínima entre Palavras - e	(6/10)h	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12	
Largura da Linha - d	(1/10)h	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	

A escrita pode ser vertical ou inclinada, em um ângulo de 15° para a direita em relação à vertical.



Forma da escrita vertical
Fonte: NBR 8402 (ABNT, 1994)

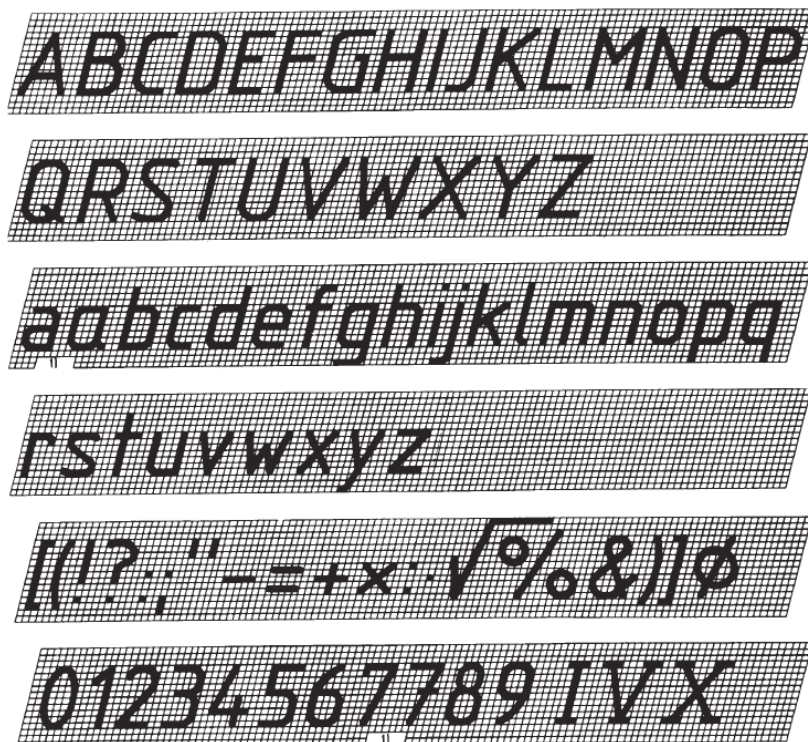


Figura – Forma da escrita inclinada
Fonte: NBR 8402 (ABNT, 1994)

2.5. TIPOS DE LINHAS E SUAS APLICAÇÕES

A NBR 8403 (ABNT, 1984) fixa tipos e o escalonamento de larguras de linhas para uso em desenhos técnicos e documentos semelhantes (Tabela 05 e Figura 16).

A relação entre as larguras de linhas largas e estreita não deve ser inferior a 2. As larguras devem ser escolhidas, conforme o tipo, dimensão, escala e densidade de linhas do desenho, de acordo com o seguinte escalonamento: 0,13; 0,18; 0,25; 0,35; 0,50; 0,70; 1,00; 1,40 e 2,00mm. As larguras de traço 0,13 e 0,18 mm são utilizadas para originais em que a sua reprodução se faz em escala natural.

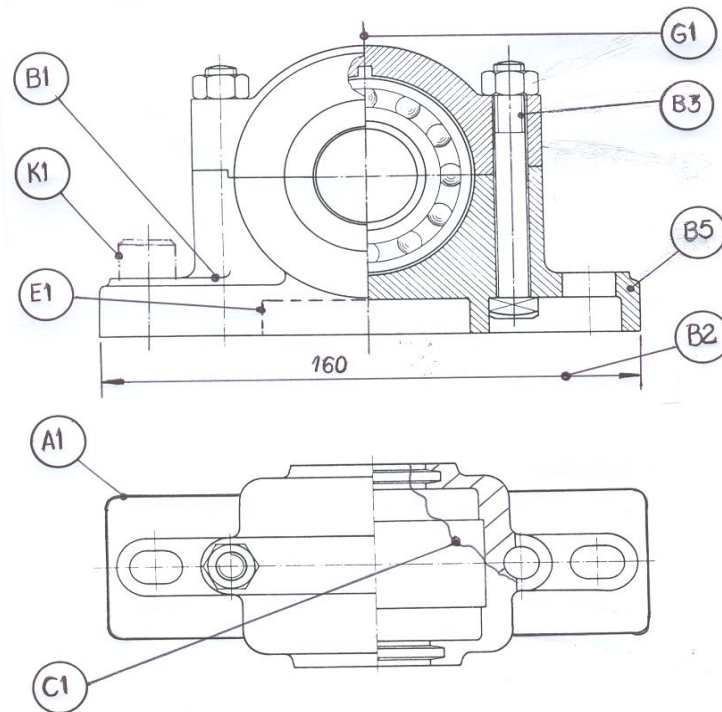


Figura – Demonstração de alguns tipos de linhas

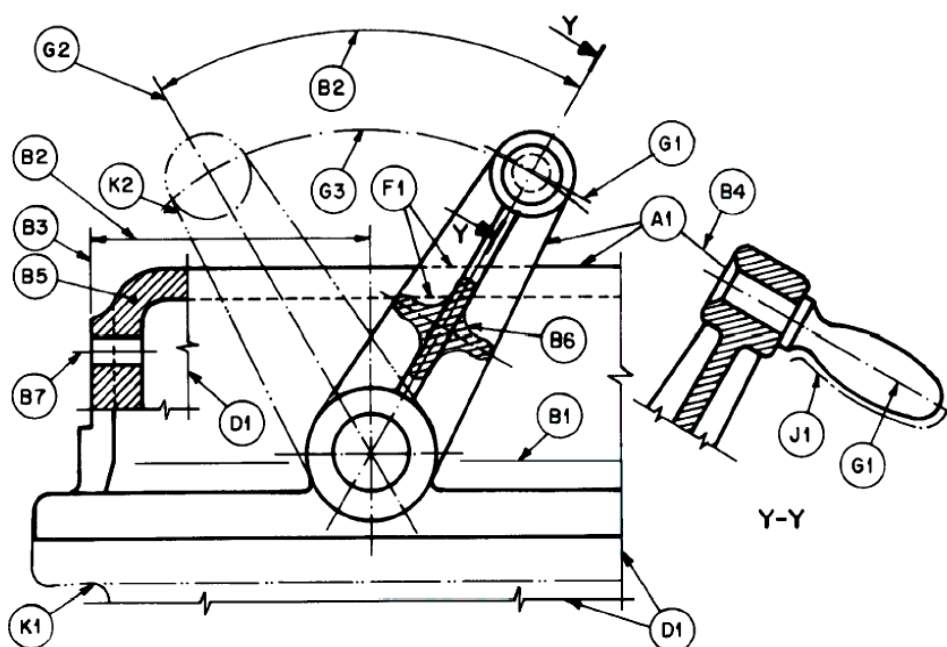




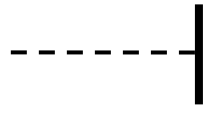
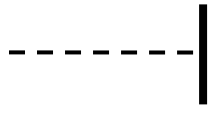


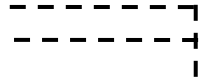

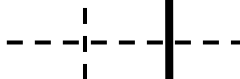
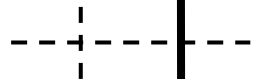
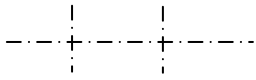
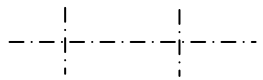


Figura – Outros exemplo de utilização de linhas
Fonte: NBR 8403 (ABNT, 1984)

LINHA	DENOMINAÇÃO	APLICAÇÃO GERAL
<p>A</p> 	<p>Contínua larga</p>	<p>A1 Contornos Visíveis A2 Arestas Visíveis</p>
<p>B</p> 	<p>Contínua estreita</p>	<p>B1 Linhas de interseção imaginárias B2 Linhas de cotas B3 Linhas auxiliares B4 Linhas de chamada B5 Hachuras B6 Contornos de seções rebatidas na própria vista B7 Linhas de centro curtas</p>
<p>C</p>  <p>D</p> 	<p>Contínua estreita a mão livre (1) Contínua estreita em zigue-zague (1)</p>	<p>C1 Limites de vistas ou cortes parciais ou interrompidas se os limites não coincidir com linhas traço ponto D1 Esta linha destina-se a desenho confeccionados por máquinas</p>
<p>E</p>  <p>F</p> 	<p>Tracejada larga (1) Tracejada estreita (1)</p>	<p>E1 Contornos não visíveis E2 Arestas não visíveis F1 Contornos não visíveis F2 Arestas não visíveis</p>
<p>G</p> 	<p>Traço e ponto estreita (1)</p>	<p>G1 Linhas de centro G2 Linhas de simetrias G3 Trajetória</p>
<p>H</p> 	<p>Traço e ponto estreito, larga nas extremidades e na mudança de direção</p>	<p>H1 Planos de corte</p>
<p>J</p> 	<p>Traço e ponto larga</p>	<p>J1 Indicação das linhas ou superfícies com indicação especial</p>
<p>K</p> 	<p>Traço e dois pontos estreita</p>	<p>K1 Contornos de peças adjacentes K2 Posição limite de peças móveis K3 Linhas de centro de gravidade K4 Cantos antes de formação K5 Detalhes situados antes do plano do corte</p>
<p>1. Se existem duas alternativas em um mesmo desenho, só deve ser aplicada uma opção.</p>		

Em muitas situações, ocorrem cruzamentos de linhas visíveis com invisíveis ou com linhas de eixo. Nestas situações, a representação pode ser tornada clara utilizando-se algumas convenções que, embora não normalizadas, podem ser bastante úteis, em particular para a realização e compreensão de esboços. Algumas destas convenções estão normalizadas pela ISO 128-20:1996, mas os programas de CAD normalmente não as utilizam. As convenções para a interseção de linhas são apresentadas na Tabela abaixo (SILVA *et al*, 2006).

Tabela – Interseção de linhas
Fonte: Silva *et al*, 2006

Descrição	Correto	Incorreto
Quando uma aresta invisível termina perpendicularmente ou angularmente em relação a uma aresta visível, toca a aresta visível.		
Se existir uma aresta visível no prolongamento de uma aresta invisível, então a aresta invisível não toca a aresta visível.		
Quando duas ou mais arestas invisíveis terminam num ponto, devem tocar-se.		
Quando uma aresta invisível cruza outra aresta (visível ou invisível), não deve tocá-la.		
Quando duas linhas de eixo se interceptam, devem tocar-se.		

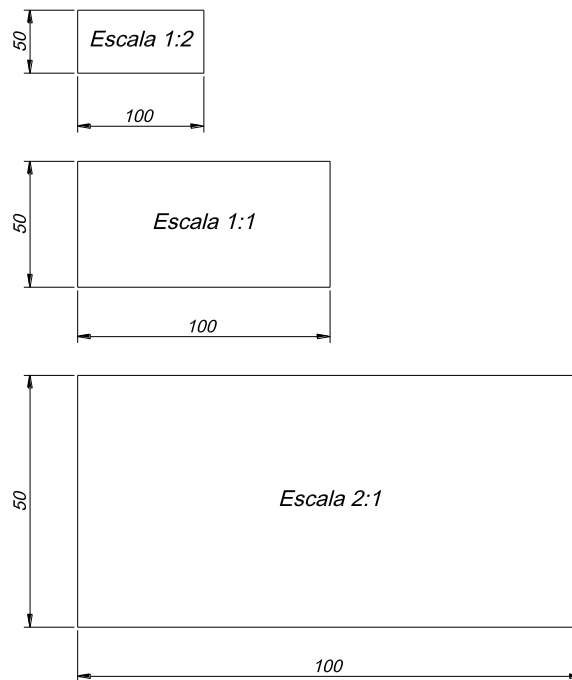
2.6. ESCALAS

Deve-se sempre que possível, procurar fazer o desenho nas medidas reais da peça, para transmitir uma idéia melhor de sua grandeza. Para componentes que são demasiadamente pequenos, precisamos fazer ampliações que permitam a representação de todos os detalhes conforme norma. No caso inverso, isto é, para peças de grande tamanho, o desenho deve ter proporções menores, sendo possível assim a sua execução dentro dos formatos padronizados.

A Norma NBR 8196 OUT / 1983, define que a designação completa de uma escala deve consistir da palavra "ESCALA", seguida da indicação da relação como segue:

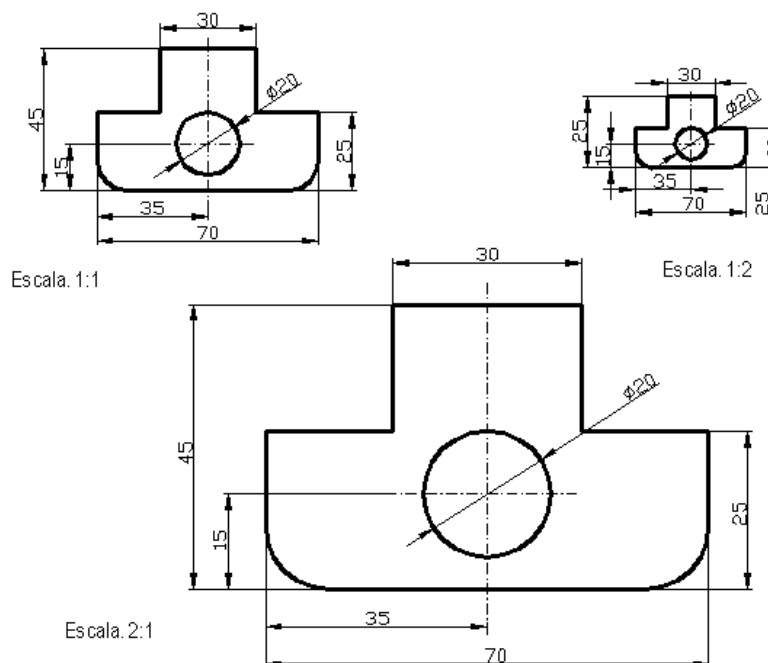
Escala		
Redução	Natural	Ampliação
1:2	1:1	2:1
1:5		5:1
1:10		10:1
1:20		20:1
1:100		100:1
1:200		200:1
1:500		500:1
1:1000		1000:1

ESCALA é uma relação que se estabelece entre as dimensões de um objeto em verdadeira grandeza e aquelas que ele possui em um desenho.



Observações: independente do uso de escalas reduzidas ou ampliadas, a cotação sempre é feita com as medidas reais da peça. A escala utilizada sempre deve ser escrita na legenda.

A escala a ser escolhida para um desenho depende da complexidade do objeto a ser representado e da finalidade da representação. Em todos os casos, a escala selecionada deve ser suficientemente grande para permitir uma interpretação fácil e clara da informação representada. A escala e o tamanho do objeto em questão deverão decidir o formato da folha. Exemplos de peças em escala.



A designação completa de uma escala deve consistir na palavra "ESCALA", seguida da indicação da relação:

- a) ESCALA 1:1, para escala natural;
- b) ESCALA X:1, para escala de ampliação ($X > 1$);
- c) ESCALA 1:X, para escala de redução ($X > 1$).

3 – INSTRUMENTOS DE DESENHO

Pranchetas (mesas para desenho) – construídas com tampo de madeira macia e revestidas com plástico apropriado, comumente verde, por produzir excelente efeito para o descanso dos olhos.

Régua paralela – instrumento adaptável à prancheta, funcionando através de um sistema de roldanas.

Tecnígrafo – instrumento adaptável à prancheta reunindo, num só mecanismo, esquadro, transferidor, régua paralela e escala.

Régua "T" – utilizada sobre a prancheta para traçado de linhas horizontais ou em ângulo, servindo ainda como base para manuseio dos esquadros.

Esquadros – utilizados para traçar linhas, normalmente fornecidos em pares (um de $30^\circ/60^\circ$ e um de 45°).

Transferidor – instrumento destinado a medir ângulos. Normalmente são fabricados modelos de 180° e 360° .

Escalímetro – utilizada unicamente para medir, não para traçar.

Compasso – utilizado para o traçado de circunferências, possuindo vários modelos (cada qual com a sua função), alguns possuindo acessórios como tira-linhas e alongador para círculos maiores.

Curva francesa – gabarito destinado ao traçado de curvas irregulares.

Gabaritos – fornecidos em diversos tamanhos e modelos para as mais diversas formas (círculos, elipses, específicos para desenhos de engenharia civil, elétrica, etc.)

Lápis ou lapiseira – atualmente as mais utilizadas são as lapiseiras com grafite de 0,5mm e 0,7mm de diâmetro.

Observações: Para a disciplina de Desenho Técnico, são necessários os instrumentos destacados em negrito. Ou seja, **Esquadros** (um de $30^\circ/60^\circ$ e um de 45° - sem escala e de acrílico transparente – recomenda-se tamanho de 200mm); **Transferidor** (simples); **Escalímetro** (régua boa); **Compasso** (muito bom – evitar os de plástico simples); **Duas Lapiseiras** – 1ª com grafite **0,7** para o traçado dos contornos da peça e a 2ª com grafite **0,5** para o traçado linhas auxiliares e de cotas; **Borracha branca e macia**.

Materiais Complementares:

Flanela, escova para limpeza, **fita adesiva**, borrachas e grafites para a reposição.

Grau de dureza dos grafites:

A graduação dos grafites está mostrada na Tabela 1.

Tabela 01 – Grau de dureza dos grafites

9H a 4H	3H, 2H e H	F e HB	B e 2B	3B, 4B, 5B e 6B
extremamente duros	duros	médios	macios	macios a extremamente macios

4 – VISTAS ORTOGRÁFICAS

Utilizando o sistema de projeções cilíndricas ortogonais, o matemático francês Gaspard Monge criou a Geometria Descritiva que serviu de base para o Desenho Técnico. Utilizando dois planos perpendiculares, um horizontal (π') e outro vertical (π''), ele dividiu o espaço em quatro partes denominados diedros.

Um objeto colocado em qualquer diedro terá as suas projeções horizontal e vertical (Figura 4.1). Como o objetivo é visualizar o objeto num só plano, o desenho é denominado "épura", ou planificação do diedro, que consiste na rotação do plano horizontal, de modo que a parte anterior do π' coincida com a parte inferior de π'' , enquanto o plano vertical permanece imóvel (figura 4.2). A linha determinada pelo encontro dos dois planos é chamada de Linha de Terra (LT).

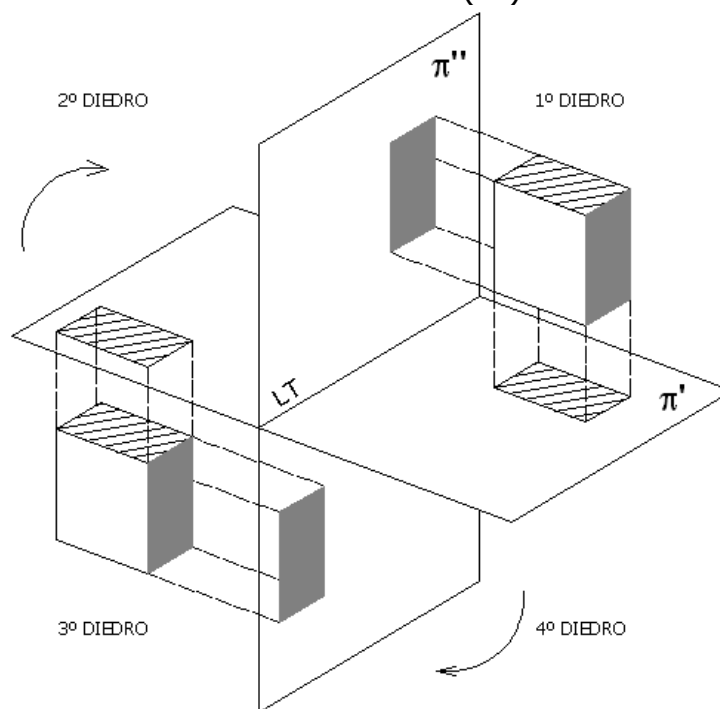


Figura 4.1 – Representação das projeções de um objeto no 1º e 3º diedros

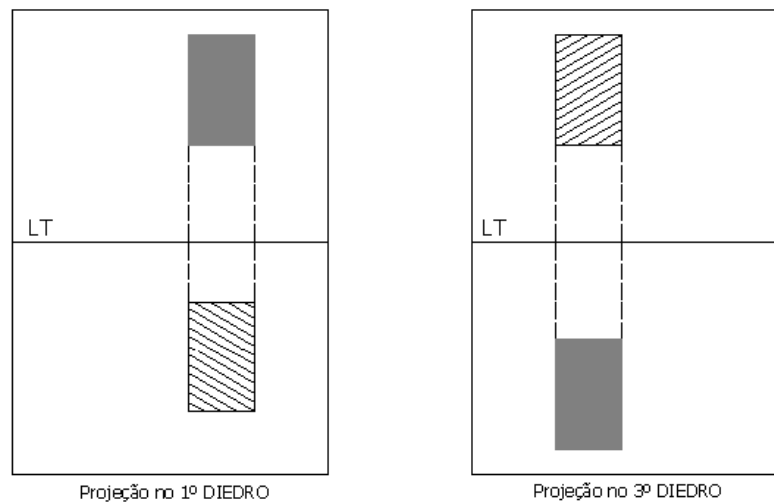


Figura 4.2 – Representação das épuras dos objetos da figura anterior

Pode-se citar algumas diferenças entre a Geometria Descritiva e o Desenho Técnico. Na Geometria Descritiva duas projeções são suficientes para representar um objeto, recorrendo raramente ao plano de perfil, isto se deve ao fato de utilizarmos letras na identificação dos vértices e arestas dos objetos representados. Já no Desenho Técnico, esta identificação torna-se impraticável, utilizando-se, normalmente, uma terceira projeção, para definir de modo inequívoco a forma dos objetos. A segunda distinção é encontrada no posicionamento do objeto. Em Desenho Técnico o objeto é colocado com suas faces principais paralelas aos planos de projeção, de modo a obtê-las em verdadeira grandeza (VG) na projeção em que seja paralela. O mesmo não ocorre com a Geometria Descritiva, onde se resolvem problemas de representação com objetos colocados em qualquer posição relativa aos planos de referência.

Define a Norma Técnica Brasileira NBR ISO 10209-2 (2005) que o termo "Representação ortográfica" significa "projeções ortogonais de um objeto posicionado normalmente com suas faces principais paralelas aos planos coordenados, sobre um ou mais planos de projeção, coincidentes ou paralelos aos planos coordenados. Estes planos de projeção são convenientemente rebatidos sobre a folha de desenho, de modo que as posições das vistas do objeto sejam relacionadas entre si".

As vistas de um objeto habitualmente são obtidas sobre três planos perpendiculares entre si, um vertical, um horizontal e outro de perfil, que definem um triedro tri-retângulo como sistema de referência.

4.1 Diedros

Atualmente, a maioria dos países que utilizam o método de representação por diedros adotam a projeção ortogonal no 1º diedro. No Brasil, a ABNT recomenda a representação no 1º diedro. Entretanto, alguns países, como por exemplo os Estados Unidos e o Canadá, representam seus desenhos técnicos no 3º diedro.

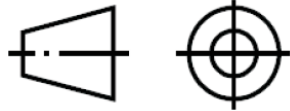
No 1º Diedro o objeto se situa entre o observador e o plano de projeção.

No 3º Diedro o plano de projeção se situa entre o objeto e o observador.

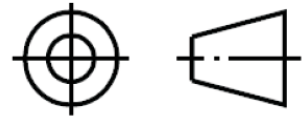
Esses símbolos aparecem no canto inferior direito da folha de papel dos desenhos técnicos, dentro da Legenda.

A seguir serão mostradas as diferenças de representações de desenhos em 1º e 3º diedro.

1º Diedro



3º Diedro



4.2 Representação no 1º Diedro

No 1º diedro o objeto está entre o observador e o plano de projeção. Na Figura 4.3, podemos verificar três vistas ortográficas de um mesmo objeto que está disposto de modo a satisfazer a condição de paralelismo de duas faces com os três planos do triedro. Essas três vistas ortográficas habituais, que garantem a univocidade da representação do objeto, são denominadas: vista frontal (VF), vista superior (VS) e vista lateral esquerda (VLE). Planifica-se esta representação rebatendo o plano horizontal e o de perfil sobre o plano vertical.

O sistema de projeção no 1º diedro é conhecido como Método Alemão ou Método Europeu. É adotado pela norma alemã DIN (*Deutsches Institut für Normung*) e também pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

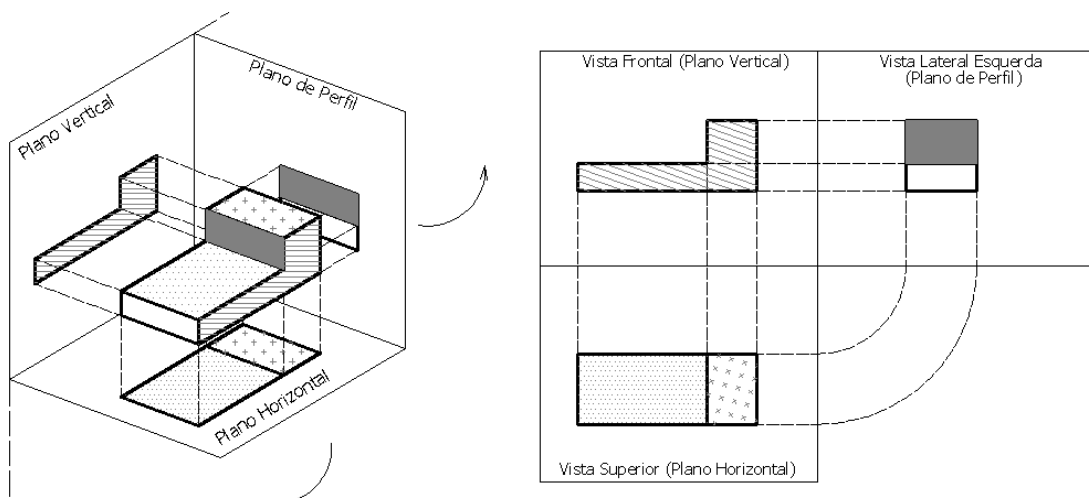


Figura 4.3 – Projeção de um objeto no 1º diedro

Em casos muito esporádicos (de peças complicadas), pode recorrer-se a mais planos de projeção, para representar mais vistas além das habituais (VF, VS VL), correspondendo a envolver a peça em um paralelepípedo de referência (triedro tri-retângulo fechado), que é posteriormente aberto e rebatido. Obtêm-se assim, seis vistas do objeto (Figura 4.4).

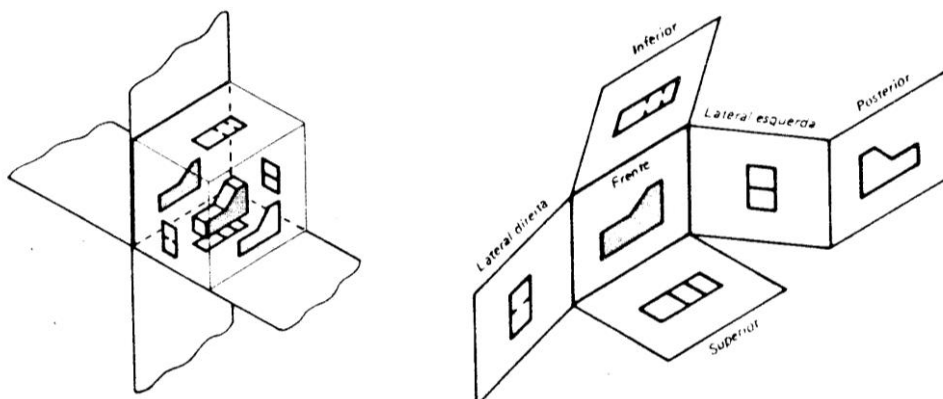


Figura 4.4 – Projeção no 1º diedro

A projeção de um objeto no primeiro diedro corresponde à representação ortográfica compreendendo o arranjo, em torno da vista principal de um objeto, de algumas ou de todas as outras cinco vistas desse objeto. Com relação à vista principal (vista frontal), as demais vistas são organizadas da seguinte maneira: a vista superior (VS) fica abaixo, a vista inferior (VI) fica acima, a vista lateral esquerda (VLE) fica à direita, a vista lateral direita (VLD) fica à esquerda e a vista posterior (VP) fica à direita ou à esquerda, conforme conveniência (Figura 4.5).

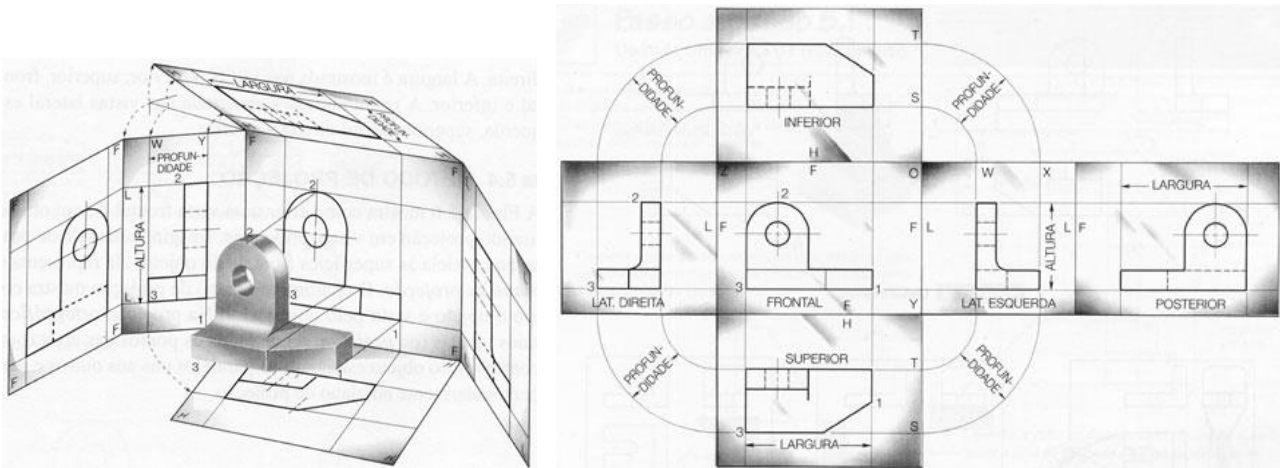


Figura 4.5 – Exemplo das seis vistas ortográficas possíveis de uma peça, no 1º diedro.

A projeção horizontal (VS ou VI) fornece a largura e a profundidade, a vertical (VF ou VP) fornece a largura e a altura, e a de perfil (VLD ou VLE) fornece a profundidade e a altura.

Quando a vista oposta a uma habitual for idêntica a esta ou totalmente desprovida de detalhes, não é necessária a sua representação, bastando a vista habitual. No caso de sólidos assimétricos é necessário apresentar as vistas opostas às habituais ou recorrer a outro tipo de representação convencional, como cortes, seções ou vistas auxiliares.

Se o objeto possuir faces inclinadas em relação aos planos do paralelepípedo de referência e é necessário representar a verdadeira grandeza dessas faces, deverão ser utilizados planos de projeção auxiliares, paralelos àquelas faces e rebatidos sobre os planos habituais de referência.

4.3 Representação no 3º Diedro

No 3º diedro o plano de projeção está situado entre o observador e o objeto. O sistema de projeção no 3º diedro (Figura 4.6) é conhecido como Método Americano e é adotado pela norma americana ANSI (*American National Standards Institute*).

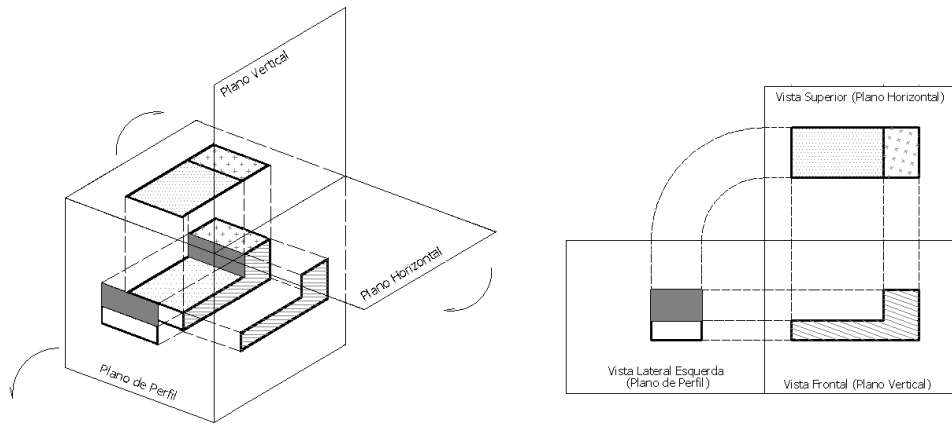


Figura 4.6 – Projeção de um objeto no 3º diedro

Com relação à vista principal, a vista frontal, as demais vistas são organizadas da seguinte maneira: a vista superior fica acima, a vista inferior fica abaixo, a vista lateral esquerda fica à esquerda, a vista lateral direita fica à direita e a vista posterior fica à direita ou à esquerda, conforme conveniência (Figura 4.7).

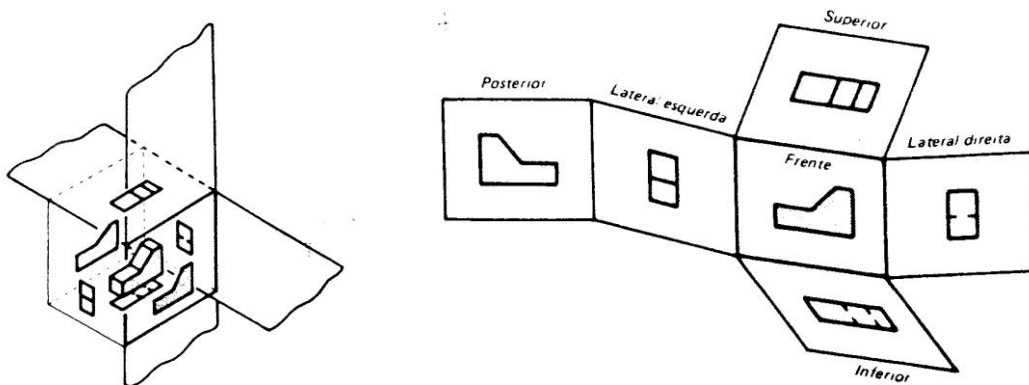


Figura 4.7 – Projeção no 3º diedro

A diferença fundamental entre os dois métodos está na posição das vistas (Figura 4.8), sendo a vista frontal a principal. A vista de frente também é chamada de elevação e a superior de planta.

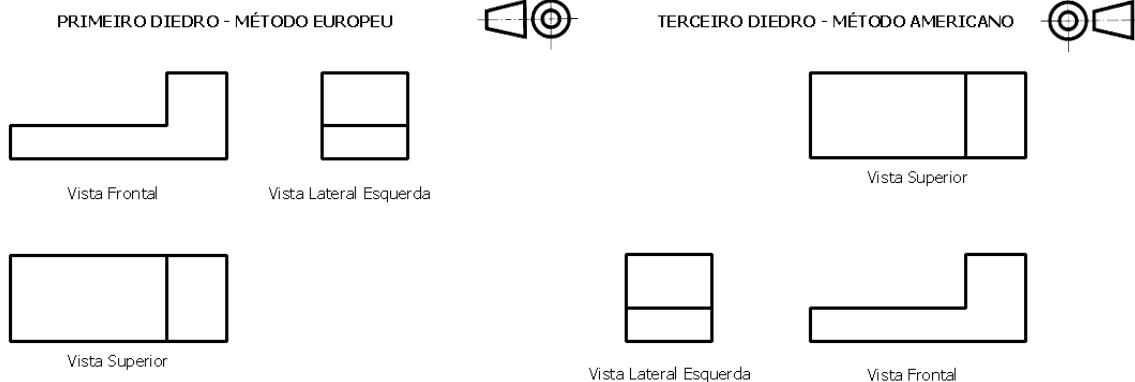


Figura 4.8 – Exemplo das vistas ortográficas no sistema europeu e no sistema americano

4.4 Obtenção das vistas ortográficas

O objeto é colocado no interior do triedro tri-retângulo para obter suas vistas. A vista de frente deve ser a principal. Esta vista comanda a posição das demais. É conveniente que se faça uma análise do objeto, com o objetivo de escolher a melhor posição para a vista de frente.

A escolha da vista de frente deve ser:

- a) Aquela que mostre a forma mais característica do objeto;
- b) A que indique a posição de trabalho do objeto, ou seja, como ele é encontrado, isoladamente ou num conjunto;
- c) Se os critérios anteriores forem insuficientes, escolhe-se a posição que mostre a maior dimensão do objeto e possibilite o menor número de linhas invisíveis nas outras vistas.

Em Desenho Técnico não se representam nem a linha de terra nem o traço do plano de perfil. Porém, devem ser obedecidas as regras de posicionamento relativo das vistas, decorrentes da teoria de dupla projeção ortogonal e do rebatimento dos planos de referência.

Para obter as vistas de um objeto, inicialmente, são comparadas as dimensões de largura, altura e profundidade, para a escolha da posição vertical ou horizontal do papel. Efetua-se então a representação das vistas necessárias do objeto, de acordo com suas dimensões (Figura 4.9).

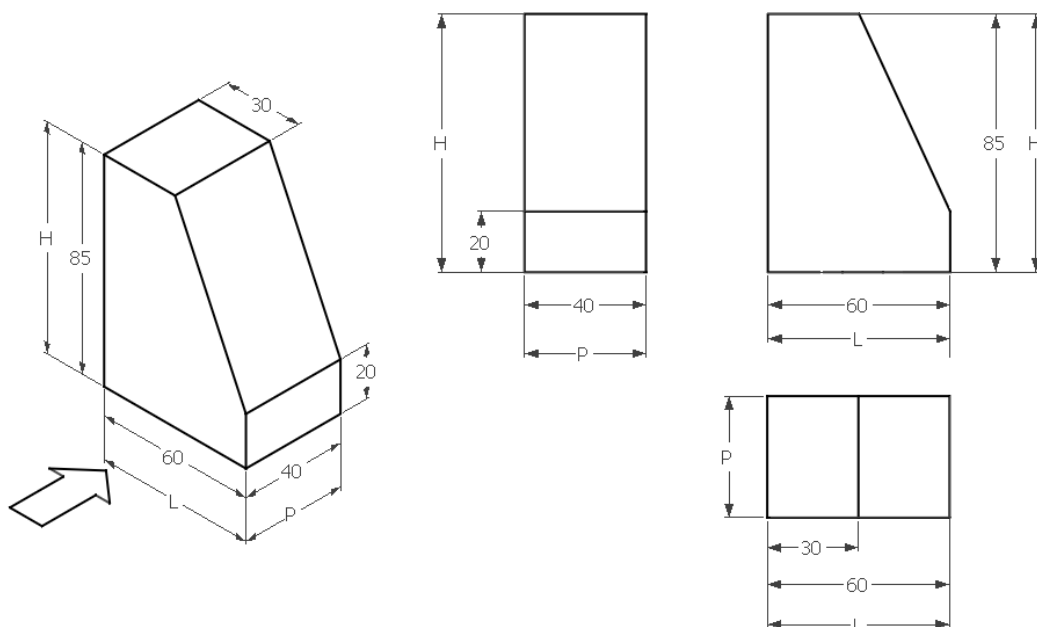


Figura 4.9 – Vistas ortográficas de um objeto no 1º diedro

O objeto representado na Figura 4.9 possui uma face que não é paralela a nenhum dos planos de referência, e, portanto, nas suas vistas não aparece a verdadeira grandeza da mesma.

Os objetos, agora, estarão sendo representados apenas no 1º diedro.

Em Geometria Descritiva constroem-se as figuras, ponto por ponto, em função das respectivas coordenadas (abscissa, afastamento e cota) referidas aos planos de projeção. Em Desenho Técnico, devido à regularidade dos objetos habitualmente representados, utilizam-se para construir as vistas suas próprias dimensões, tomadas paralelamente aos planos de projeção e tendo como referência as faces ou eixos de simetria do próprio objeto (Figura 4.10).

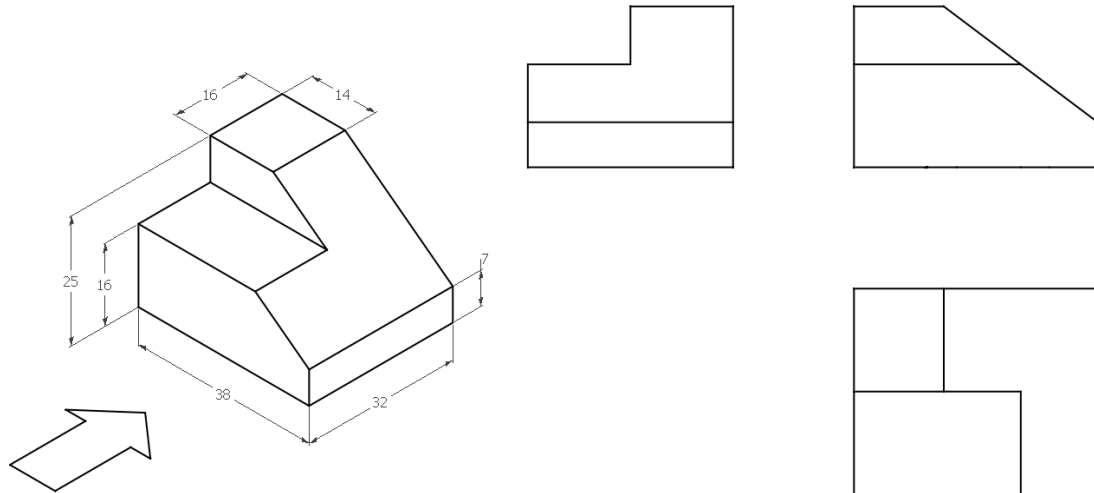


Figura 4.10 – Vistas ortográficas de um objeto em Desenho Técnico no 1º diedro

Na obtenção das vistas, os contornos e arestas visíveis são desenhados com linha contínua larga. As arestas e contornos que não podem ser vistos da posição ocupada pelo observador, por estarem ocultos pelas partes que ficam à frente, são representados por linhas tracejadas largas ou estreitas. Com a utilização de linhas tracejadas para aresta invisíveis evita-se, normalmente, com essa convenção, a necessidade de representação de duas vistas opostas de um mesmo contorno, quando o objeto não for simétrico (Figura 4.11). As linhas de centro são eixos de simetria que posicionam o centro de furos ou detalhes com simetria radial, elas são representadas pelo tipo de linha de traço e ponto estreita.

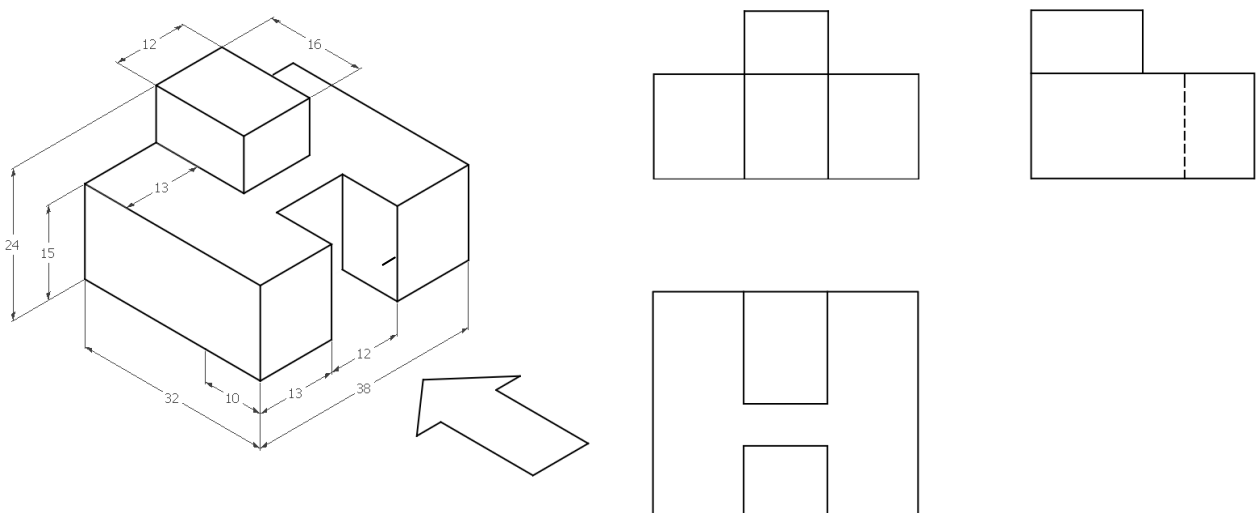


Figura 4.11 – Vistas de um objeto onde na lateral esquerda há uma aresta invisível no 1º diedro

A representação da vista oposta a uma vista habitual é necessária quando a quantidade e a complexidade dos detalhes invisíveis e sua coincidência parcial com linhas visíveis impedem uma fácil identificação dos mesmos.

4.5 Análise da forma dos objetos

Todos os objetos podem ser considerados como compostos de sólidos geométricos elementares, tais como: prismas, cilindros, cones, etc, utilizados de maneira positiva (adicionados) ou negativa (subtraídos) (Figuras 4.12 e 4.13).

Antes de representar um objeto por meio de suas vistas ortográficas deve-se analisar quais os sólidos geométricos elementares que adicionados ou subtraídos levam à sua obtenção. As vistas ortográficas desse objeto serão desenhadas obedecendo aquela sequência de operações de montagem ou corte.

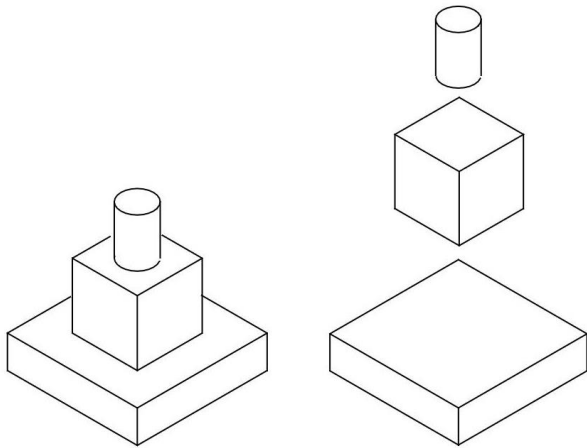


Figura 4.12 – Objeto composto de maneira positiva

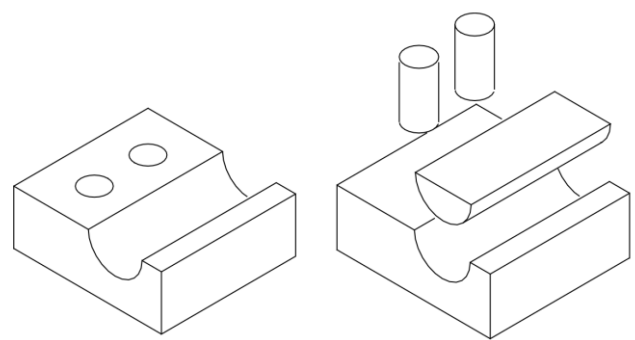


Figura 4.13 – Objeto composto de maneira negativa

4.6 Leitura de vistas ortográficas

A representação de um objeto no sistema de vistas ortográficas somente será compreendido de modo inequívoco se cada vista for interpretada em conjunto e coordenadamente com as outras.

A leitura das vistas ortográficas é muito auxiliada pela aplicação de três regras fundamentais:

1ª) regra do alinhamento: as projeções de um mesmo elemento do objeto nas vistas adjacentes estão sobre o mesmo alinhamento, isto é, sobre a mesma linha de chamada (Figura 4.14);

2ª) regra das figuras contíguas: as figuras contíguas de uma mesma vista correspondem a faces do objeto que não podem estar situadas no mesmo plano (Figura 4.15);

3ª) regra da configuração: uma face plana do objeto projeta-se com a sua configuração ou como um segmento de reta. No primeiro caso a face é inclinada ou paralela ao plano de projeção, e, no segundo caso é perpendicular a ele (Figura 4.16).

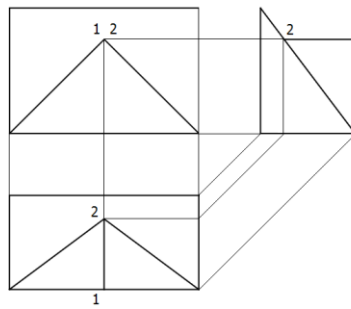


Figura 4.14 – Regra do alinhamento das vistas ortográficas de um objeto

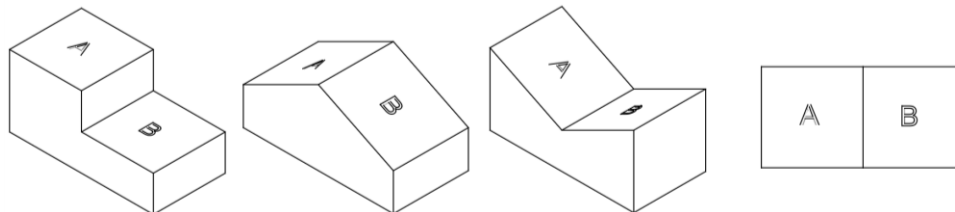


Figura 4.15 – Regra das figuras contíguas das vistas ortográficas de um objeto

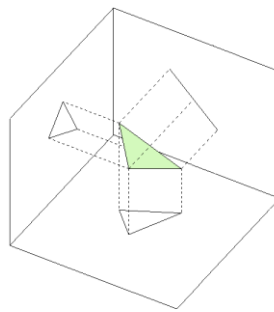
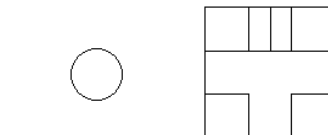
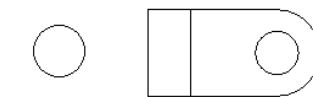
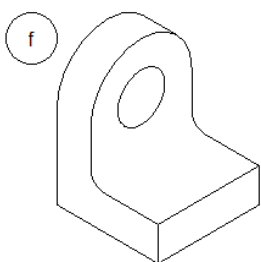
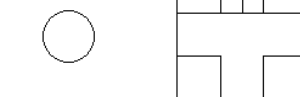
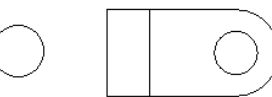
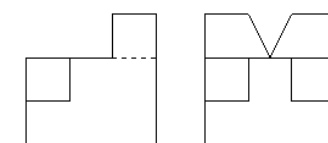
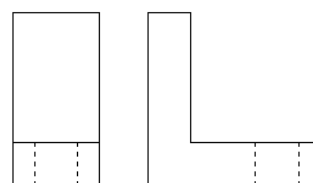
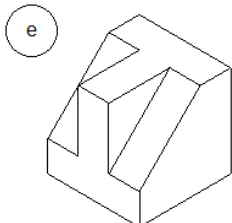
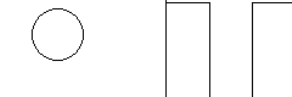
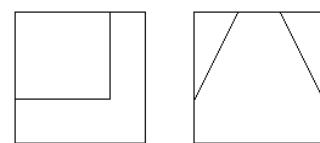
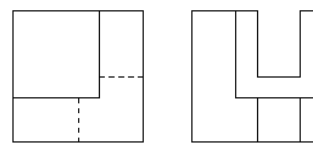
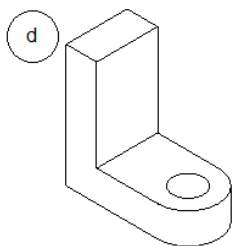
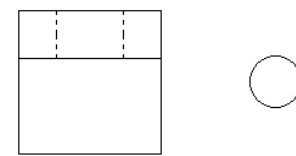
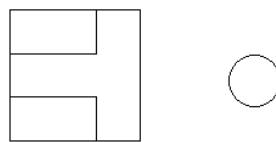
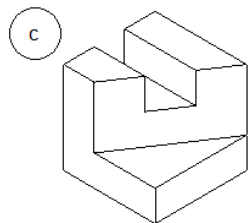
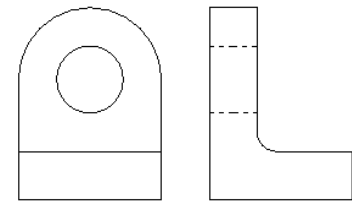
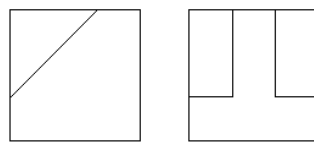
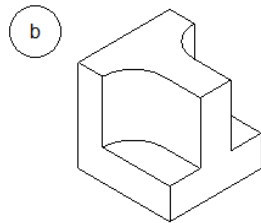
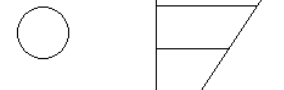
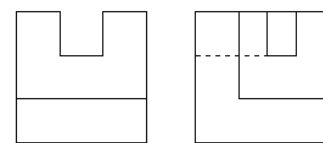
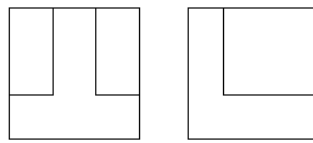
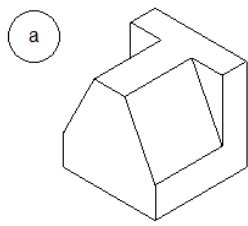


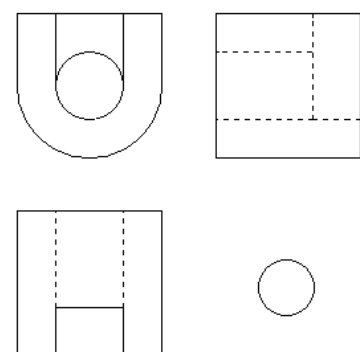
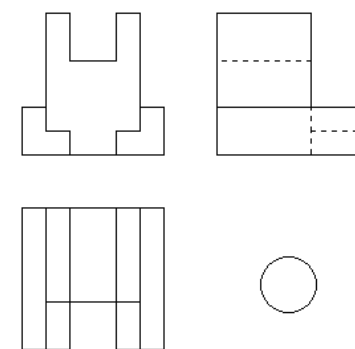
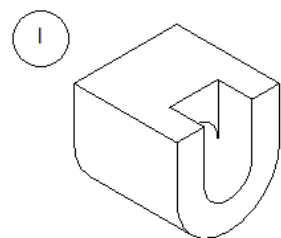
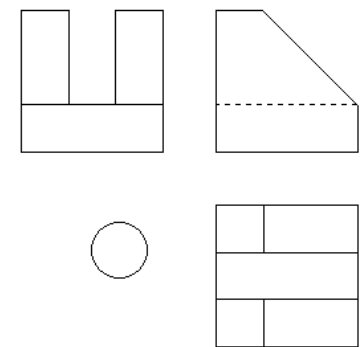
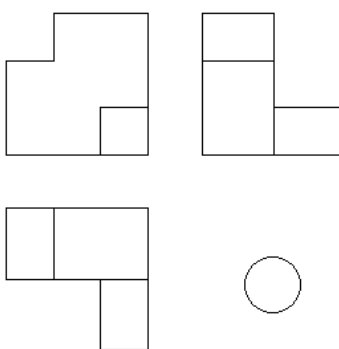
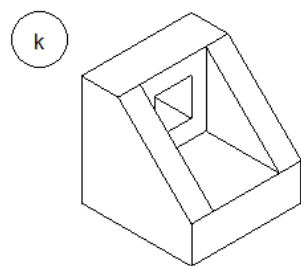
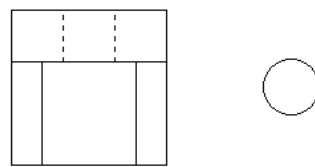
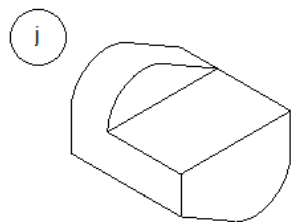
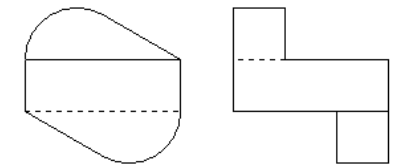
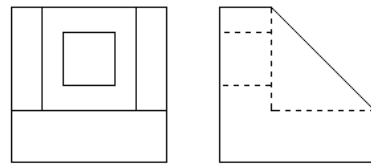
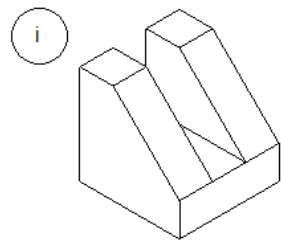
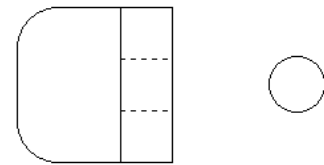
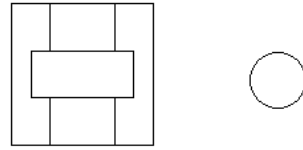
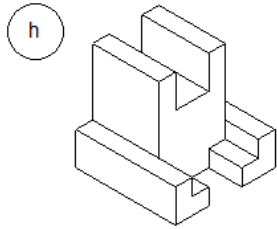
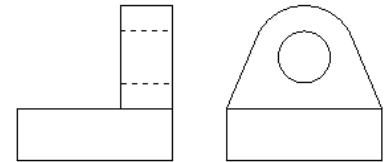
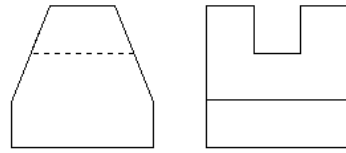
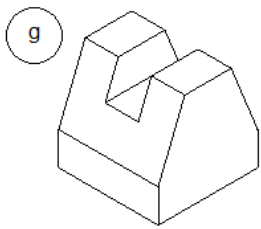
Figura 4.16 – Regra da configuração das projeções de uma face de um objeto

Além dessas três regras básicas, é útil saber que, usando as projeções no 1º diedro, qualquer detalhe voltado para o observador numa determinada vista aparecerá mais afastados dela em uma vista adjacente. Se as projeções forem executadas no 3º diedro, o mesmo detalhe estará mais próximo.

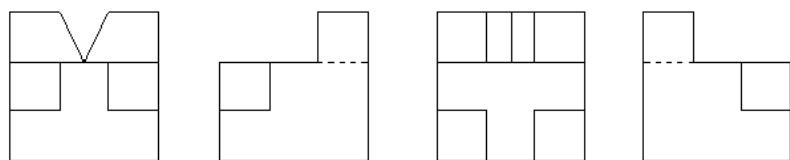
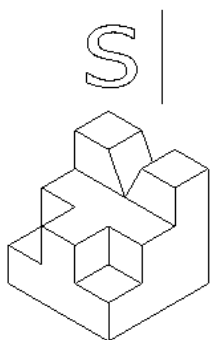
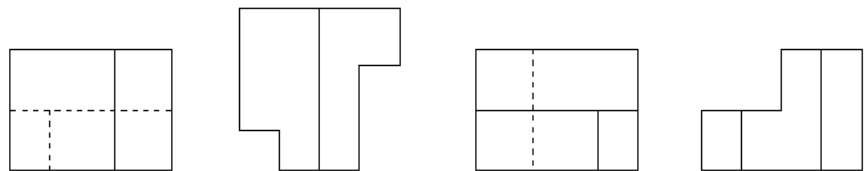
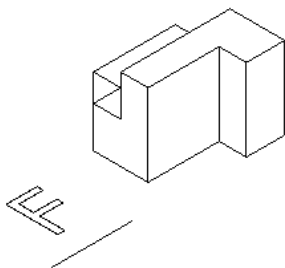
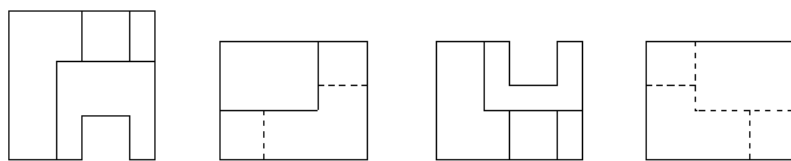
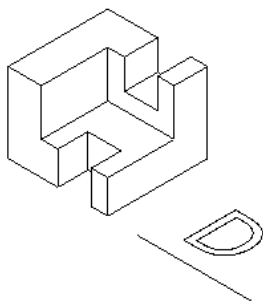
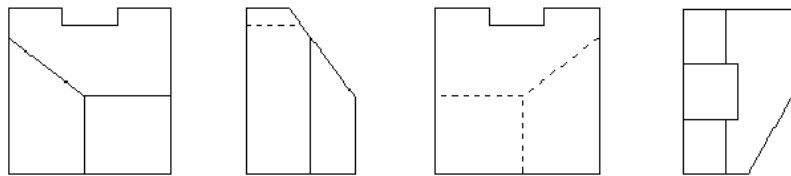
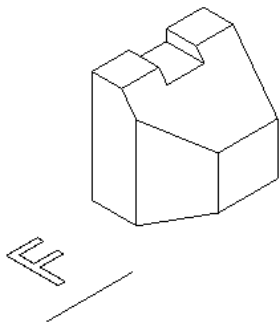
4.7 Exercícios de Vistas Ortográficas

1) Numere as projeções ortogonais correspondentes a cada perspectiva

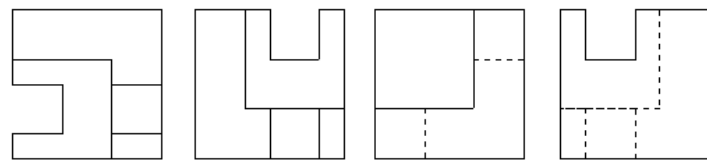
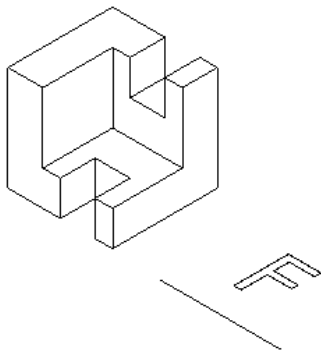
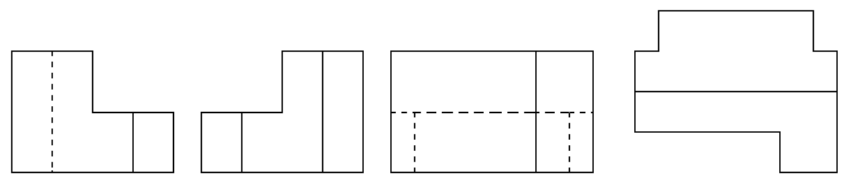
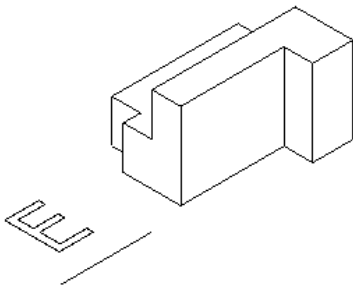
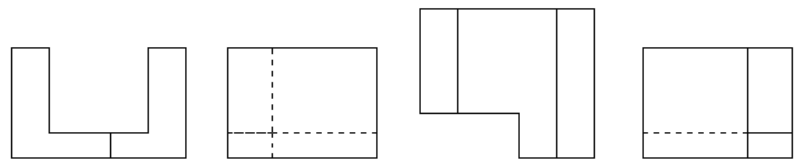
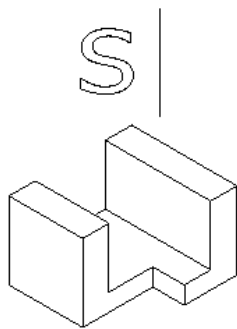
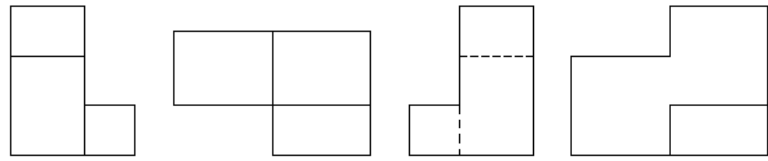
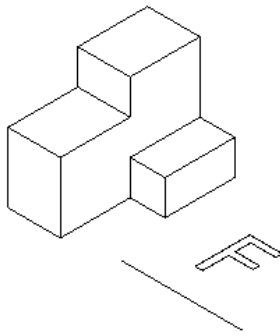




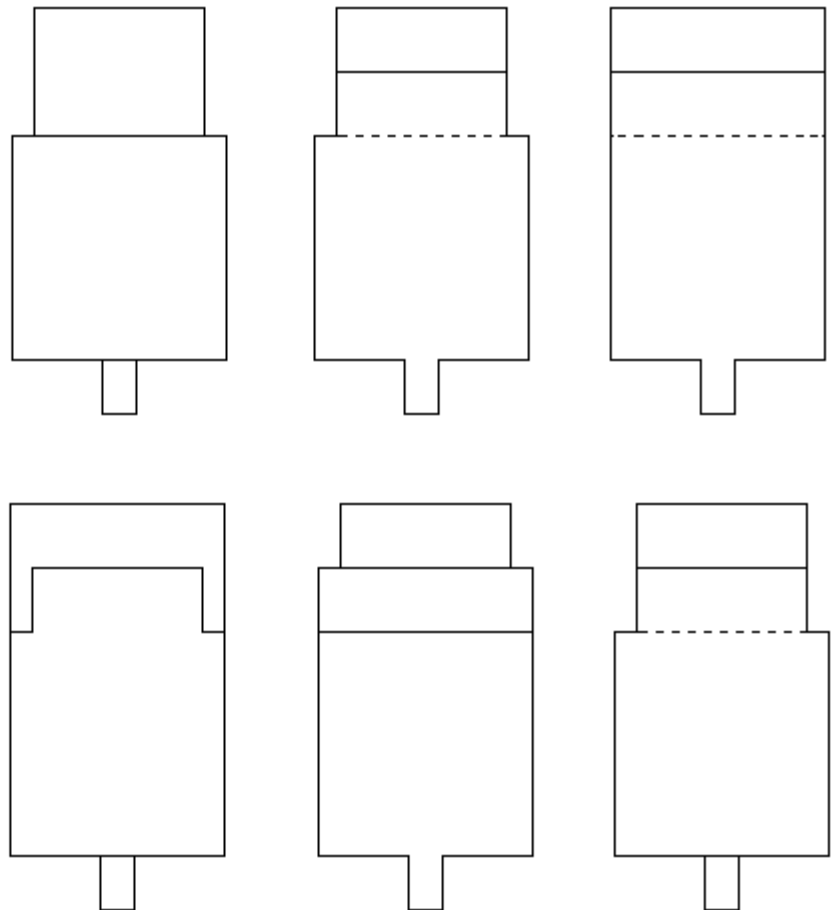
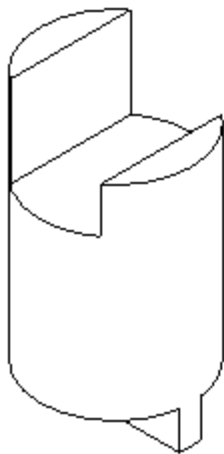
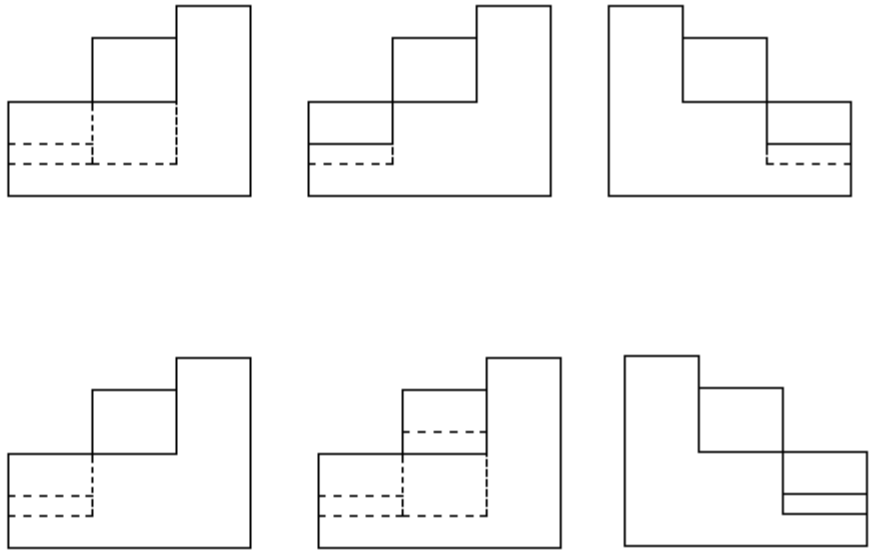
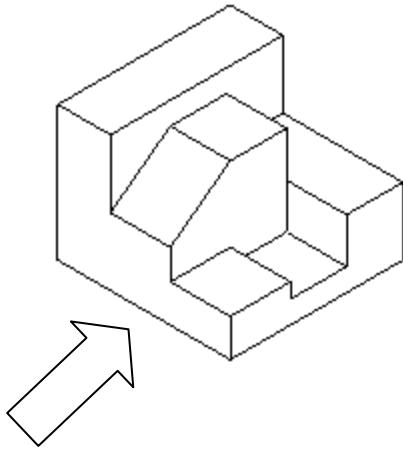
2) Identifique a Vista de Frente, a Vista Superior, a Vista Lateral Esquerda e a Vista Lateral Direita nas projeções dadas.



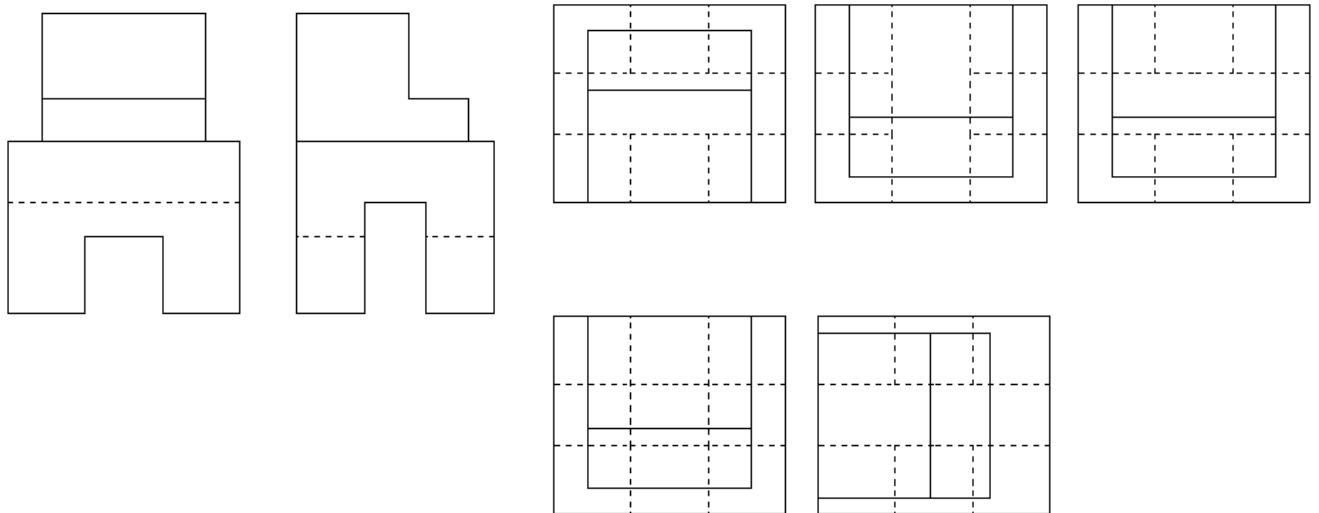
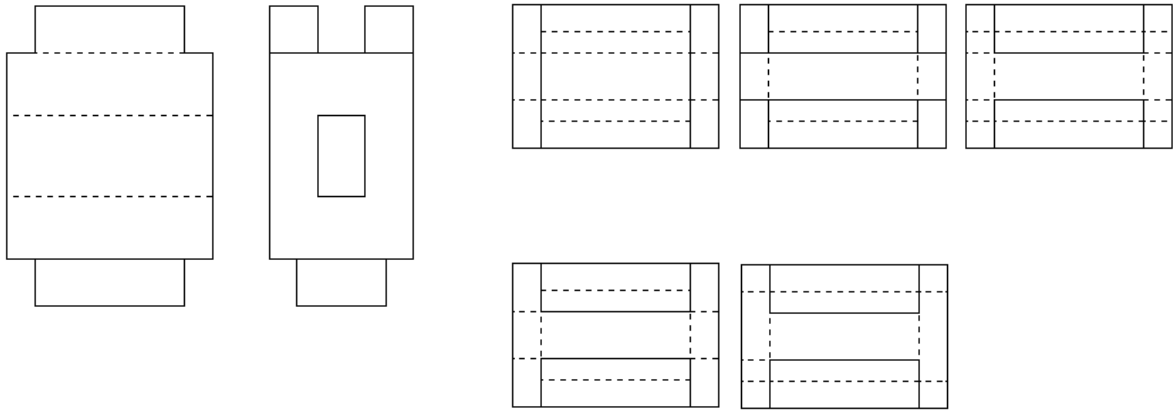
4) Identifique a Vista de Frente, a Vista Superior, a Vista Lateral Esquerda e a Vista Lateral Direita nas projeções dadas.



5) Qual vista frontal representa corretamente a perspectiva dada?

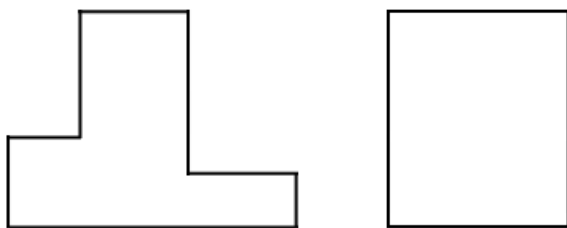


6) Qual vista superior representa corretamente o objeto?

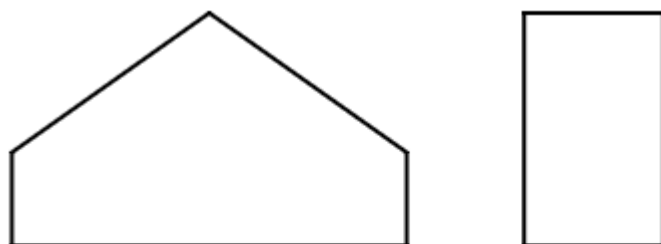


7) Analisando as projeções, completar o que falta nas vistas ortográficas.

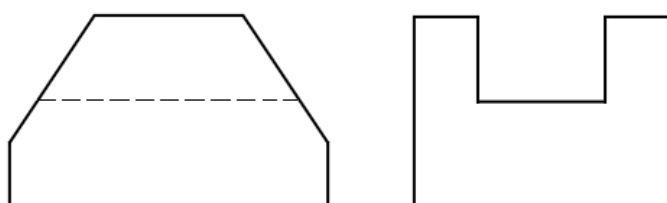
a)



b)

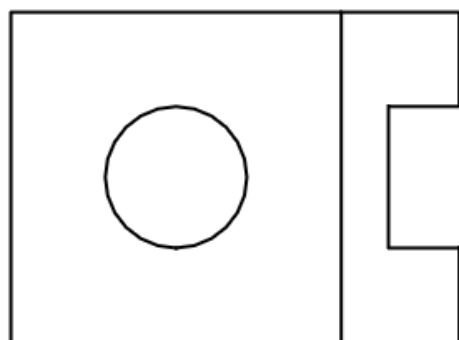
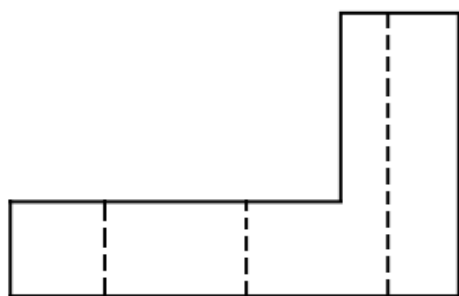


c)

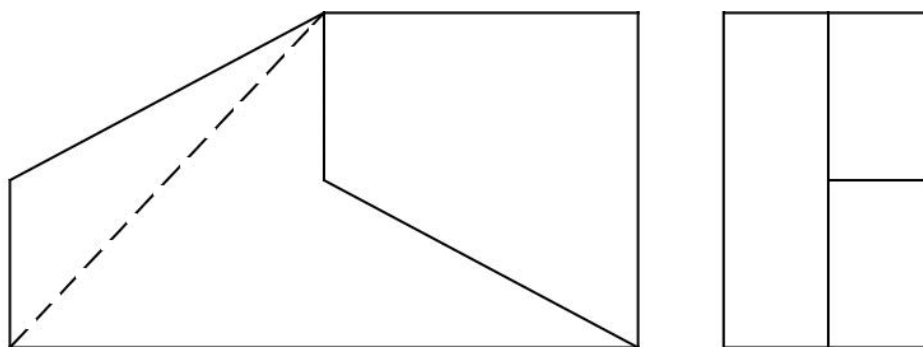


8) Desenhar mais uma vista de cada objeto.

a)

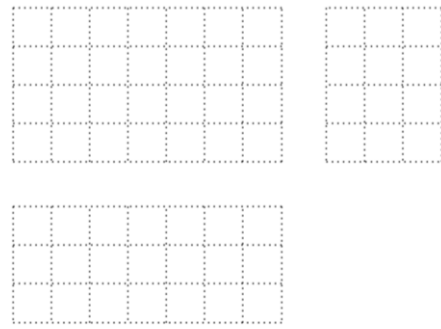
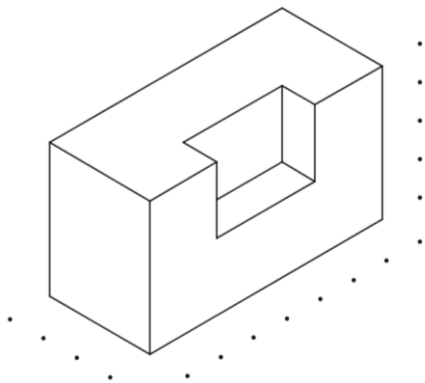


b)

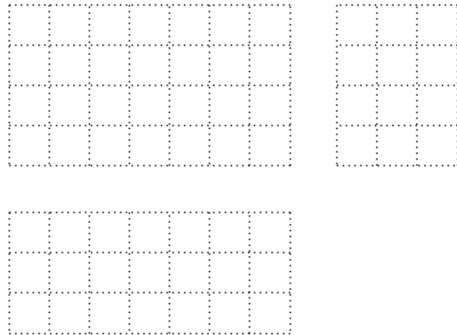
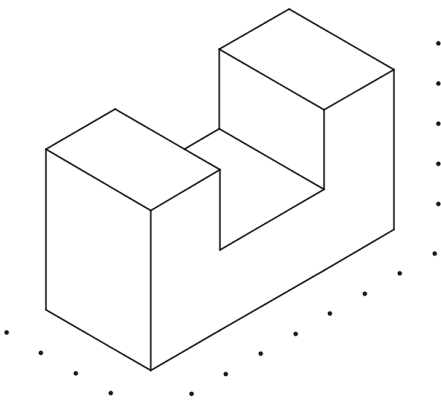


10) Desenhar as vistas ortográficas: VF, VS e VLE.

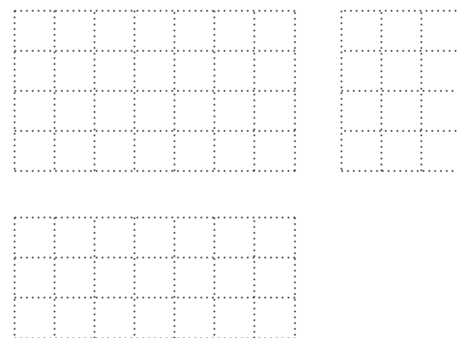
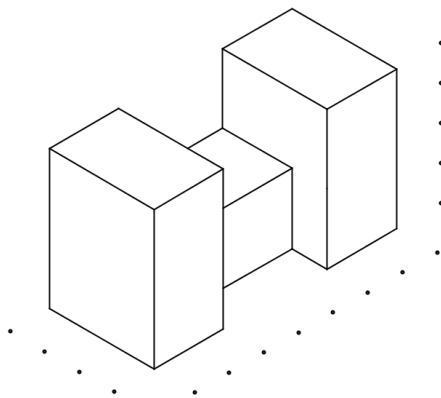
a)



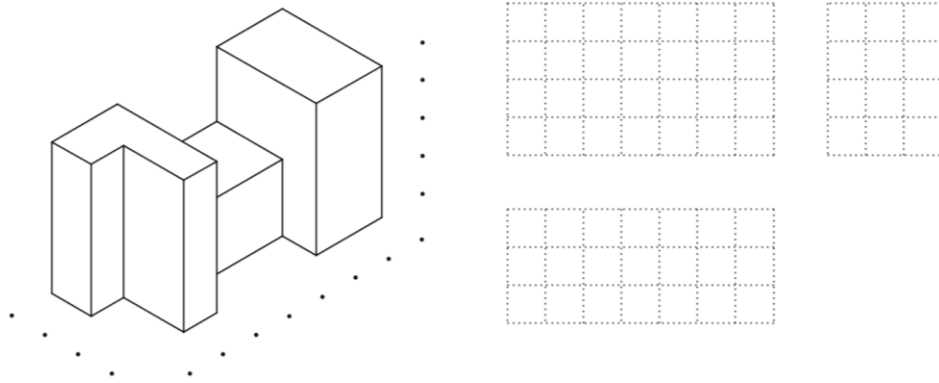
b)



c)

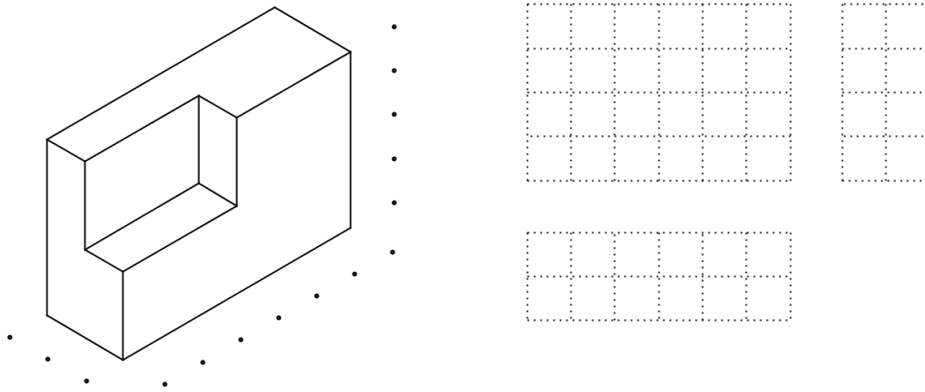


d)

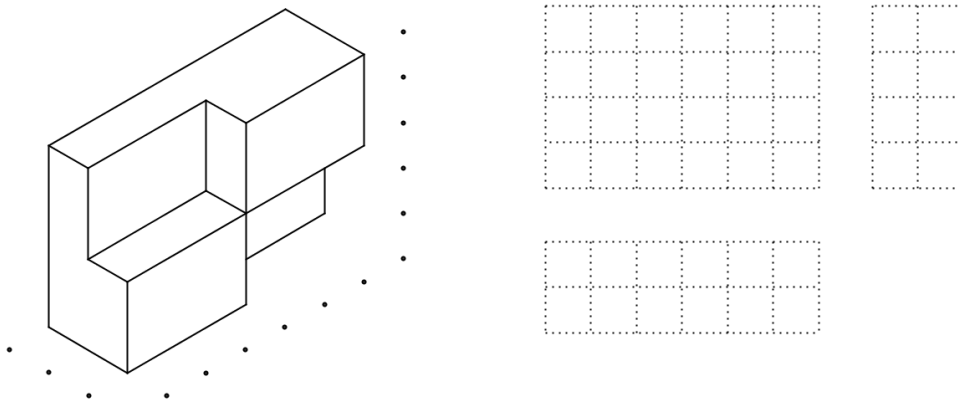


11) Desenhar as vistas ortográficas: VF, VS e VLE.

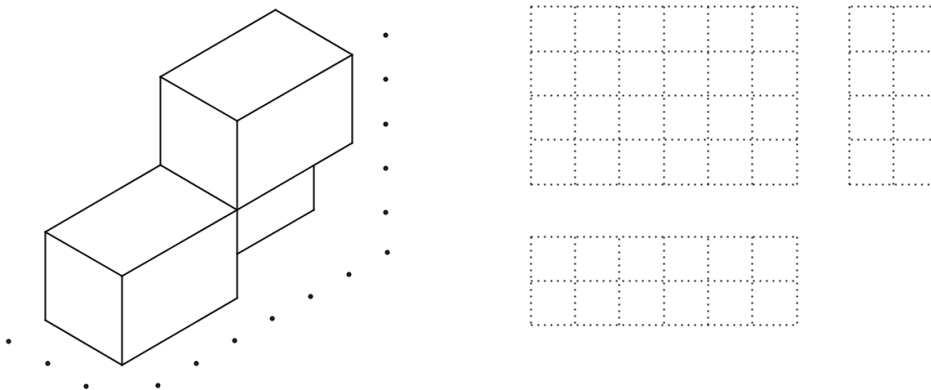
a)



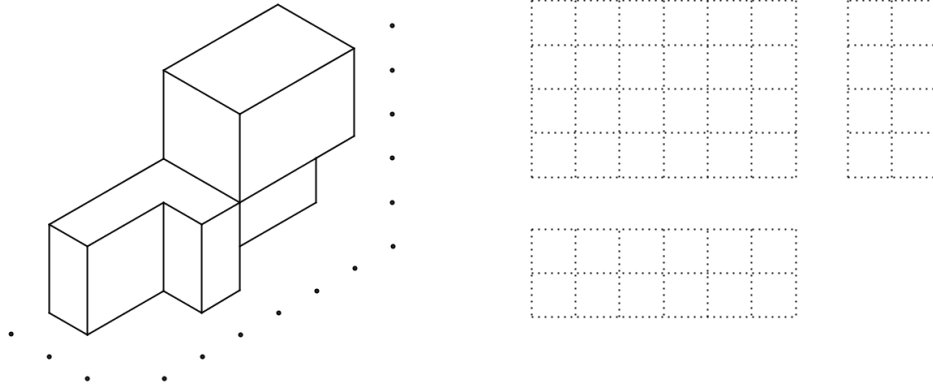
b)



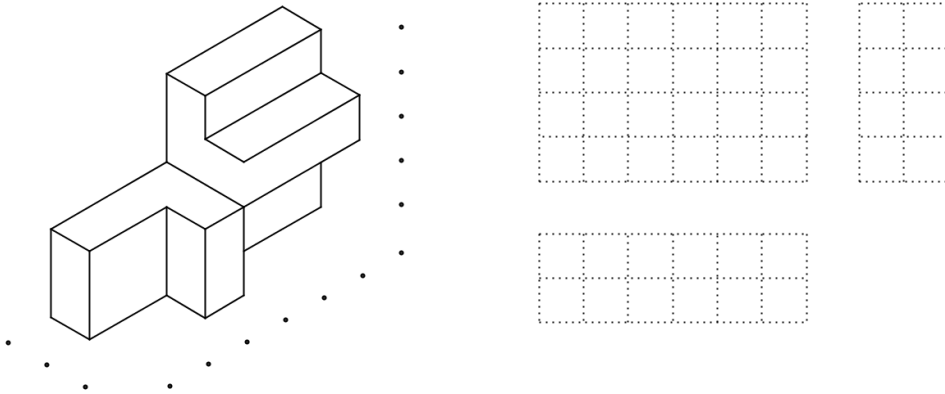
c)



d)

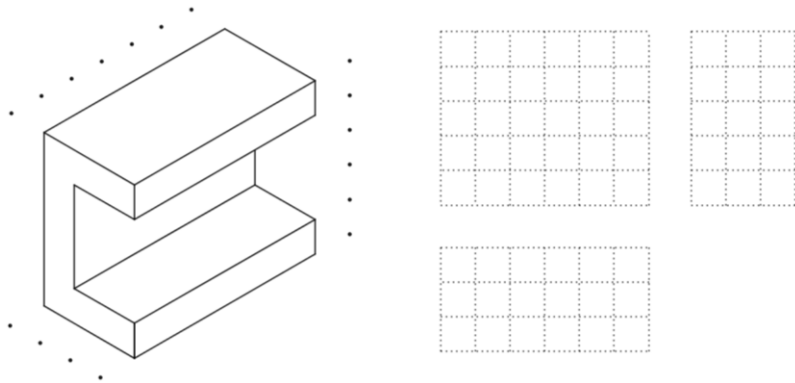


e)

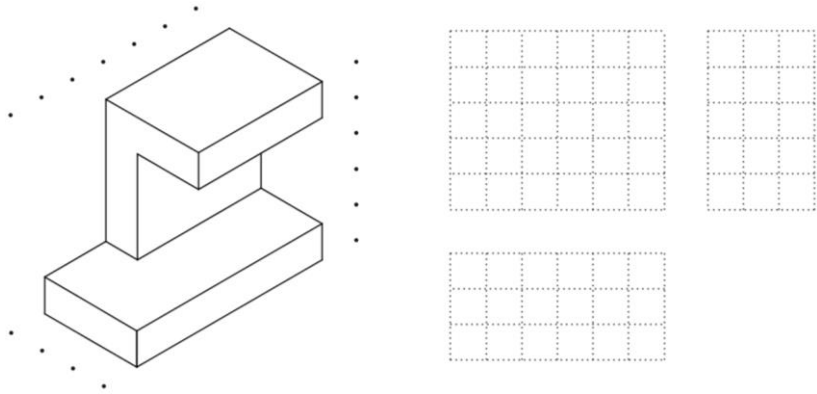


12) Desenhar as vistas ortográficas: VF, VS e VLE.

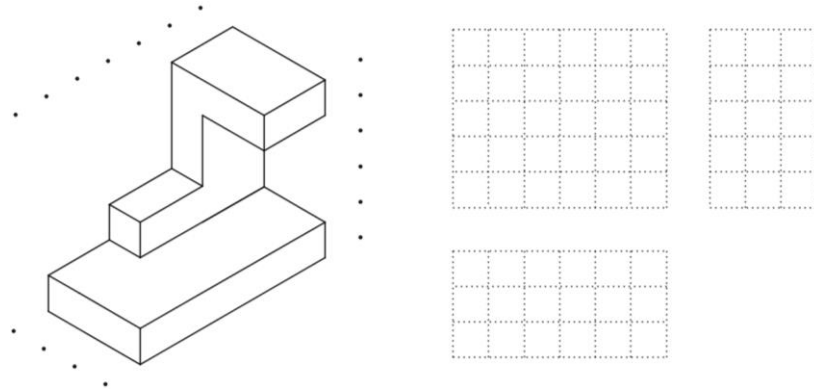
a)



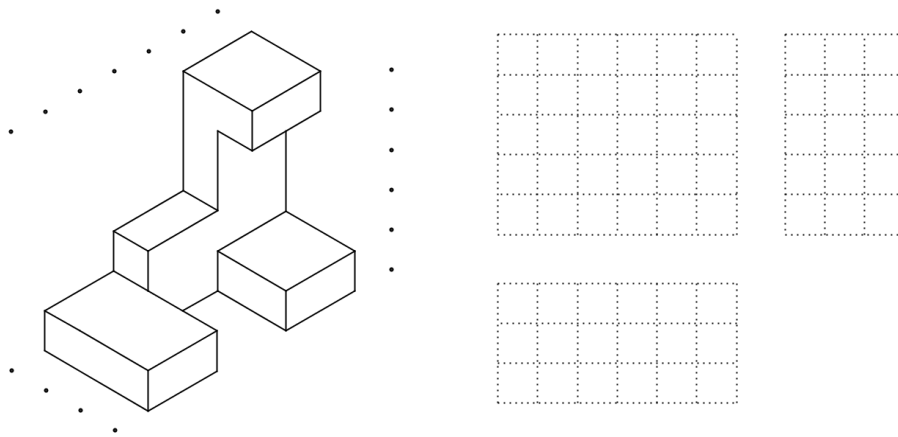
b)



c)

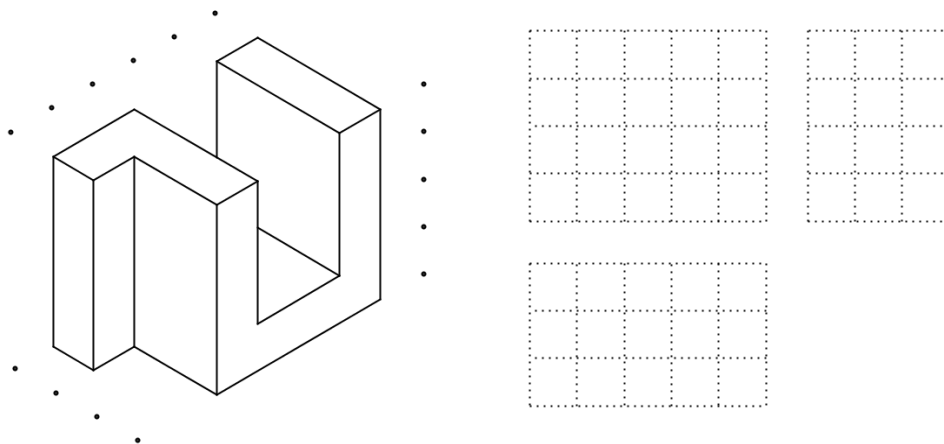


d)

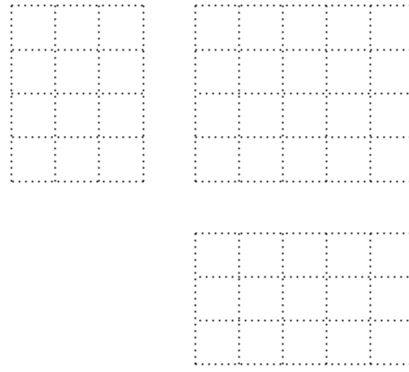
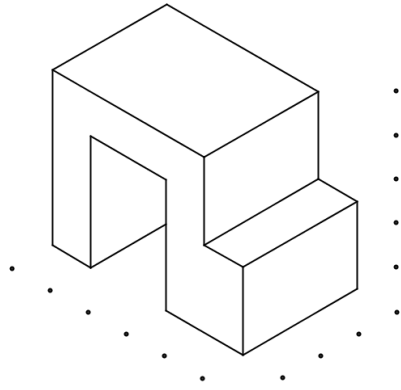


13) Desenhar as vistas ortográficas: VF, VS e VLE ou VLD.

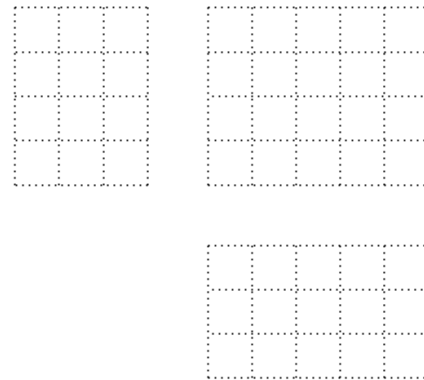
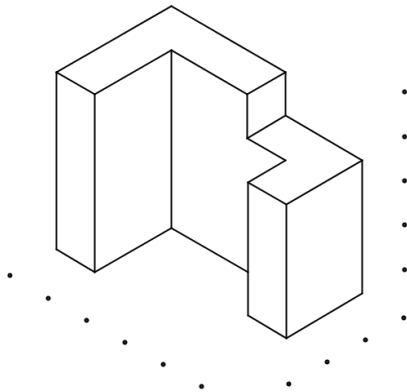
a)



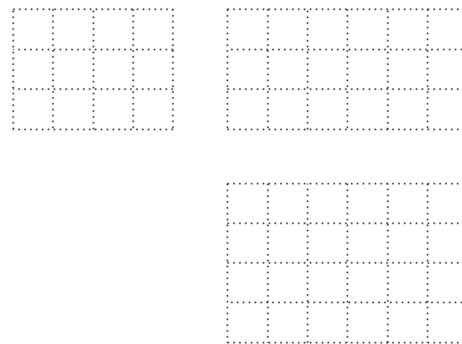
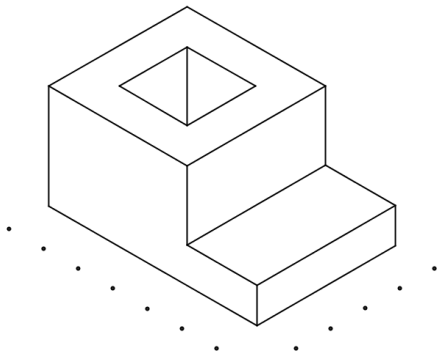
b)



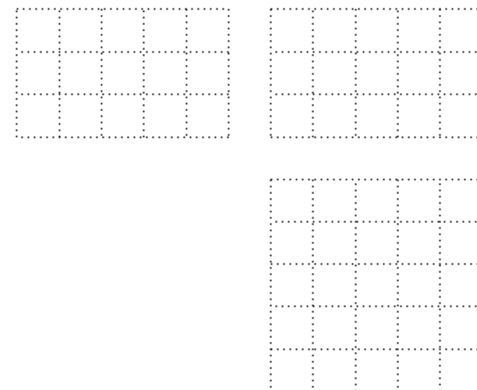
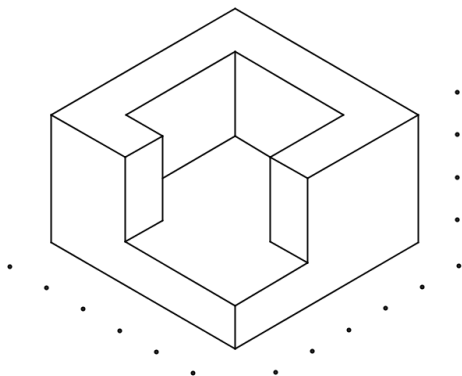
c)



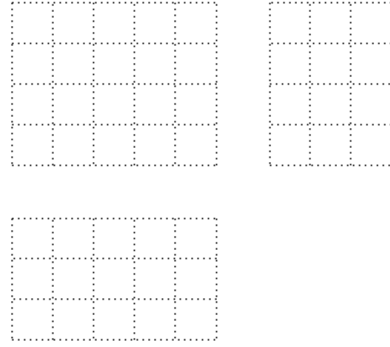
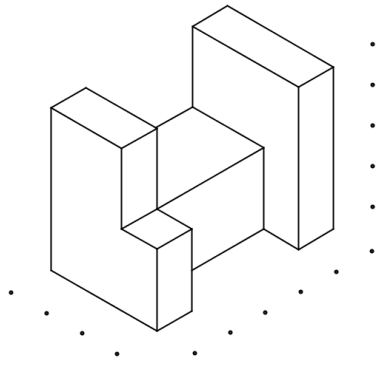
d)



e)

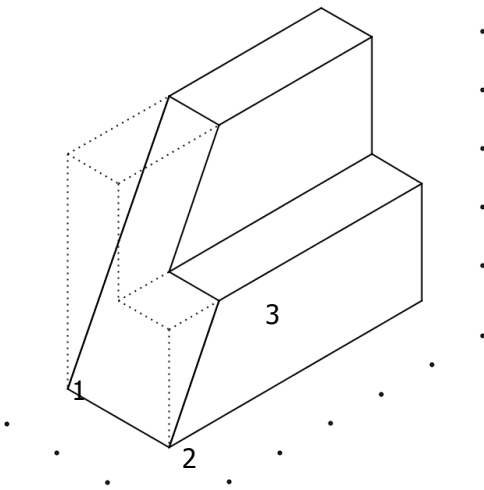


f)

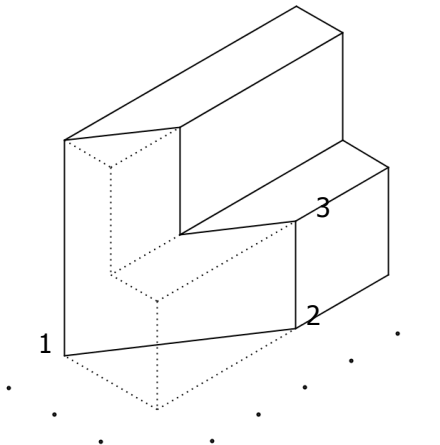


14) Desenhar as vistas ortográficas: VF, VS e VLE.

a)



b)



3. COTAGEM EM DESENHO TÉCNICO - NBR 10126

A NBR 10126 (ABNT, 1987 - Versão Corrigida: 1998) tem como objetivo fixar os princípios gerais de cotagem, através de linhas, símbolos, notas e valor numérico numa unidade de medida.

As recomendações na aplicação de cotas são:

- Cotagem completa para descrever de forma clara e concisa o objeto;
- Desenhos de detalhes devem usar a mesma unidade para todas as cotas sem o emprego do símbolo;
- Evitar a duplicação de cotas, cotar o estritamente necessário;
- Sempre que possível evitar o cruzamento de linhas auxiliares com linhas de cotas e com linhas do desenho;
- A cotagem deve se dar na vista ou corte que represente mais claramente o elemento.

Os elementos gráficos para a representação da cota são (Figura 17):

- Linha de cota;
- Linha auxiliar;
- Limite da linha de cota (seta ou traço oblíquo);
- Valor numérico da cota.

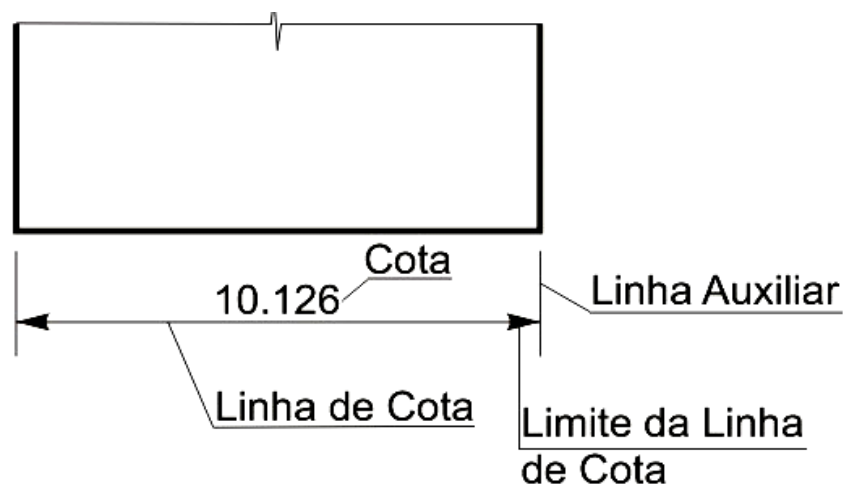
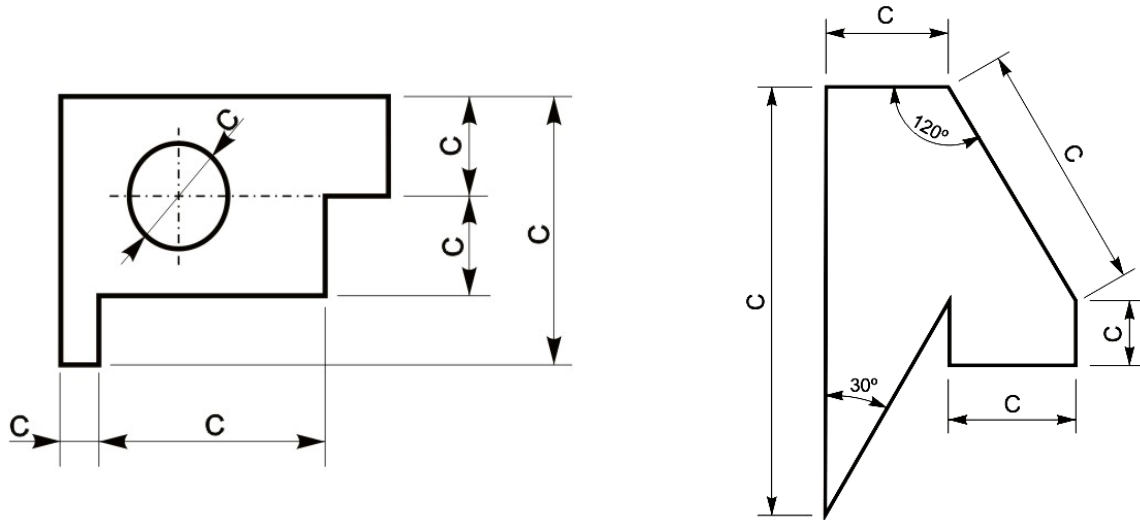


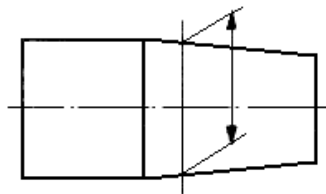
Figura – Elementos de cotagem

As linhas auxiliares e de cotas devem ser desenhadas como linhas estreitas contínuas. A linha auxiliar deve ser prolongada ligeiramente além da respectiva linha de cota. Um pequeno espaço deve ser deixado entre a linha de contorno e a linha auxiliar. Quando houver espaço disponível, as setas de limitação da linha de cota devem ser apresentadas entre os limites da linha de cota. Quando o espaço for limitado as setas podem ser apresentadas externamente no prolongamento da linha de cota (Figura a seguir).



Exemplos de cotagem

A linha auxiliar deve ser perpendicular ao elemento dimensionado, mas se necessário poderá ser desenhada obliquamente a este (aprox. 60°), porém paralelas entre si.



Linha auxiliar oblíqua ao elemento dimensionado

Fonte: NBR 10126 (ABNT, 1987)

A linha de cota não deve ser interrompida, mesmo que o elemento o seja.

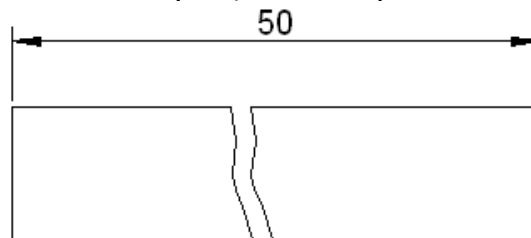


Figura – Cotagem em elemento interrompido

A indicação dos limites da linha de cota é feita por meio de setas ou traços oblíquos. Somente uma indicação deve ser usada num mesmo desenho, entretanto, se o espaço for pequeno, outra forma pode ser utilizada. As indicações são as seguintes:

- a seta é desenhada com linhas curtas formando ângulos de 15°. A seta pode ser aberta, ou fechada preenchida;
- o traço oblíquo é desenhado com uma linha curta e inclinado a 45°.

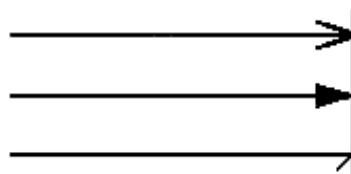
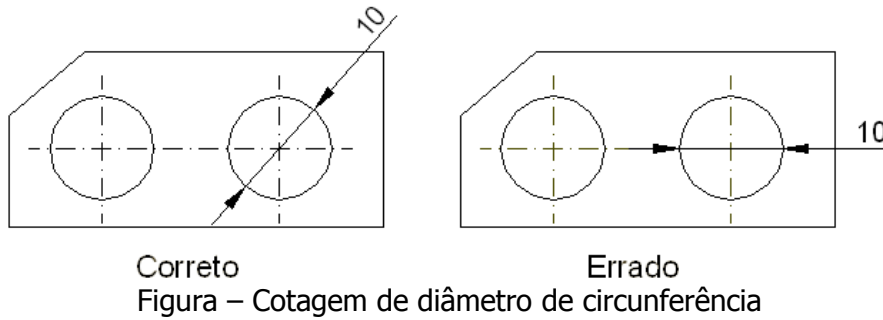
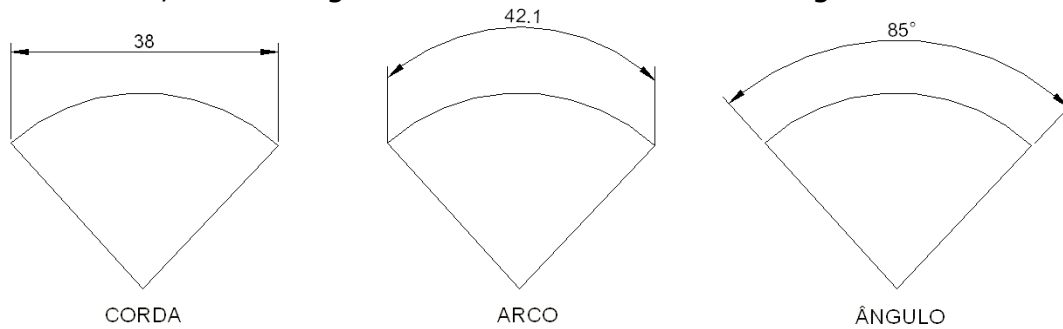


Figura 21 – Indicações dos limites de linha de cota

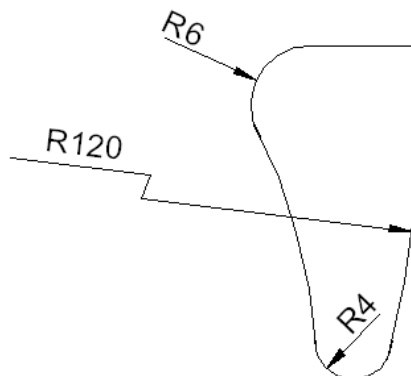
Eixos, linhas de centro, arestas e contornos de objetos não devem ser usados como linha de cota (exceção aos desenhos esquemáticos).



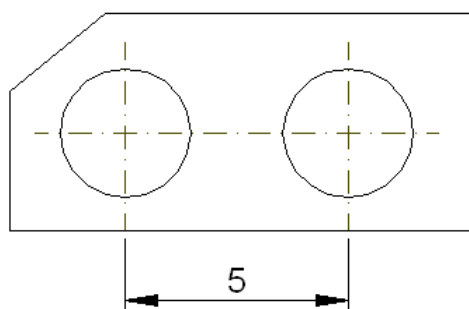
As cotas de cordas, arcos e ângulos devem ser como mostra a Figura abaixo.



Em grandes raios, onde o centro esteja fora dos limites disponíveis para cotagem, a linha de cota deve ser quebrada.



A linha de centro e a linha de contorno, não devem ser usadas como linha de cota, porém, podem ser usadas como linha auxiliar. A linha de centro, quando usada como linha auxiliar, deve continuar como linha de centro até a linha de contorno do objeto.



São utilizados símbolos para identificação de elementos geométricos, tais como: diâmetro (\varnothing), raio (R), quadrado (\square). Os símbolos de diâmetro e quadrado podem ser omitidos quando a forma for claramente identificada.

As cotas devem ser localizadas de tal modo que não sejam cortadas ou separadas por qualquer outra linha.

Existem dois métodos de cotagem, mas somente um deles deve ser utilizado num mesmo desenho:

a) método 1: as cotas devem ser localizadas acima e paralelamente às suas linhas de cotas e preferivelmente no centro, exceção pode ser feita onde a cotagem sobreposta é utilizada, conforme mostra a Figura a seguir. As cotas devem ser escritas de modo que possam ser lidas da base e/ou lado direito do desenho.

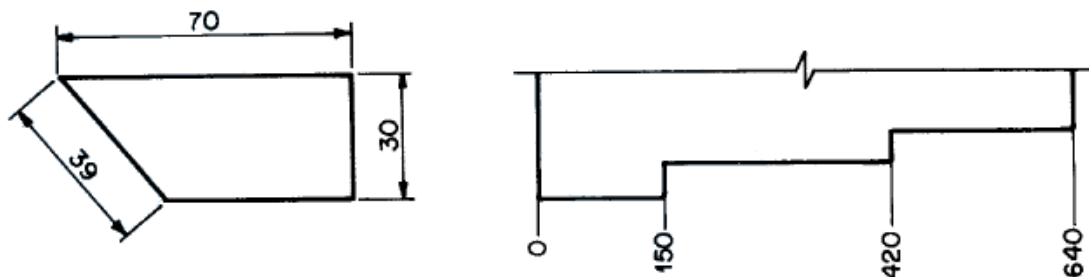


Figura – Localização das cotas no método 1
 Fonte: NBR 10126 (ABNT, 1987)

Cotas em linhas de cotas inclinadas devem ser seguidas como mostra a Figura abaixo.

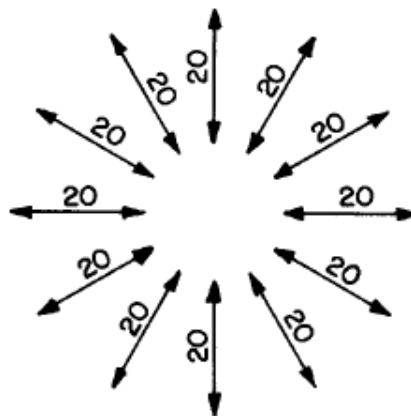


Figura – Localização das cotas em linhas de cotas inclinadas no método 1
 Fonte: NBR 10126 (ABNT, 1987)

Na cotagem angular podem ser seguidas uma das formas apresentadas na Figura 28.

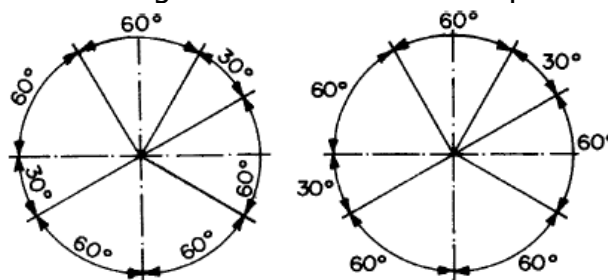


Figura 28 – Cotagem angular no método 1
 Fonte: NBR 10126 (ABNT, 1987)

b) método 2: as cotas devem ser lidas da base da folha de papel. As linhas de cotas devem ser interrompidas, preferivelmente no meio, para inscrição da cota.

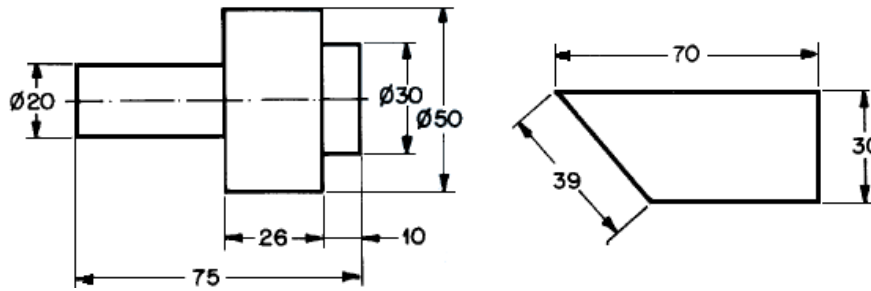


Figura – Localização das cotas no método 2
Fonte: NBR 10126 (ABNT, 1987)

Na cotagem angular podem ser seguidas uma das formas apresentadas na Figura.

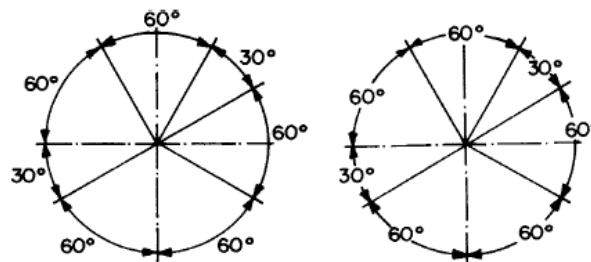


Figura – Cotagem angular no método 2
Fonte: NBR 10126 (ABNT, 1987)

Observação: Em Desenho Técnico Mecânico, o método mais utilizado é o 1 (salvo situações com cotagem de chapas metálicas). Ou seja, o que será utilizado em nossos desenhos sempre será este método mostrado abaixo. Outro método de cotagem será considerado errado em nossa disciplina.

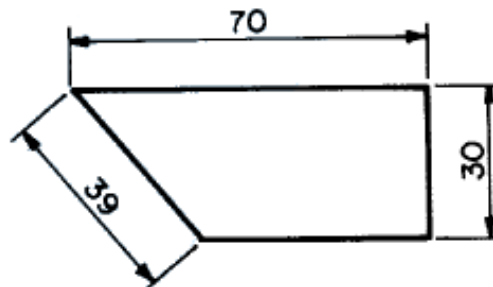
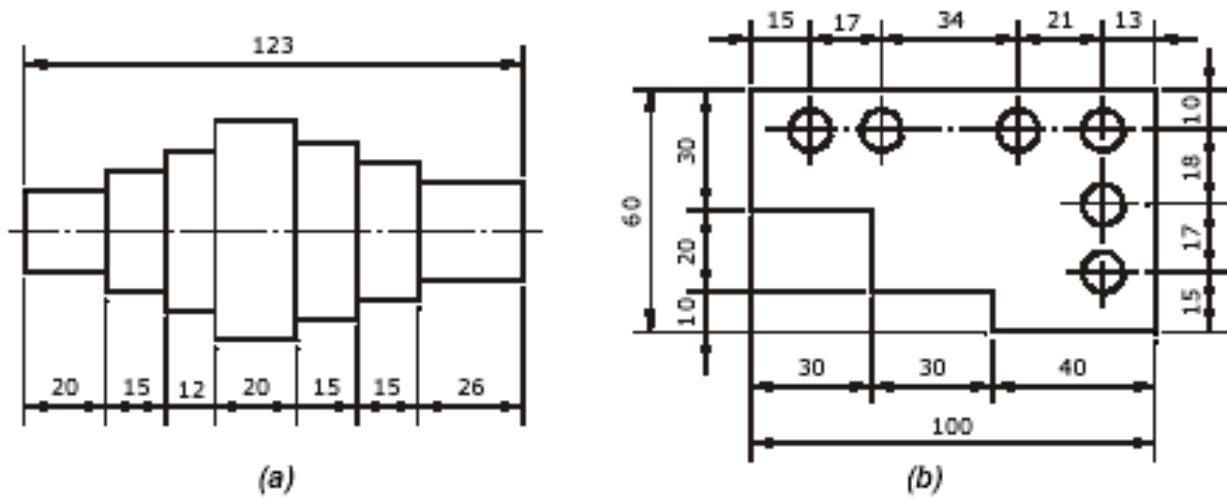


Figura – Cotagem Representado em Desenho Técnico Mecânico

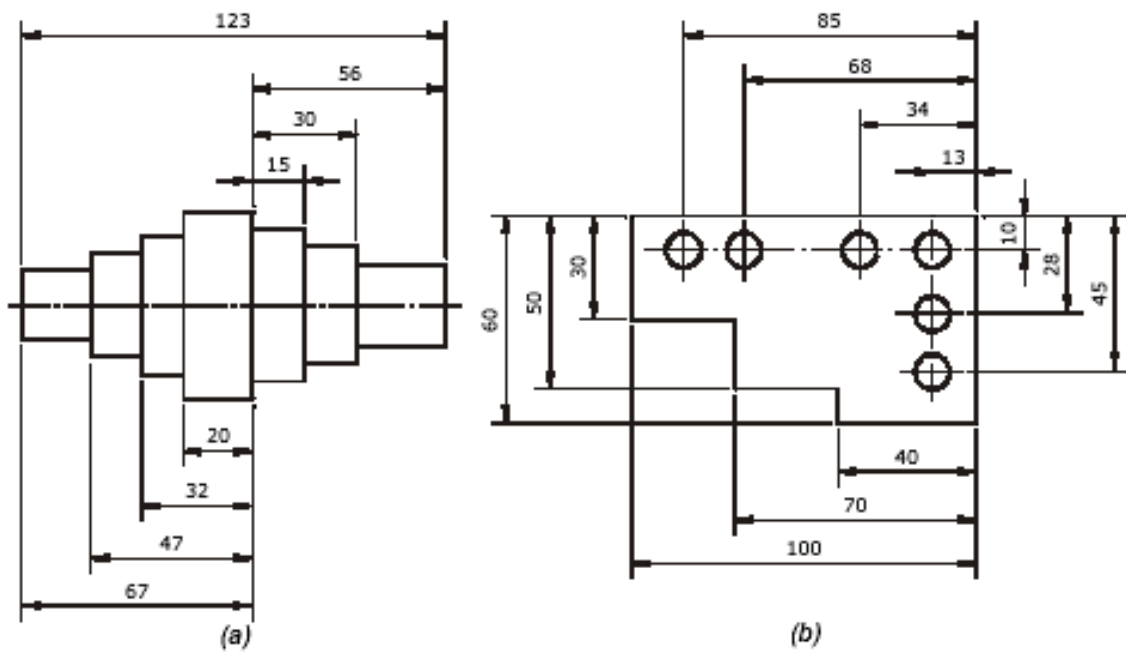
2.7.1 COTAGEM EM SÉRIE

O próprio nome já diz, utiliza-se um vértice como referência, geralmente no canto inferior esquerdo, para iniciar a cotagem e as novas cotas são inseridas a partir das cotas já existentes. Conforme mostrado na figura a seguir.

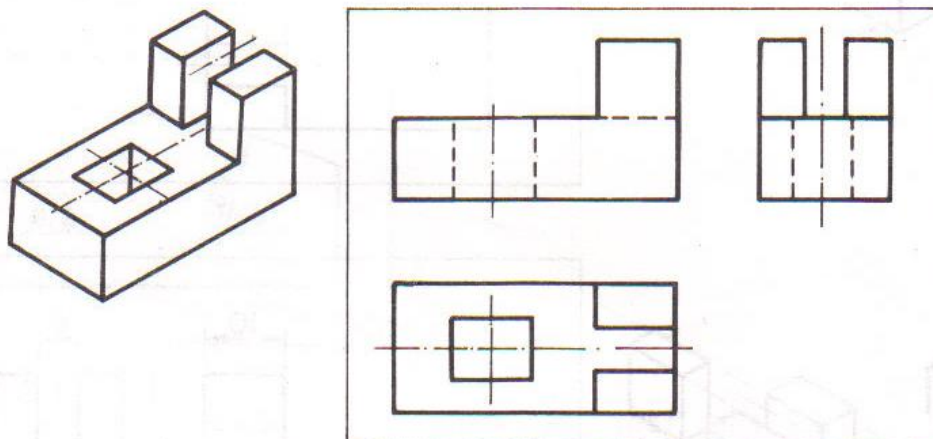
O problema é que pode gerar uma sequência de pequenos erros, somando-se um erro fora do previsto no projeto.



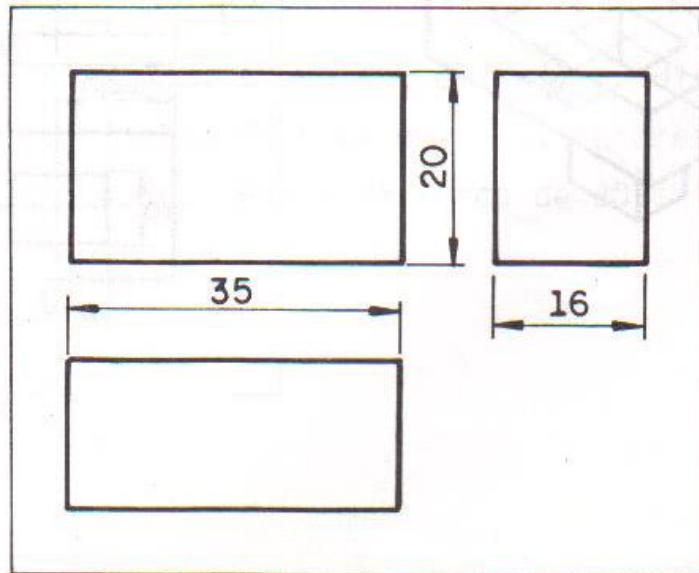
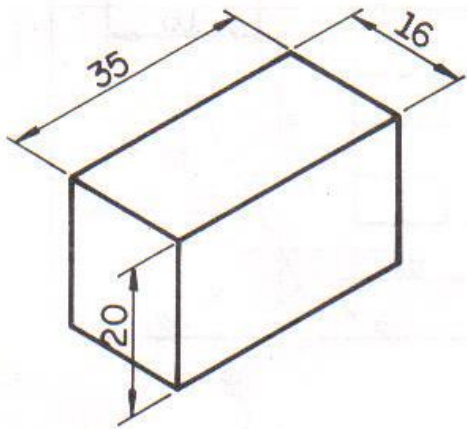
2.7.2 COTAGEM UTILIZANDO FACES DE REFERÊNCIA



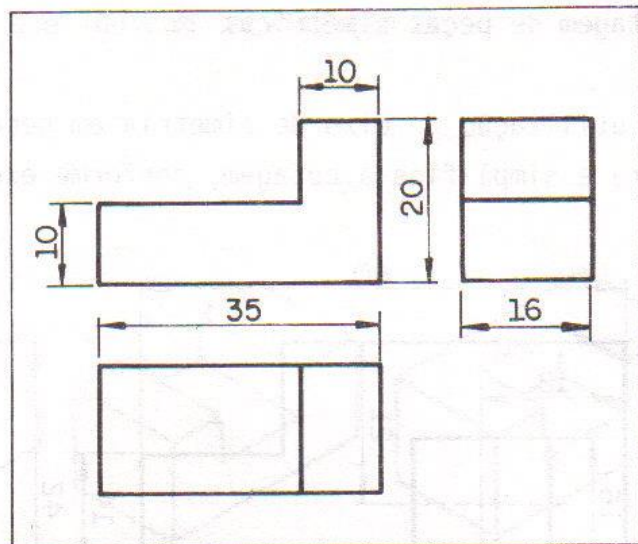
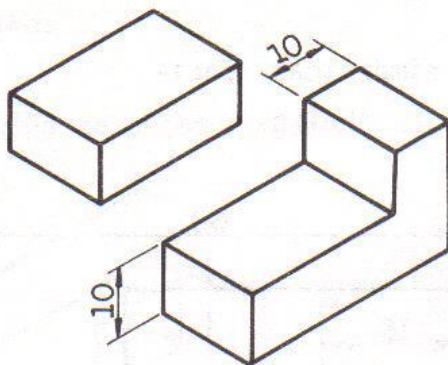
2.7.3 SEQÜENCIA DE COTAGEM



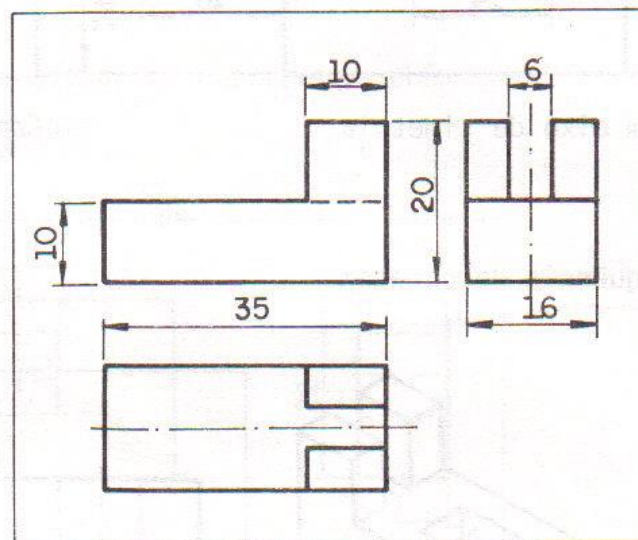
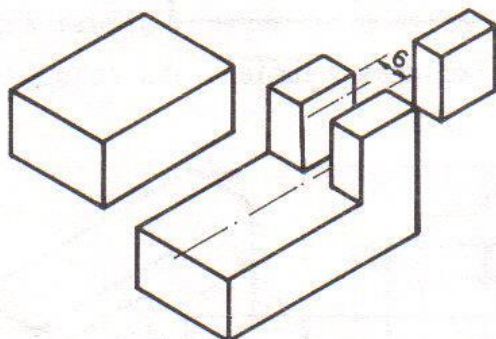
1º Passo



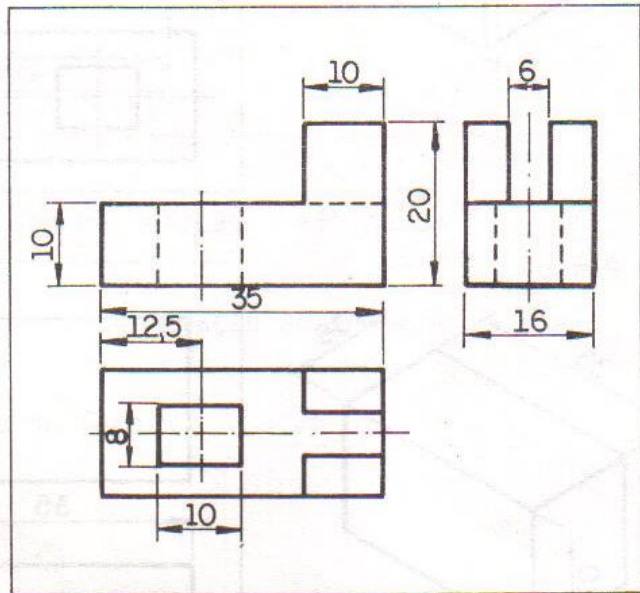
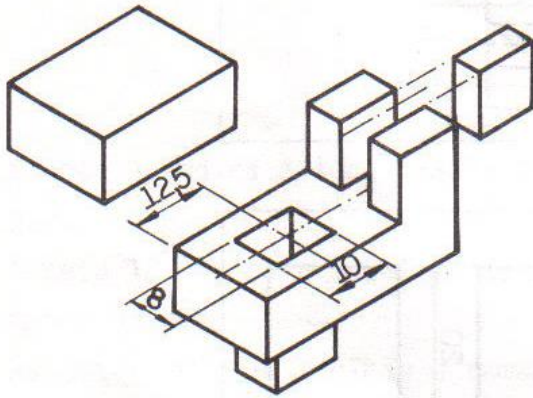
2º Passo



3º Passo



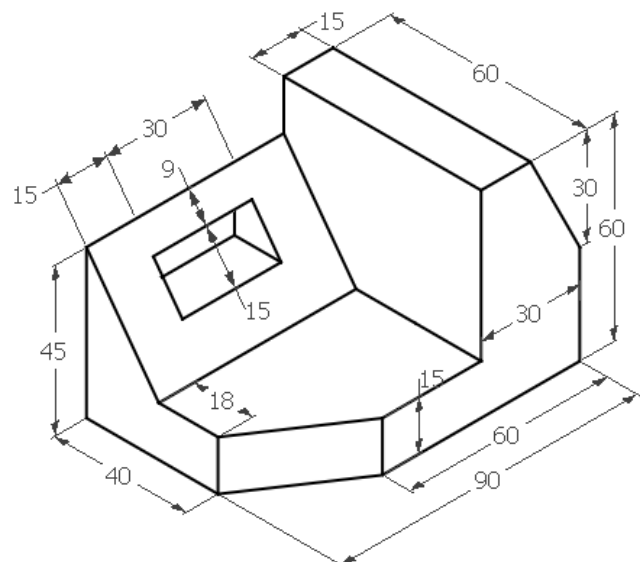
4º Passo



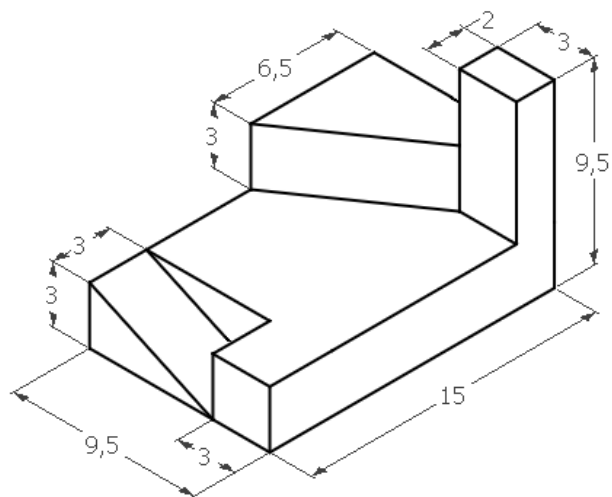
Obs: É importante salientar que sempre se deve evitar a cotagem de linhas tracejadas, ou seja, de arestas não visíveis. Nesse caso, deve ser representado em alguma projeção da vista. Conforme visto acima.

20) Desenhar as três vistas ortográficas dos objetos: VF, VS e VLE.

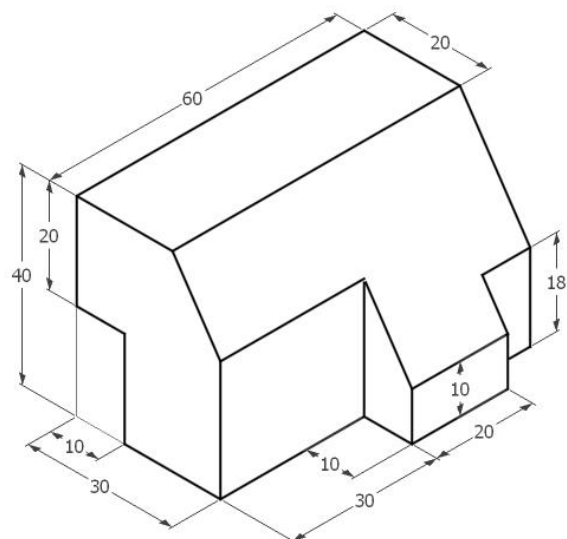
a)



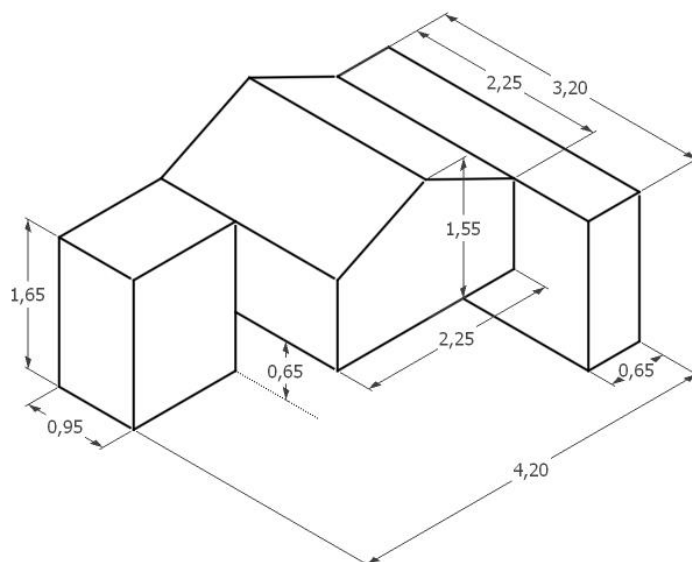
b)



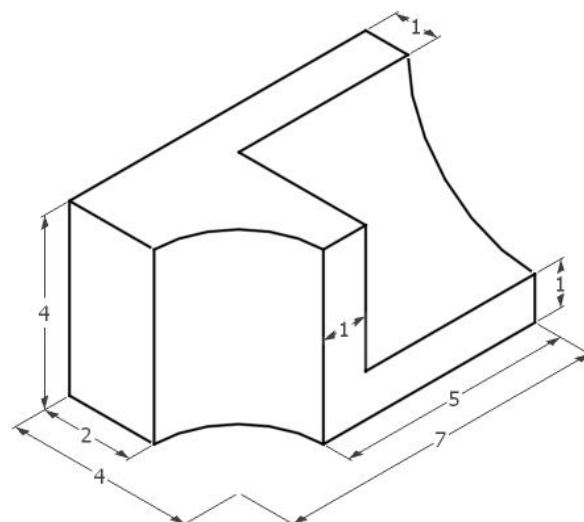
c)



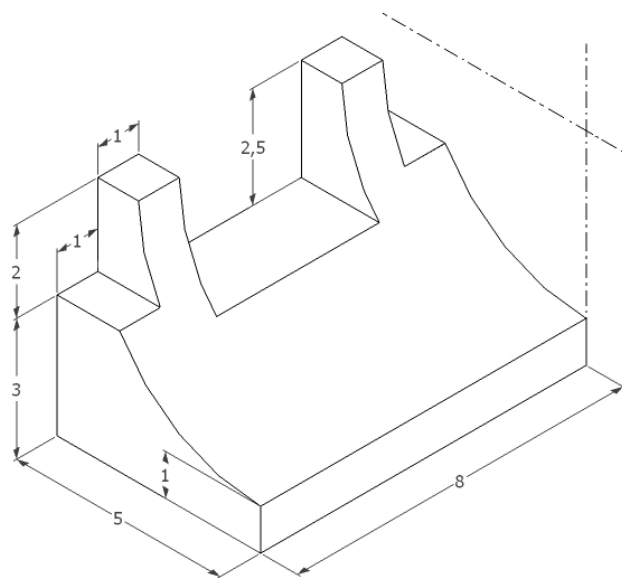
d)



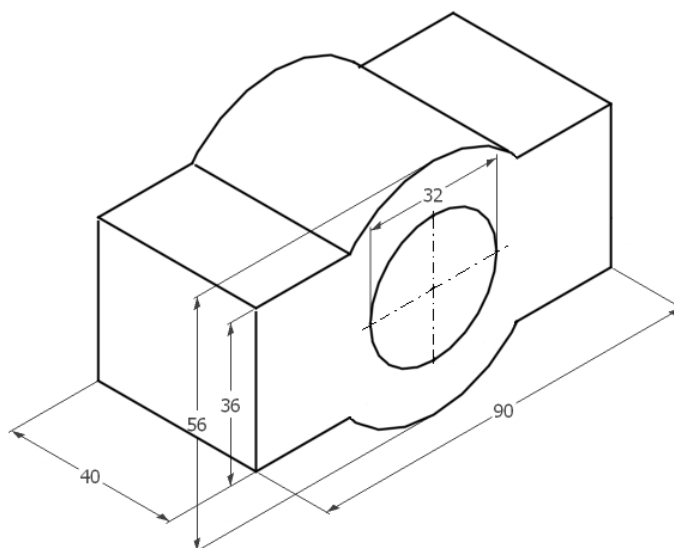
e)



f)



g)



5. SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

Os sólidos geométricos têm três dimensões: comprimento, largura e altura. Embora existam infinitos sólidos geométricos, apenas alguns, que prestam determinadas propriedades, são estudados pela geometria.

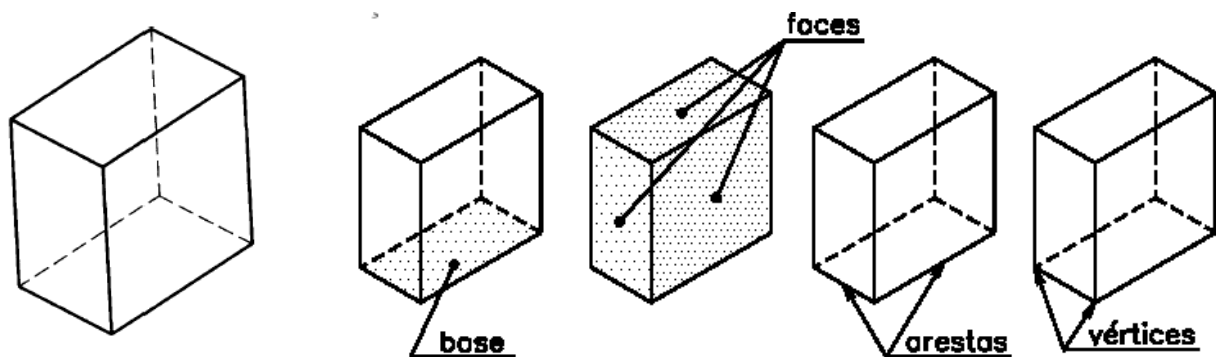
Os sólidos geométricos são separados do resto do espaço por superfícies que os limitam. E essas superfícies podem ser planas ou curvas.

Dentre os sólidos geométricos limitados por superfícies planas, temos os prismas, o cubo e as pirâmides. Dentre os sólidos geométricos limitados por superfícies curvas, temos o cilindro, o cone e a esfera, que são também chamados de sólidos de revolução.

É muito importante que você conheça bem os principais sólidos geométricos porque, por mais complicada que seja, a forma de uma peça sempre vai ser analisada como o resultado da combinação de sólidos geométricos ou de suas partes.

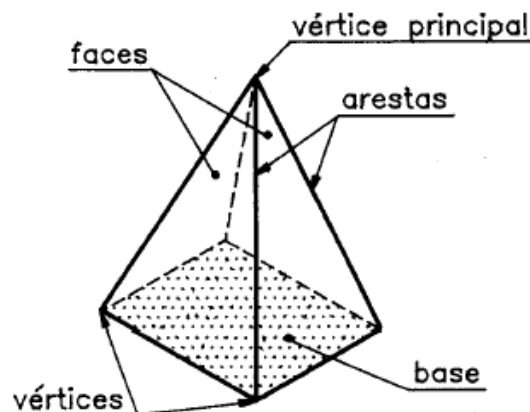
5.1. PRISMA

O prisma é um sólido geométrico limitado por polígonos. Ele é constituído de vários elementos. Para quem lida com desenho técnico é muito importante conhecê-los bem. Vejam quais são eles nesta ilustração:



5.2. PIRÂMIDES

A pirâmide é outro sólido geométrico limitado por polígonos. Outra maneira de imaginar a formação de uma pirâmide consiste em ligar todos os pontos de um polígono qualquer a um ponto P do esboço.

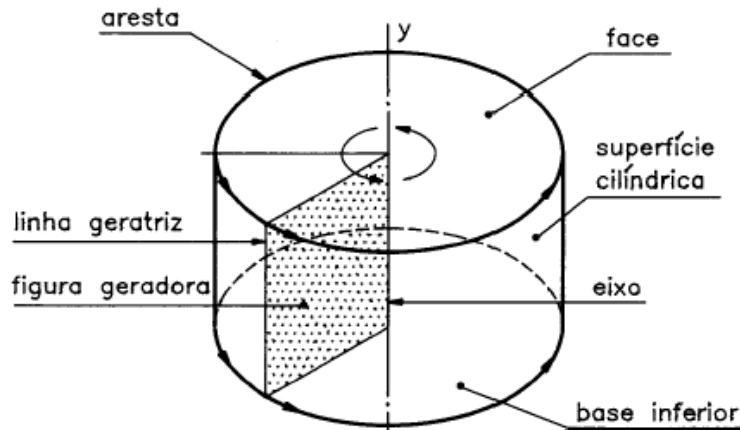


5.3. SÓLIDOS DE REVOLUÇÃO

São chamados sólidos de revolução, os sólidos geométricos formados pela rotação de figuras planas em torno de um eixo. O cilindro, o cone e a esfera são os principais sólidos de revolução.

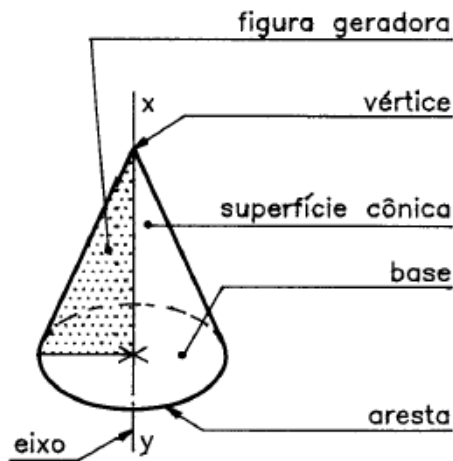
5.3.1. CILINDRO

É o sólido geométrico formado pela revolução de um retângulo em torno de um de seus lados.



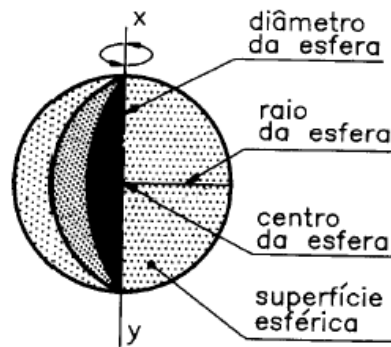
5.3.2. CONE

Cone é o sólido gerado pela revolução de um triângulo retângulo em torno de um de seus catetos que se confunde com o eixo.



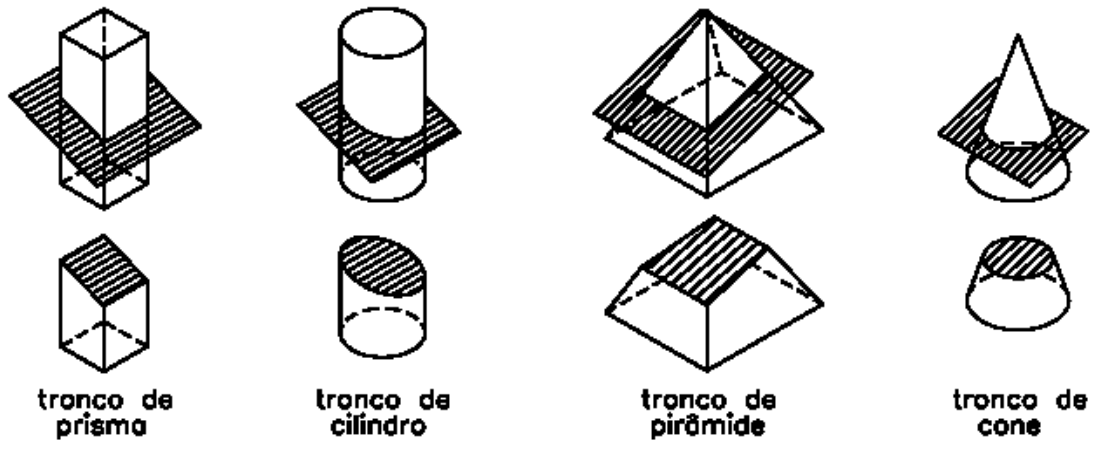
5.3.3. ESFERA

É o sólido limitado por superfície curva, cujos pontos são eqüidistantes de um ponto inferior chamado centro. O raio da esfera é o segmento de reta que une o centro da esfera a qualquer um de seus pontos. Diâmetro da esfera é o segmento de reta que passa pelo centro da esfera unindo dois de seus pontos.



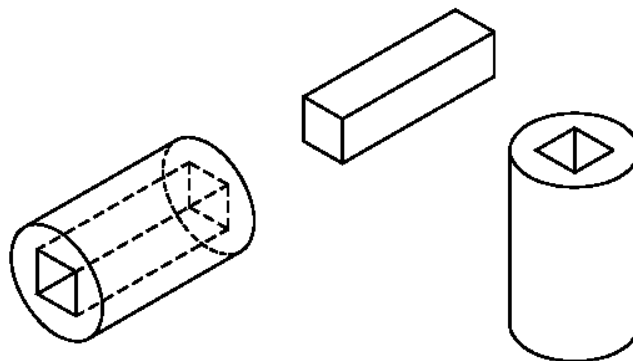
5.3.4. SÓLIDOS GEOMÉTRICOS TRUNCADOS

Quando um sólido geométrico é cortado por um plano, resultam novas figuras geométricas: os sólidos geométricos truncados. Veja alguns exemplos de sólidos truncados, com seus respectivos nomes:



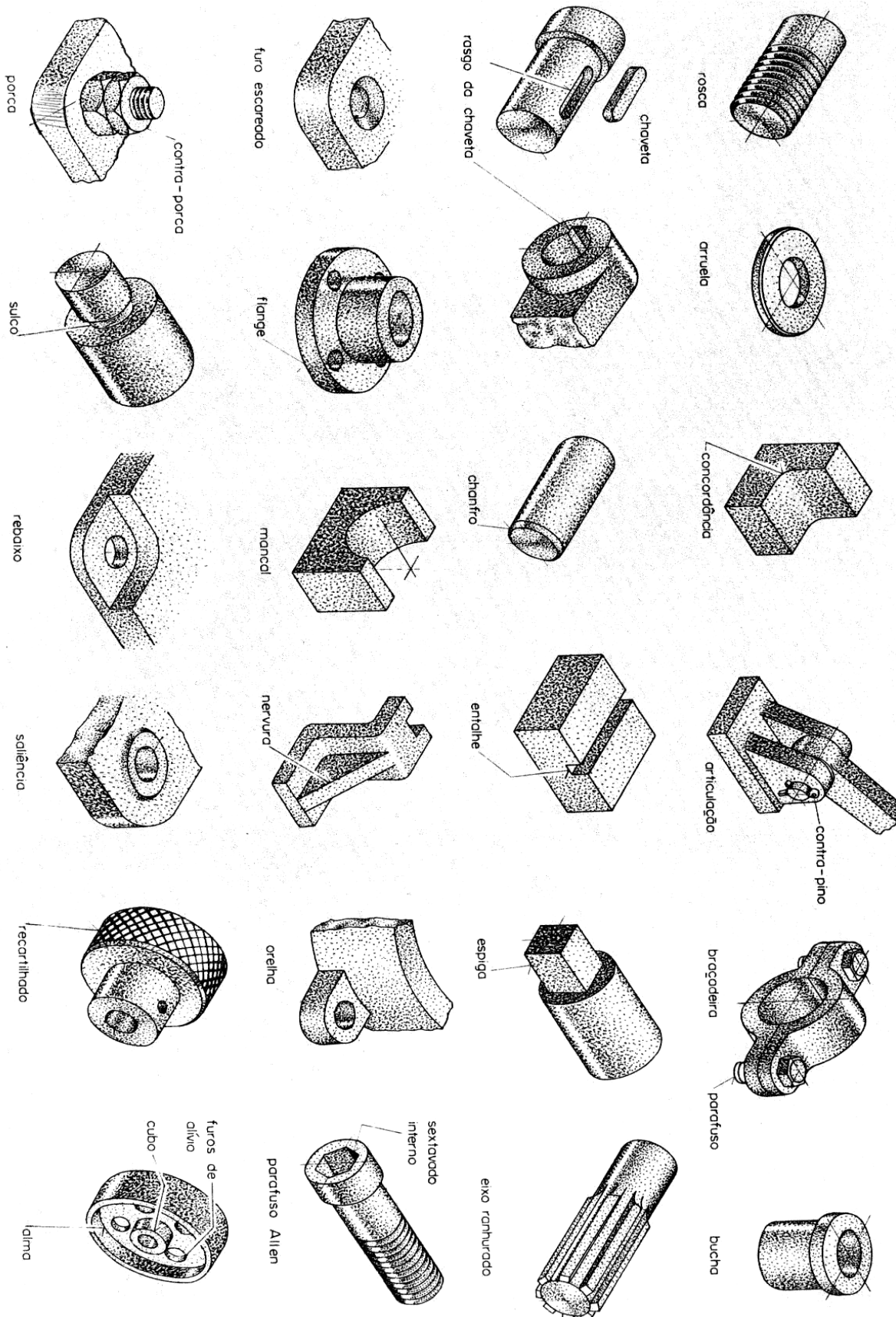
5.3.5. SÓLIDOS GEOMÉTRICOS VAZADOS

Os sólidos geométricos que apresentam partes ocas são chamados sólidos geométricos vazados.



5.3.6. TERMOS TÉCNICOS

O uso de termos técnicos dentro da área mecânica, mais especificamente dentro do desenho técnico é muito importante, pois exprime situações de usinagem e montagem de conjuntos mecânicos. Os mais comuns são:



6. **PERSPECTIVAS**

Quando olhamos para um objeto, temos a sensação de profundidade e relevo. As partes que estão mais próximas de nós parecem maiores e as partes mais distantes aparentam ser menores.

A fotografia mostra um objeto do mesmo modo como ele é visto pelo olho humano, pois transmite a idéia de três dimensões: comprimento, largura e altura.

O desenho, para transmitir essa mesma idéia, precisa recorrer a um modo especial de representação gráfica: a perspectiva. Ela representa graficamente as três dimensões de um objeto em um único plano, de maneira a transmitir a idéia de profundidade e relevo.

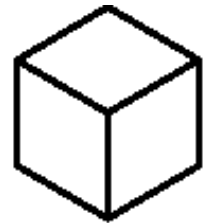
Existem diferentes tipos de perspectiva. Veja como fica a representação de um cubo em três tipos diferentes de perspectiva:



perspectiva cônica



perspectiva cavaleira



perspectiva isométrica

Cada tipo de perspectiva mostra o objeto de um jeito. Comparando as três formas de representação, você pode notar que a perspectiva isométrica é a que dá idéia menos deformada do objeto.

Isso quer dizer mesma; métrica quer dizer medida. A perspectiva isométrica mantém as mesmas proporções do comprimento, da largura e da altura do objeto representado. Além disso, o traçado da perspectiva isométrica é relativamente simples. Por essas razões, neste curso, você estudará esse tipo de perspectiva.

5.1. PERSPECTIVAS CÔNICA

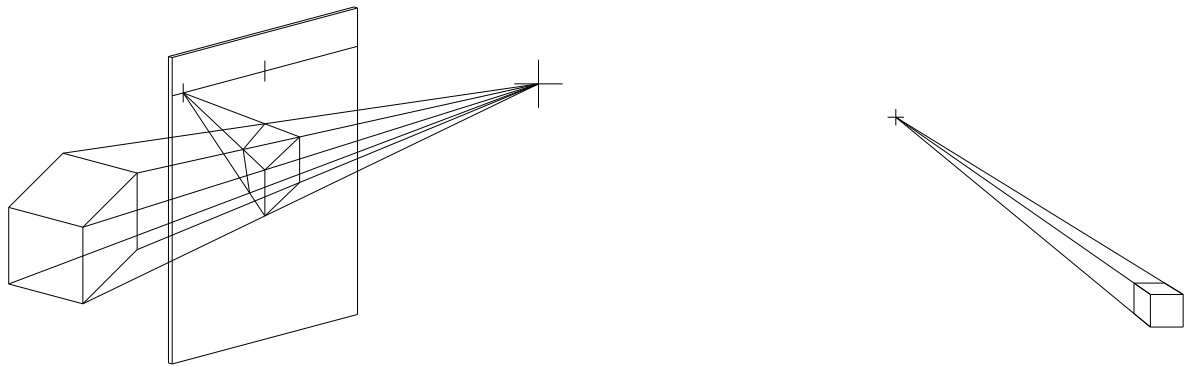
É um sistema perspectivo fundamentado na projeção cônica do objeto sobre um quadro transparente. Corresponderia a desenhar sobre a lâmina de vidro a imagem do objeto, mantendo o olho imóvel num ponto (ponto de vista).

Conforme o cubo tiver nenhuma, uma ou duas das suas três direções fundamentais paralelas ao quadro, a respectiva projeção cônica terá três, dois ou apenas um ponto de fuga.

Este sistema implica em construções geométricas bastante complexas, exigindo, normalmente, o uso de desenho instrumental; em consequência, a transformação das medidas do espaço para as medidas do plano e vice-versa não pode ser feita de modo simples e imediato.

Por isso, em Desenho Técnico, e especialmente no esboço à mão livre, é utilizada com mais freqüência, os sistemas de perspectivas paralelas que não apresentam os inconvenientes mencionados acima.

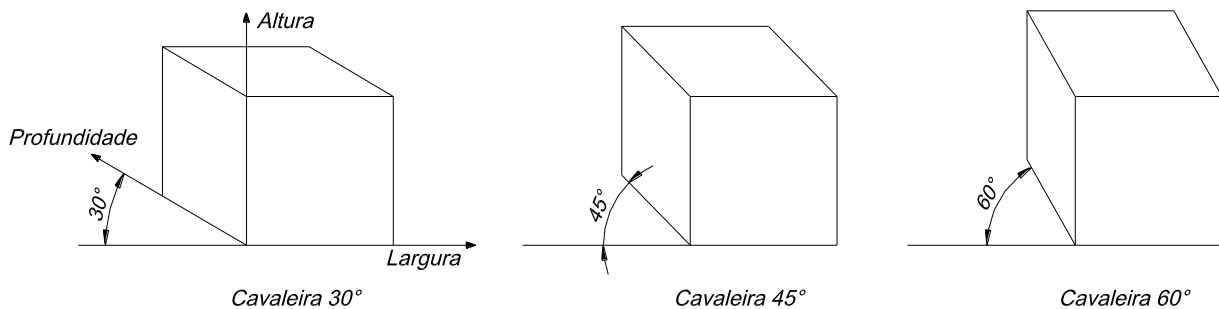
Como o nome indica, esses sistemas que serão tratados à seguir, fundamentam-se nas projeções paralelas (cilíndricas), em que todas as linhas do feixe projetante são paralelas.



5.2. PERSPECTIVAS CAVALEIRA

É o sistema perspectivo obtido quando o feixe paralelo (cilíndrico) de projetantes é oblíquo em relação ao quadro, sendo colocada paralelamente ao mesmo a face mais importante do objeto. No desenho sobre a lâmina de vidro, é obtida uma projeção oblíqua quando o olho é movido ao mesmo tempo em que a ponta do lápis, de maneira a que as visuais que unem cada ponto do objeto ao correspondente ponto do desenho e ao olho, sejam sempre paralelas entre si e a uma direção oblíqua em relação ao vidro.

Na realidade, as faces do cubo, paralelas ao quadro, permanecem em verdadeira grandeza, enquanto as arestas perpendiculares ao quadro se projetam inclinadas, sofrendo uma certa deformação.

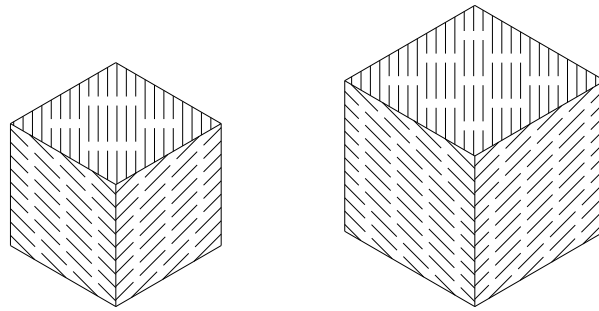


TIPOS	Coeficiente de Redução das Escalas dos Eixos		
	Largura	Altura	Profundidade
Cavaleira 30°	1	1	2 / 3
Cavaleira 45°	1	1	1 / 2
Cavaleira 60°	1	1	1 / 3

5.3. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA

5.3.7. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA SIMPLIFICADA

Em quase todos os usos práticos do sistema isométrico não se considera a redução que sofrem as linhas, marcando-se sobre os eixos seus comprimentos reais. Assim, teremos uma figura com uma forma exatamente igual, mas um pouco maior, na proporção de 1 para ,23, linear, e seu volume de 1,00m³ para 1,23m³ (figura abaixo).



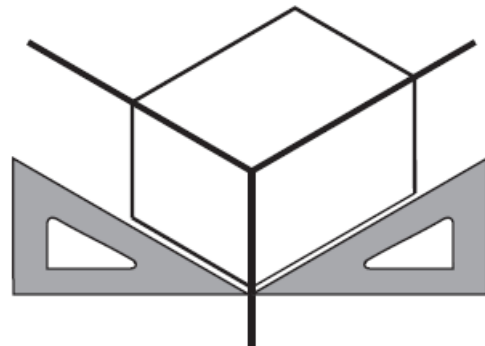
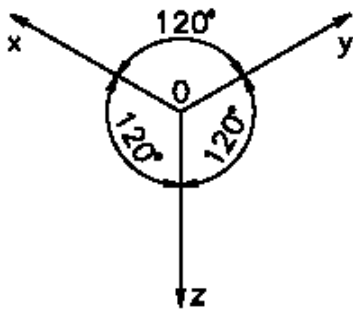
PERSPECTIVA ISOMÉTRICA
EXATA (81/100)

PERSPECTIVA ISOMÉTRICA
SIMPLIFICADA (100/100)

5.3.8. TRAÇADO DA PERSPECTIVA ISOMÉTRICA SIMPLIFICADA

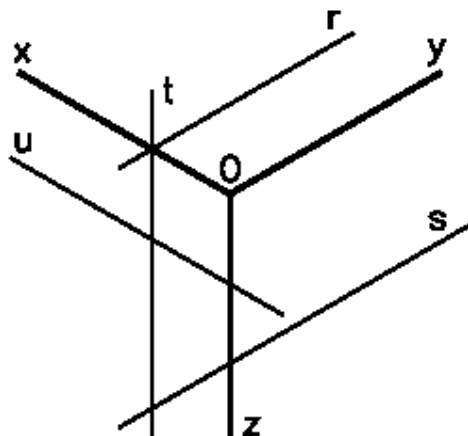
- **Eixos Isométricos**

O desenho da perspectiva isométrica é baseado num sistema de três semi-retas que têm o mesmo ponto de origem e formam entre si três ângulos de 120° . Essas semi-retas, assim dispostas, recebem o nome de eixos isométricos. Cada uma das semi-retas é um eixo isométrico. Os eixos isométricos podem ser representados em posições variadas, mas sempre formando, entre si, ângulos de 120° . Neste curso, os eixos isométricos serão representados sempre na posição indicada na figura anterior. O traçado de qualquer perspectiva isométrica parte sempre dos eixos isométricos.



- **Linha Isométrica**

Qualquer reta paralela a um eixo isométrico é chamada linha isométrica. Observe a figura a seguir:



5.3.9. TRAÇANDO A PERSPECTIVA ISOMÉTRICA

Dadas as vistas principais de um objeto, parte-se de um ponto que representa o vértice O do sólido envolvente e traçam-se os três eixos, que farão entre si ângulos de 120°. Em seguida, constrói-se o paralelepípedo envolvente do sólido com as maiores dimensões de largura, altura e profundidade, segundo a visibilidade desejada para os três planos. Analisando as vistas ortográficas, fazem-se cortes no sólido envolvente de acordo com as formas e dimensões dadas nas referidas vistas, adaptando, separadamente, cada vista no seu plano, até que se tenha o objeto desejado (Figura abaixo). As linhas ocultas não são habitualmente representadas em perspectiva.

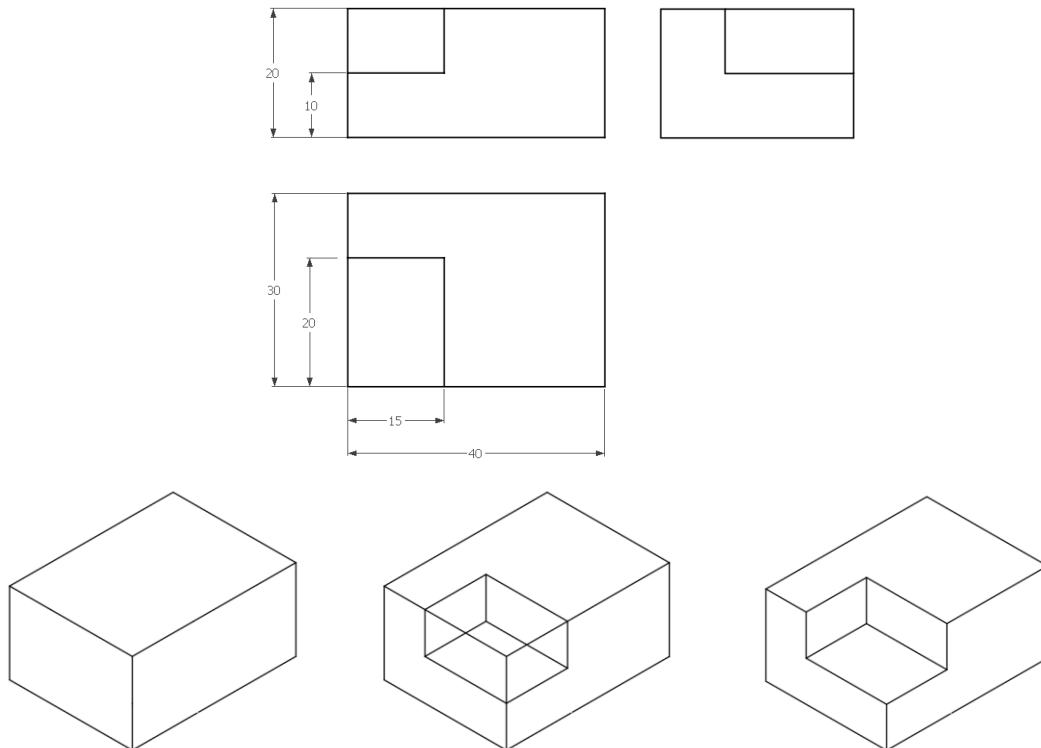
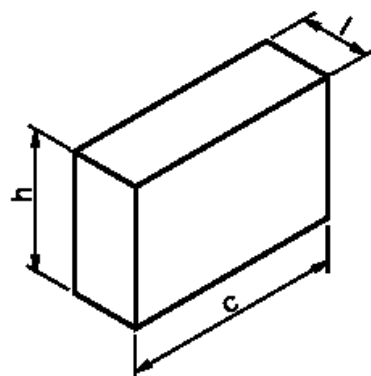


Figura - Construção da perspectiva isométrica simplificada de um objeto

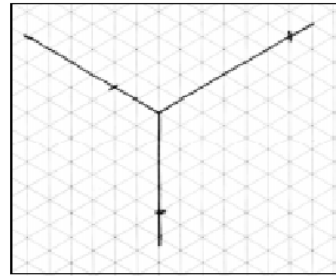
5.3.1. TRAÇANDO A PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DE UM PRISMA – PASSO-A-PASSO

O traçado da perspectiva será demonstrado em cinco fases apresentadas separadamente. Na prática, porém, elas são traçadas em um mesmo desenho. Em cada nova fase você deve repetir todos os procedimentos anteriores.

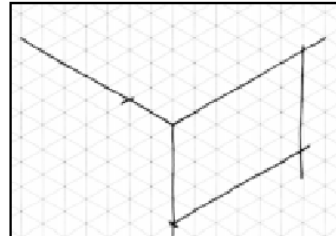


prisma retangular
 dimensões básicas:
 c = comprimento;
 l = largura;
 h = altura

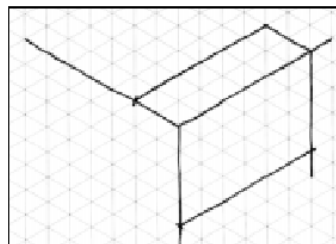
1a fase - Trace levemente, os eixos isométricos e indique o comprimento, a largura e a altura sobre cada eixo, tomando como base as medidas aproximadas do prisma representado na figura anterior.



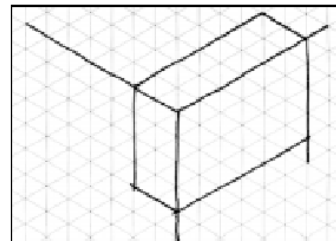
2a fase - A partir dos pontos onde você marcou o comprimento e a altura, trace duas linhas isométricas que se cruzam. Assim ficará determinada a face da frente do modelo.



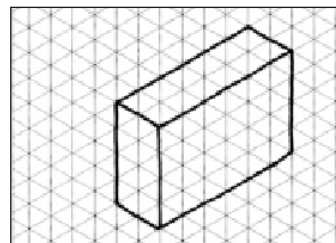
3a fase - Trace agora duas linhas isométricas que se cruzam a partir dos pontos onde você marcou o comprimento e a largura. Assim ficará determinada a face superior do modelo.



4a fase - E, finalmente, você encontrará a face lateral do modelo. Para tanto, basta traçar duas linhas isométricas a partir dos pontos onde você indicou a largura e a altura.



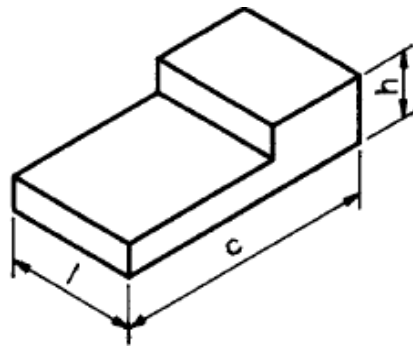
5a fase (conclusão) - Apague os excessos das linhas de construção. Depois, é só reforçar os contornos da figura e está concluído o traçado da perspectiva isométrica do prisma retangular.



5.3.2. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DE ELEMENTOS PARALELOS

A forma do prisma com elementos paralelos deriva do prisma retangular. Por isso, o traçado da perspectiva do prisma com elementos paralelos parte da perspectiva do prisma retangular ou prisma auxiliar.

O traçado das cinco fases será baseado no modelo prismático indicado a seguir.



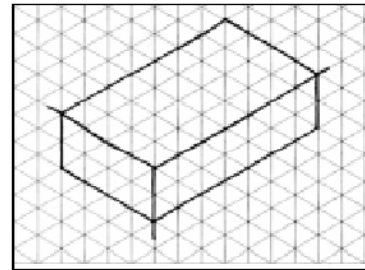
Prisma com rebaixo:

c = comprimento

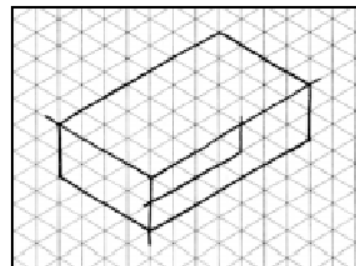
l = largura

h = altura

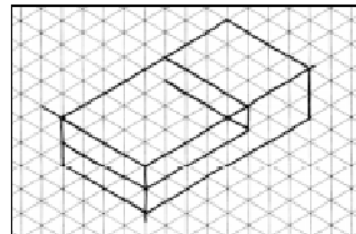
1a fase - Esboce a perspectiva isométrica do prisma auxiliar utilizando as medidas aproximadas do comprimento, largura e altura do prisma com rebaixo.



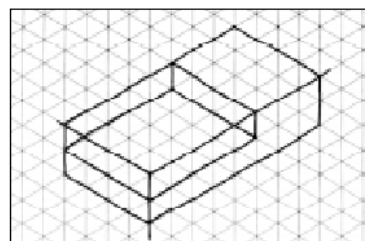
2a fase - Na face da frente, marque o comprimento e a profundidade do rebaixo e trace as linhas isométricas que o determinam.



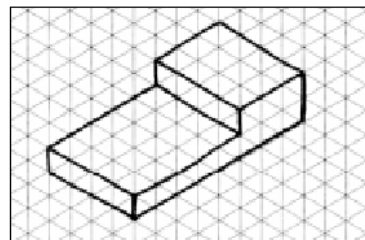
3a fase - Trace as linhas isométricas que determinam a largura do rebaixo. Note que a largura do rebaixo coincide com a largura do modelo.



4a fase - Complete o traçado do rebaixo.

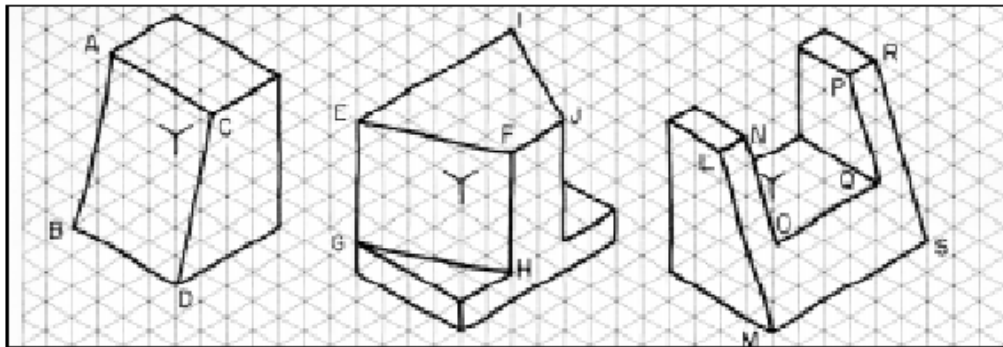


5a fase (conclusão) - Finalmente, apague as linhas de construção e reforçe os contornos do modelo.



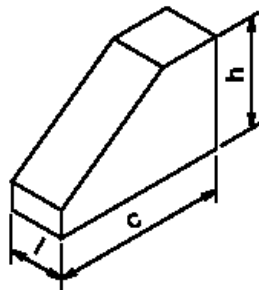
5.3.3. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DE ELEMENTOS OBLÍQUOS

Os modelos prismáticos também podem apresentar elementos oblíquos. Observe os elementos dos modelos abaixo:



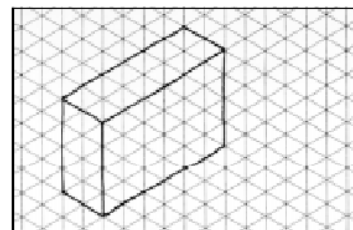
Esses elementos são oblíquos porque têm linhas que não são paralelas aos eixos isométricos. Nas figuras anteriores, os segmentos de reta: AB, CD, EF, GH, IJ, LM, NO, PQ e RS são linhas não isométricas que formam os elementos oblíquos. O traçado da perspectiva isométrica de modelos prismáticos com elementos oblíquos também será demonstrado em cinco fases.

O modelo a seguir servirá de base para a demonstração do traçado. O elemento oblíquo deste modelo chama-se chanfro.

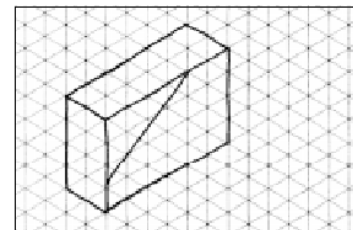


Prisma chanfrado:
c = comprimento;
l = largura e
h = altura.

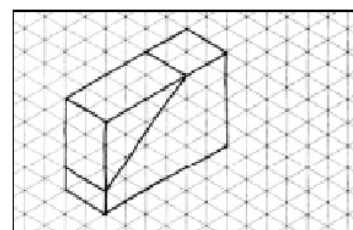
1a fase - Esboce a perspectiva isométrica do prisma auxiliar, utilizando as medidas aproximadas do comprimento, largura e altura do prisma chanfrado.



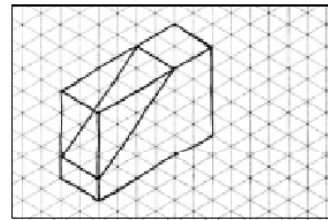
2a fase - Marque as medidas do chanfro na face da frente e trace a linha não isométrica que determina o elemento.



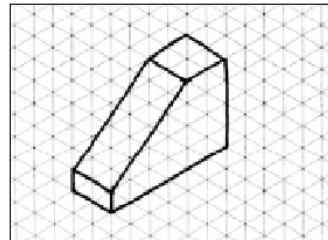
3a fase - Trace as linhas isométricas que determinam a largura do chanfro.



4a fase - Complete o traçado do elemento.

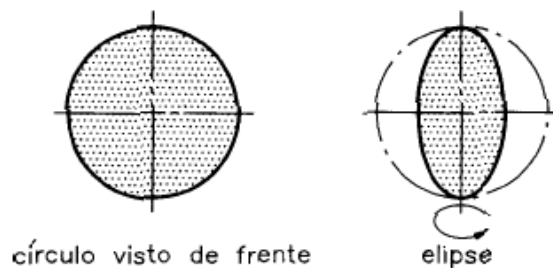


5a fase - Agora é só apagar as linhas de construção e reforçar as linhas de contorno do modelo.



5.3.4. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DO CÍRCULO

Um círculo, visto de frente, tem sempre a forma redonda. Entretanto, quando giramos o círculo. Imprimimos um movimento de rotação ao círculo, ele aparentemente muda, pois assume a forma de uma elipse.



Para obter a perspectiva isométrica de circunferências e de arcos de circunferências utilizamos a chamada elipse isométrica.

Uma circunferência pode ser inscrita num quadrado, e esse, ao ser perspectivado, transforma-se num losango, que terá uma elipse inscrita.

Para executar o desenho isométrico das circunferências, são executadas as seguintes etapas:

1) Desenha-se o quadrado ABCD que circunscribe a circunferência. Traçam-se os eixos isométricos e marcam-se os lados do quadrado nos eixos. Tem-se agora o losango ABCD (Figura abaixo).

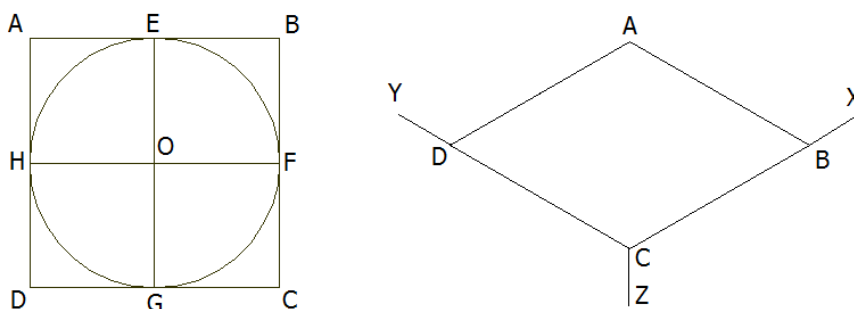


Figura – Etapa 1 da construção da perspectiva isométrica de uma circunferência

2) Obtêm-se os pontos médios E, F, G e H dos lados do losango ABCD.

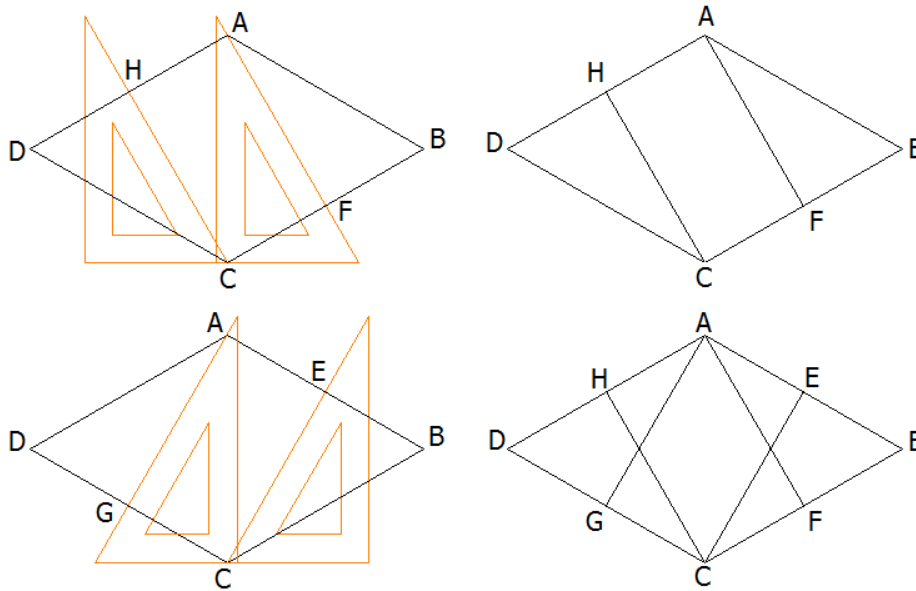


Figura - Etapa 2 da construção da perspectiva isométrica de uma circunferência

3) Com centros nos vértices C e A, traçam-se os arcos HE e GF. Com centro nos pontos I e J, traçam-se os arcos EF e HG, completando a elipse isométrica.

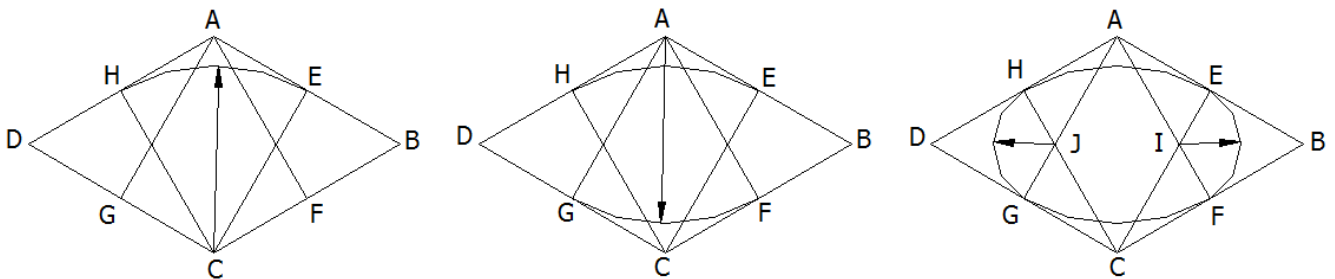


Figura - Etapa 3 da construção da perspectiva isométrica de uma circunferência

O procedimento é o mesmo qualquer que seja o plano utilizado. Notem, na figura abaixo, os sentidos das elipses.

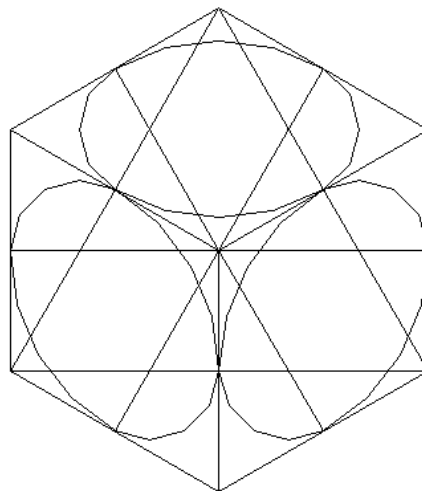
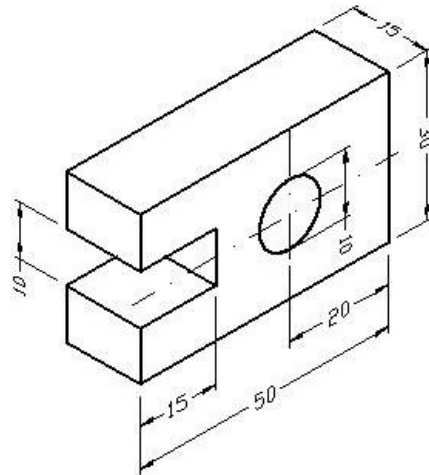


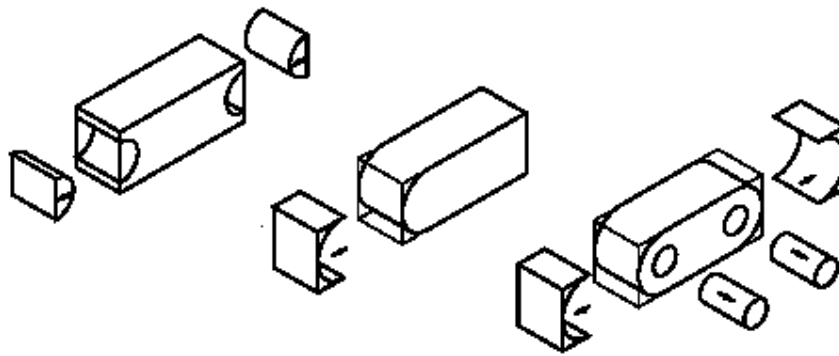
Figura – Representação da perspectiva isométrica de circunferências

EXERCÍCIO: Represente o desenho em perspectiva isométrica em Escala 2:1. Lembre-se que para fazer o furo em perspectiva, é necessário antes fazer o quadrado isométrico com as arestas do tamanho do diâmetro do furo.



5.3.5. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DE MODELOS COM ELEMENTOS CIRCULARES E ARREDONDADOS

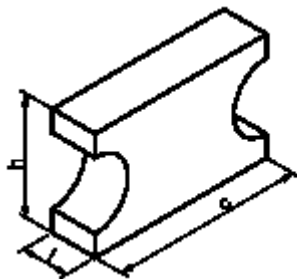
Os modelos prismáticos com elementos circulares e arredondados também podem ser considerados como derivados do prisma.



O traçado da perspectiva isométrica desses modelos também parte dos eixos isométricos e da representação de um prisma auxiliar, que servirá como elemento de construção.

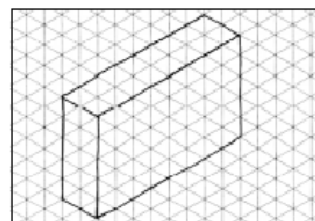
O tamanho desse prisma depende do comprimento, da largura e da altura do modelo a ser representado em perspectiva isométrica. Mais uma vez, o traçado será demonstrado em cinco fases. Acompanhe atentamente cada uma delas e aproveite para praticar no reticulado da direita. Observe o modelo utilizado para ilustrar as fases. Os elementos arredondados que aparecem no modelo têm forma de semicírculo.

Para traçar a perspectiva isométrica de semicírculos, você precisa apenas da metade do quadrado auxiliar.

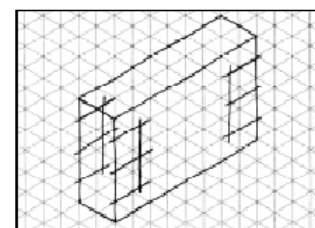


Prisma com
elementos arredondados
c = comprimento
l = largura
h = altura

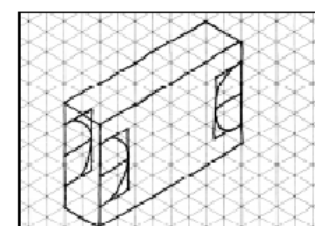
1a fase - Trace o prisma auxiliar respeitando o comprimento, a largura e a altura aproximados do prisma com elementos arredondados.



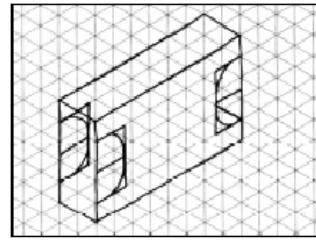
2a fase - Marque, na face anterior e na face posterior, os semiquadrados que auxiliam o traçado dos semicírculos.



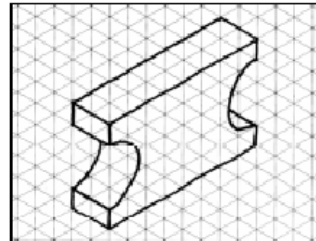
3a fase - Trace os semicírculos que determinam os elementos arredondados, na face anterior e na face posterior do modelo.



4a fase - Complete o traçado das faces laterais.

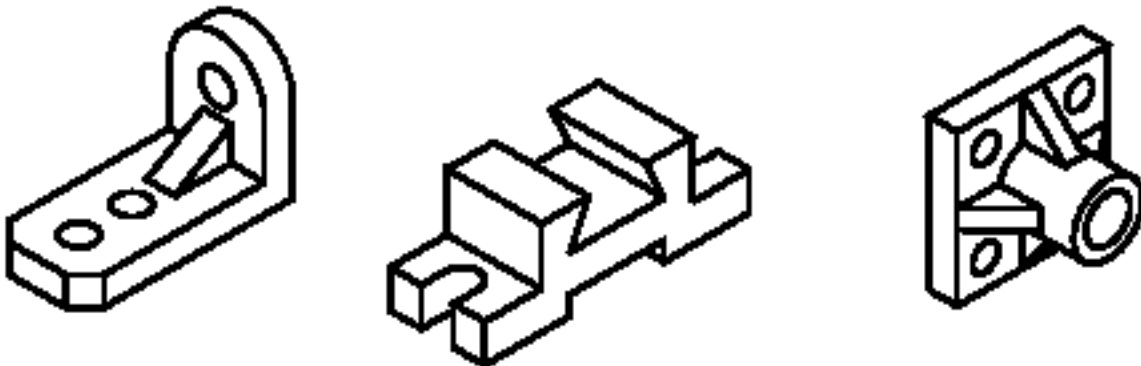


5a fase - Apague as linhas de construção e reforçe o contorno do traçado.



5.3.6. PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DE MODELOS COM ELEMENTOS DIVERSOS

Na prática, você encontrará peças e objetos que reúnem elementos diversos em um mesmo modelo. Veja alguns exemplos.



Os modelos acima apresentam chanfros, rebaixos, furos e rasgos. Com os conhecimentos que você já adquiriu sobre o traçado de perspectiva isométrica é possível representar qualquer modelo prismático com elementos variados.

Isso ocorre porque a perspectiva isométrica desses modelos parte sempre de um prisma auxiliar e obedece à seqüência de fases do traçado que você já conhece.

Visualização dos objetos

Os eixos isométricos poderão ocupar várias posições, de modo a representar o objeto de qualquer ângulo (Figura a seguir).

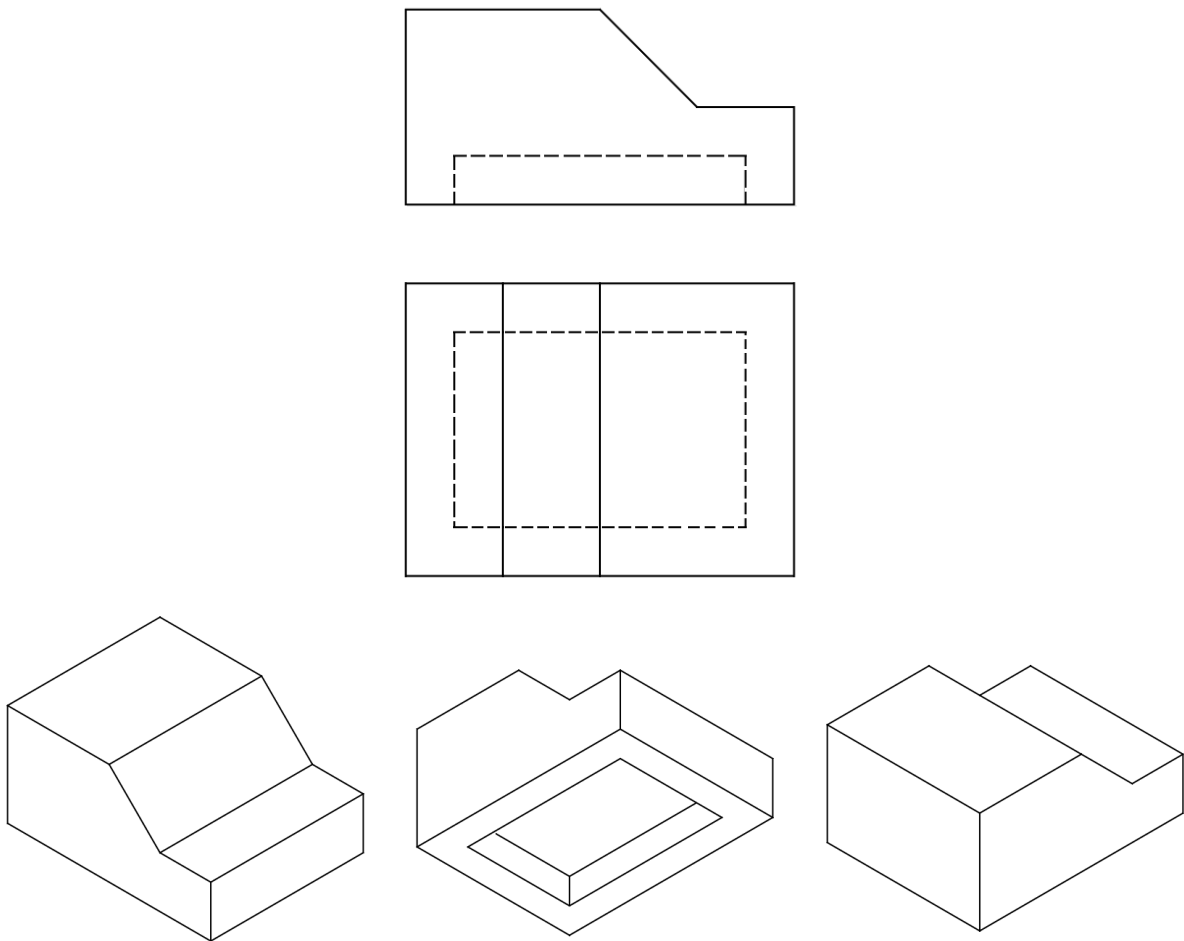
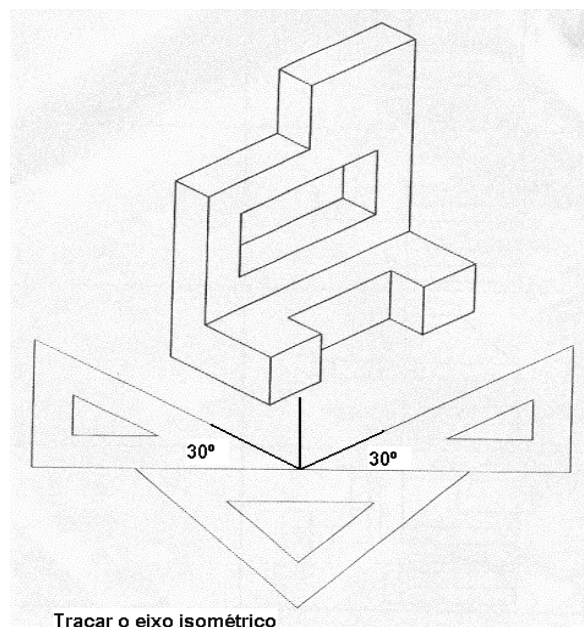


Figura – Posição dos eixos isométricos

Não uma regra que determina quais eixos deve estar correlacionada para formar vista perspectiva isométrica. Por conveniência, usa-se a vista (posicionamento) que demonstra o maior número de detalhes da peça.

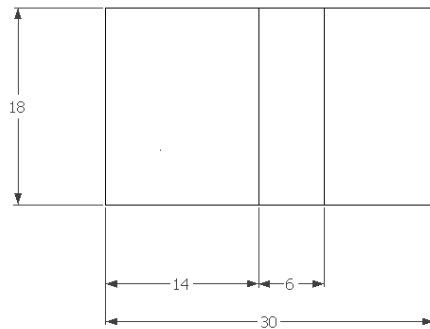
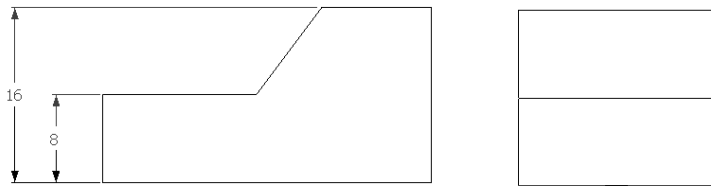
Abaixo mostra como se deve iniciar qualquer desenho em Perspectiva Isométrica.



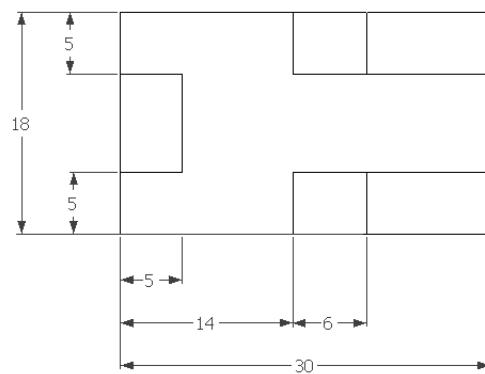
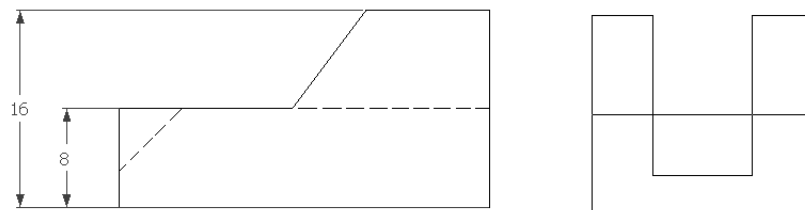
Exercícios de Perspectiva Isométrica Simplificada

Construir a Perspectiva Isométrica das peças dadas.

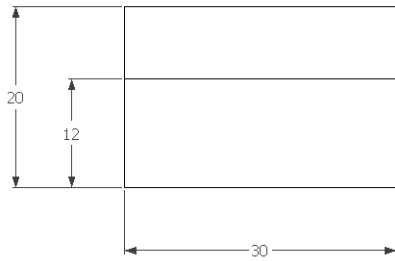
1a)



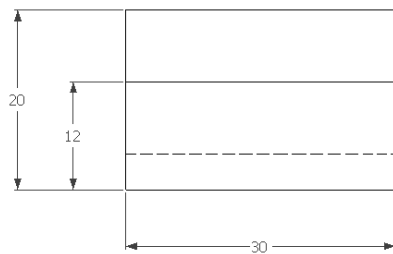
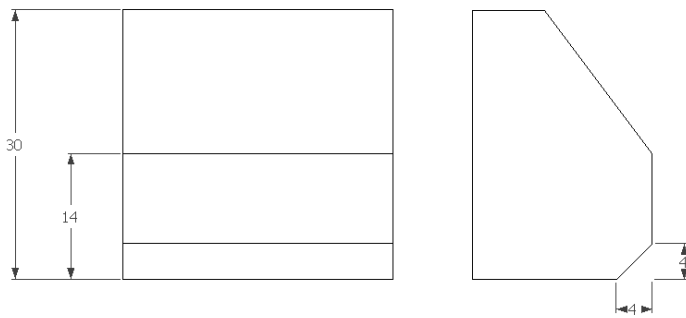
1b)



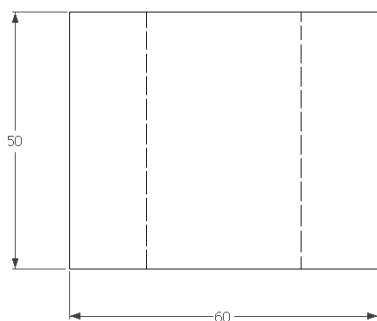
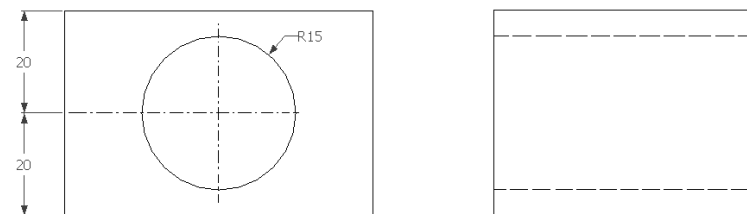
2a)



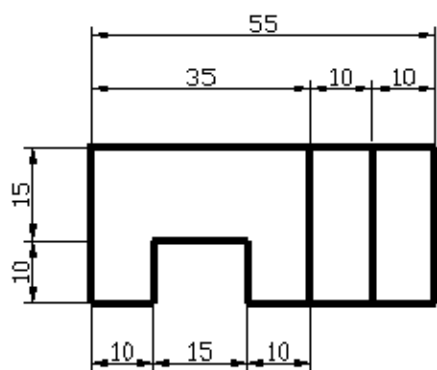
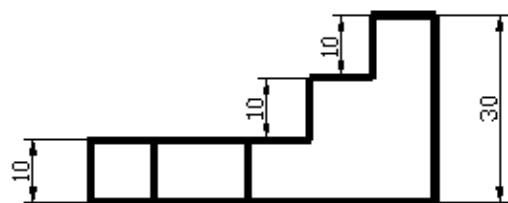
2b)



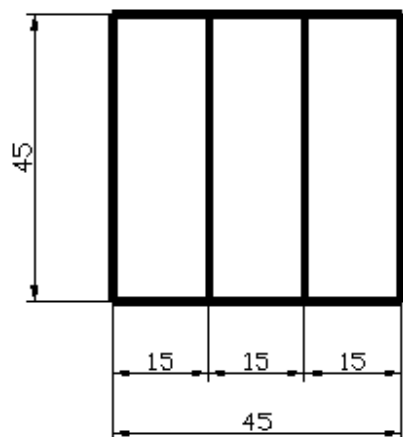
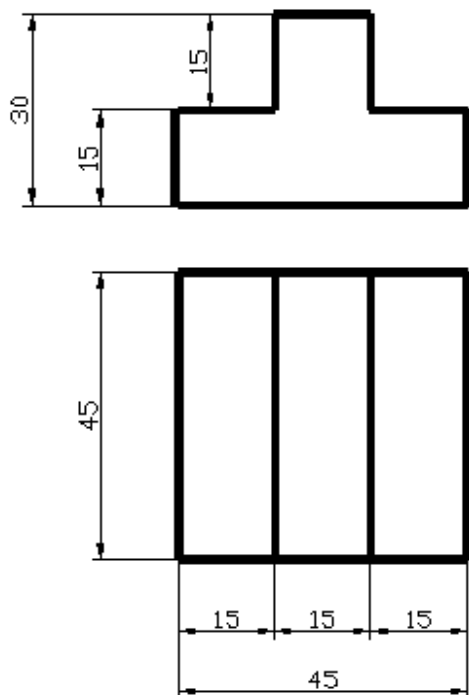
5)



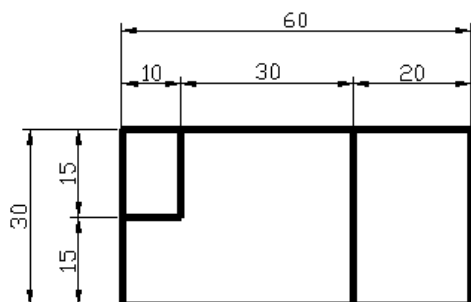
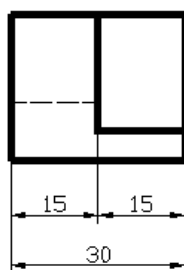
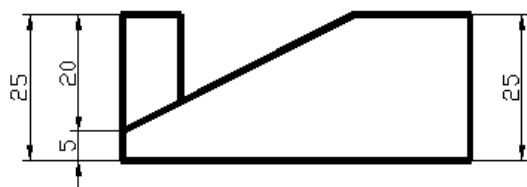
6)



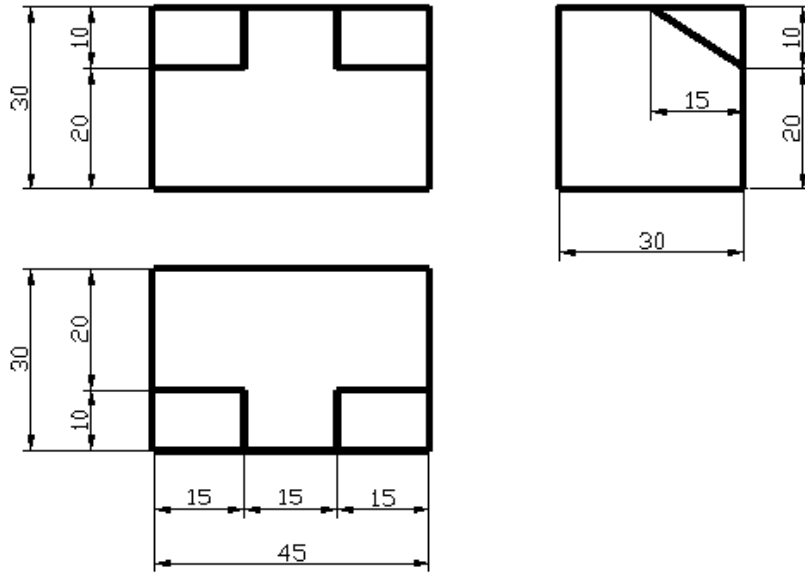
7)



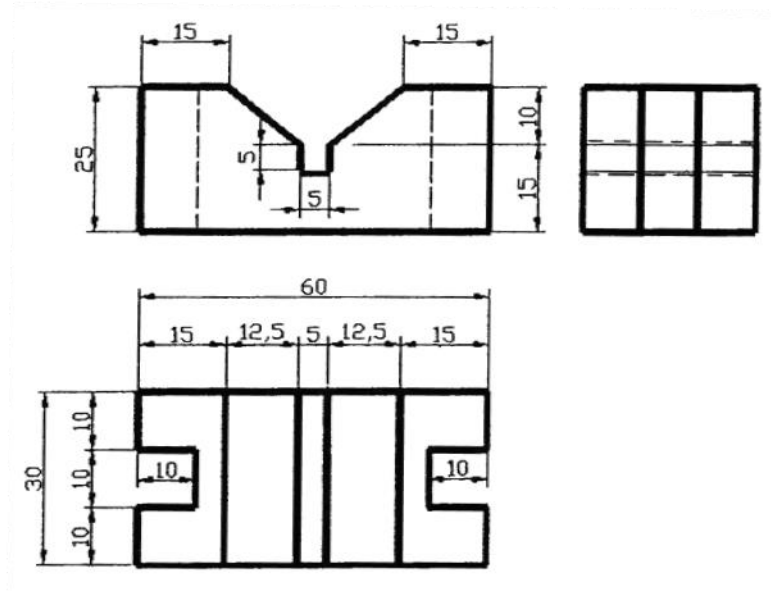
8)



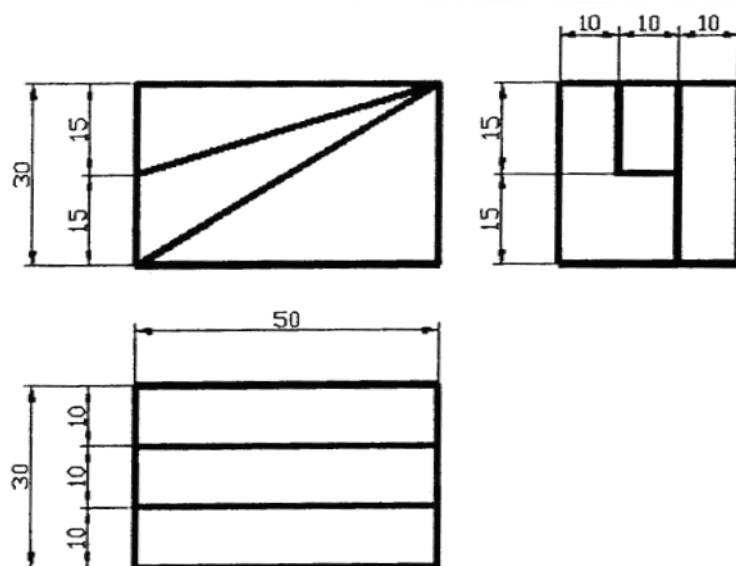
9)



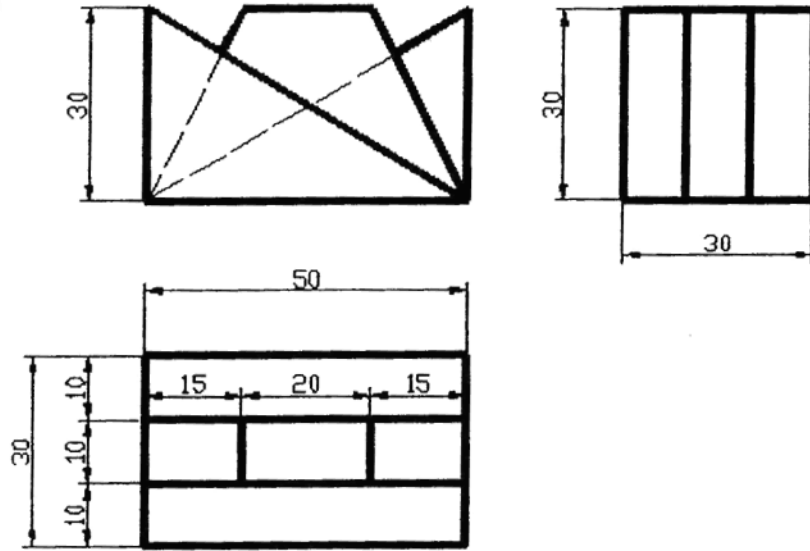
10)



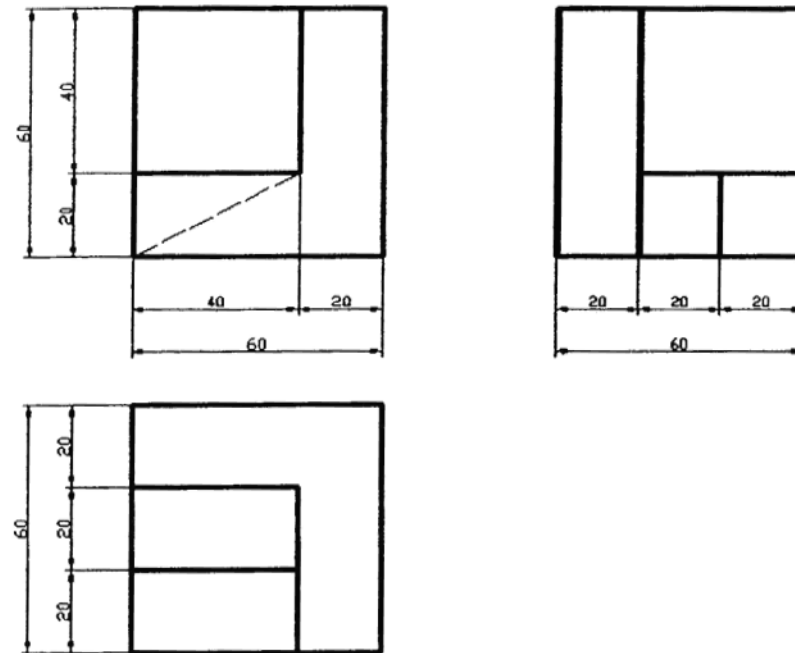
11)



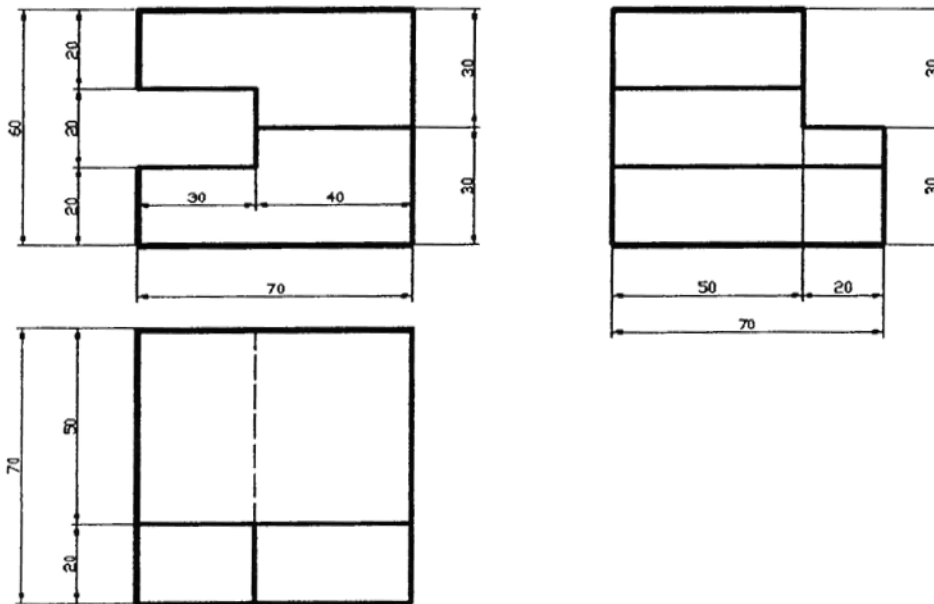
12)



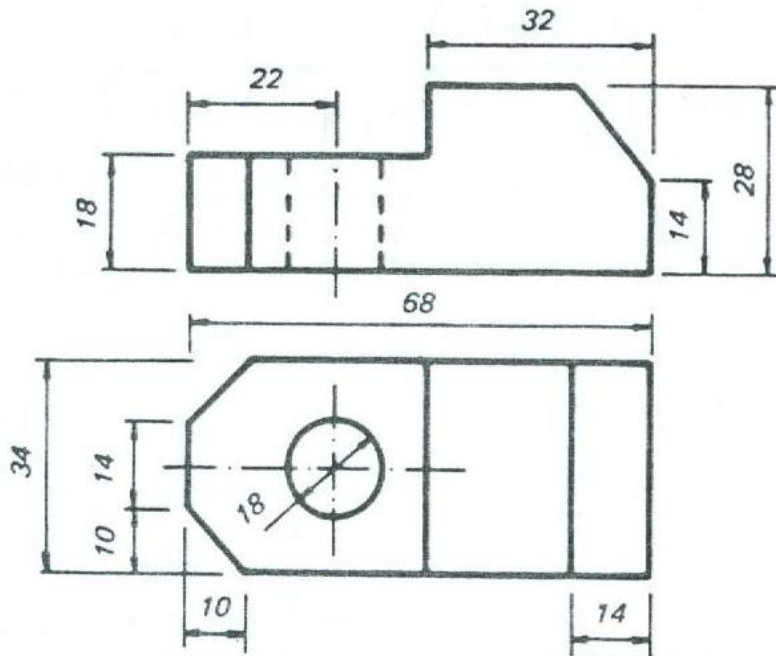
14)



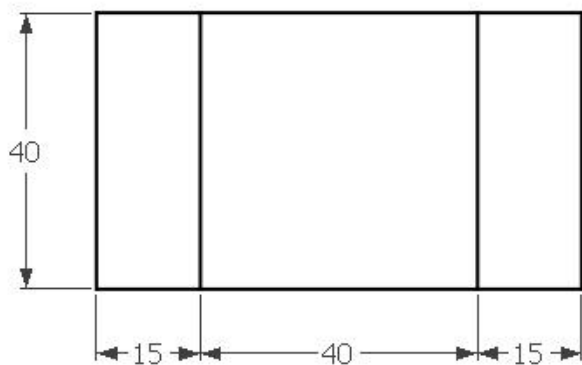
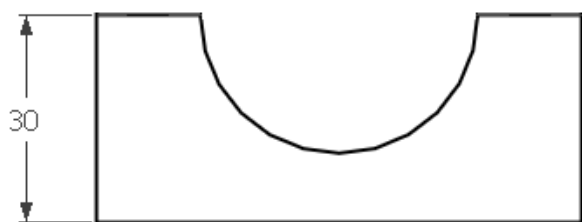
15)



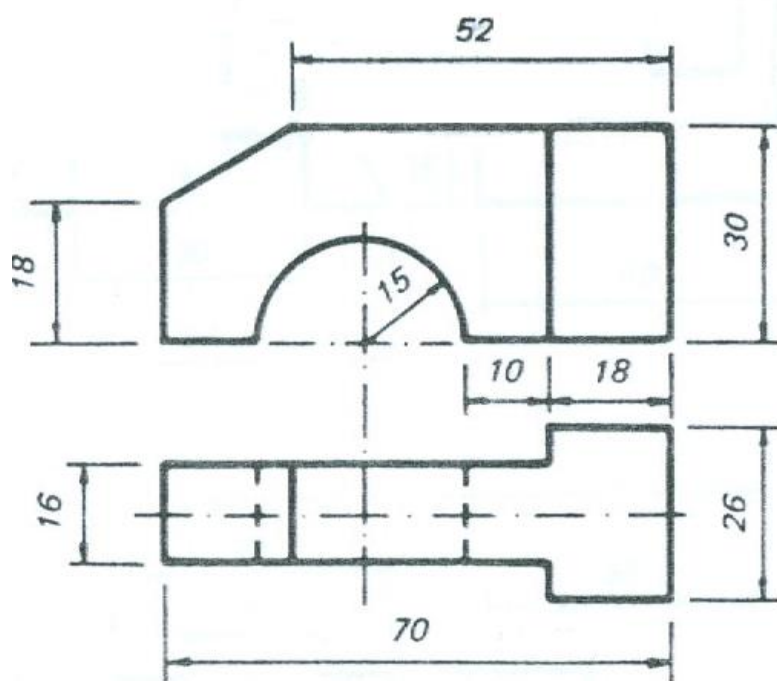
18)



19)



20)



6.6 VISTAS AUXILIARES

A Figura 71 mostra as três vistas principais de um objeto com superfície inclinada, pode-se observar que em nenhuma das três vistas aparece em verdadeira grandeza a parte inclinada do objeto.

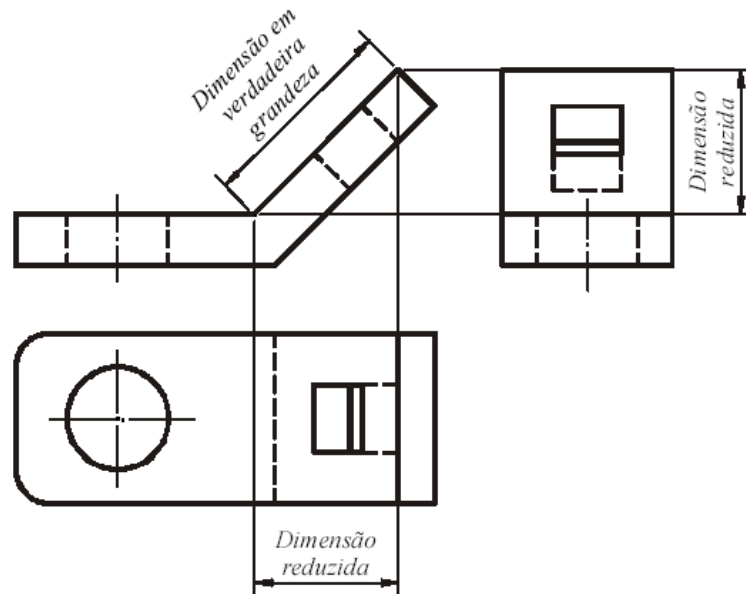


Figura 71 – Vistas ortográficas de um objeto com superfície inclinada

Fonte: <http://www.eel.usp.br>

A representação da verdadeira grandeza de uma superfície inclinada só será possível fazendo a sua projeção ortogonal em um plano paralelo à parte inclinada, como mostra a Figura 72.

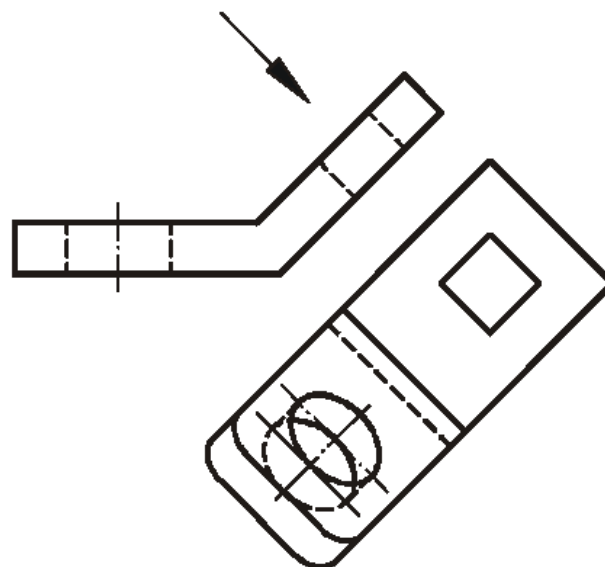


Figura 72 – Projeção ortogonal de um objeto num plano paralelo à superfície inclinada

Fonte: <http://www.eel.usp.br>

A Figura 73 mostra um exemplo de uma peça que possui uma superfície inclinada e onde foi acrescentado um plano de projeção paralelo a essa face de modo a representá-la em verdadeira grandeza.

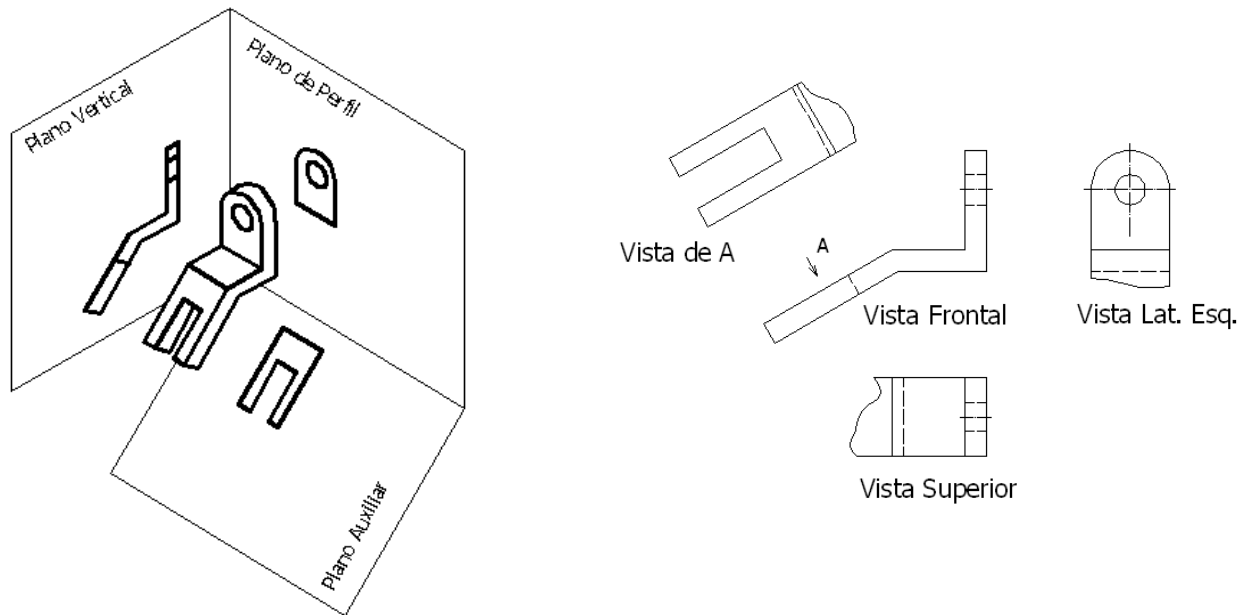


Figura 73 – Vista auxiliar de um objeto para identificar a VG de sua superfície inclinada

Como o desenho técnico tem como objetivo representar com clareza as formas espaciais dos objetos, não tem sentido prático desenhar as partes das vistas que aparecem com dimensões fora das suas verdadeiras grandezas. Desta forma, a ABNT recomenda a utilização de vistas parciais, limitadas por linhas de rupturas, que representam somente as partes que aparecem as formas verdadeiras dos objetos, conforme mostram as Figuras 73 e 74.

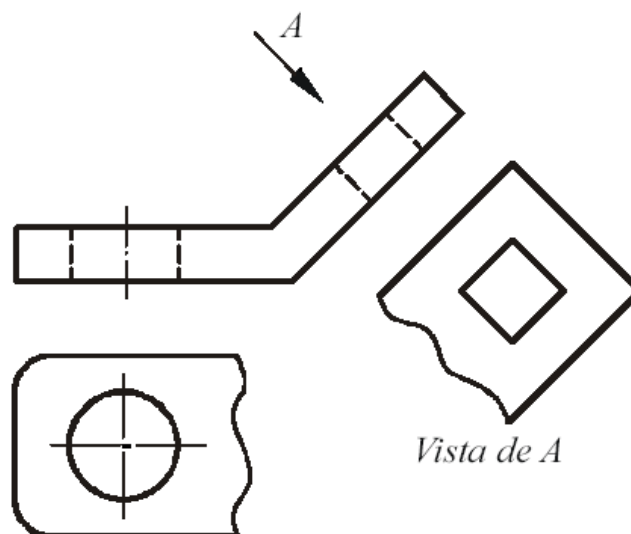


Figura 74 – Utilização de vistas parciais em vistas auxiliares

Fonte: <http://www.eel.usp.br>

As vistas auxiliares, como são localizadas em posições diferentes das posições resultantes das vistas principais, devem ter o sentido de observação indicado por uma seta designada por uma letra, que será usada para identificar a vista resultante daquela direção.

A Figura 75 mostra que as vistas auxiliares, além de representarem a forma do objeto com maior clareza, permitem que as cotas sejam referenciadas em verdadeiras grandezas nas dimensões cotadas.

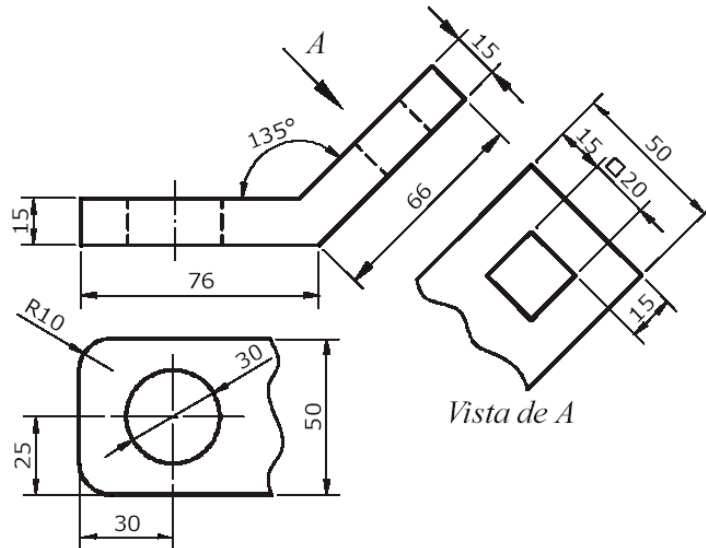


Figura 75 – Cotagem em vistas auxiliares
 Fonte: <http://www.eel.usp.br>

Na Figura 76 são mostradas duas representações. Na primeira, (Figura 76a) o objeto está representado por meio de suas vistas frontal, superior, lateral esquerda e lateral direita, não sendo possível representar a verdadeira grandeza de alguns detalhes da peça. E na segunda (Figura 76b) são utilizados planos auxiliares de projeção paralelos a estes detalhes, de modo a representá-los em sua verdadeira grandeza. Portanto, a maneira correta de representar o objeto da Figura 76 é utilizando a segunda forma.

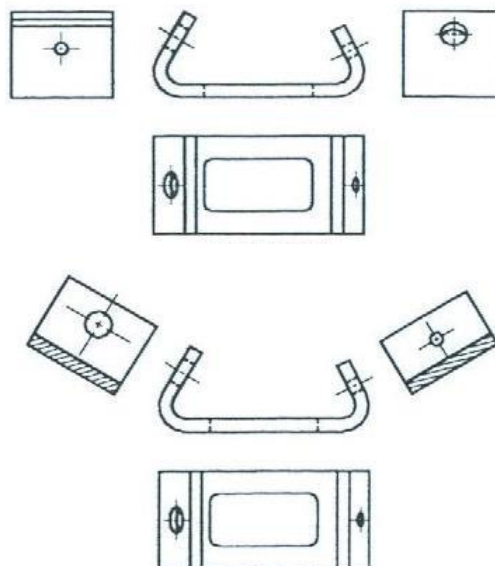
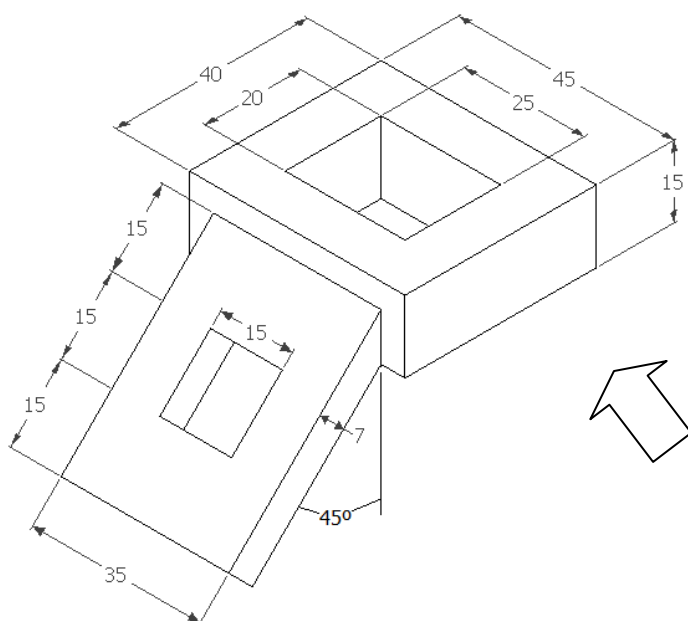


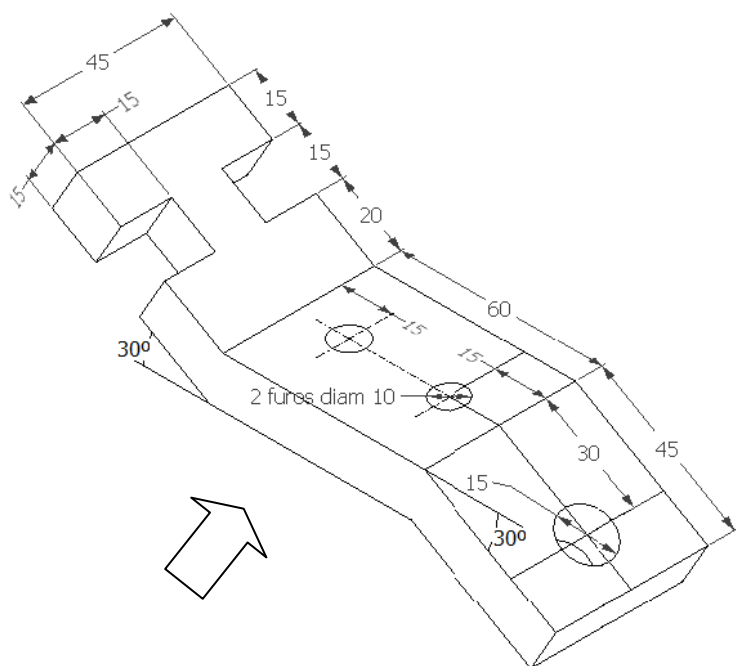
Figura 76 – Representação desaconselhável (em cima) e correta (embaixo) fazendo uso de planos auxiliares de projeção (vistas auxiliares)

6.7 Exercícios de Vistas Auxiliares

1) Representar o objeto por meio da vista frontal (VF), da vista superior parcial (VSP) e da vista auxiliar (VA) do detalhe inclinado.

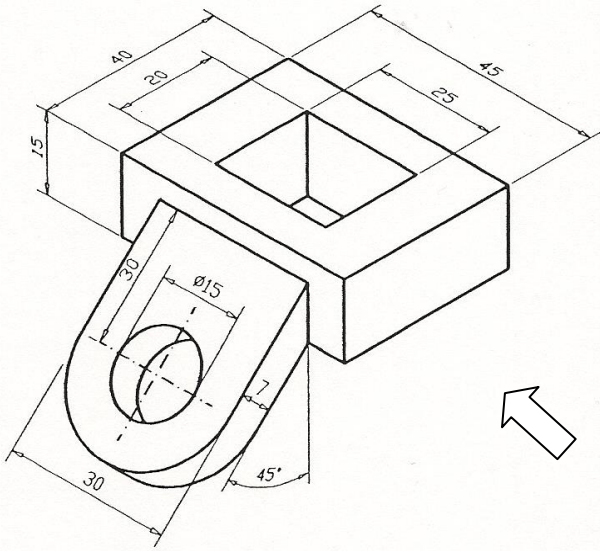


2) Representar o objeto por meio da vista frontal (VF), e de vistas auxiliares 1 e 2 (VA1 e VA2) dos detalhes inclinados.

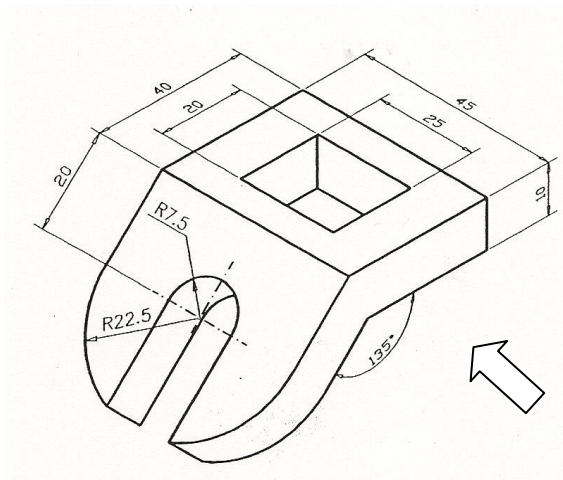


3) Representar o objeto por meio da vista frontal (VF), vista superior (VS), e de uma vista auxiliar dos detalhes inclinados.

3.1)

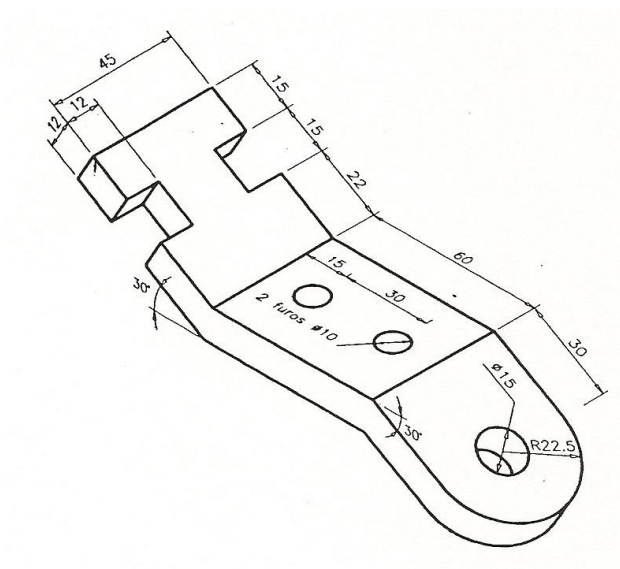


3.2)



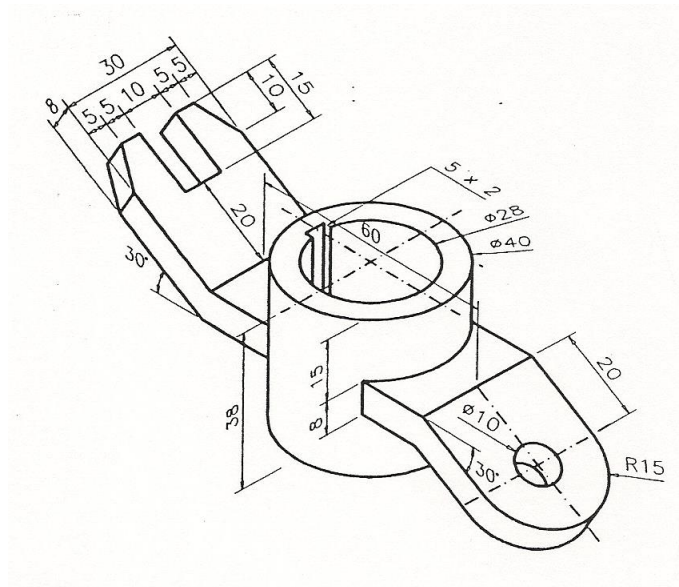
4) Representar o objeto por meio da vista frontal (VF), vista superior (VS), e de vistas auxiliares 1 e 2 (VA1 e VA2) dos detalhes inclinados.

4.A)



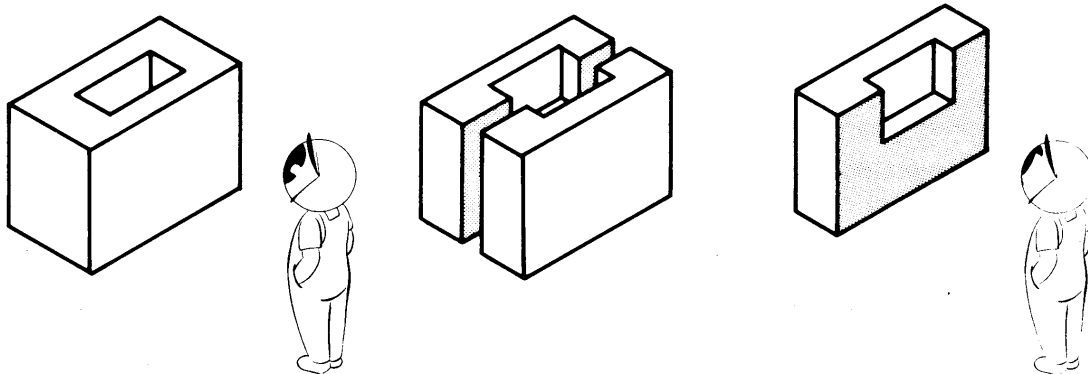
4.B)

4.



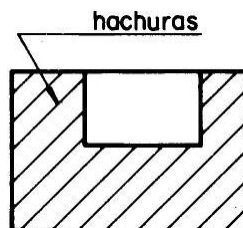
4. CORTE

Significa divisão, separação. Em desenho técnico, o corte de uma peça é sempre imaginário. Ele permite ver as partes internas da peça.

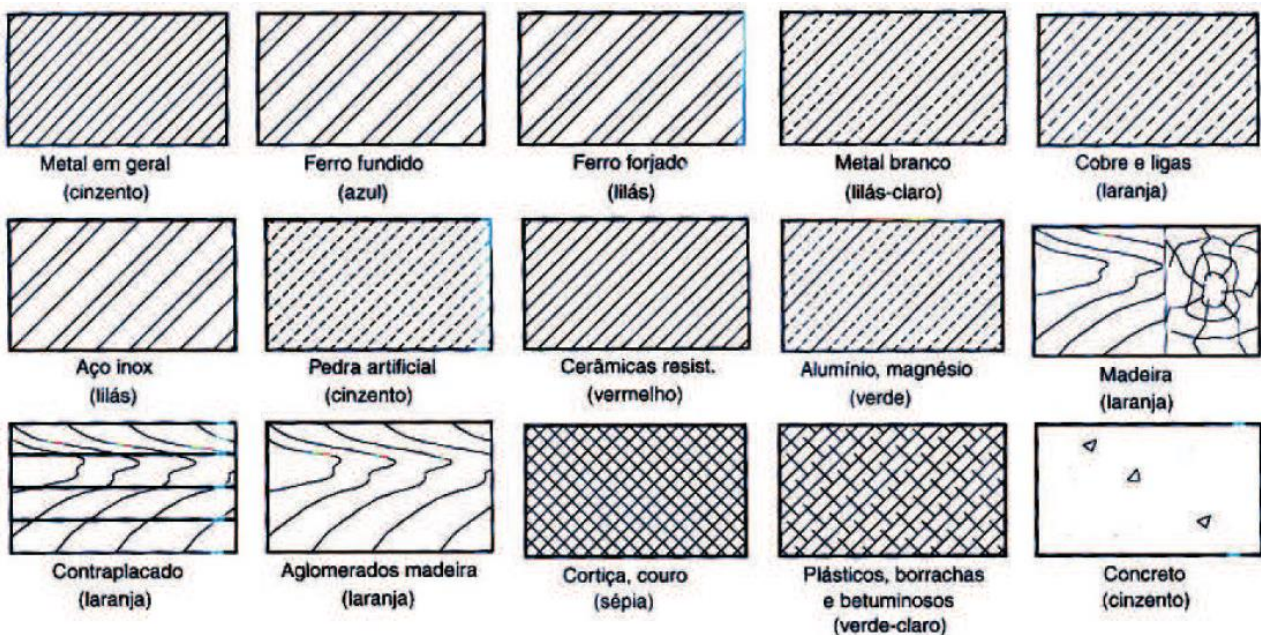


4.1. HACHURA

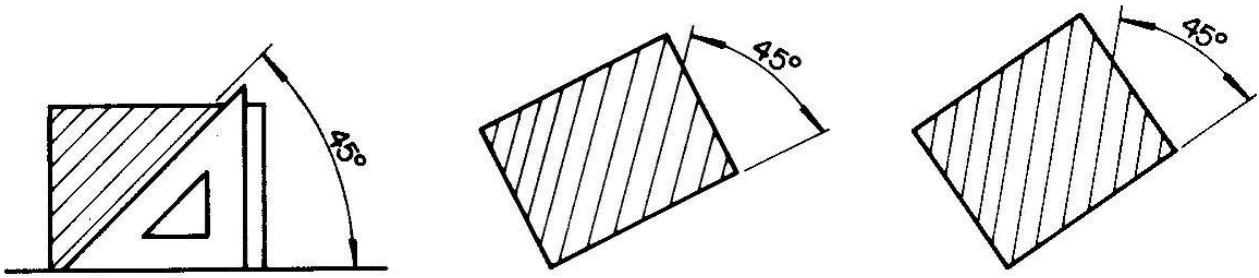
Na posição em corte, a superfície imaginada cortada é preenchida com hachuras. Elas são linhas estreitas que, além de representarem a superfície imaginada cortada, mostram também os tipos de materiais.



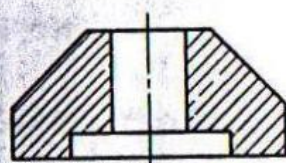
Hachuras para diferentes materiais (NBR 12298)



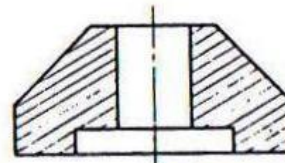
O hachurado é traçado com inclinação de 45 graus.



As hachuras podem tomar outra direção quando houver necessidade de evitar seu paralelismo com o contorno da secção.

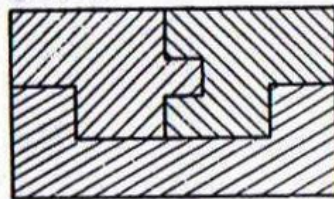


não aconselhável

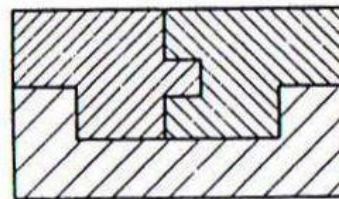


aconselhável

As peças adjacentes devem figurar com hachuras diferindo pela direção ou pelo espaçamento.

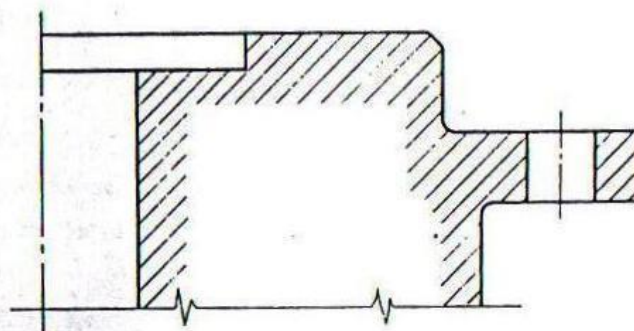


menos aconselhável



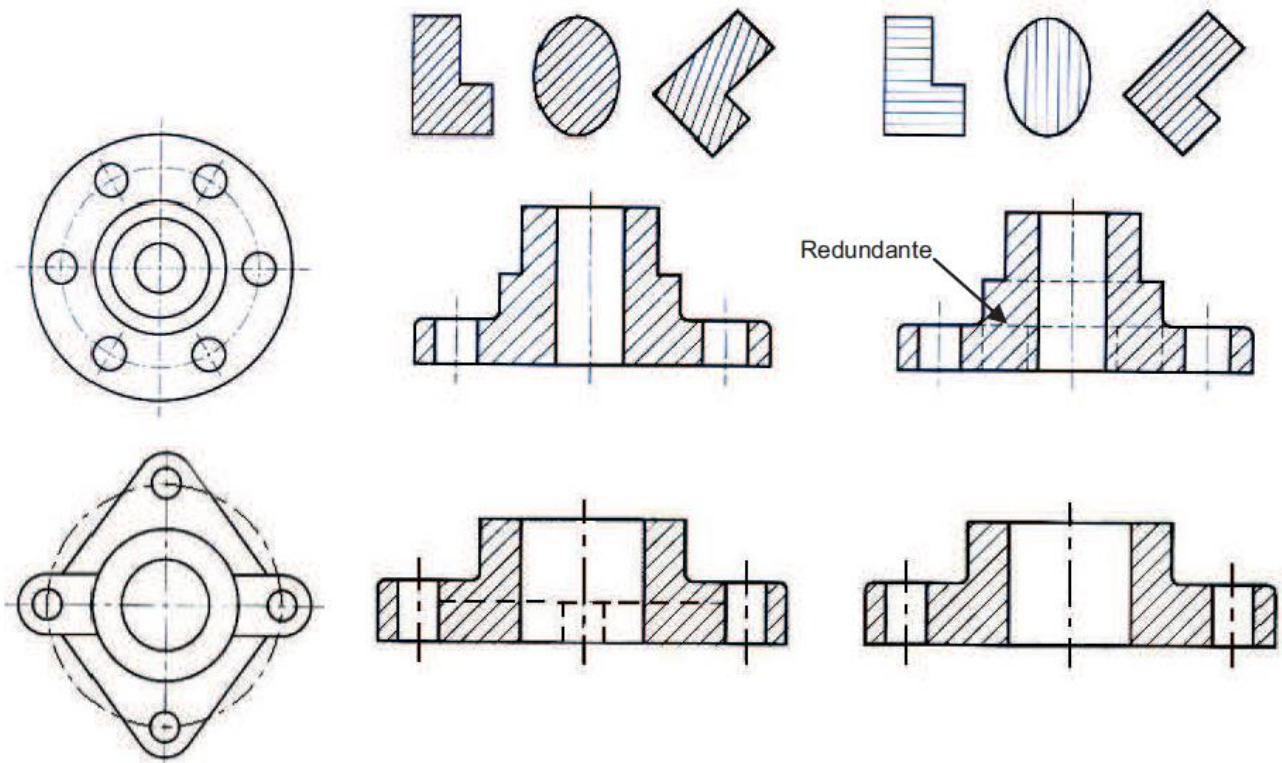
mais aconselhável

— Sendo a área a hachurar muito grande, pode-se limitar o hachurado à vizinhança do contorno, deixando a parte central em branco.



Certo

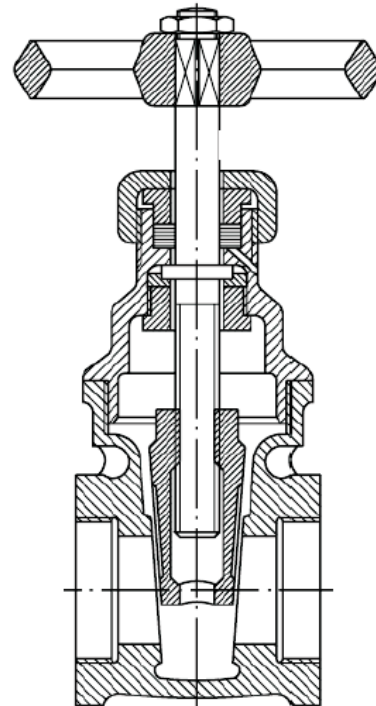
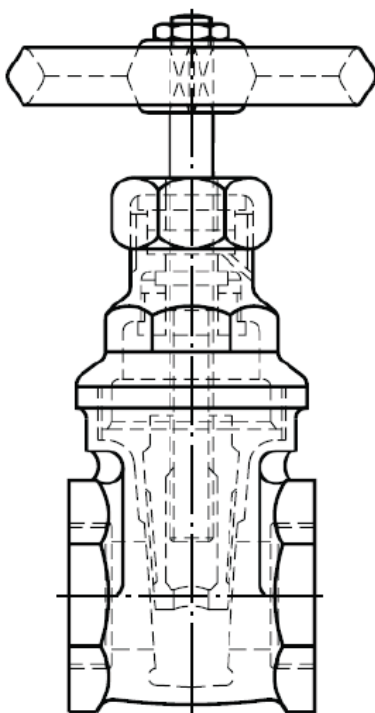
Errado



Quando devemos usar?

Elevação frontal (interpretação confusa)

Corte total (melhor interpretação da montagem)



Exemplos de Cortes

As Figuras 82, 83 e 84 apresentam cortes nas vistas frontal, superior e lateral esquerda, respectivamente. A disposição dos cortes segue a mesma disposição das vistas ortográficas.

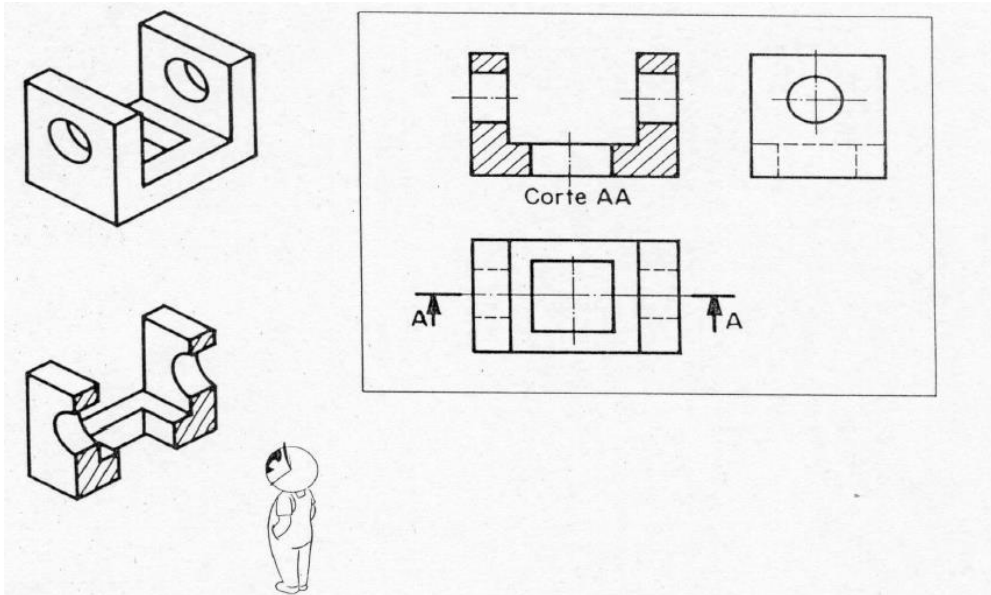


Figura 82 – Corte realizado na vista frontal

Fonte: Rosado, V. O. G., 2005.

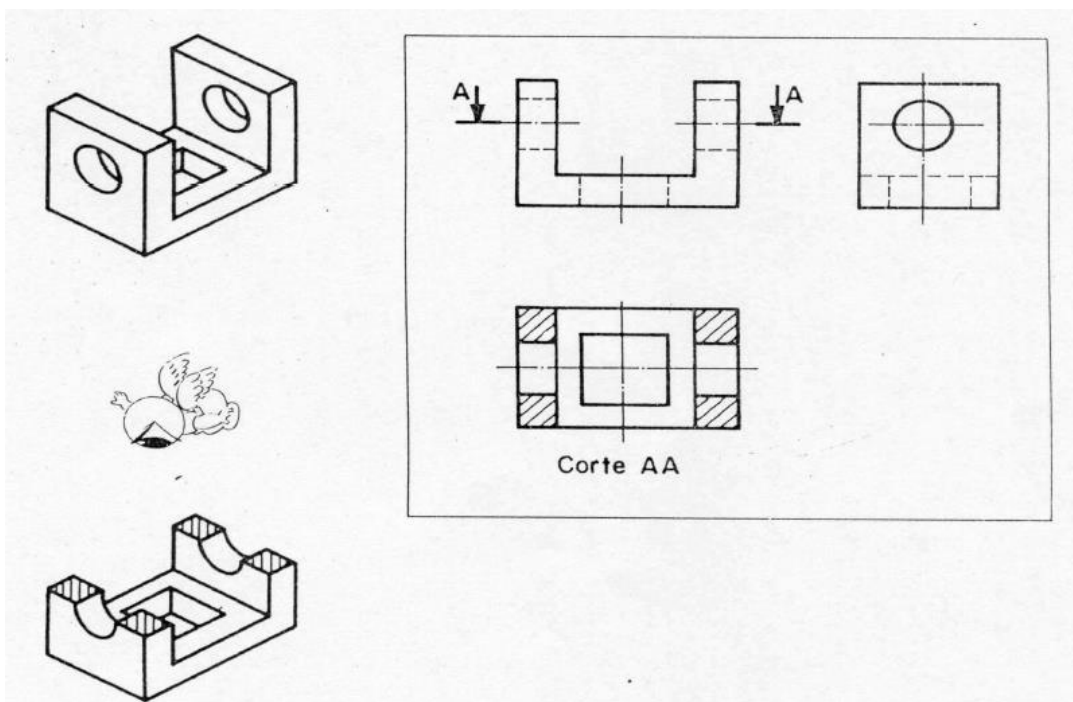


Figura 83 – Corte realizado na vista superior

Fonte: Rosado, V. O. G., 2005.

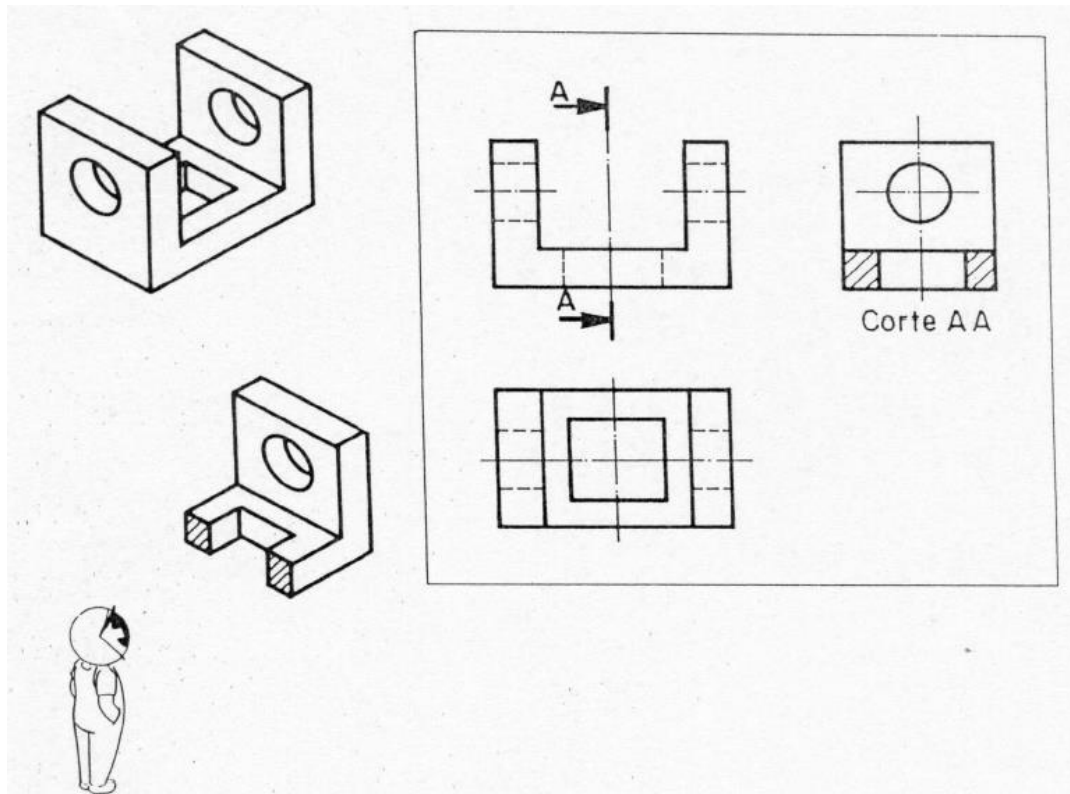


Figura 84 – Corte realizado na vista lateral esquerda

Fonte: Rosado, V. O. G., 2005.

Na Figura 85 se observa duas das vistas principais que foram substituídas pelos cortes.

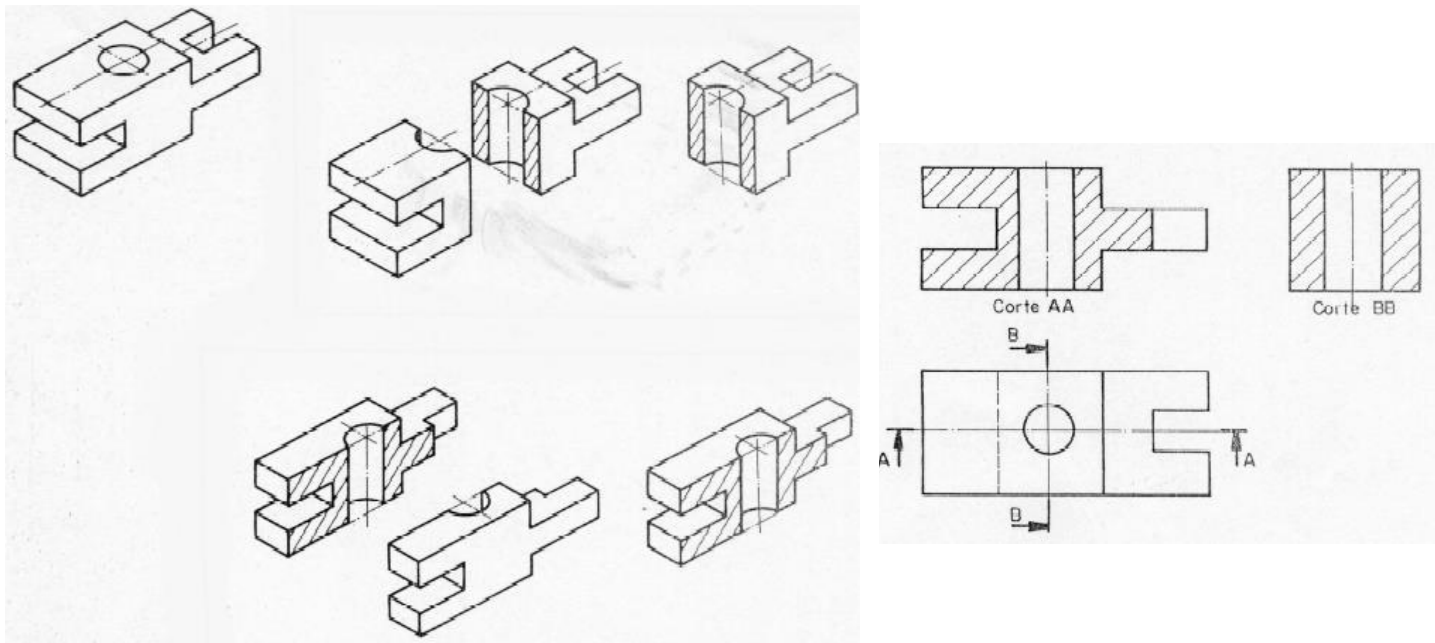


Figura 85 – Cortes realizados nas vistas frontal e lateral esquerda

Fonte: Rosado, V. O. G., 2005.

Tipos de Cortes

Corte pleno ou total: O objeto é cortado em toda a sua extensão. Normalmente o plano passa pelo eixo principal (Figura 86a).

Meio-corte: É utilizado no desenho de peças simétricas, onde metade aparece em corte e a outra metade aparece em vista externa (Figura 86b).

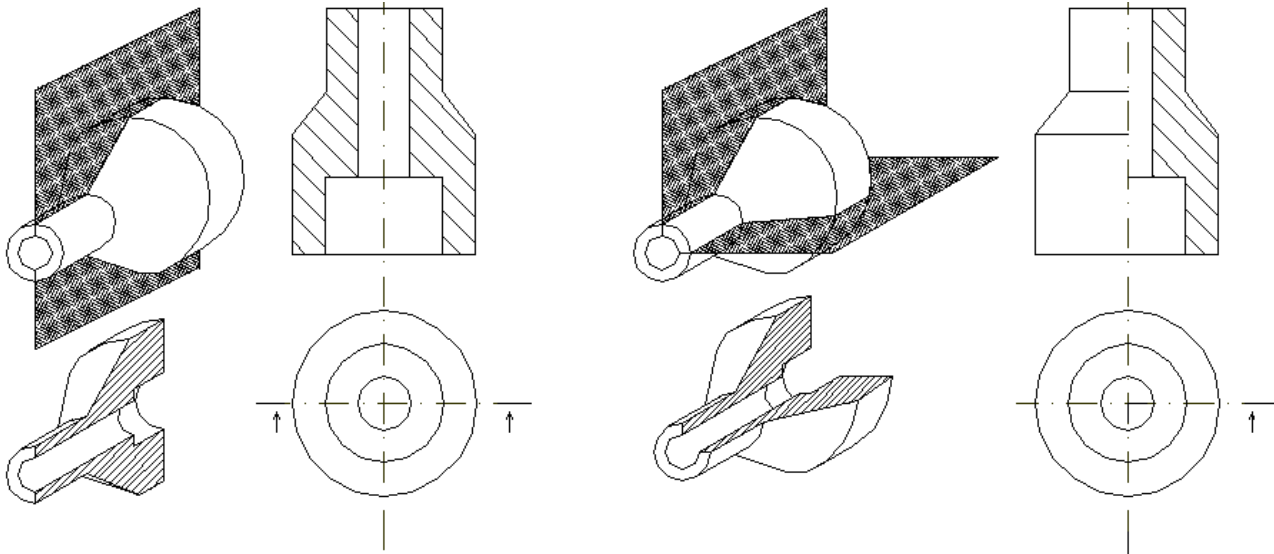


Figura 86 – Tipos de cortes: a) Corte pleno ou total; b) Meio-corte

Corte em desvio: Quando o plano muda de direção para mostrar detalhes fora do eixo principal (Figura 87a).

Corte parcial: Representado sobre parte de uma vista, para mostrar algum detalhe interno da peça (Figura 87b).

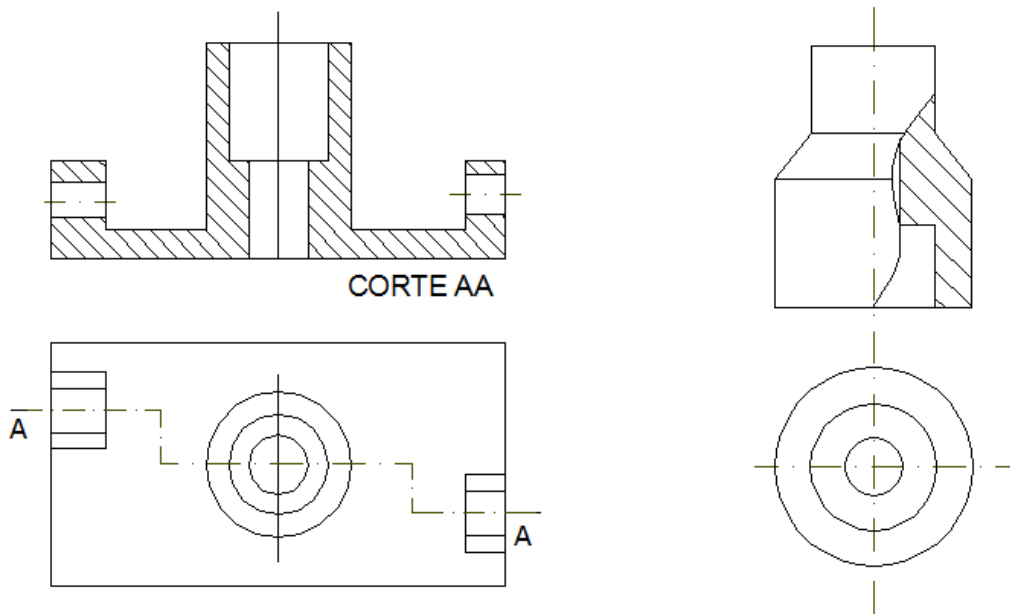
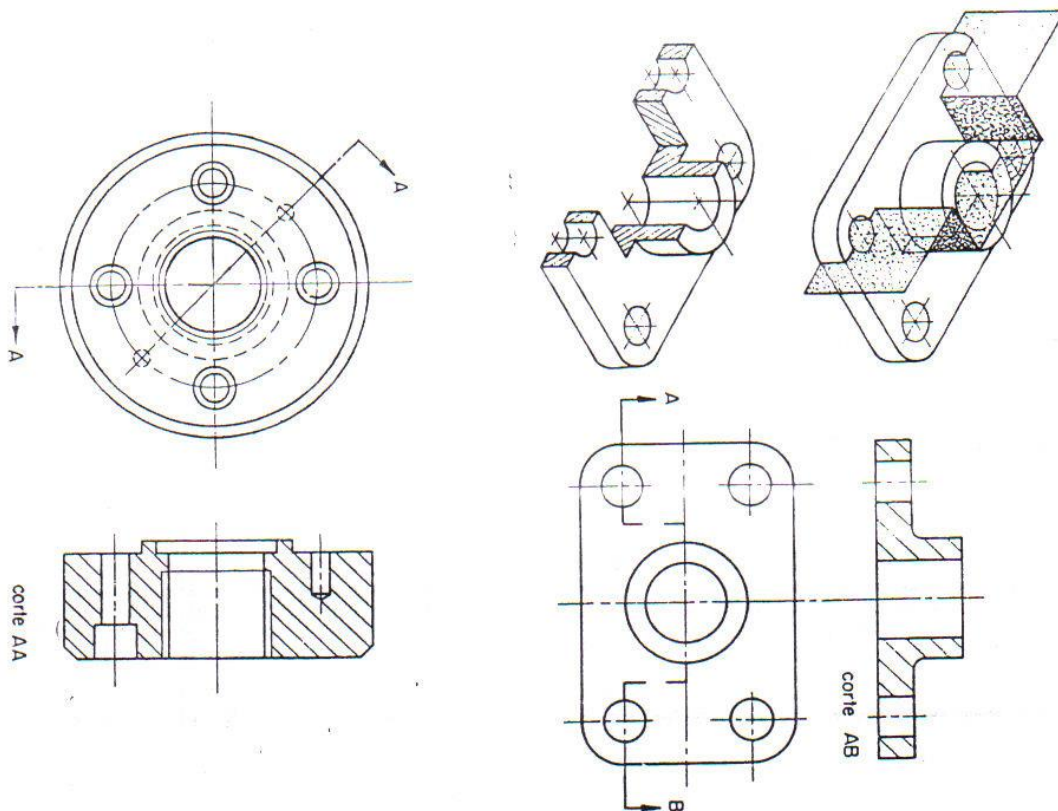


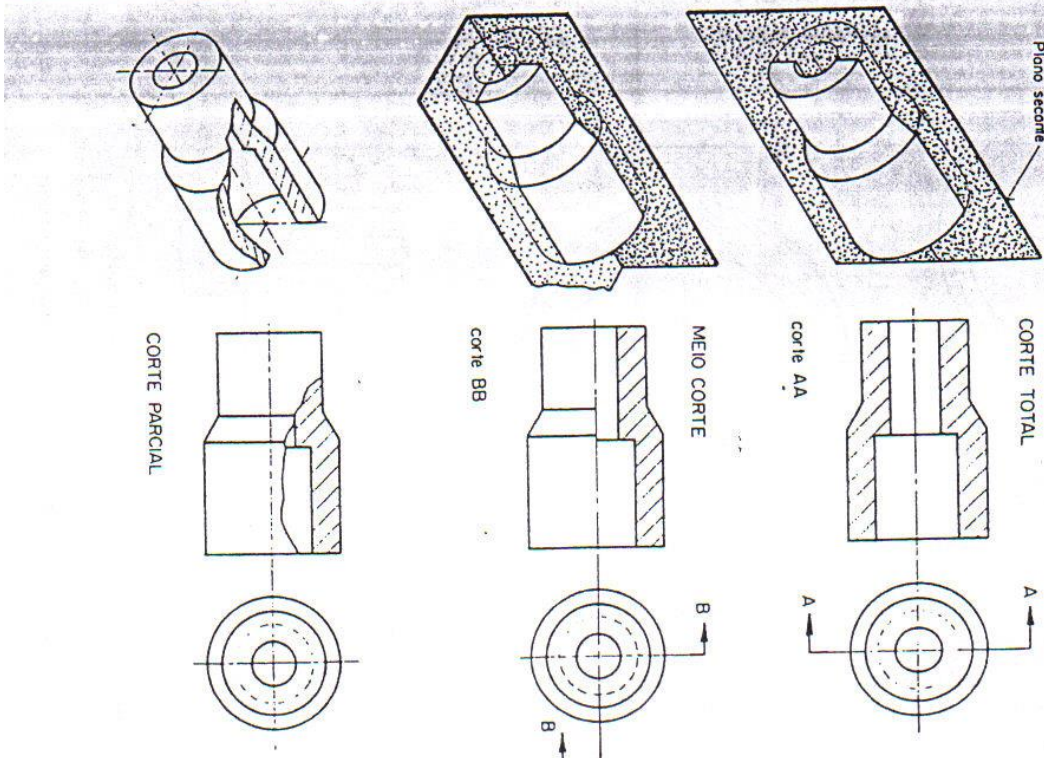
Figura 87 – Tipos de cortes: a) Corte em desvio; b) Corte parcial

Corte rebatido: Quando o objeto possui detalhes simétricos que não passam pelo plano de corte.

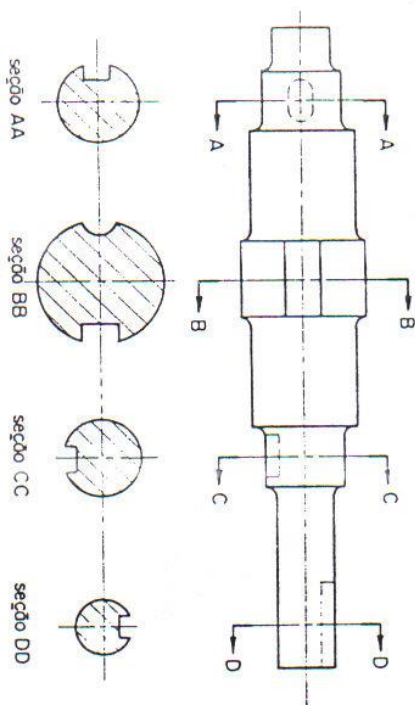
33 - Conforme a conveniência, um corte pode ser efetuado por uma associação de vários planos, constituindo um corte composto.



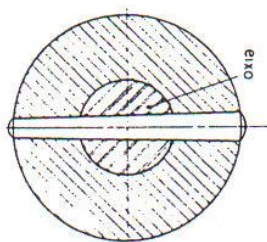
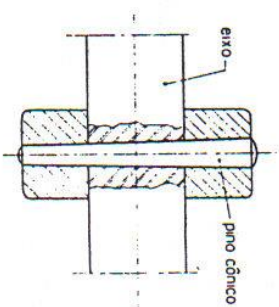
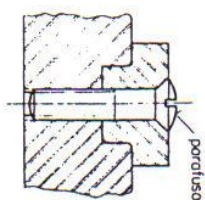
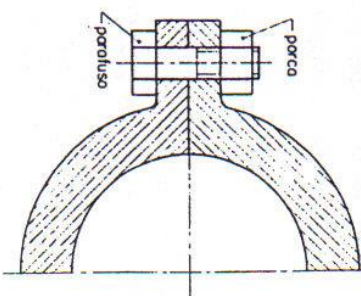
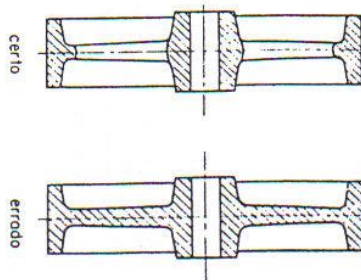
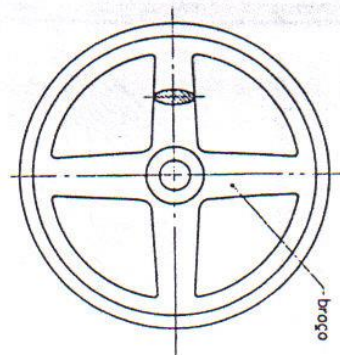
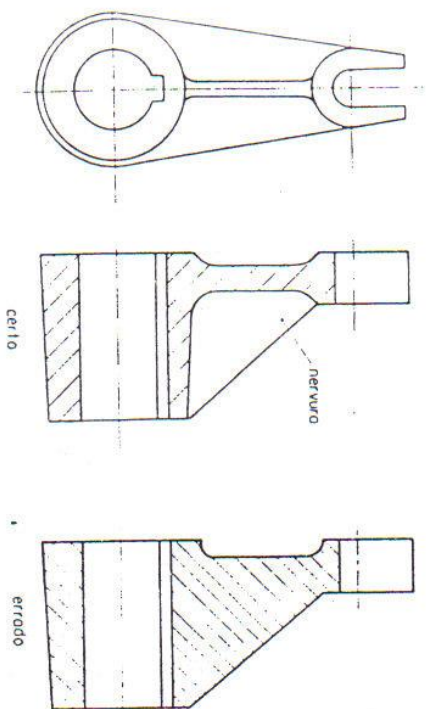
2 - Conforme a extensão em que se supõe cortada o peça, tem-se:
 corte total meio corte corte parcial



35 – Várias seções sucessivas podem ser indicadas no desenho.



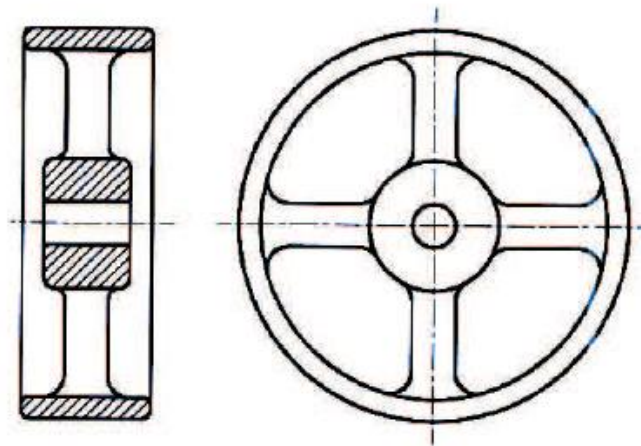
36 – Nervuras, broços dos rodas, eixos, choveiros, parafusos, porcas, cavilhas, rebites e esferas não são hochurados, quando atingidos longitudinalmente pelo corte.



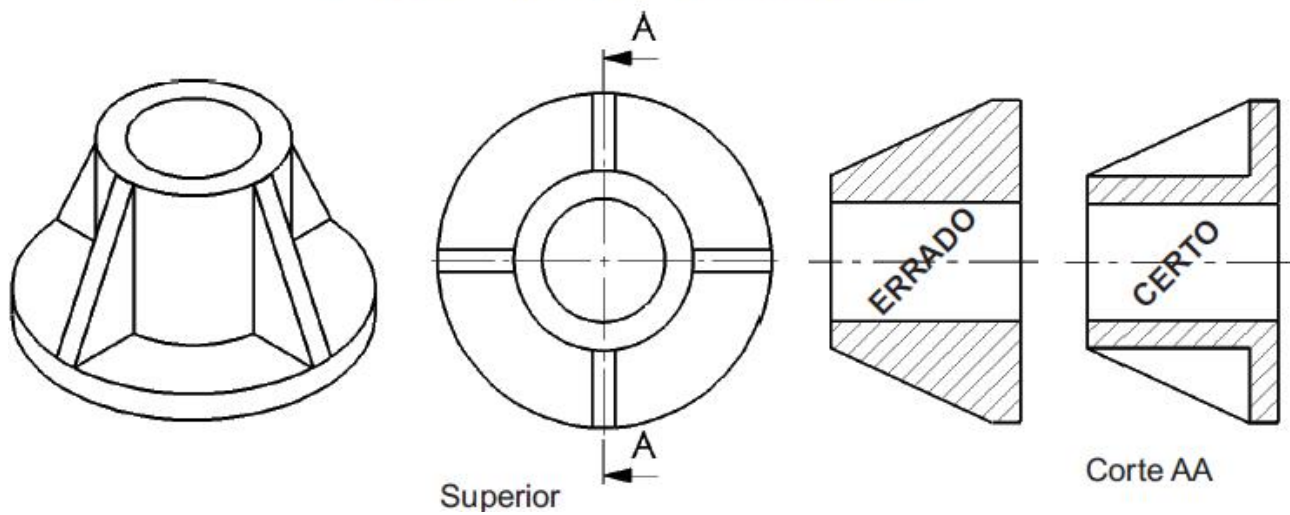
O eixo foi cortado somente para por em evidência a posição do pino.

Neste caso o eixo foi cortado completamente, pois, o foi em sentido transversal

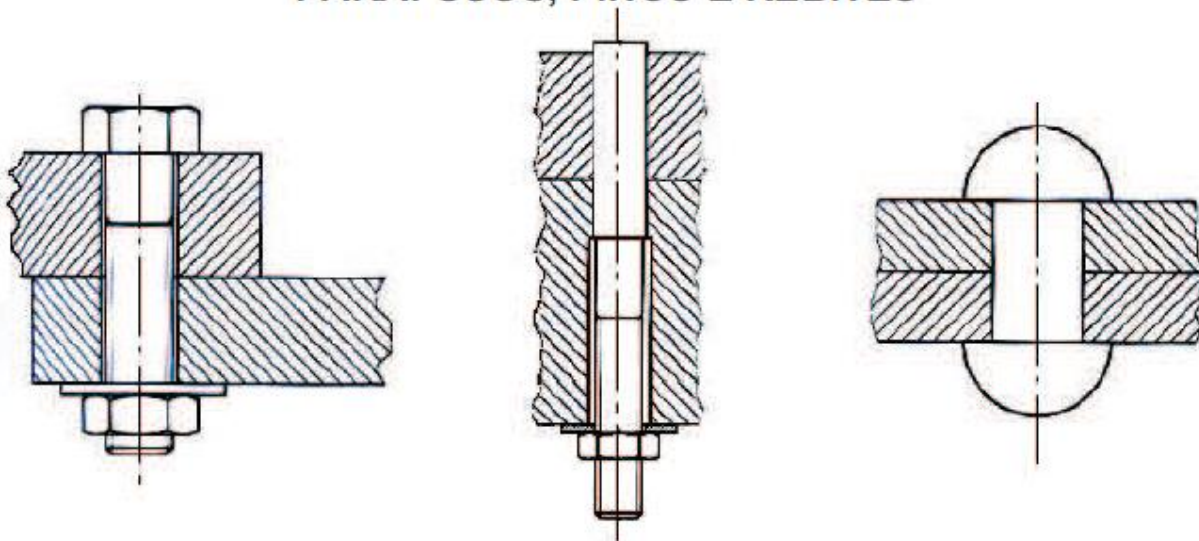
CORTE DE UMA POLIA



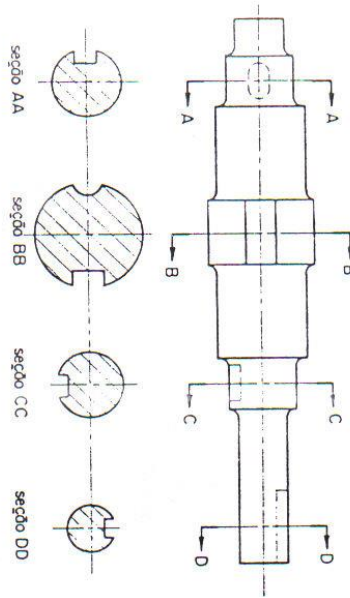
CORTE EM PEÇAS NERVURADAS



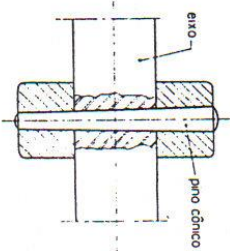
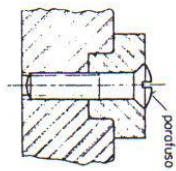
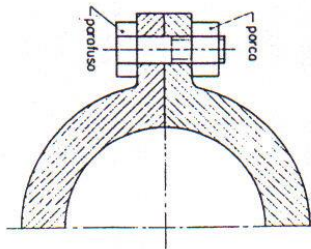
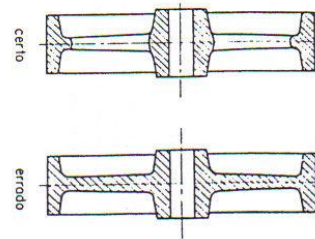
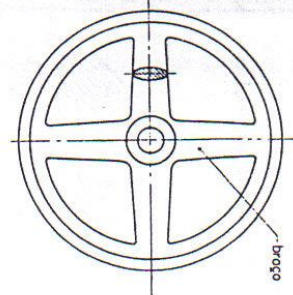
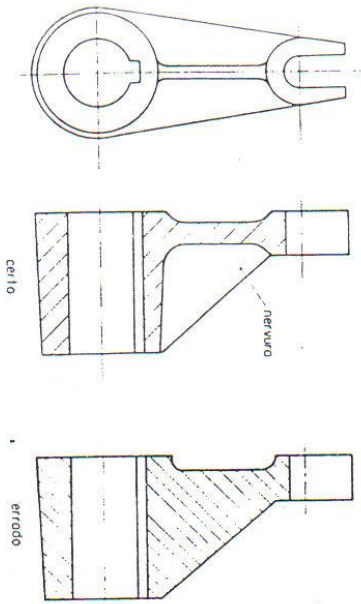
PARAFUSOS, PINOS E REBITES



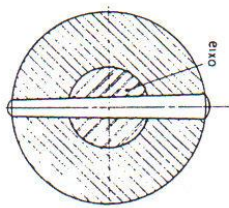
35 – Várias seções sucessivas podem ser indicadas no desenho.



36 – Nervuras, braços dos rodas, eixos, chavetas, parafusos, porcas, cavilhas, rebites e esferas não são hachurados, quando atingidos longitudinalmente pelo corte.



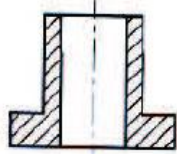
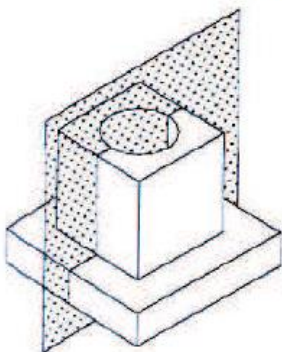
O eixo foi cortado somente para por em evidência a posição do pino.



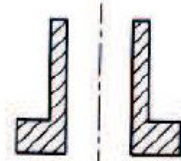
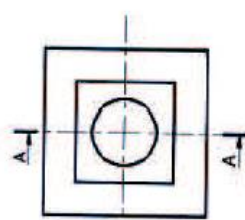
Neste caso o eixo foi cortado completamente, pois, o foi em sentido transversal

CORTE

SEÇÃO



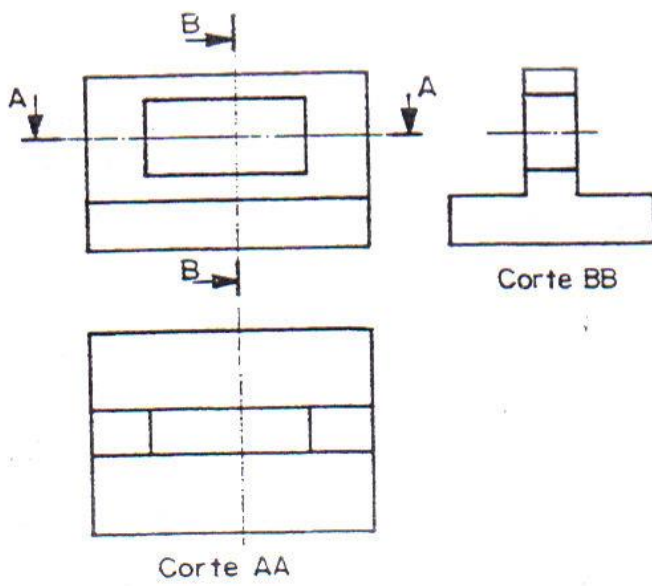
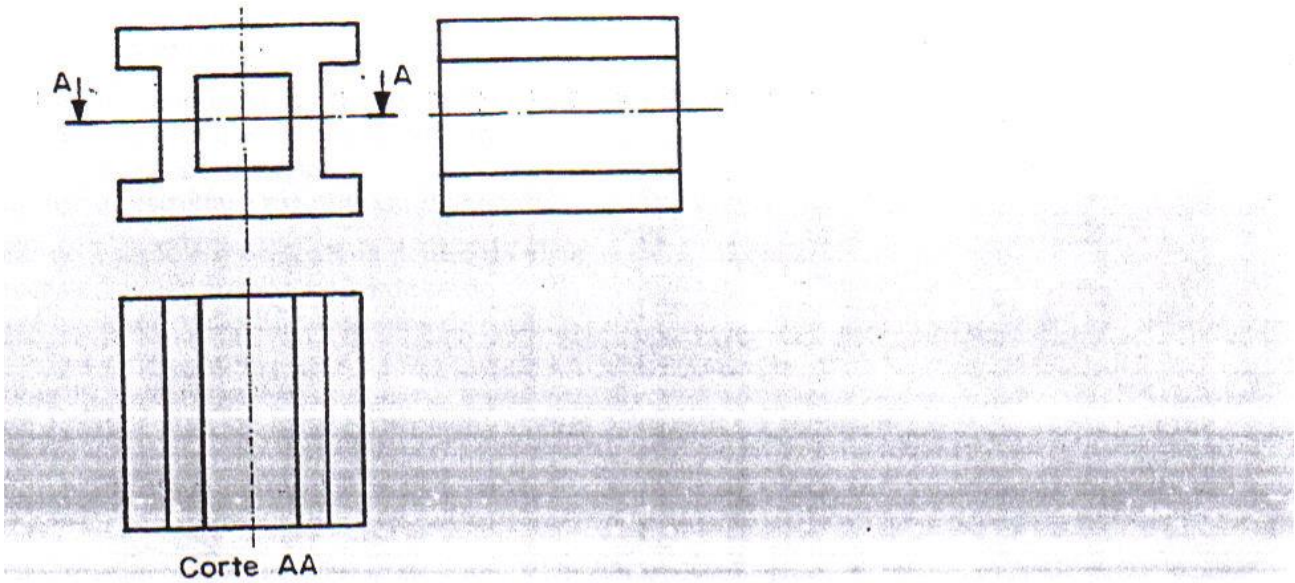
Corte A-A



Seção A-A

EXERCÍCIOS

- Complete os desenhos técnicos, fazendo as hachuras nas partes maciças atingidas pelo corte.



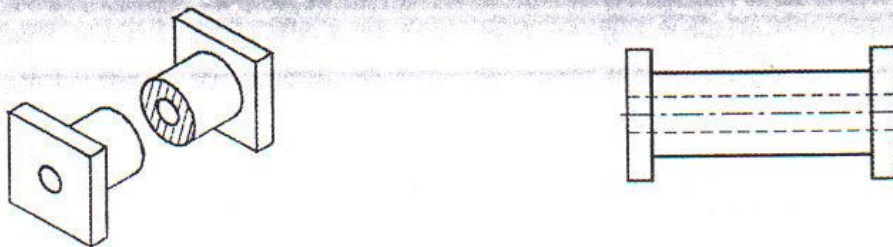
Exercício 2

Complete as frases escolhendo a alternativa correta.

- a) O contorno da seção é representado por meio de
 - uma linha contínua larga;
 - uma linha contínua estreita.
- b) Quando a seção aparece interrompendo a vista, a linha que indica a interrupção é.....
 - a linha de ruptura
 - a linha indicativa de corte
- c) Para indicar que uma superfície é plana, derivada de uma superfície cilíndrica, no desenho técnico utilizamos.....
 - linhas grossas em diagonal;
 - duas linhas estreitas cruzadas em diagonal;
- d) Quando a seção é representada dentro da vista
 - é necessário identificar o nome da seção
 - não é necessário identificar o nome da seção

Exercício 3

Analisar a perspectiva em corte e completar, na vista ortográfica, a representação da seção dentro da vista.

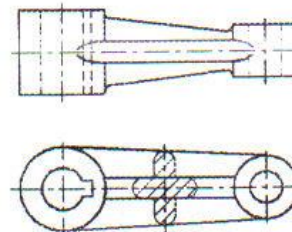


Exercício 4

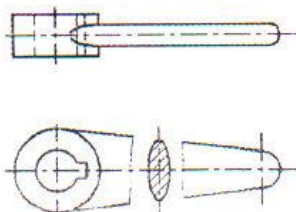
Analisar as vistas ortográficas e escrever, nas linhas indicadas, a localização das seções.



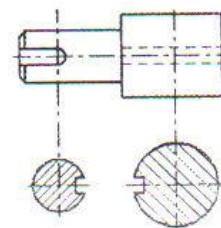
a) _____



b) _____



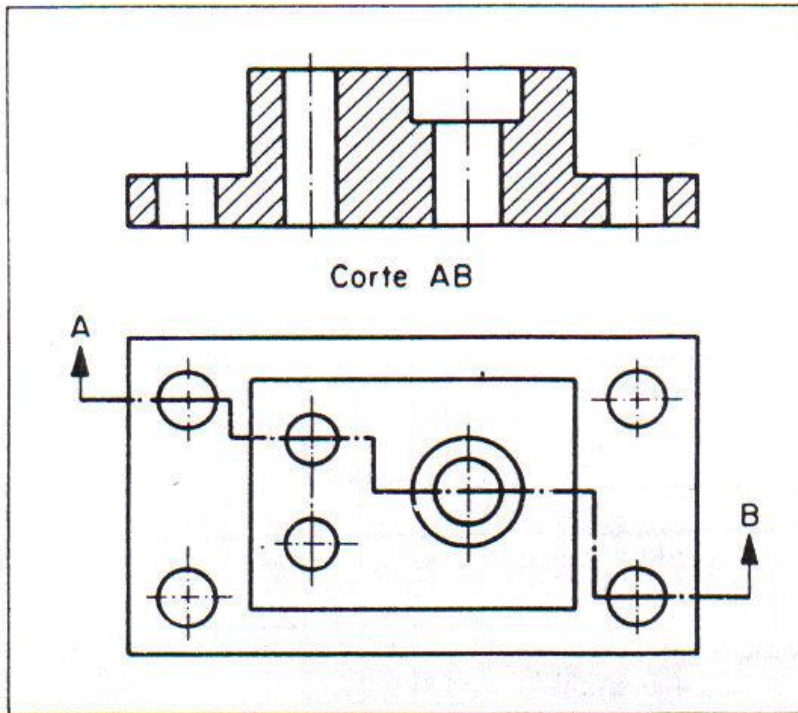
c) _____



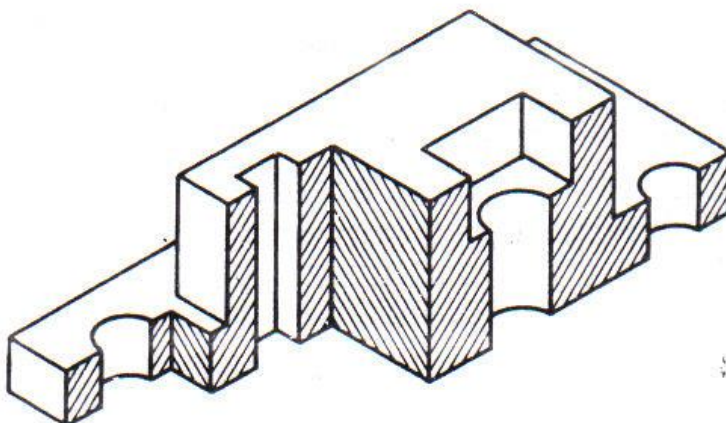
d) _____

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

- 4 Analise o desenho técnico e escreva C se a frase estiver certa e E se a frase estiver errada.



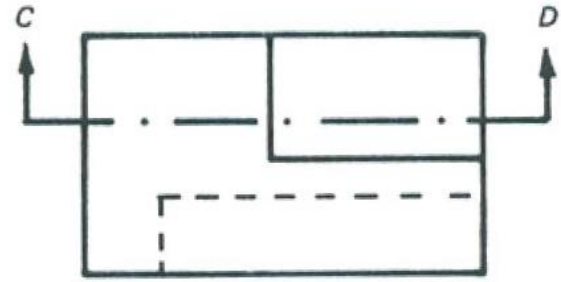
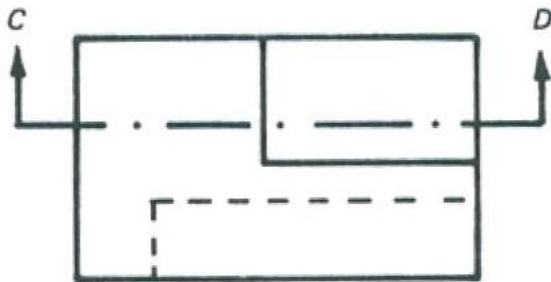
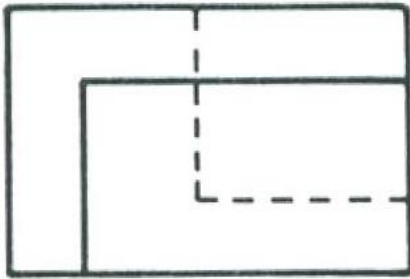
- O corte composto reuniu quatro cortes em um só.
- O corte composto está representado na elevação.
- A linha de corte está representada na planta.
- A perspectiva em corte correspondente ao desenho técnico é a que vem a seguir.



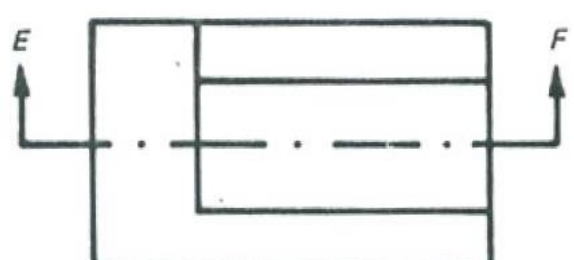
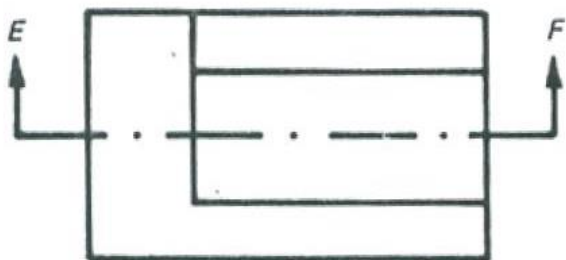
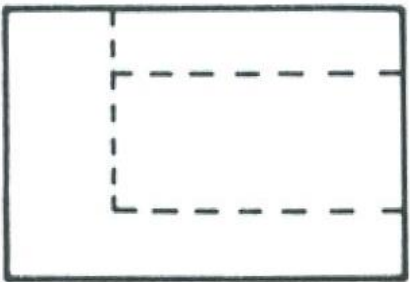
Exercícios de Cortes

1) Representar os cortes indicado nos objetos dados.

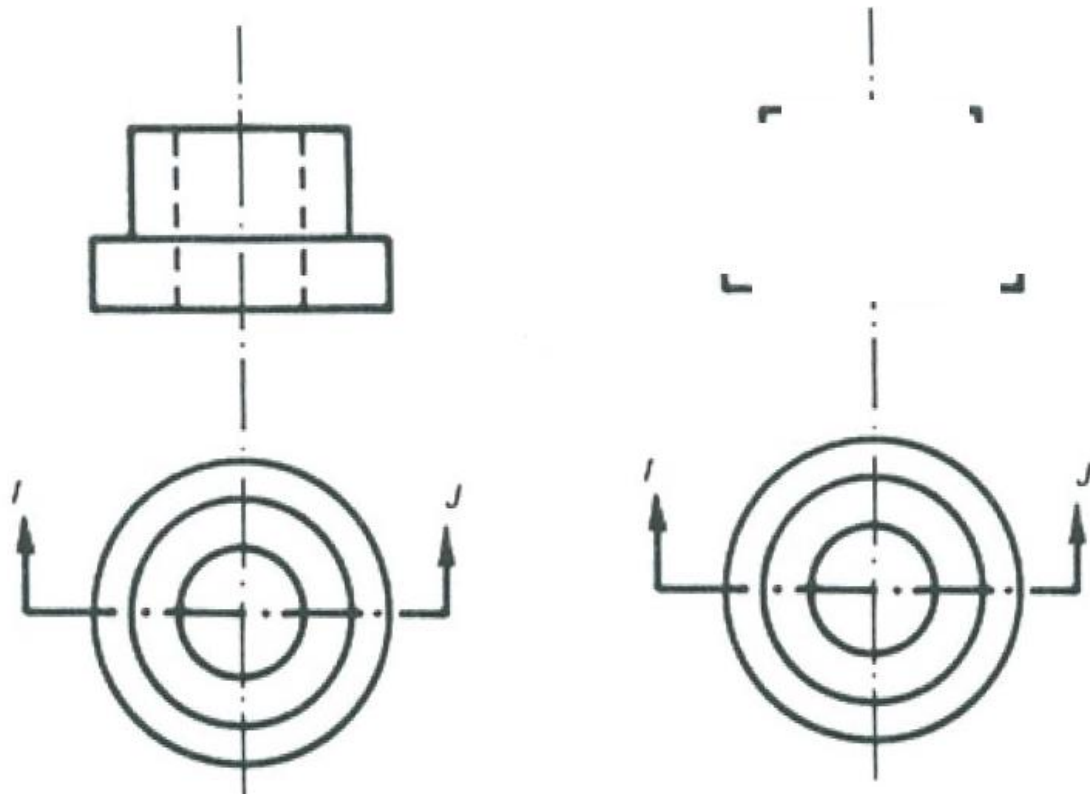
a)



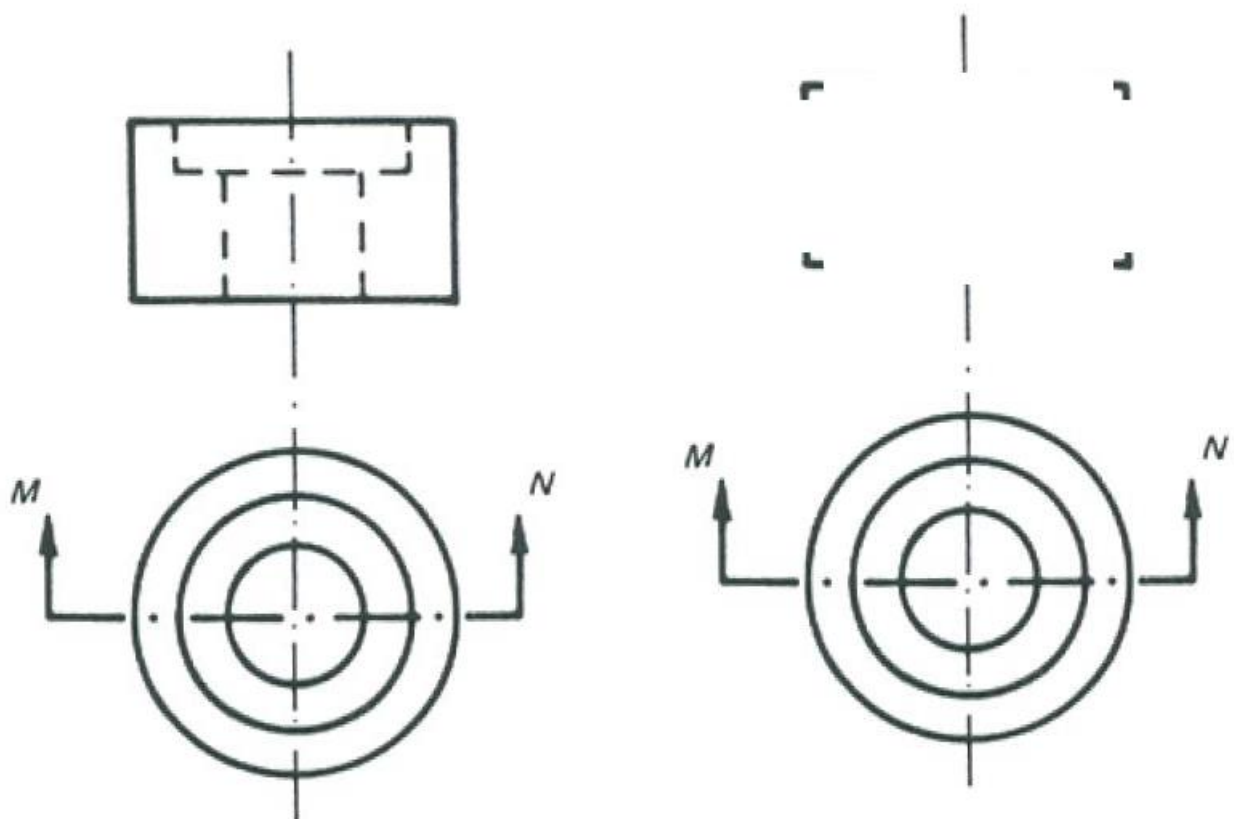
b)



e)



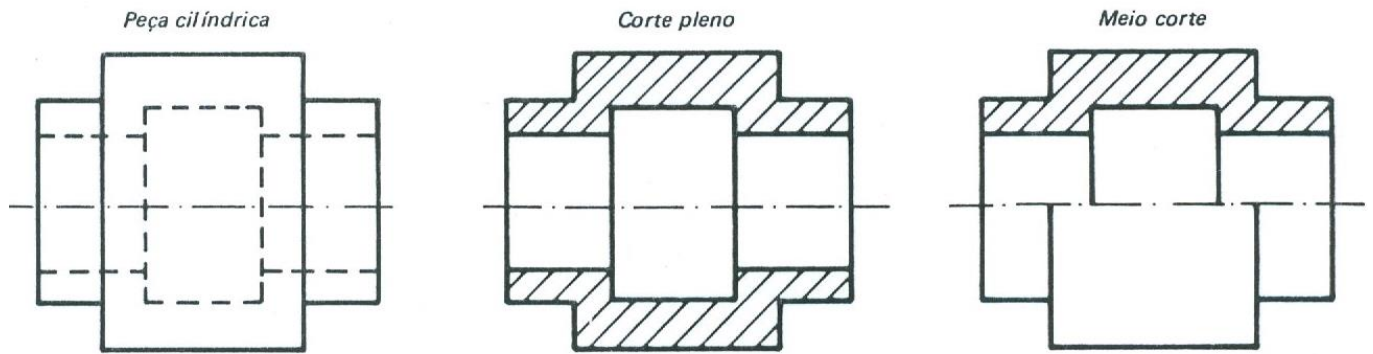
f)



APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

2) Representar o corte pleno e o meio corte das peças dadas, de acordo com o exemplo dado.

Exemplo



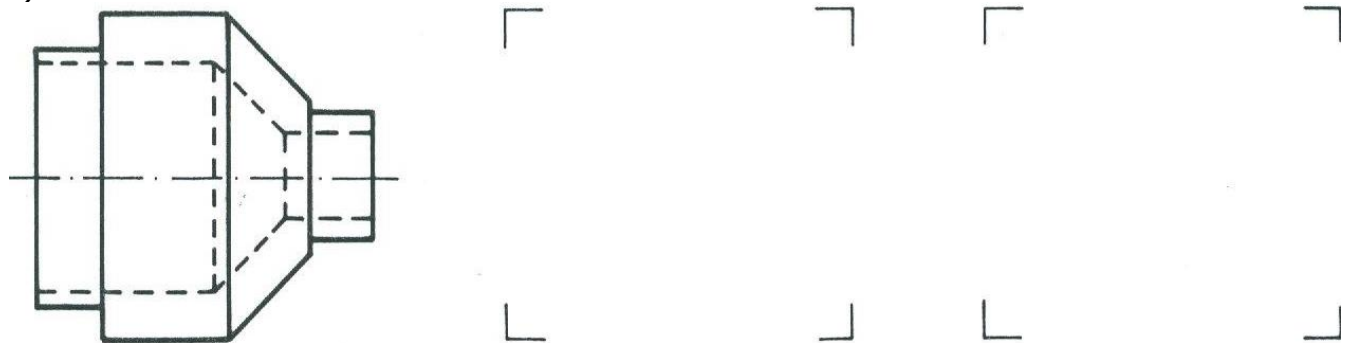
a)



b)



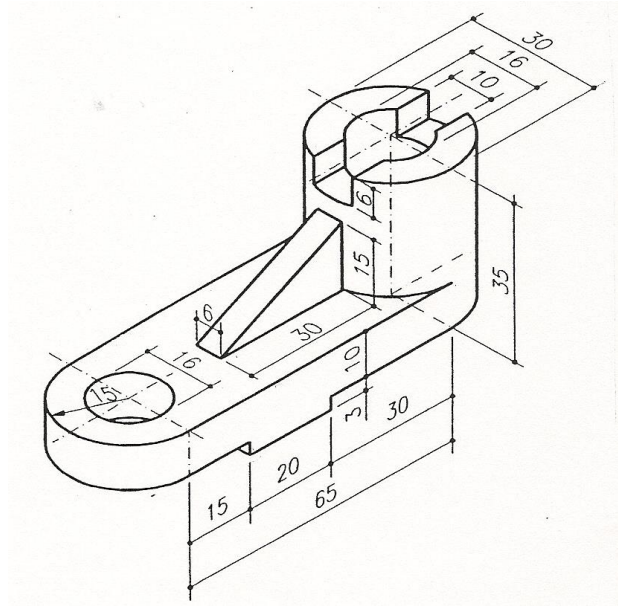
c)



APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Representar as vistas das peças abaixo e substituir a vista frontal por um Corte Longitudinal. Aplicar a Hachura de acordo com as Normas da ABNT. Utilizar folha A4 ou A3 com margem e legenda.

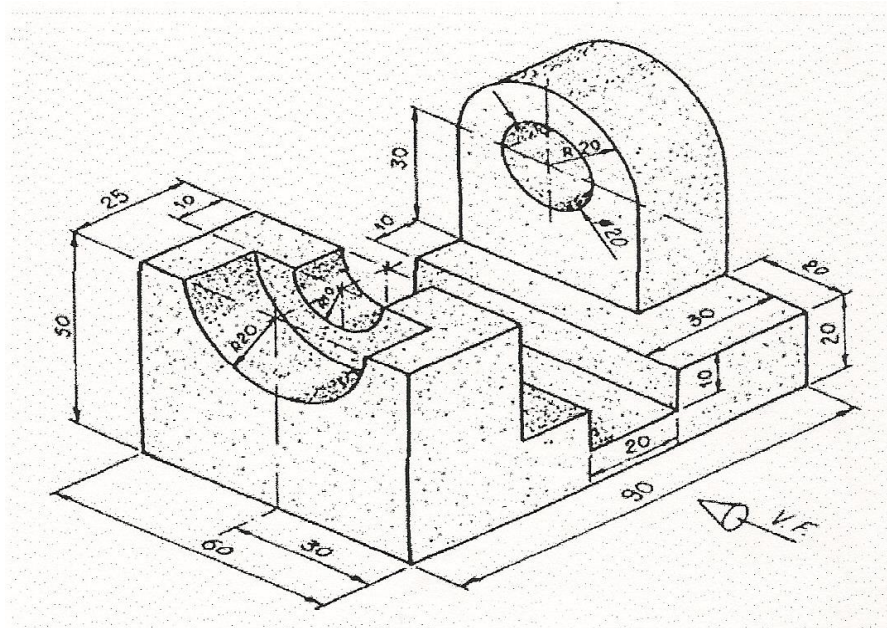
Exercício 09



APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Representar as vistas da peça abaixo e substituir as vistas frontal pelo Corte AA, sabendo esse corte é aplicado na vista superior e deve passar pelos centros dos furos de $\varnothing 20\text{mm}$. Aplicar a Hachura de acordo com as Normas da ABNT. Utilizar folha A4 ou A3 com margem e legenda.

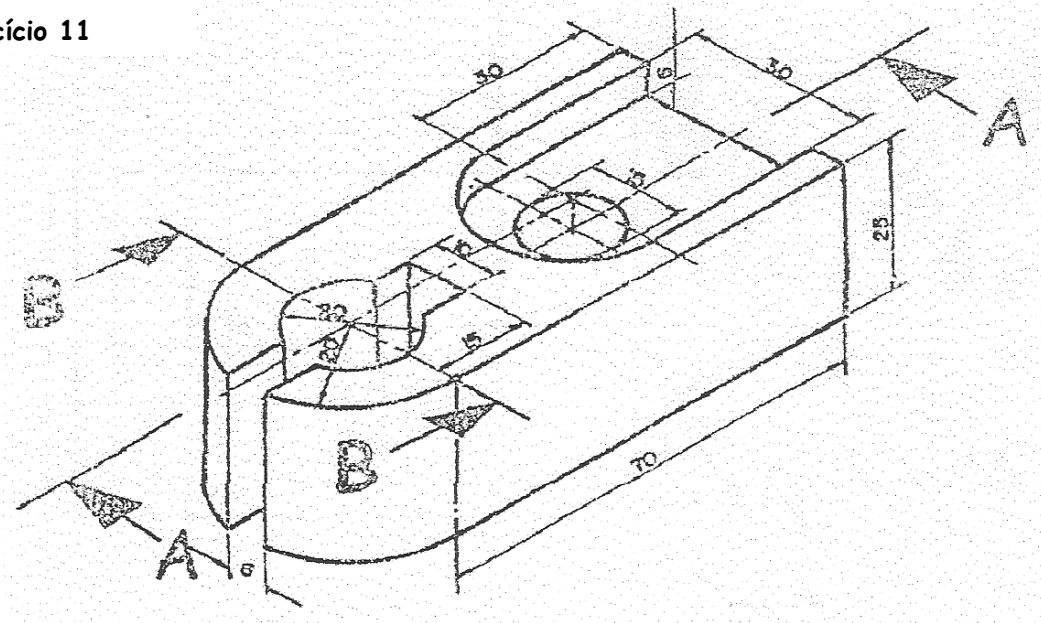
Exercício 10



APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Representar as vistas da peça abaixo e substituir as vistas frontal e lateral esquerda pelos Cortes AA e BB. Aplicar a Hachura de acordo com as Normas da ABNT. Utilizar folha A4 ou A3 com margem e legenda.

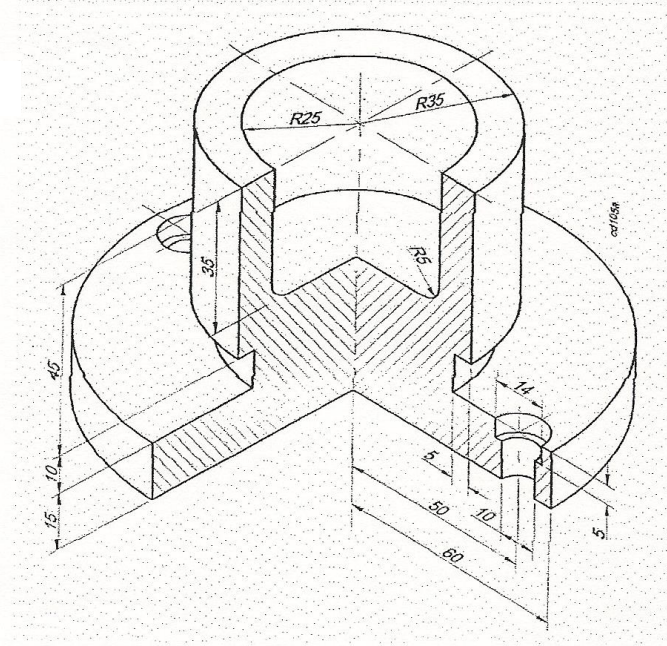
Exercício 11



APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Representar as vistas da peça abaixo e substituir a vista frontal pelo Meio-Corte de acordo com o esquema indicado na figura. Não há necessidade da vista lateral esquerda para esta peça.

Exercício 12



5. ESTADO DE SUPERFÍCIE

O desenho técnico, além de mostrar as formas e as dimensões das peças, precisa conter outras informações para representá-las fielmente. Uma dessas informações é a indicação dos estados das superfícies das peças.

- **Acabamento:** é o grau de rugosidade observado na superfície da peça. As superfícies apresentam-se sob diversos aspectos, a saber: em bruto, desbastadas, alisadas e polidas.
- **Superfície em bruto** é aquela que não é usinada, mas limpa com a eliminação de rebarbas e saliências.
- **Superfície desbastada** é aquela em que os sulcos deixados pela ferramenta são bastante visíveis, ou seja, a rugosidade é facilmente percebida.
- **Superfície alisada** é aquela em que os sulcos deixados pela ferramenta são pouco visíveis, sendo a rugosidade pouco percebida.
- **Superfície polida** é aquela em que os sulcos deixados pela ferramenta são imperceptíveis, sendo a rugosidade detectada somente por meio de aparelhos.

Os graus de acabamento das superfícies são representados pelos símbolos indicativos de rugosidade da superfície, normalizados pela norma **NBR 8404** da **ABNT**, baseada na norma **ISO 1302**. Os graus de acabamento são obtidos por diversos processos de trabalho e dependem das modalidades de operações e das características dos materiais adotados.

Rugosidade são erros microgeométricos existentes nas superfícies das peças, provenientes do processo de fabricação, tais como ranhuras, sulcos, estrias, escamas e crateras. As ranhuras e sulcos são provenientes de marcas da ferramenta durante o avanço ou posicionamento da peça no processo de usinagem. As estrias e escamas formam-se na usinagem durante a retirada do cavaco.

O controle da rugosidade torna-se importante quando aumenta a qualidade de fabricação (tolerância dimensional pequena) ao ponto de ocorrerem irregularidades na superfície da peça maiores do que a tolerância dimensional especificada (Figura 37).

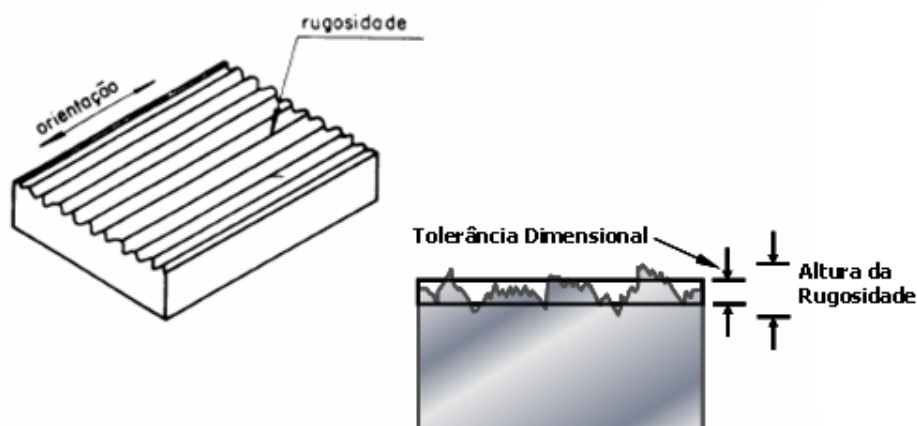


Figura 37 – A Rugosidade e a Tolerância Dimensional

Além disso, peças sujeitas a esforços intermitentes ou cíclicos, desgaste por atrito ou corrosão superficial, necessitam de maior controle sobre o estado da superfície. As peças destinadas à transmissão de calor, escoamento de fluidos, vedação ou deslizamento, desempenham melhor suas funções quando possuem acabamento adequado.

5.1. Parâmetros de Rugosidade

A medição de rugosidade pode ser feita através de microscópios ou rugosímetros. A Figura 38 apresenta um esquema de medição com rugosímetro.

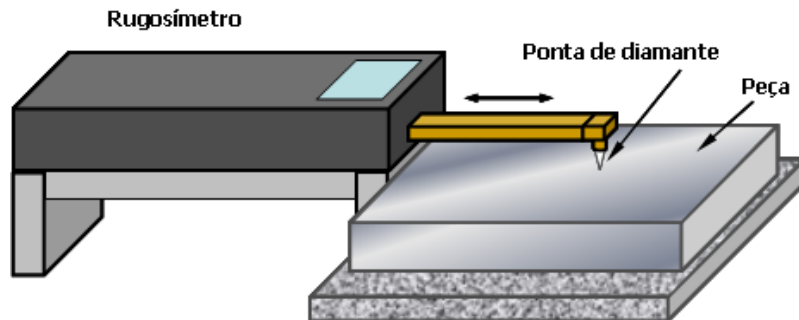


Figura 38 – Esquema de medição com rugosímetro portátil

A ponta de diamante, fixada na ponta do braço do rugosímetro, percorre uma trajetória linear de comprimento L_A pré-definido, captando as irregularidades existentes na superfície da peça. O rugosímetro processa as informações enviadas pelo sensor de diamante, realiza cálculos da rugosidade, apresentando um valor numérico no mostrador e/ou imprime um gráfico do perfil de rugosidade da superfície avaliada (Figura 39).

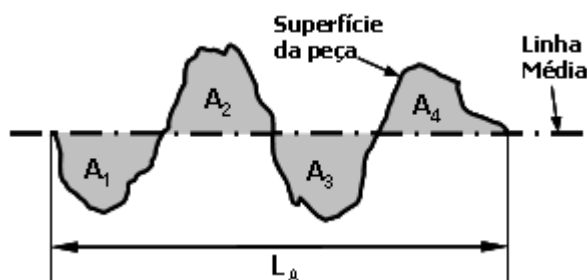


Figura 39 – Perfil de rugosidade na superfície da peça

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) adota o método da Rugosidade Média (R_a) descrito abaixo. Todos os parâmetros são definidos em função de uma linha média, paralela à superfície teórica da peça, posicionada de modo que a soma das áreas dos picos situados acima da linha média seja igual à soma das áreas situadas abaixo da linha média, para um comprimento de amostragem L_A . No exemplo da Figura 39 teríamos que:

$$A_2 + A_4 = A_1 + A_3$$

Rugosidade Média (R_a) é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas do perfil efetivo da peça em relação à linha média para um comprimento de amostragem L_A definido, e pode ser calculado pela expressão:

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^N A_i}{L_A} \quad [\mu\text{m}],$$

onde, A_i é a área do pico ou vale i ($i = 1$ até N), e L_A é o comprimento da amostra.








Considere que no exemplo indicado na Figura 39, $A_1 = 12 \mu\text{m}^2$, $A_2 = 16 \mu\text{m}^2$, $A_3 = 15 \mu\text{m}^2$, e $A_4 = 11 \mu\text{m}^2$, para um comprimento de amostragem de $0,010 \text{ mm}$ ($L_A = 10 \mu\text{m}$). A rugosidade média é equivalente a:

$$R_a = \frac{12 + 16 + 15 + 11}{10} = 5,4 \mu\text{m}.$$

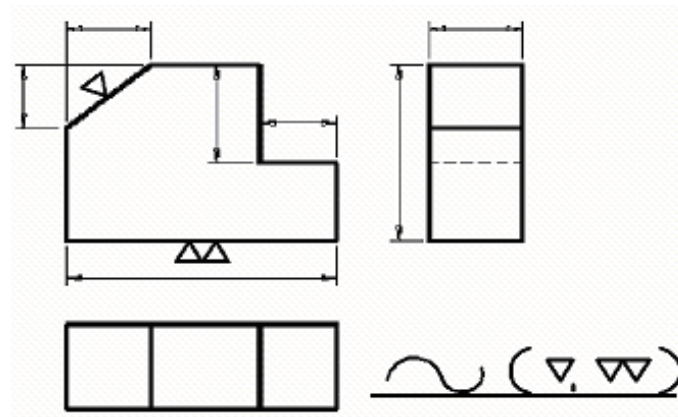
A rugosidade média R_a é o parâmetro mais usado no mundo, sendo aplicável na maioria dos processos de fabricação, e podendo ser medido por qualquer tipo de rugosímetro. Entretanto, este parâmetro fornece apenas o valor de uma irregularidade média no perfil da peça, não indicando a forma do perfil, nem fazendo distinção entre picos e vales, dificultando a identificação de irregularidades atípicas que podem afetar o desempenho da peça.

5.2. SINAIS ANTIGOS DE ACABAMENTOS

De acordo com a NBR - 6402, a especificação de acabamento nos desenhos por meio de sinais antigos é feita conforme a relação a seguir.

Superfície em bruto, forjada, laminada, estampada e de peças fundidas, porém com eliminação de rebarbas	
Superfície desbastada, os riscos da ferramenta são bastante visíveis. Profundidade dos sulcos 6,3 a 50 microns	
Superfície alisada, os riscos da ferramenta são pouco visíveis. Rugosidade 0,8 a 6,3 microns	
Superfície polida, os riscos da ferramenta não são visíveis. Rugosidade 0,1 a 0,8 microns	
Superfície lapidada. Rugosidade máxima 0,1 microns	
Para qualquer grau de acabamento, pode ser indicado o modo de obtê-lo.	
Superfície sujeita a tratamento especial indicada sobre a linha horizontal.	

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO



O quadro a seguir apresenta a **qualidade da superfície de acabamento**, baseada na norma ABNT/NBR 8004 e ISO 1302.




Grupos de rugosidades	▽			▽▽			▽▽▽			▽▽▽▽		
Rugosidade máxima valores em $Ra(\mu m)$	50			6,3			0,8			0,1		
Classes de rugosidade (GRADE)	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1
Rugosidade máxima valores em $Ra(\mu m)$	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025
Informações sobre os resultados de usinagem												
Serrar	█		█		█		█		█		█	
Limar	█		█		█		█		█		█	
Plainar	█		█		█		█		█		█	
Tornear	█		█		█		█		█		█	
Furar	█		█		█		█		█		█	
Rebaixar	█		█		█		█		█		█	
Alargar	█		█		█		█		█		█	
Fresar	█		█		█		█		█		█	
Brochar	█		█		█		█		█		█	
Raspar	█		█		█		█		█		█	
Retificar(frontal)	█		█		█		█		█		█	
Retificar(lateral)	█		█		█		█		█		█	
Alisar	█		█		█		█		█		█	
Superfinish	█		█		█		█		█		█	
Lapidar	█		█		█		█		█		█	
Polir	█		█		█		█		█		█	

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

O quadro abaixo apresenta valores típicos de rugosidade recomendados para algumas aplicações:

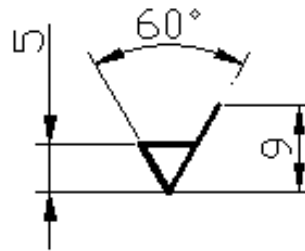
R _a (μm)	APLICAÇÕES
0,01	Blocos padrão, réguas triangulares de alta precisão, guias de aparelhos de medida de alta precisão.
0,02	Aparelhos de precisão, superfícies medidas em micrômetros e calibradores de precisão.
0,03	Calibradores, elementos de válvulas de alta pressão hidráulica.
0,04	Agulhas de rolamentos, super-acabamento de camisa de bloco de motor.
0,05	Pistas de rolamentos, peças de aparelhos de controle de alta precisão.
0,06	Válvulas giratórias de alta pressão, camisas de blocos de motores.
0,08	Agulhas de rolamentos de grandes dimensões, colos de virabrequim.
0,1	Assentos cônicos de válvulas, eixos montados sobre mancais de bronze ou teflon a velocidades médias, superfícies de cames de baixa velocidade.
0,15	Rolamentos de dimensões médias, colos de rotores de turbinas e redutores.
0,2	Mancais de bronze, náilon, etc., cones de cubos sincronizadores de caixas de câmbio de automóveis.
0,3	Flancos de engrenagens, guias de mesas de máquinas-ferramentas.
0,4	Pistas de assentamento de agulhas de cruzetas em cardas, superfície de guia de elementos de precisão.
0,6	Válvulas de esferas, tambores de freio.
1,5	Assentos de rolamentos em eixos com carga pequena, eixos e furos para engrenagens, face de união de caixas de engrenagens.
2	Superfícies usinadas em geral, eixos, chavetas de precisão, alojamentos de rolamentos.
3	Superfícies usinadas em geral, superfícies de referência e apoio.
4	Superfícies desbastadas por operações de usinagem.
5 a 15	Superfícies fundidas, superfícies estampadas.
> 15	Peças fundidas, forjadas e laminadas.

5.3. INDICAÇÃO DE ACABAMENTO DE SUPERFÍCIE

Símbolo básico, isoladamente este símbolo não tem finalidade	Quando a remoção do material é exigida.	Quando a remoção do material não é permitida, ou para mostrar quando uma superfície foi obtida no estágio de fabricação independente do fato de esta tenha sido por remoção de material ou não.
		

NOTA: o sinal de usinagem atualizado deve ser desenhado com linhas estreitas, a um ângulo de 60° e altura de 5 mm.

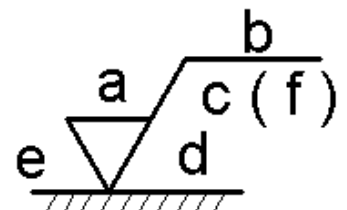
APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO



Símbolos com indicação da característica principal da rugosidade R_a

Símbolo A remoção do material			Significado
é facultativa	é exigida	não é permitida	
 OU	 OU	 OU	Superfície com uma rugosidade de um valor máximo: $R_a = 3,2\mu\text{m}$
 OU	 OU	 OU	Superfície com uma rugosidade de um valor: máximo: $R_a = 6,3\mu\text{m}$ mínimo: $R_a = 1,6\mu\text{m}$

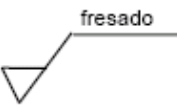
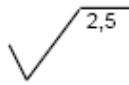


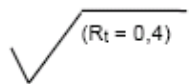
- a- Valor da rugosidade R_a , em microns, classe de rugosidade N1 até N12.
- b- Método de fabricação, tratamento ou revestimento.
- c- Comprimento de amostra em milímetros.
- d- Direção das estrias.
- e- Sobremetal para usinagem em mm.
- f- Outros parâmetros de rugosidade (entre parênteses).



APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Símbolos com indicações complementares

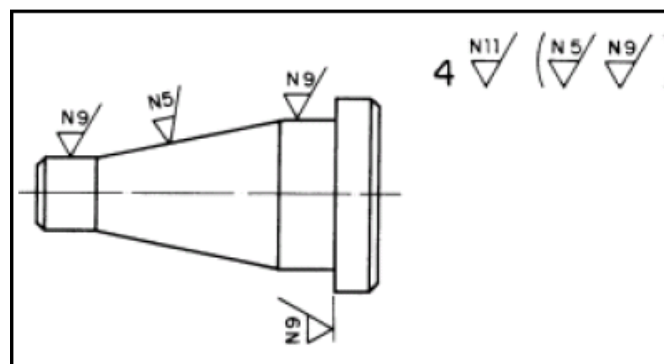
Estes símbolos podem ser combinados entre si ou com os símbolos apropriados.

Símbolo	Significado
	Processo de fabricação: fresar
	Comprimento de amostragem: 2,5 mm
	Direção das estrias: perpendicular ao plano de projeção da vista.
	Sobremetal para usinagem: 2mm
	Indicação (entre parênteses) de um outro parâmetro de rugosidade diferente de R_a , por exemplo $R_t = 0,4\mu\text{m}$.

5.4. Informações Complementares

Os símbolos e inscrições devem estar orientados de maneira que possam ser lidos tanto com o desenho na posição normal, como pelo lado direito. Se necessário, o símbolo pode ser interligado por meio de uma linha de indicação.

O símbolo deve ser indicado uma vez para cada superfície e, se possível, na vista que leva a cota ou representa a superfície. Considere o seguinte exemplo:



Neste exemplo temos que 4 é o número da peça;

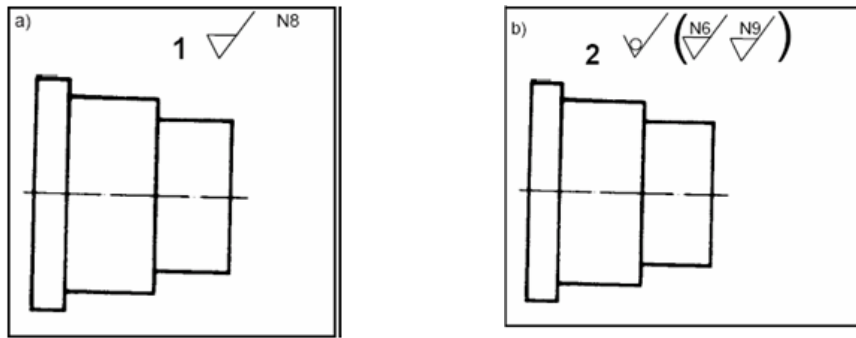
N11 indica que a rugosidade máxima permitida no acabamento é de $25\mu\text{m}$ ($0,025\text{mm}$);

N9 representado dentro dos parênteses e nas superfícies que deverão ser usinadas, indica rugosidade máxima permitida de $6,3\mu\text{m}$ ($0,0063\text{mm}$);

N5 indica superfície usinada com rugosidade máxima permitida de $0,4\mu\text{m}$ ($0,0004\text{mm}$).

Exemplos de Aplicação:

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO



Interpretação do exemplo a:

1 – é o número da peça



ao lado do número da peça, representa o acabamento geral, com retirada de material, válido para todas as superfícies. **N8** indica que a rugosidade máxima permitida no acabamento é de $3,2\mu\text{m}$ ($0,0032\text{mm}$).

Interpretação do exemplo b

2 é o número da peça.



o acabamento geral não deve ser indicado nas superfícies. O símbolo significa que a peça deve manter-se sem a retirada de material.



corresponde a um desvio aritmético máximo de $0,8\mu\text{m}$ ($0,0008\text{mm}$) e deve ser indicado sobre superfície desejada.



corresponde a um desvio aritmético máximo de $6,3\mu\text{m}$ ($0,0063\text{mm}$), e deve ser indicada sobre a superfície desejada.

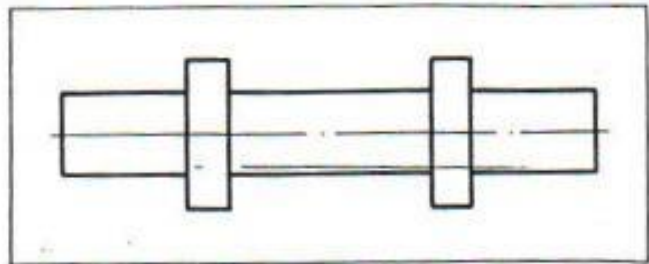
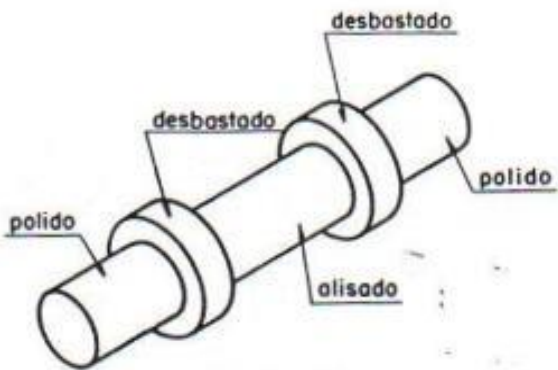
INDICAÇÃO DAS DIREÇÕES DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO (ESTRIAS)

Símbolo	Interpretação
=	Paralela ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado. direção das estrias
⊥	Perpendicular ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado. direção das estrias
X	Cruzadas em duas direções oblíquas em relação ao plano de projeção da vista sobre o qual o símbolo é aplicado. direção das estrias
M	Muitas direções.
C	Aproximadamente central em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.
R	Aproximadamente radial em relação ao ponto médio da superfície ao qual o símbolo é referido.

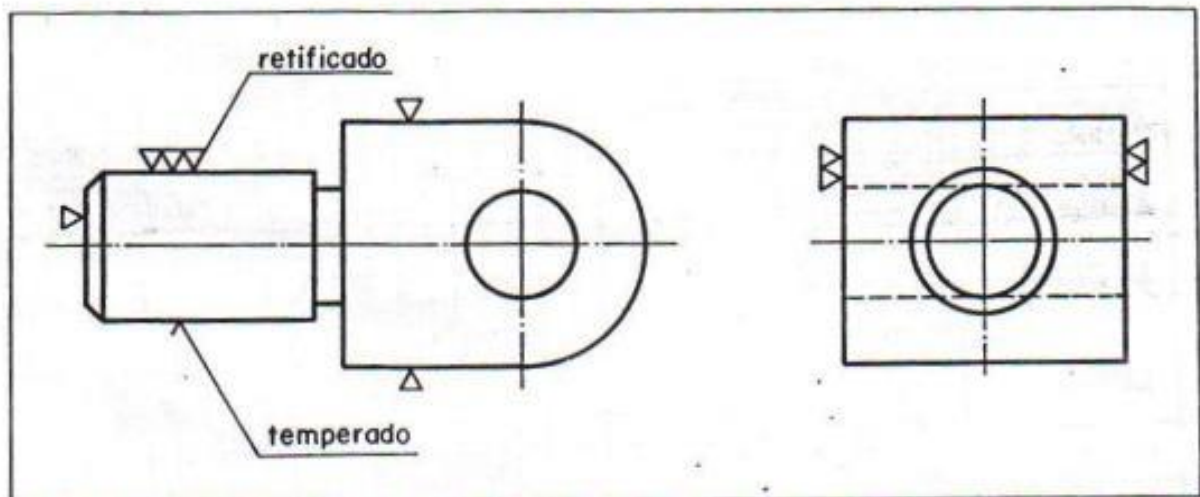
APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

EXERCÍCIOS

- 2 Represente no desenho técnico os sinais de acabamento indicados na perspectiva da peça.



- 3 Analise o desenho técnico e responda às perguntas que vêm a seguir.



- a. Quais os acabamentos indicados?

- b. Qual o modo de obter o acabamento polido?

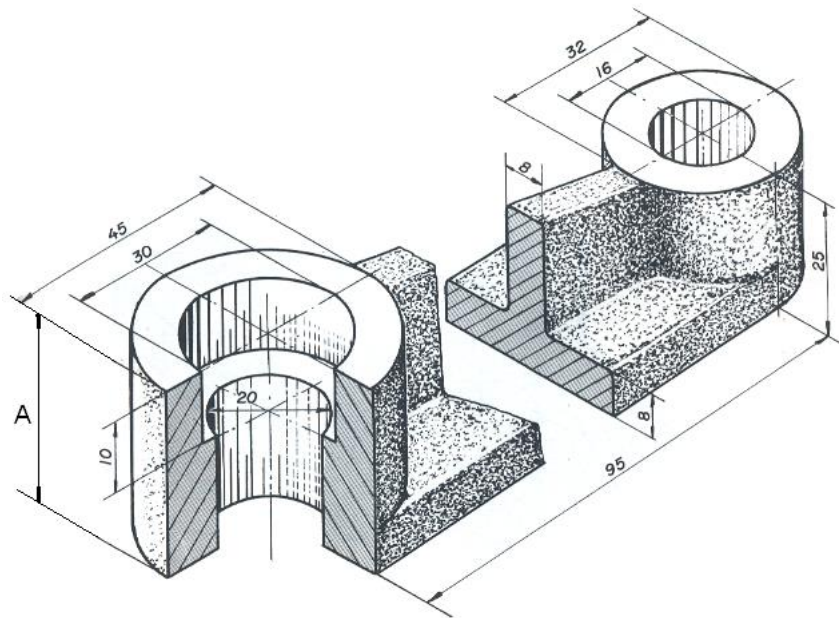
- c. Qual o tratamento indicado?

Exercício CORTE SOBRE NERVURA

1- Desenhe a vista superior do objeto BRAÇO de Ferro Fundido. Aplique o corte total longitudinal sobre a nervura passando pelos centros dos furos.

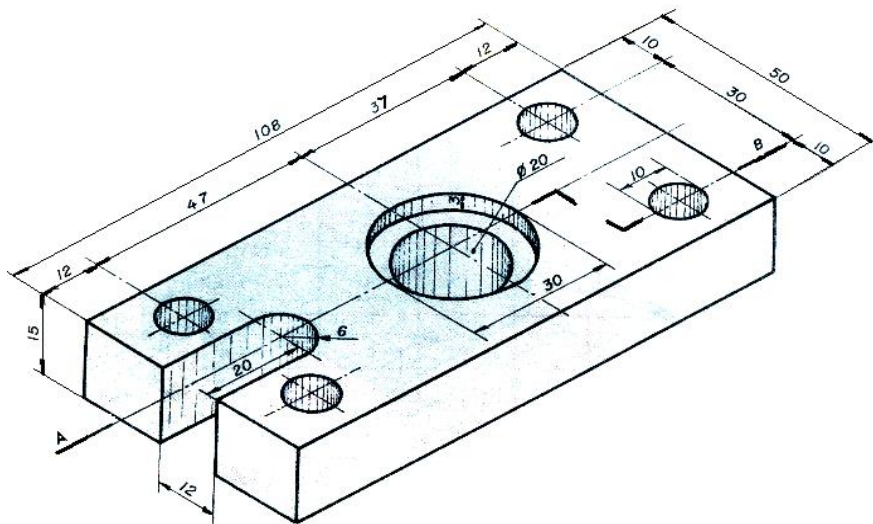
Inserir as novas simbologias antigas de acabamento:

Acab. Furos de 20 e 16 deve ser retificado, furo de 30 x 10 alisado, demais faces bruto de fundição. escala 1:1.



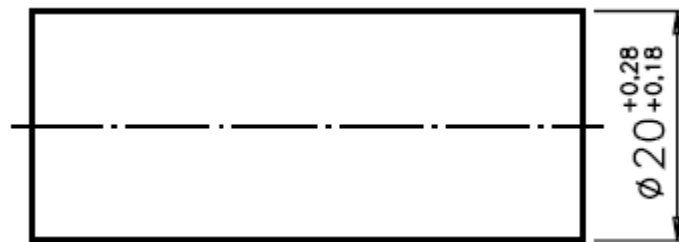
2- Desenhe a vista superior do objeto BLOCO POSICIONADOR, faça o corte em desvio A B.

Material Aço VC150, acab. base inferior fresado com acabamento de $6,8\mu\text{m}$, as quatro faces laterais desbastadas com fresamento e rugosidade de $12,5\mu\text{m}$, a face superior da peça e o furo de 20 mm retificada com $3,2\mu\text{m}$, demais faces deve ser o próprio bruto de fundição com no máximo $50\mu\text{m}$. Escala 1:1



6. TOLERÂNCIA DIMENSIONAL

É muito difícil executar peças com as medidas rigorosamente exatas porque todo processo de fabricação está sujeito a imprecisões. Sempre acontecem variações ou desvios das cotas indicadas no desenho. Entretanto, é necessário que peças semelhantes, tomadas ao acaso, sejam intercambiáveis, isto é, possam ser substituídas entre si, sem que haja necessidade de reparos e ajustes. A prática tem demonstrado que as medidas das peças podem variar, dentro de certos limites, para mais ou para menos, sem que isto prejudique a qualidade. Esses desvios aceitáveis nas medidas das peças caracterizam o que chamamos de tolerância dimensional.



Neste exemplo, a dimensão nominal do diâmetro do pino é 20 mm. Os afastamentos são: + 0,28 mm (vinte e oito centésimos de milímetro) e + 0,18 mm (dezoito centésimos de milímetro). O sinal + (mais) indica que os afastamentos são positivos, isto é, que as variações da dimensão nominal são para valores maiores.

O **afastamento de maior valor** (0,28 mm, no exemplo) é **chamado de afastamento superior**; o **de menor valor** (0,18 mm) é **chamado de afastamento inferior**. Tanto um quanto outro indicam os limites máximo e mínimo da dimensão real da peça.

Somando o afastamento superior à dimensão nominal obtemos a dimensão máxima, isto é, a maior medida aceitável da cota depois de executada a peça. Então, no exemplo dado, a dimensão máxima do diâmetro corresponde a: $20 \text{ mm} + 0,28 \text{ mm} = 20,28 \text{ mm}$.

Somando o afastamento inferior à dimensão nominal obtemos a dimensão mínima, isto é, a menor medida que a cota pode ter depois de fabricada. No mesmo exemplo, a dimensão mínima é igual a $20 \text{ mm} + 0,18 \text{ mm}$, ou seja, 20,18 mm.

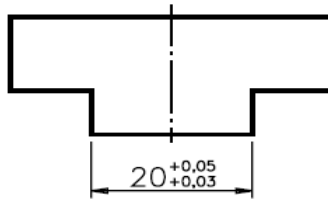
Assim, os valores: 20,28 mm e 20,18 mm correspondem aos limites máximo e mínimo da dimensão do diâmetro da peça.

Depois de executado, o diâmetro da peça pode ter qualquer valor dentro desses dois limites. A dimensão encontrada, depois de executada a peça, é a dimensão efetiva ou real; ela deve estar dentro dos limites da dimensão máxima e da dimensão mínima.

Verificando o entendimento a seguir:

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Analise a vista ortográfica cotada e faça o que é pedido.



- a) Complete os espaços com os valores correspondentes:
- afastamento superior:
 - afastamento inferior:
 - dimensão máxima:
 - dimensão mínima:
- b) Dentre as medidas abaixo, assinale com um X as cotas que podem ser dimensões efetivas deste ressalto:
- 20,5 () 20,04 () 20,06 () 20,03 ()

6.1. SISTEMA DE TOLERÂNCIA E AJUSTES ABNT/ISO

As tolerâncias não são escolhidas ao acaso. Em 1926, entidades internacionais organizaram um sistema normalizado que acabou sendo adotado no Brasil pela ABNT: o sistema de tolerâncias e ajustes ABNT/ISO (NBR 6158).

O sistema ISO consiste num conjunto de princípios, regras e tabelas que possibilita a escolha racional de tolerâncias e ajustes de modo a tornar mais econômica a produção de peças mecânicas intercambiáveis. Este sistema foi estudado, inicialmente, para a produção de peças mecânicas com até 500 mm de diâmetro; depois, foi ampliado para peças com até 3150 mm de diâmetro. Ele estabelece uma série de tolerâncias fundamentais que determinam a precisão da peça, ou seja, a qualidade de trabalho, uma exigência que varia de peça para peça, de uma máquina para outra.

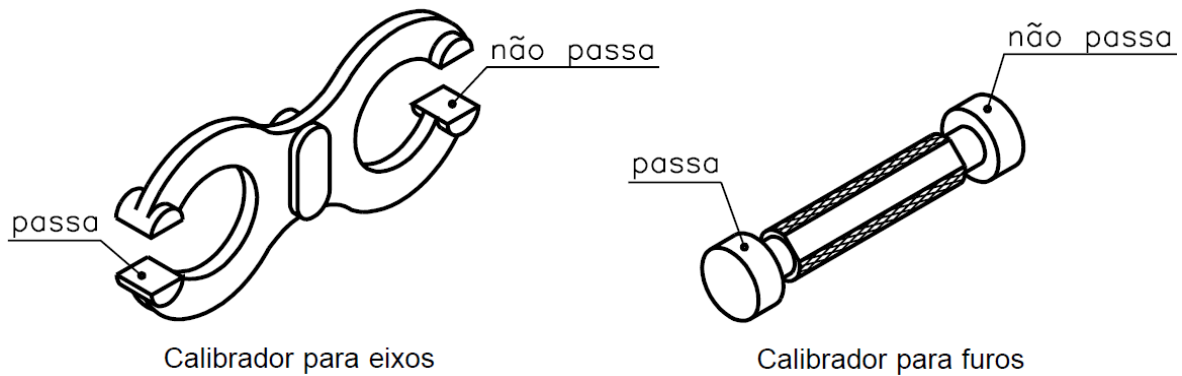
A norma brasileira prevê 18 qualidades de trabalho. Essas qualidades são identificadas pelas letras: IT seguidas de numerais. A cada uma delas corresponde um valor de tolerância. Observe, no quadro abaixo, as qualidades de trabalho para eixos e furos:

		Qualidade de Trabalho																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Eixos		mecânica extra-precisa					mecânica corrente							mecânica grosseira					
Furos		mecânica extra-precisa					mecânica corrente							mecânica grosseira					

A letra I vem de ISO e a letra T vem de tolerância; os numerais: 01, 0, 1, 2,...16, referem-se às 18 qualidades de trabalho; a qualidade IT 01 corresponde ao menor valor de tolerância. As qualidades 01 a 3, no caso dos eixos, e 01 a 4, no caso dos furos, estão associadas à mecânica extra precisa. É o caso dos calibradores, que são instrumentos de alta precisão. Eles servem para

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

verificar se as medidas das peças produzidas estão dentro do campo de tolerância especificado. Veja:



No extremo oposto, as qualidades 11 a 16 correspondem às maiores tolerâncias de fabricação. Essas qualidades são aceitáveis para peças isoladas, que não requerem grande precisão; daí o fato de estarem classificadas como mecânica grosseira.

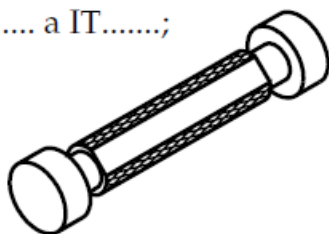
Peças que funcionam acopladas a outras têm, em geral, sua qualidade estabelecida entre IT 4 e IT 11, se forem eixos; já os furos têm sua qualidade entre IT 5 e IT 11. Essa faixa corresponde à mecânica corrente, ou mecânica de precisão. Verifique se ficou bem entendido, resolvendo o próximo exercício.

Verificando o entendimento:

Observe as ilustrações de peças e escreva, nas linhas correspondentes, as faixas de tolerância ISO aceitáveis para cada caso.

Calibrador para furo

a) de IT a IT.....;



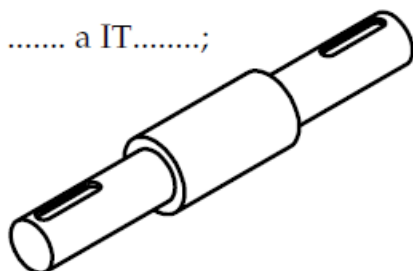
Mola cônica de compressão

b) de IT a IT.....;



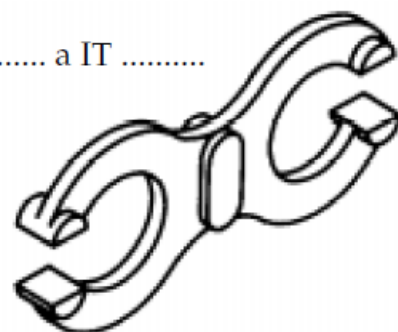
Eixo

c) de IT a IT.....;



Calibrador para eixos

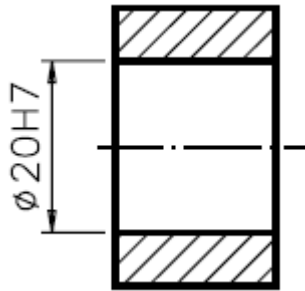
d) de IT a IT



APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Veja agora as respostas corretas: a) mostra um calibrador para furos, que é um instrumento de alta precisão. Logo, a qualidade de trabalho do eixo do calibrador deve estar na faixa de IT 01 a IT3; b) temos uma mola cônica de compressão. Seu funcionamento não depende de ajustes precisos. A qualidade de trabalho pode variar entre IT 12 e IT 16; c) é um eixo, que funciona acoplado a furos. Neste caso, a qualidade de trabalho pode variar entre IT 4 e IT 11; d) um calibrador de eixos. A parte do calibrador que serve para verificar as medidas dos eixos tem a forma de furo. Portanto, a qualidade de trabalho deve estar entre IT 01 e IT 4.

Nos desenhos técnicos com indicação de tolerância, a qualidade de trabalho vem indicada apenas pelo numeral, sem o IT. Antes do numeral vem uma ou duas letras, que representam o campo de tolerância no sistema ISO. Veja um exemplo.



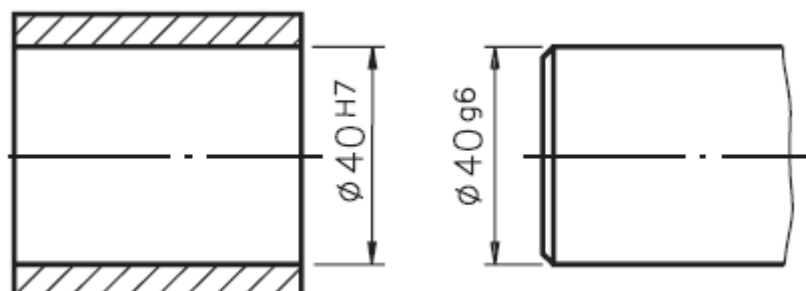
A dimensão nominal da cota é 20 mm. A tolerância é indicada por H7. O número 7, você já sabe, indica a qualidade de trabalho; ele está associado a uma qualidade de trabalho da mecânica corrente. A seguir, você vai aprender a interpretar o significado da letra que vem antes do numeral.

6.2. INTERPRETAÇÃO DE TOLERÂNCIAS NO SISTEMA ABNT/ISO

Quando a tolerância vem indicada no sistema ABNT/ISO, os valores dos afastamentos não são expressos diretamente. Por isso, é necessário consultar tabelas apropriadas para identificá-los.

Para acompanhar as explicações, você deve consultar as tabelas apresentadas no final desta aula. Partes dessas tabelas estão reproduzidas no decorrer da instrução, para que você possa compreender melhor o que estamos apresentando.

Observe o próximo desenho técnico, com indicação das tolerâncias:



APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

O diâmetro interno do furo representado neste desenho é 40 H7. A dimensão nominal do diâmetro do furo é 40 mm. A tolerância vem representada por H7; a letra maiúscula H representa tolerância de furo padrão; o número 7 indica a qualidade de trabalho, que no caso corresponde a uma mecânica de precisão.

A tabela que corresponde a este ajuste tem o título de: Ajustes recomendados - sistema furo-base H7. Veja, a seguir, a reprodução do cabeçalho da tabela.

Dimensão nominal mm		Furo af. inf. af. sup.	EIXOS								
			afastamento superior afastamento inferior								
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6

A primeira coluna - Dimensão nominal - mm - apresenta os grupos de dimensões de 0 até 500 mm. No exemplo, o diâmetro do furo é 40 mm. Esta medida situa-se no grupo de dimensão nominal entre 30 e 40. Logo, os valores de afastamentos que nos interessam encontram-se na 9ª linha da tabela, reproduzida abaixo:

Dimensão nominal mm		Furo af. inf. af. sup.	EIXOS								
			afastamento superior afastamento inferior								
acima de	até	H7	f7	g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6
30	40	0 +25	-25 -50	-9 -25	0 -16	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34

Na segunda coluna - Furo - vem indicada a tolerância, variável para cada grupo de dimensões, do furo base: H7. Volte a examinar a 9ª linha da tabela, onde se encontra a dimensão de 40 mm; na direção da coluna do furo aparecem os afastamentos do furo: 0 (afastamento inferior) e + 25 (afastamento superior). Note que nas tabelas que trazem afastamentos de furos o afastamento inferior, em geral, vem indicado acima do afastamento superior. Isso se explica porque, na usinagem de um furo, parte-se sempre da dimensão mínima para chegar a uma dimensão efetiva, dentro dos limites de tolerância especificados.

Lembre-se de que, nesta tabela, as medidas estão expressas em microns. Uma vez que 1mm = 0,001 mm, então 25 mm = 0,025 mm. Portanto, a dimensão máxima do furo é: 40 mm + 0,025 mm = 40,025 mm, e a dimensão mínima é 40mm, porque o afastamento inferior é sempre 0 no sistema furo-base.

Agora, só falta identificar os valores dos afastamentos para o eixo g6. Observe novamente a 9ª linha da tabela anterior, na direção do eixo g6. Nesse ponto são indicados os afastamentos do eixo: -9/-25 O superior - 9mm, que é o mesmo que - 0,009 mm. O afastamento inferior é - 25 mm, que é igual a - 0,025 mm. Acompanhe o cálculo da dimensão máxima do eixo:

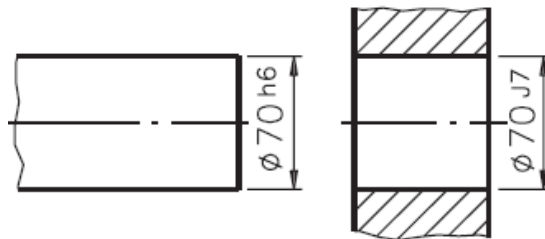
APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Dimensão nominal:	40,000
Afastamento superior:	- $\frac{0,009}{}$
Dimensão máxima:	39,991

E agora veja o cálculo da dimensão mínima do eixo:

Dimensão nominal:	40,000
Afastamento inferior:	- $\frac{0,025}{}$
Dimensão mínima:	39,975

Finalmente, comparando os afastamentos do furo e do eixo concluímos que estas peças se ajustarão com folga, porque o afastamento superior do eixo é menor que o afastamento inferior do furo. No exemplo demonstrado, o eixo e o furo foram ajustados no sistema furo-base, que é o mais comum. Mas quando o ajuste é representado no sistema eixo-base, a interpretação da tabela é semelhante. É o que você vai ver, a seguir.



A dimensão nominal do eixo é igual à dimensão nominal do furo: 70 mm. A tolerância do furo é J7 e a tolerância do eixo é h6. O h indica que se trata de um ajuste no sistema eixo-base. Então, para identificar os afastamentos do eixo e do furo, você deverá consultar a tabela de Ajustes recomendados – sistema eixo-base h6. A tabela de ajustes recomendados no sistema eixo-base é semelhante à tabela do sistema furo-base. O que a diferencia são as variações das tolerâncias dos furos.

Primeiro, precisamos identificar em que grupo de dimensões se situa a dimensão nominal do eixo. No exemplo, a dimensão 70 encontra-se no grupo entre 65 e 80 (12ª linha). A seguir, basta localizar os valores dos afastamentos correspondentes ao eixo h6 e ao furo J7, nessa linha. Veja:

Dimensão nominal mm		Eixo <small>af. sup.</small> <small>af. inf.</small>	F U R O S								
acima de	até		h6	F7	G7	H7	J7	K7	M7	N7	P7
65	80	0 -19	+30 +49	+10 +40	0 +30	-12 +18	-21 +9	-30 0	-39 -9	-51 -21	-62 -32

A leitura da tabela indica que, quando a dimensão do eixo-base encontra-se no grupo de 65 a 80, o afastamento superior do eixo é 0mm e o inferior é -19mm. Para o furo de tolerância J7, o afastamento superior é +18 mm e o afastamento inferior é -12mm.

6.3. CLASSES DE AJUSTES (ACOPLAMENTO)

Ajuste é a condição ideal para a fixação ou funcionamento entre peças executadas dentro de um limite e são determinados de acordo com o seu campo de tolerância. O sistema de ajustes prevê três classes de ajuste: ajustes móveis ou deslizantes (com folga); ajustes incertos ou indeterminados; e ajustes fixos ou prensados (com interferência), conforme mostrado na figura 7.1.

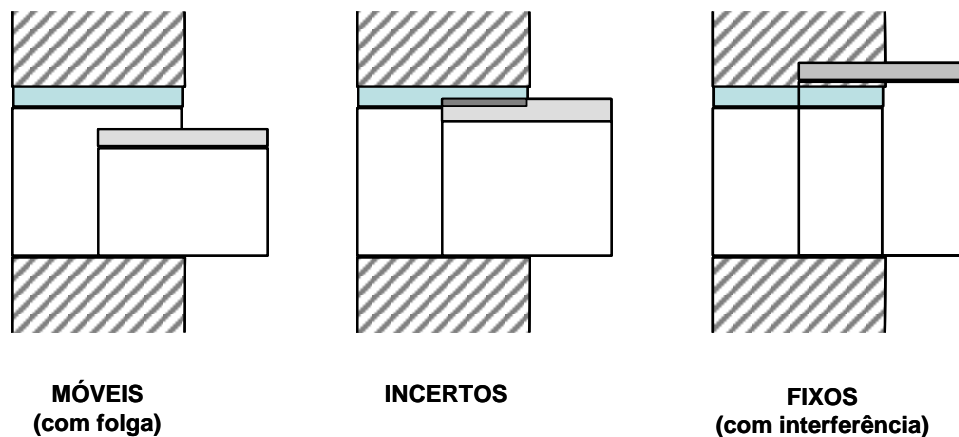


Figura 7.1: Classes de ajuste para acoplamento de eixos e furos (sistema furo-base)
Fonte: Francesco Provenza, 1995

Estas três classes de acoplamento podem ser visualizadas na figura 7.2, para o sistema furo-base.

Quanto à facilidade de montagem, temos:

Livre amplo
Livre folgado
Livre normal

Livre justo
Deslizante
Aderente

Fixo leve
Fixo normal
Fixo duro
Fixo prensado

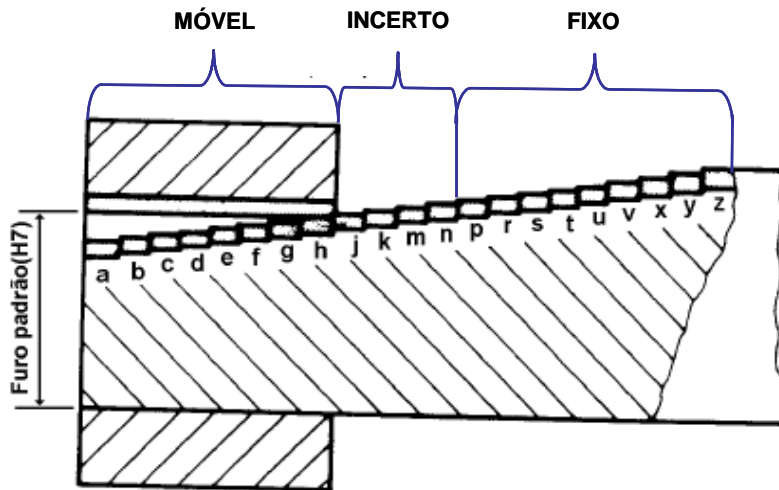


Figura 7.2: Visualização das classes de ajuste no sistema furo-base
Fonte: SENAI-ES, 1996

6.4. ESCOLHA DA TOLERÂNCIA

O sistema furo-base é, comumente usado, na construção de máquinas ferramenta, motores de combustão interna, compressores, construções automobilísticas, aeronáuticas e ferroviárias e na indústria de ferramentas como, brocas, rosqueadoras, etc.

O sistema eixo-base é usado principalmente na construção de eixos de transmissão e seus órgãos, vários tipos de máquinas operatrizes, como máquinas agrícolas, para construção civil, têxteis e de elevação.

Ambos os sistemas são empregados nas construções mecânicas de precisão e máquinas elétricas.

A escolha do sistema de ajuste a ser adotado está ligada essencialmente à conveniência econômica de produção. Apesar de a retífica ou acabamento de um furo ser mais trabalhoso e custoso e a retífica do eixo requerer numerosas ferramentas para acabamento, dá-se preferência, em trabalhos de precisão, ao sistema furo-base, no qual a posição da tolerância H do furo é constante nos vários tipos de acoplamento para cada dimensão nominal e para cada qualidade de trabalho.

Por esta razão, o sistema de ajustes furo-base é correntemente usado no trabalho de órgãos de máquinas de precisão, por exemplo, para bombas de injeção, rolamentos de esferas ou de rolos, órgãos de máquinas ferramenta de precisão. A figura 7.3 apresenta alguns exemplos de aplicações comuns ao sistema de ajuste furo-base.

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

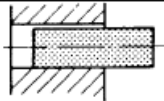
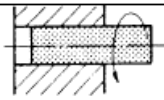
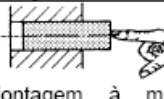
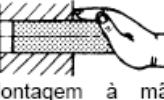
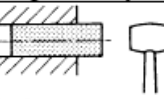
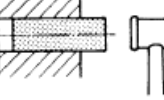
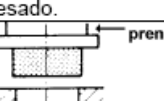
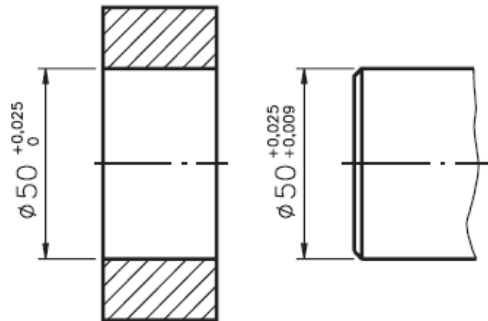
AJUSTES RECOMENDAÇÕES						
TIPO DE AJUSTE	EXEMPLO DE AJUSTE	EXTRA PRECISO	MECÂNICA PRECISA	MECÂNICA MÉDIA	MECÂNICA ORDINÁRIA	EXEMPLO DE APLICAÇÃO
LIVRE	 Montagem à mão, com facilidade.	$H_8 e_7$	$H_7 e_7$ $H_7 e_8$	$H_8 e_9$	$H_{11} a_{11}$	Peças cujos funcionamentos necessitam de folga por força de dilatação, mau alinhamento, etc.
ROTATIVO	 Montagem à mão podendo girar sem esforço.	$H_8 f_8$	$H_7 f_7$	$H_8 f_8$	$H_{10} d_{10}$ $H_{11} d_{11}$	Peças que giram ou deslizam com boa lubrificação. Ex.: eixos, mancais, etc.
DESLIZANTE	 Montagem à mão com leve pressão.	$H_8 g_8$	$H_7 g_8$	$H_8 g_8$ $H_8 h_8$	$H_{10} h_{10}$ $H_{11} h_{11}$	Peças que deslizam ou giram com grande precisão. Ex.: anéis de rolamentos, corrediças, etc.
DESLIZANTE JUSTO	 Montagem à mão, porém, necessitando de algum esforço.	$H_8 h_8$	$H_7 h_8$			Encaixes fixos de precisão, órgãos lubrificados deslocáveis à mão. Ex.: punções, guias, etc.
ADERENTE FORÇADO LEVE	 Montagem com auxílio de martelo.	$H_8 js$	$H_7 js$			Órgãos que necessitam de freqüentes desmontagens. Ex.: polias, engrenagens, rolamentos, etc.
FORÇADO DURO	 Montagem com auxílio de martelo pesado.	$H_8 m_8$	$H_7 m_8$			Órgão possíveis de montagens e desmontagens sem deformação das peças.
A PRESSÃO COM ESFORÇO	 Montagem com auxílio de balancim ou por dilatação.	$H_8 p_8$	$H_7 p_8$			Peças impossíveis de serem desmontadas sem deformação. Ex.: buchas à pressão, etc.

Figura 4.3: Principais aplicações do sistema de ajuste furo-base
 Fonte: SENAI-ES, 1996

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Exercício

Um lote de peças foi produzido a partir do desenho técnico abaixo. Observando os afastamentos, você percebe que as peças são acopladas por ajuste incerto.



A seguir estão indicadas as dimensões efetivas de algumas peças produzidas. Escreva, nos parênteses, ao lado de cada alternativa, a letra **(F)** quando o ajuste apresentar folga ou a letra **(I)** quando o ajuste apresentar interferência.

- a) () diâmetro do eixo: **50,012 mm**; diâmetro do furo: **50,015 mm**.
- b) () diâmetro do eixo: **50,016 mm**; diâmetro do furo: **50,008 mm**.
- c) () diâmetro do eixo: **50,018 mm**; diâmetro do furo: **50,022 mm**.
- d) () diâmetro do eixo: **50,011 mm**; diâmetro do furo: **50,006 mm**.

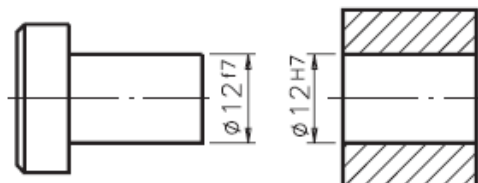
Exercício

No desenho técnico da esquerda, a tolerância vem indicada no sistema ABNT/ISO. Complete o desenho da direita, consultando a tabela e indicando os valores dos afastamentos correspondentes em milésimos de milímetros.



Exercício

Analise o desenho abaixo, consulte a tabela apropriada e assinale com um X o tipo de ajuste correspondente.



- a) () ajuste com folga;
- b) () ajuste com interferência;
- c) () ajuste incerto.

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA EIXO-BASE h6(*)

Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

Dimensão nominal mm		Eixo ^{af. sup.} af. inf.	FUROS								
			afastamento inferior					afastamento superior			
acima de	até	h 6	F 6	G 7	H 7	J 7	K 7	M 7	N 7	P 7	R 7
0	1	0	+ 6	+ 2	0	- 6	- 10			- 16	- 20
1	3	- 6	- 12	+ 12	+ 10	+ 4	0	-	-	- 6	- 10
3	6	0	+ 10	+ 4	0	- 6	- 9	- 12	- 16	- 20	- 23
		- 8	+ 18	+ 16	+ 12	+ 6	+ 3	0	- 4	- 8	- 11
6	10	0	+ 13	+ 5	0	- 7	- 10	- 15	- 19	- 24	- 28
		- 9	+ 22	+ 20	+ 15	+ 8	+ 5	0	- 4	- 9	- 13
10	14	0	+ 16	+ 6	0	- 8	- 12	- 18	- 23	- 29	- 34
14	18	- 11	+ 27	+ 24	+ 18	+ 10	+ 6	0	- 5	- 11	- 16
18	24	0	+ 20	+ 7	0	- 9	- 15	- 21	- 28	- 35	- 41
24	30	- 13	+ 33	+ 28	+ 21	+ 12	+ 6	0	- 7	- 14	- 20
30	40	0	+ 25	+ 9	0	- 11	- 18	- 25	- 33	- 42	- 50
40	50	- 16	+ 41	+ 34	+ 25	+ 14	+ 7	0	- 8	- 17	- 25
50	65	0	+ 30	+ 10	0	- 12	- 21	- 30	- 39	- 51	- 60
											- 30
65	80	- 19	+ 49	+ 40	+ 30	+ 18	+ 9	0	- 9	- 21	- 32
80	100	0	+ 36	+ 12	0	- 13	- 25	- 35	- 45	- 59	- 73
											- 38
100	120	- 22	+ 58	+ 47	+ 35	+ 22	+ 10	0	- 10	- 24	- 41
120	140	0	+ 43	+ 14	0	- 14	- 28	- 40	- 52	- 68	- 88
											- 48
140	160									- 90	- 50
160	180	- 25	+ 68	+ 54	+ 40	+ 26	+ 12	0	- 12	- 28	- 93
											- 53
180	200	0	+ 50	+ 15	0	- 16	- 33	- 46	- 60	- 79	106
											- 60
200	225									- 109	- 63
225	250	- 29	+ 79	+ 61	+ 46	+ 30	+ 13	0	- 14	- 33	- 113
											- 67
250	280	0	+ 56	+ 17	0	- 16	- 36	- 52	- 66	- 88	- 126
											- 74
280	315	- 32	+ 88	+ 69	+ 52	+ 36	+ 16	0	- 14	- 36	- 130
											- 78
315	355	0	+ 62	+ 18	0	- 18	- 40	- 57	- 73	- 98	- 144
											- 87
355	400	- 36	+ 98	+ 75	+ 57	+ 39	+ 17	0	- 16	- 41	- 150
											- 93
400	450	0	+ 68	+ 20	0	- 20	- 45	- 63	- 80	- 108	- 166
											- 103
450	500	- 40	+ 108	+ 83	+ 63	+ 43	+ 18	0	- 17	- 45	- 172
											- 109

(*) Reprodução parcial de Tabela ABNT/ISO NBR 6158

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA FURO-BASE H7(*)
Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

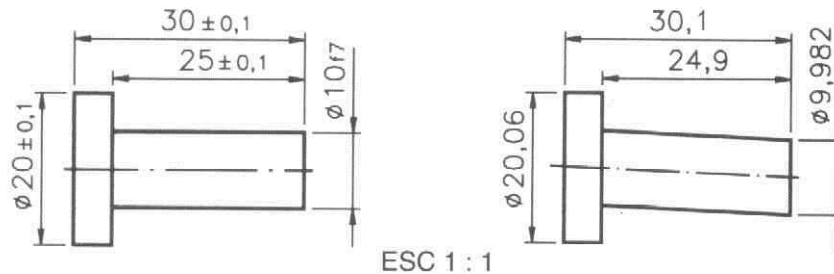
Dimensão nominal mm		Furo ^{ef. inf.} af. sup. 	EIXOS								
			afastamento superior					afastamento inferior			
acima de	até	H 7	f 7	g 6	h 6	j 6	k 6	m 6	n 6	p 6	r 6
0	1	0	-6	-2	0	+4	+6		+10	+12	+16
1	3	+10	-16	-8	-6	-2	0	-	+4	+6	+10
3	6	0	-10	-4	0	+6	+9	+12	+16	+20	+23
		+12	-22	-12	-8	-2	+1	+4	+8	+12	+15
6	10	0	-13	-5	0	+7	+10	+15	+19	+24	+28
		+15	-28	-14	-9	-2	+1	+6	+10	+15	+19
10	14	0	-16	-6	0	+8	+12	+18	+23	+29	+34
14	18	+18	-34	-17	-11	-3	+1	+7	+12	+18	+23
18	24	0	-20	-7	0	+9	+15	+21	+28	+35	+41
24	30	+21	-41	-20	-13	-4	+2	+8	+15	+22	+28
30	40	0	-25	-9	0	+11	+18	+25	+33	+42	+50
40	50	+25	-50	-25	-16	-5	+2	+9	+17	+26	+34
50	65	0	-30	-10	0	+12	+21	+30	+39	+51	+60
											+41
65	80	+30	-60	-29	-19	-7	+2	+1	+20	+32	+62
											+43
80	100	0	-36	-12	0	+13	+25	+35	+45	+59	+73
											+51
100	120	+35	-71	-34	-22	-9	+3	+13	+23	+37	+76
											+54
120	140	0	-43	-14	0	+14	+28	+40	+52	+68	+88
											+63
140	160										+90
											+65
160	180	+40	-83	-39	-25	-11	+3	+15	+27	+43	+93
											+68
180	200	0	-50	-15	0	+16	+33	+46	+60	+79	+106
											+77
200	225										+109
											+80
225	250	+46	-96	-44	-29	-13	+4	+17	+31	+50	+113
											+84
250	280	0	-56	-17	0	+16	+36	+52	+66	+88	+126
											+94
280	315	+52	-108	-49	-32	-16	+4	+20	+34	+56	+130
											+98
315	355	0	-62	-18	0	+18	+40	+57	+73	+98	+144
											+108
355	400	+57	-119	-54	-36	-18	+4	+21	+37	+62	+150
											+114
400	450	0	-68	-20	0	+20	+45	+63	+80	+108	+166
											+126
450	500	+63	-131	-60	-40	-20	+5	+23	+40	+68	+172
											+132

(*) Reprodução parcial de Tabela ABNT/ISO NBR 6158

7. TOLERÂNCIA GEOMÉTRICA

A execução da peça dentro da tolerância dimensional não garante, por si só, um funcionamento adequado. Veja um exemplo.

A figura da esquerda mostra o desenho técnico de um pino, com indicação das tolerâncias dimensionais. A figura da direita mostra como ficou a peça depois de executada, com a indicação das dimensões efetivas.



Note que, embora as dimensões efetivas do pino estejam de acordo com a tolerância dimensional especificada no desenho técnico, a peça real não é exatamente igual à peça projetada. Pela ilustração você percebe que o pino está deformado.

Não é suficiente que as dimensões da peça estejam dentro das tolerâncias dimensionais previstas. É necessário que as peças estejam dentro das formas previstas para poderem ser montadas adequadamente e para que funcionem sem problemas. Do mesmo modo que é praticamente impossível obter uma peça real com as dimensões nominais exatas, também é muito difícil obter uma peça real com formas rigorosamente idênticas às da peça projetada. Assim, desvios de formas dentro de certos limites não chegam a prejudicar o bom funcionamento das peças.

Quando dois ou mais elementos de uma peça estão associados, outro fator deve ser considerado: a posição relativa desses elementos entre si.

As variações aceitáveis das formas e das posições dos elementos na execução da peça constituem as tolerâncias geométricas.

Interpretar desenhos técnicos com indicações de tolerâncias geométricas. Como se trata de um assunto muito complexo, será dada apenas uma visão geral, sem a pretensão de esgotar o tema. O aprofundamento virá com muito estudo e com a prática profissional.

7.1. TOLERÂNCIAS DE FORMA

As **tolerâncias de forma** limitam os afastamentos de um dado elemento em relação à sua forma geométrica teórica.

7.1.1. TOLERÂNCIA DE RETITUDE OU RETILINEIDADE

É a diferença admissível da reta, delimitada por um cilindro imaginário que tem como eixo de simetria a linha teórica e, como superfície, os limites de tolerância admissíveis para a linha teórica, conforme representado nas Figuras 1 e 2.

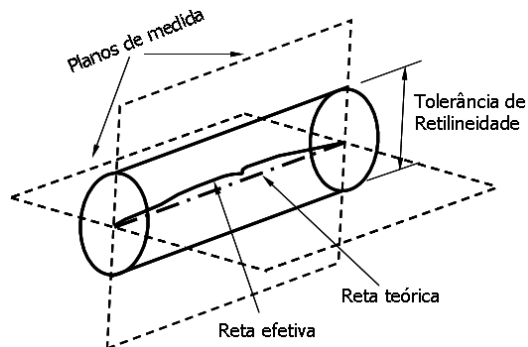


Figura 1 – Tolerância de retilidade com formato cilíndrico

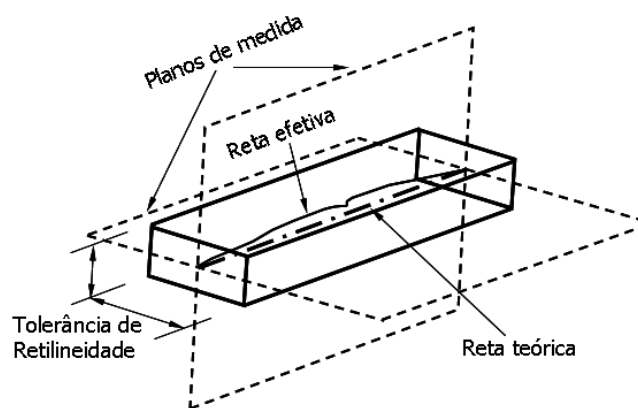


Figura 2 – Tolerância de retilidade com formato de paralelepípedo

A tolerância de Retilidade com formato cilíndrico pode ser aplicada para o controle de desvios geométricos em sólidos de revolução, tais como cilindros e eixos.

A tolerância de Retilidade com formato de paralelepípedo pode ser aplicada para o controle de desvios geométricos em sólidos com seção transversal retangular, tais como guias e barramentos de máquinas operatrizes

A figura 3 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de Retilidade em desenhos técnicos.

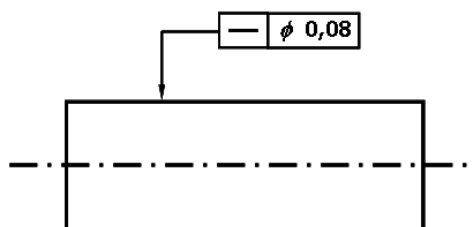


Figura 3– Indicação de Tolerância de Retilidade em desenho técnico

O exemplo indica que o eixo da parte cilíndrica da peça deve estar dentro de um cilindro com diâmetro de 0,08 mm. A Figura 4 apresenta um esquema de medição da Retilidade, com relógio comparador encostado em duas régua apoiadas, juntamente com a peça, sob uma mesa de desempenho.

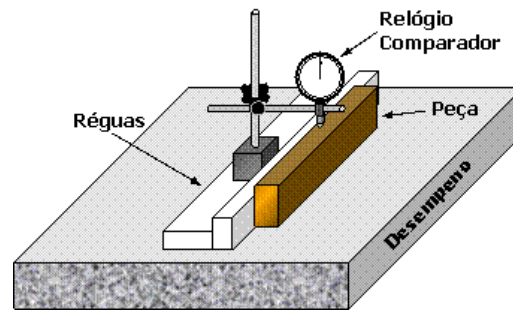


Figura 4 – Esquema de medição da Retilidade

7.1.2. TOLERÂNCIA DE PLANEZA OU PLANICIDADE

Tolerância de planeza é a diferença admissível na variação da forma plana de uma peça, representada por dois planos paralelos que definem os limites superior e inferior de variação admissível, entre os quais deve se encontrar a superfície efetiva (medida).

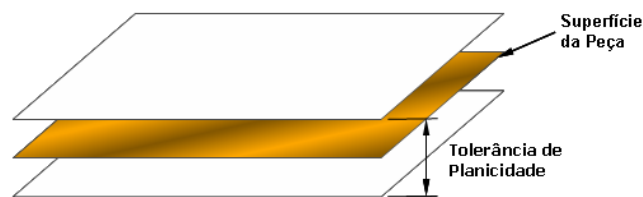


Figura 5 – Tolerância de Planeza ou Planicidade

A Figura 5 representa a tolerância de planicidade de acordo com a definição, e A Figura 6 apresenta um exemplo de indicação desta tolerância em desenhos técnicos.

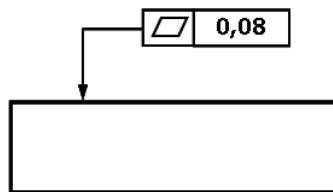


Figura 6– Indicação de Tolerância de Planicidade em desenho técnico

O exemplo da Figura 6 indica que a superfície da peça deve ficar entre dois planos paralelos distantes entre si de 0,08mm. A Figura 7 apresenta um esquema de medição do desvio de planeza da superfície de uma peça usando relógio comparador sob uma mesa de desempeno.

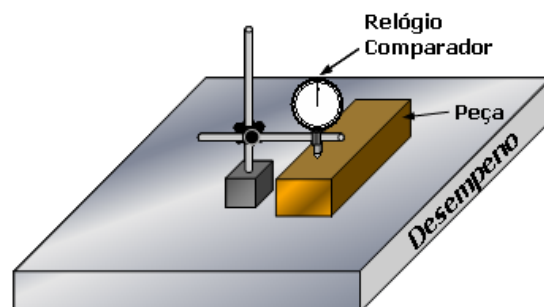


Figura 7 – Esquema de Medição de Planeza ou Planicidade

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Os desvios de planeza são de grande interesse, especialmente na construção de máquinas operatrizes, em que o assento dos carros e das caixas de engrenagens sobre guias prismáticas ou paralelas têm grande influência na precisão exigida da máquina.

A concavidade e a convexidade, representadas na Figura 8, são os tipos mais comuns de desvios de planeza.



Figura 8 – Concavidade e Convexidade como Desvios de Planeza

As expressões “não côncavo” ou “não convexo” podem complementar as especificações de tolerância de planeza, quando for relevante.

7.1.3. TOLERÂNCIA DE CIRCULARIDADE

Desvios de circularidade (ou ovalização) podem ocorrer na seção circular de uma peça em forma de disco, cilindro ou cone. A tolerância de circularidade é representada por dois círculos concêntricos, que indicam os limites inferior e superior tolerados para o desvio de circularidade. A Figura 9 representa a tolerância de circularidade.

Espera-se que estes desvios de circularidade fiquem dentro da tolerância dimensional especificada para o diâmetro da peça cilíndrica. A tolerância de circularidade é, no máximo, igual à tolerância dimensional para eixos e furos com qualidade de trabalho até IT8, ou metade da tolerância dimensional para qualidades iguais ou maiores que IT9.

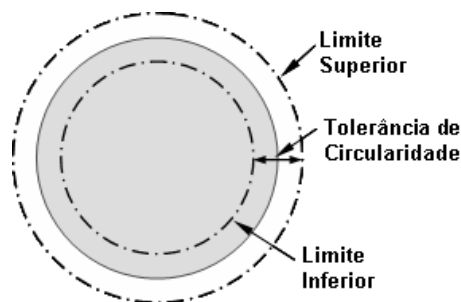


Figura 9 – Representação da Tolerância de Circularidade

Os desvios de circularidade costumam ser pequenos, e pouco importantes, mas as tolerâncias de circularidade devem ser especificadas quando a precisão desejada não puder ser garantida pelos processos normais de usinagem. A Figura 10 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de circularidade em desenhos técnicos, equivalente a 0,04 mm.

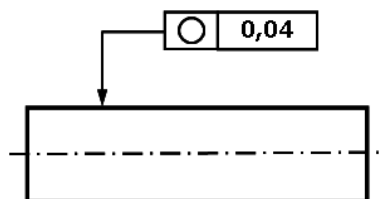
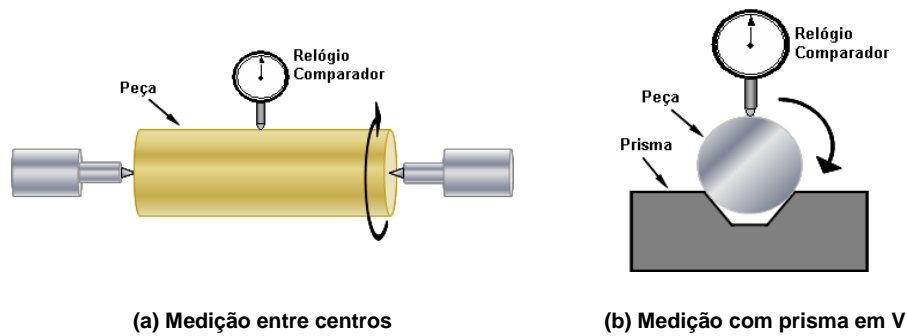


Figura 10– Indicação de Tolerância de Circularidade em desenho técnico

A medição do desvio de circularidade pode ser realizada com a utilização de relógio comparador e um equipamento onde a peça é posicionada entre centros (Figura 11a), ou com a peça posicionada em um prisma em V (Figura 11b).



(a) Medição entre centros

(b) Medição com prisma em V

Figura 11 – Métodos para medição da circularidade

Pode-se, também, utilizar equipamentos automatizados, especialmente projetados para medir o desvio de circularidade, como o apresentado na Figura 12.

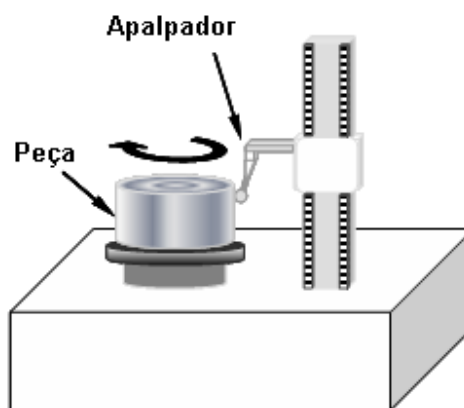


Figura 12 - Equipamento para medição da circularidade

Neste equipamento, a peça é posicionada sobre um prato giratório, e um apalpador faz o contato com a superfície da peça. Os valores são indicados num mostrador digital ou então impressos. É conveniente indicar na especificação de tolerância de circularidade o método recomendado para a medição do desvio.

7.1.4. TOLERÂNCIA DE CILINDRICIDADE

O desvio de cilindridade é o desvio que pode ocorrer em toda a superfície de uma peça cilíndrica, incluindo a seção longitudinal e a seção transversal do cilindro. A tolerância de cilindridade (Figura 13) é definida por dois cilindros concêntricos que circundam a superfície da peça, estabelecendo os limites inferior e superior desta tolerância.

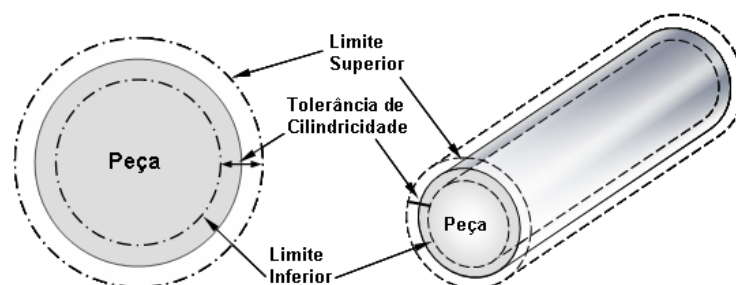


Figura 13 - Tolerância de cilindridade

A Figura 14 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de cilindridade em desenhos técnicos, informando que a superfície da peça cilíndrica deve ficar entre dois cilindros coaxiais cujos raios diferem de 0,04 mm.

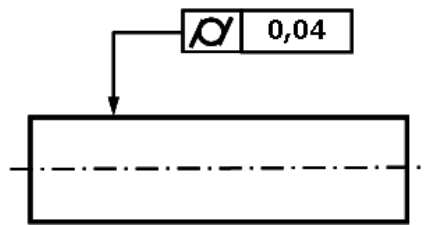


Figura 14– Indicação de Tolerância de Cilindridade em desenho técnico

A medição do desvio de cilindridade deve ser realizada em vários planos de medida ao longo de todo o comprimento da peça, e é igual à diferença entre o maior valor e o menor valor medido. O desvio máximo medido não deve ser maior do que a tolerância especificada.

O desvio de cilindridade pode ser considerado como o desvio de circularidade medido em toda a extensão da peça. A medição do desvio de cilindridade (Figura 15) pode ser realizada por um instrumento de medição especialmente desenvolvido para este propósito ou, na ausência deste, a medição pode ser realizada em duas etapas:

- Medição do desvio máximo ao longo da seção longitudinal da peça;
- Medição do desvio máximo na seção transversal da peça (circularidade).

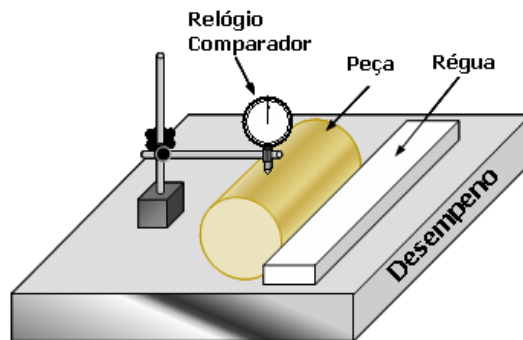


Figura 15 - Medição do desvio de cilindridade

7.1.5. TOLERÂNCIA DE FORMA DE UMA LINHA QUALQUER

A tolerância para o desvio de forma de uma linha qualquer (Figura 16), é representada por um sólido de seção circular, com centro na linha de simetria teórica, cujo diâmetro é a tolerância especificada. A linha efetiva (medida) que representa o perfil da peça fabricada deve ficar dentro do sólido especificado pela tolerância.

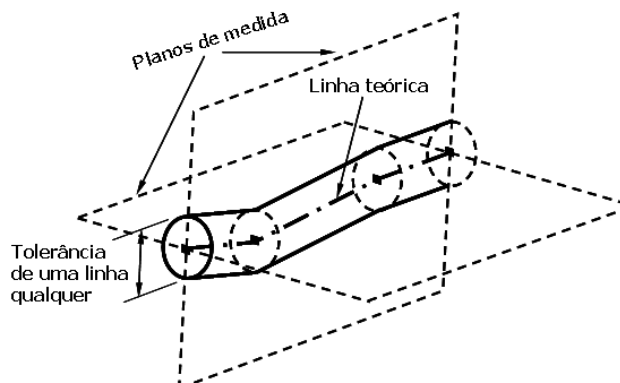


Figura 16 - Tolerância de forma de uma linha qualquer

A Figura 17 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de forma de uma linha qualquer em desenhos técnicos, informando que o perfil da peça deve ficar entre duas envolventes que formam um sólido de seção circular com diâmetro igual a 0,06 mm.

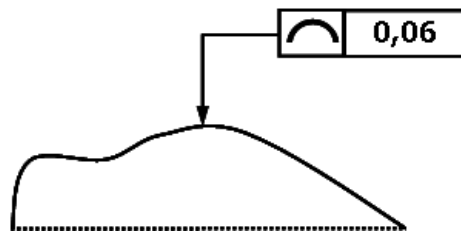


Figura 17– Indicação de tolerância de forma de uma linha qualquer em desenho técnico

7.1.6. TOLERÂNCIA DE FORMA DE UMA SUPERFÍCIE QUALQUER

A tolerância para o desvio de forma de uma superfície qualquer (Figura 18), é representada por duas superfícies teóricas, que envolvem a superfície projetada para a peça, cuja distância é limitada por uma esfera com diâmetro equivalente à tolerância especificada. O centro da esfera está localizado na superfície teórica.

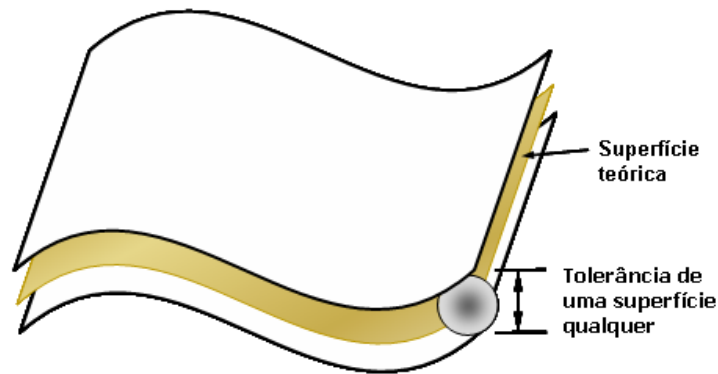


Figura 18 - Tolerância de forma de uma superfície qualquer

A Figura 19 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de forma de uma superfície qualquer em desenhos técnicos, informando que a superfície da peça deve ficar entre duas superfícies envolventes cuja distância é limitada por uma esfera com diâmetro igual a 0,06 mm.

Os desvios de forma de uma superfície qualquer podem ser medidos em máquinas de medir por coordenadas ou tridimensionais.

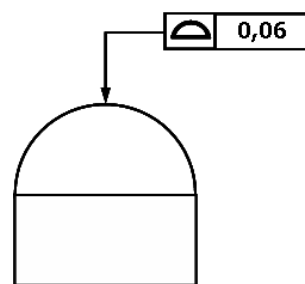


Figura 19 – Indicação de tolerância de forma de uma superfície qualquer em desenho técnico

7.2. TOLERÂNCIAS DE POSIÇÃO

A tolerância geométrica de posição é o desvio de posição máximo admissível para uma peça fabricada em relação à posição teórica definida no projeto.

As tolerâncias de posição limitam os afastamentos da posição mútua de dois ou mais elementos por razões funcionais ou para assegurar uma interpretação inequívoca. Geralmente um deles é usado como referência para a indicação das tolerâncias. Se for necessário, pode ser tomada mais de uma referência.

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

7.2.1. TOLERÂNCIA DE PARALELISMO

Tolerância de paralelismo de uma linha reta (eixo) ou de um plano é o desvio de posição máximo admissível em relação à outra linha reta ou plano de referência (Figura 20).

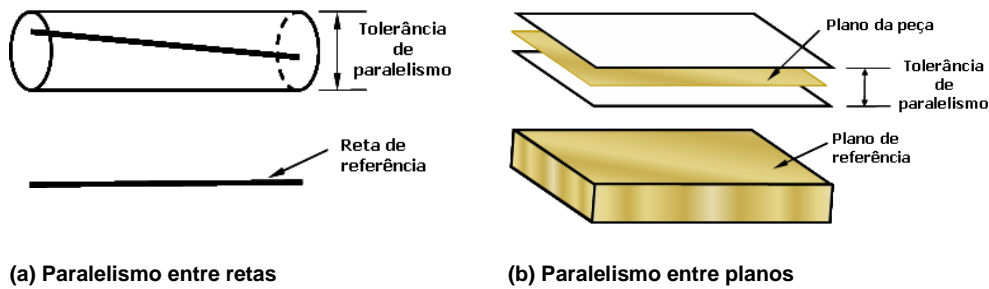


Figura 20 - Tolerância de Paralelismo

A tolerância de paralelismo entre duas linhas retas (Figura 20a) é delimitada pelo espaço contido em um cilindro paralelo ao eixo de referência, que envolve a linha efetiva (medida), tendo como eixo de simetria uma das retas teóricas.

A tolerância de paralelismo entre dois planos (Figura 20b) é o desvio máximo admissível para uma superfície plana de uma peça, representada pela distância entre dois planos teóricos, paralelos entre si, sendo um o plano de referência, entre os quais deve estar a superfície plana efetiva (medida) da peça.

A Figura 21 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de paralelismo em desenhos técnicos, informando que a linha reta ou superfície plana da peça deve ficar entre duas retas paralelas (cilindro) ou dois planos paralelos, com distância de 0,06 mm entre si, e paralelos à reta ou plano de referência **A**.

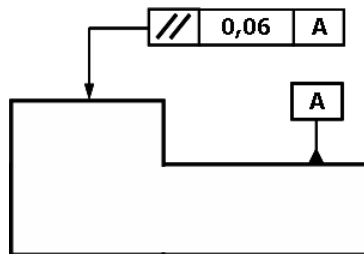


Figura 21 - Indicação de tolerância de paralelismo em desenho técnico

7.2.2. TOLERÂNCIA DE INCLINAÇÃO

Tolerância de inclinação de uma linha reta (eixo) ou de um plano é o desvio de posição máximo admissível para o ângulo teórico em relação a outra linha reta ou plano de referência. O campo de tolerância do desvio angular é delimitado por duas retas (Figura 22) ou dois planos paralelos entre si, com inclinação igual ao valor teórico especificado em projeto.

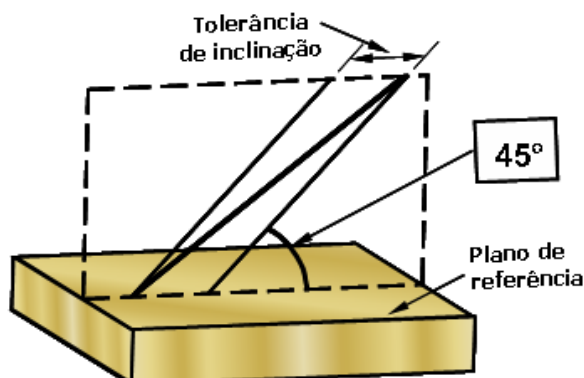


Figura 22 - Tolerância de Inclinação

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

A Figura 23 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de inclinação em desenhos técnicos, informando que a linha reta ou superfície plana indicada na peça deve ficar entre duas retas paralelas, com distância de 0,06 mm entre si, e formando um ângulo plano de 45° com o plano de referência A.

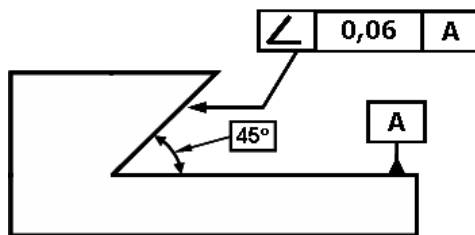
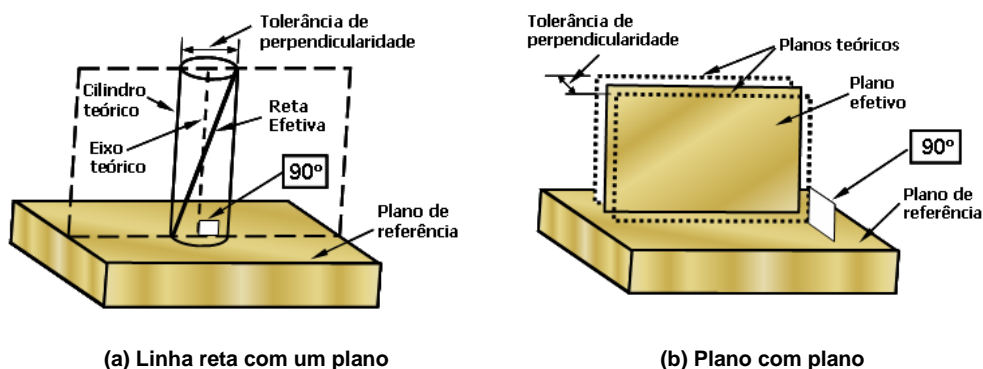


Figura 23 - Indicação de tolerância de inclinação em desenho técnico

7.2.3. TOLERÂNCIA DE PERPENDICULARIDADE

Tolerância de perpendicularidade de uma linha reta (eixo) ou de um plano é o desvio de posição máximo admissível para o ângulo teórico de 90° em relação a outra linha reta ou plano de referência (Figura 24). O desvio de perpendicularidade pode ser considerado um caso particular do desvio de inclinação.



(a) Linha reta com um plano

(b) Plano com plano

Figura 24 - Tolerância de Perpendicularidade

O campo de tolerância do desvio de perpendicularidade entre uma reta e um plano (Figura 24a) é delimitado por um cilindro, dentro do qual deve estar a reta efetiva (medida), cujo eixo teórico faz um ângulo de 90° em relação a um plano de referência especificado.

O campo de tolerância do desvio de perpendicularidade entre dois planos (Figura 24b) é delimitado por dois planos teóricos, paralelos entre si, com inclinação de 90° em relação ao plano de referência especificado, entre os quais deve estar o plano efetivo (medido).

A Figura 25 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de perpendicularidade em desenhos técnicos, informando que o plano efetivo (medido) da superfície indicada na peça, deve ficar entre dois planos teóricos paralelos com distância de 0,2 mm entre si, que formam um ângulo plano de 90° com o plano de referência A.

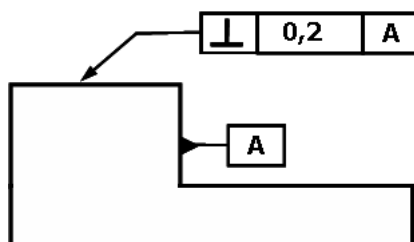


Figura 25 - Indicação de tolerância de perpendicularidade em desenho técnico

7.2.4. TOLERÂNCIA DE LOCALIZAÇÃO DE UM PONTO

Tolerância de localização de um ponto é o desvio máximo admissível para a posição de um elemento em relação à sua posição teórica. O campo de tolerâncias é delimitado por um círculo ou esfera cujo centro corresponde à localização teórica do ponto, e a superfície corresponde aos limites admissíveis para a localização do ponto.

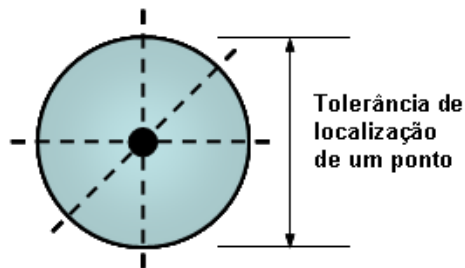


Figura 26 - Tolerância de localização de um ponto

A Figura 27 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de localização de um ponto em desenhos técnicos, informando que o eixo de um furo deve estar incluído dentro de uma esfera de diâmetro 0,2 mm, cujo eixo teórico está na posição geometricamente exata indicada pelas cotas 60 mm e 80 mm.

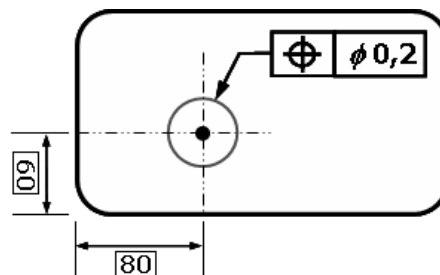


Figura 27 - Indicação de tolerância de localização em desenho técnico

7.2.5. TOLERÂNCIA DE SIMETRIA

A tolerância de simetria de um plano médio ou de uma linha média em relação a uma reta ou plano de referência, é o desvio máximo admissível para o plano médio efetivo (medido) de uma peça, representada pela distância entre dois planos teóricos, paralelos entre si, e simétricos em relação ao plano médio de referência.

A Figura 28 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de simetria em desenhos técnicos, informando que o plano médio do canal deve estar entre dois planos paralelos com distância de 0,05 mm entre si, e simétricos ao plano de referência A.

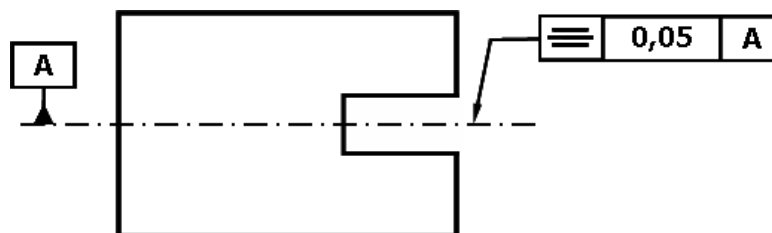


Figura 28 - Indicação de tolerância de simetria em desenho técnico

O desvio de simetria pode ser considerado como um caso particular do desvio de localização do ponto, em que os elementos considerados são arestas simétricas.

7.2.6. TOLERÂNCIA DE CONCENTRICIDADE

A tolerância de concentricidade é a variação admissível da posição do eixo de simetria de elementos teoricamente concêntricos. O campo de tolerância do desvio de concentricidade é delimitado por um círculo em cujo centro encontra-se a linha de simetria de um elemento de referência.

A linha de simetria do segundo elemento, teoricamente coincidente, deve estar no interior do círculo de referência.

7.2.6.1. TOLERÂNCIA DE COAXIALIDADE

A tolerância de coaxialidade é o desvio máximo admissível de concentricidade medido ao longo do eixo de simetria dos elementos considerados. O campo de tolerância é definido como um cilindro concêntrico a um dos elementos. O segundo elemento deve ter seu eixo de simetria, teoricamente coincidente com o primeiro, dentro do cilindro de tolerância.

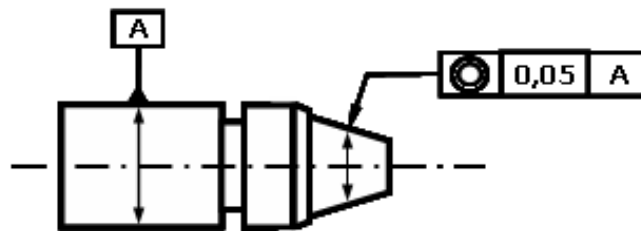


Figura 29 - Indicação de tolerância de coaxialidade em desenho técnico

A Figura 29 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de coaxialidade em desenhos técnicos, informando que o eixo de simetria da parte indicada na peça deve estar incluído dentro de um cilindro com diâmetro de 0,05 mm, cujo eixo coincide com o eixo de referência A.

7.3. DESVIOS COMPOSTOS DE FORMA E POSIÇÃO

Algumas vezes não é possível separar os desvios de forma dos desvios de posição para fabricação das peças e medição posterior, formando os desvios compostos de forma e posição. Dentre os vários tipos de desvios compostos destacam-se os desvios de batida em superfícies de revolução.

A **tolerância de batida** é o desvio máximo admissível na posição do elemento considerado ao completar uma rotação, girando em torno de um eixo de referência sem se deslocar axialmente.

Os desvios de batida podem somar erros como a coaxialidade, excentricidade, perpendicularidade, circularidade, e planicidade.

A medição do desvio de batida é possível somente com o elemento realizando uma rotação completa.

Os desvios de batida podem ser subdivididos em desvios de batida radial e desvios de batida axial, de acordo com a posição do desvio em relação ao eixo de rotação.

7.3.1. TOLERÂNCIA DE BATIDA RADIAL

Tolerância de batida radial (Figura 30) é o desvio máximo admissível da posição de um elemento ao completar uma rotação, medida no sentido radial ao eixo de rotação. O campo de tolerância é definido em um plano perpendicular ao eixo de rotação, composto de dois círculos concêntricos, dentro dos quais deve encontrar-se o perfil da peça durante uma volta completa em torno de seu eixo de simetria.

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

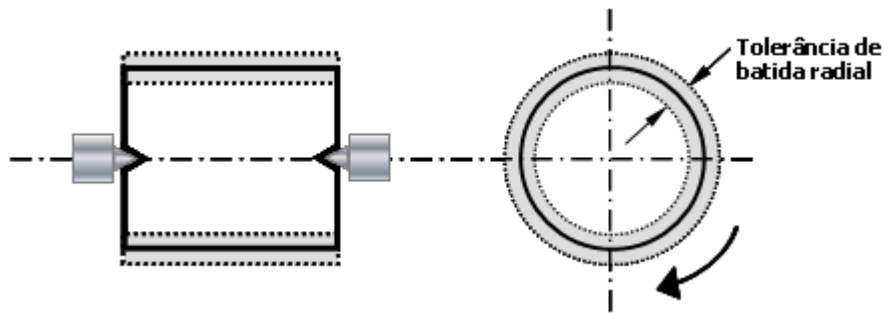


Figura 30 - Tolerância de batida radial em superfícies cilíndricas

A medição do desvio de batida radial é semelhante ao método de medição do desvio de circularidade, a qual pode ser realizada com a utilização de relógio comparador e um equipamento onde a peça é posicionada entre centros (Figura 31a), ou com a peça posicionada em um prisma em V (Figura 31b).

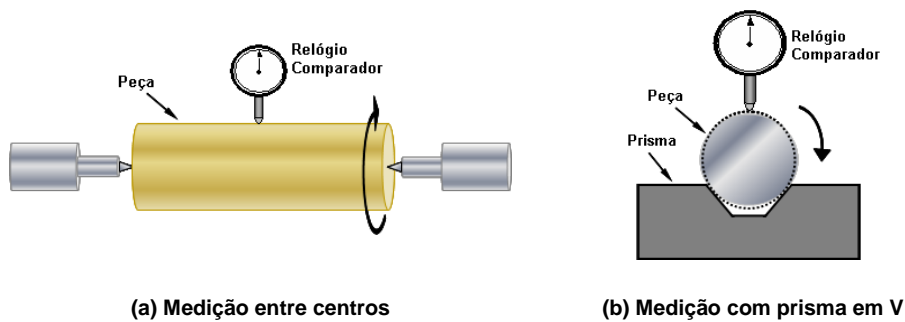


Figura 31 – Métodos para medição do desvio de batida radial

A Figura 32 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de batida radial em desenhos técnicos, informando que numa revolução completa da peça em torno do eixo de referência **A**, o balanço radial da superfície indicada não deve ser maior que a tolerância de 0,02 mm.

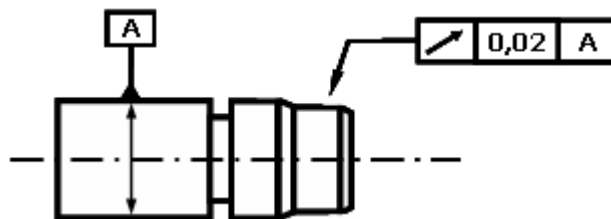


Figura 32 - Indicação de tolerância de batida radial em desenho técnico

Para superfícies cônicas, a tolerância de batida é a distância entre superfícies cônicas concêntricas, dentro das quais deverá encontrar-se a superfície efetiva (medida), quando a peça efetuar um giro completo sobre seu eixo de simetria.

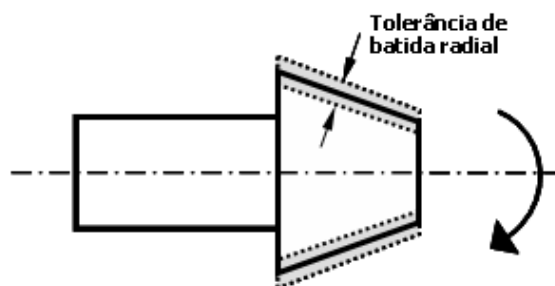


Figura 33 - Tolerância de batida radial em superfícies cônicas

7.3.2. TOLERÂNCIA DE BATIDA AXIAL

Tolerância de batida axial (Figura 34) é o desvio máximo admissível da posição de um elemento ao completar uma rotação, medida no sentido axial ao eixo de rotação.

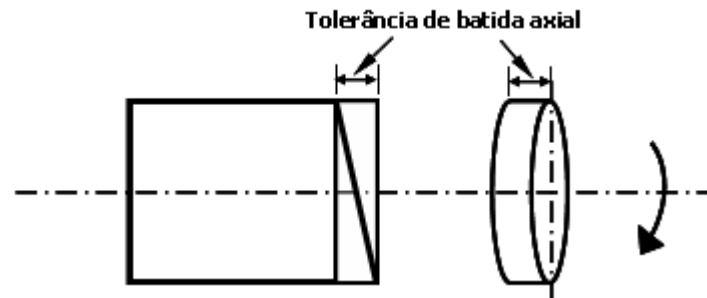


Figura 34 - Tolerância de batida axial

O campo de tolerância é definido como um cilindro concêntrico ao eixo de rotação, cuja altura (distância entre as bases) corresponde à tolerância de batida axial. A trajetória de um ponto qualquer durante uma rotação completa deve ficar dentro do cilindro.

A Figura 35 apresenta um exemplo de indicação da tolerância de batida axial em desenhos técnicos, informando que numa revolução completa da peça em torno do eixo de referência **A**, o balanço axial da superfície frontal não deve ser maior que a tolerância de 0,04 mm.

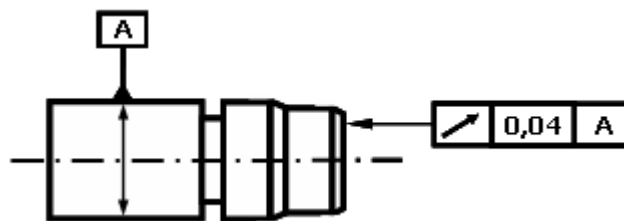


Figura 35 - Indicação de tolerância de batida axial em desenho técnico

A figura 36 apresenta um exemplo de medição do batimento axial usando relógio comparador.

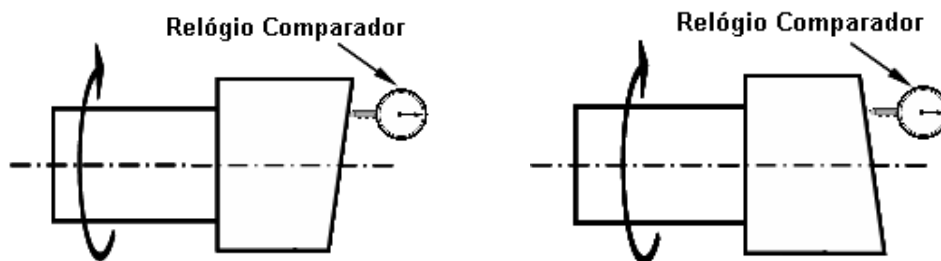
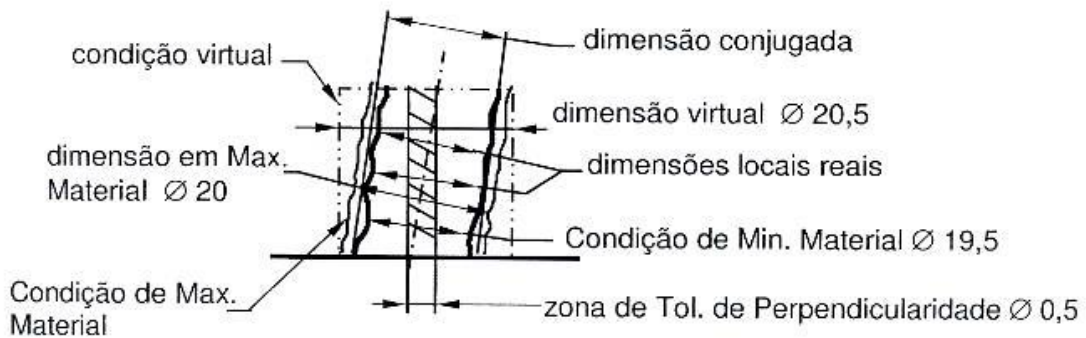
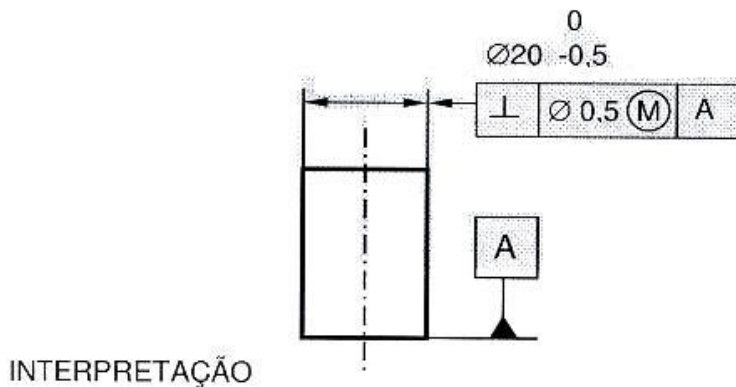


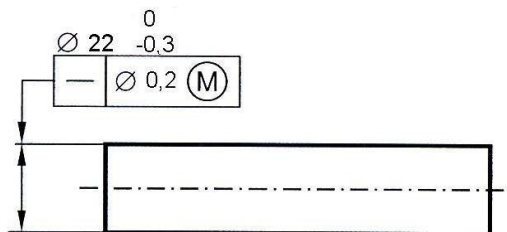
Figura 36 – Medição do desvio de batida axial

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

GD&T - GEOMETRIC DIMENSIONING & TOLERANCING

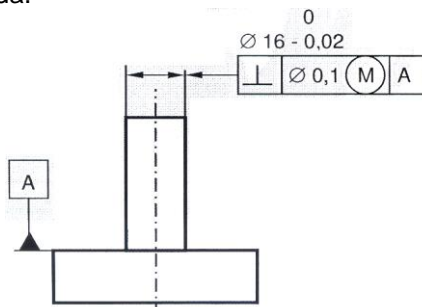


Analise o desenho abaixo e responda.



- () Se eu tivesse que representar a peça acima em um desenho técnico, eu poderia deixar a representação da peça com apenas esta única vista.
- (x) Cada dimensão real local da peça acima deve estar dentro das dimensões de _____ mínimo material e de _____ para o máximo material;
- (x) Na condição de mínimo material, o desvio de retinidade deverá ser de no máximo de _____;
- (x) Na condição de máximo material, o desvio de retinidade deverá ser de no máximo de _____;
- () Ao medir com um paquímetro, o diâmetro da peça acima, eu encontro a dimensão de $\varnothing 22,05$. Eu posso considerá-la como dentro do especificado em desenho.
- () Ao dimensionar uma peça em que este eixo será montado, o diâmetro do furo seria de no mínimo $\varnothing 22,20$. Pois caso menor, poderia haver interferência.

Analise o desenho abaixo e responda.



- (x) Qual é o desvio de perpendicularidade permitido, se o diâmetro do pino for $\varnothing 15,99$? _____
- () Na condição de máximo material, o desvio de perpendicularidade deverá ser de no máximo de 0,1.

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Exercício 1

Faça um círculo em torno dos símbolos que indicam tolerâncias de forma:

- a) \perp b) \varnothing c) \frown d) \square

Exercício 2

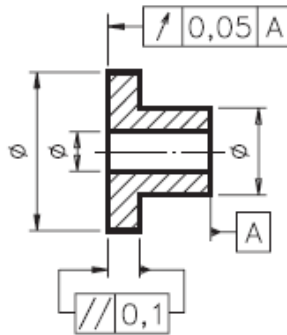
Faça um círculo em torno do símbolo que indica tolerância de concentricidade.

- a) \equiv b) \odot c) \oplus d) \angle

Exercício 3

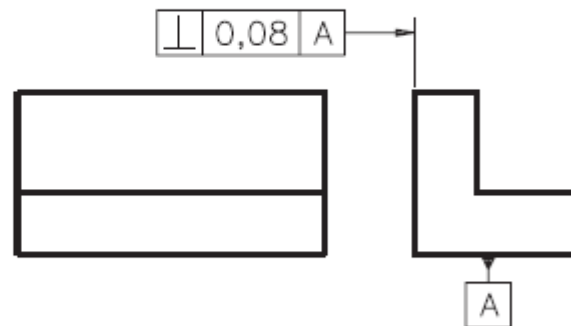
Analise o desenho e assinale com um X os tipos de tolerâncias indicados.

- a) () batimento;
b) () paralelismo;
c) () inclinação;
d) () simetria.



Exercício 5

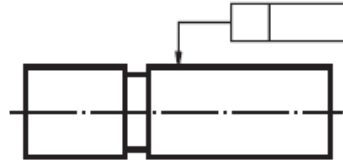
Analise o desenho técnico e responda:



- a) qual o elemento tolerado? R.:
b) qual o elemento de referência? R.:

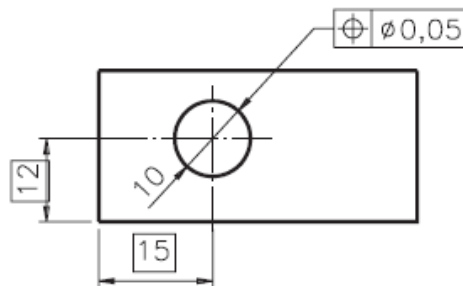
Exercício 6

No desenho técnico abaixo, preencha o quadro de tolerância sabendo que a tolerância aplicada é de cilíndricidade e o valor da tolerância é de dois centésimos de milímetro.



Exercício 7

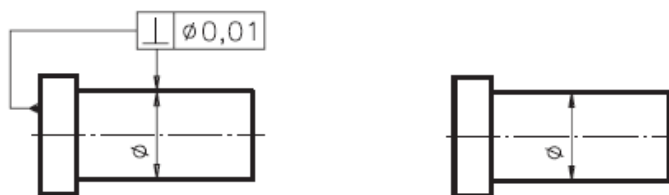
Análise o desenho técnico e complete as frases.



- A tolerância aplicada neste desenho é de
- O valor da tolerância é de
- Os elementos de referência são as cotas e

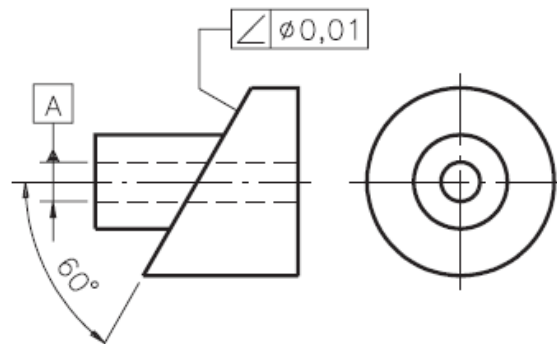
Exercício 8

No desenho técnico da esquerda, o elemento de referência está ligado diretamente ao elemento tolerado. Complete o desenho da direita, identificando o elemento de referência como A.



Exercício 9

Análise o desenho técnico e complete as frases corretamente.

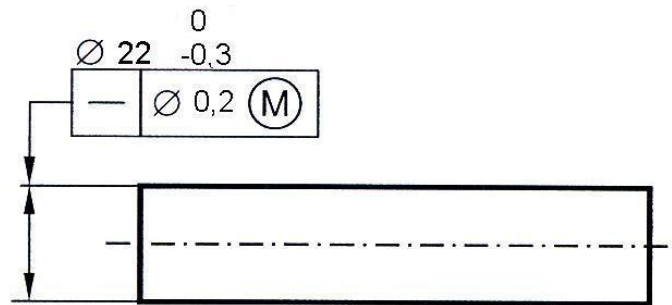


- A tolerância indicada neste desenho é de
- O elemento de referência é o

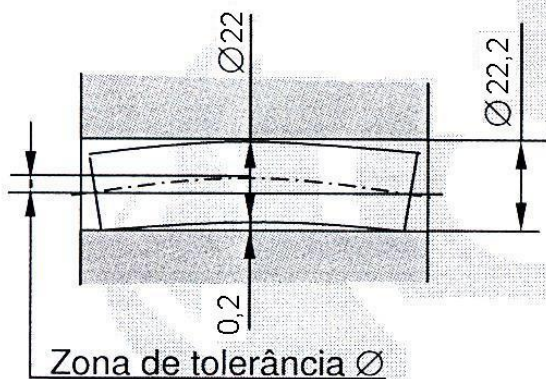
APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

Responder as questões abaixo sobre GD&T

Indicação no desenho:



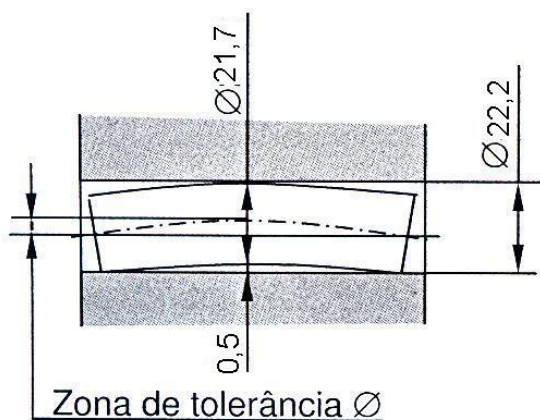
Requisito de função:



a) Cada dimensão real local do eixo deve estar dentro da dimensão especificada, ou seja, com \varnothing _____ máximo e \varnothing _____ mínimo.

b) O desvio de retilidade deverá ser no máx. ____ dentro da condição de máximo material \varnothing _____ e é permitido ser aumentado na mesma proporção que o eixo desvia da condição de máximo material (em direção à condição de mínimo material).














Isto significa que:



c) Na dimensão de máximo material \varnothing _____, é permitido um desvio de retilidade dentro de _____.

d) Na condição de mínimo material, \varnothing _____, é permitido um desvio de retilidade de _____.

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

TOLERÂNCIAS GEOMÉTRICAS (QUADRO SINÓTICO)		
TOLERÂNCIA DE FORMA PARA ELEMENTOS ISOLADOS		
	Denominação	Símbolo
de linhas	Retilidade Circularidade Forma de linha qualquer	  
de superfícies	Planeza Cilindricidade Forma de superfície qualquer	  
TOLERÂNCIA PARA ELEMENTOS ASSOCIADOS		
	Denominação	Símbolo
de orientação	Paralelismo Perpendicularidade Inclinação	  
de posição	Localização Concentricidade ou coaxialidade Simetria	  
TOLERÂNCIA DE BATIMENTO		
	Radial Axial	

APOSTILA DE DESENHO TÉCNICO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, OSWALDO LUIZ; DOS SANTOS, ANTONIO CARLOS; LIRANI, JOÃO. **Tolerâncias, ajustes, desvios e análise de dimensões**. 7.ed. São Paulo: Blücher. 2001.
- Oliveira, A. P., **Desenho Técnico**, Apostila do Instituto Técnico, 2007.
- PROVENZA, F. P. – **PROTEC – Desenhista de Máquinas**. São Paulo. Escola PROTEC, 4º Ed. 1991.
- PROVENZA, F. P. – **PROTEC – Projetista de Máquinas**. São Paulo. Escola PROTEC, 4º Ed. 1996.
- Santana, F. E., **Desenho Técnico**, Apostila da Faculdade de Tecnologia em São Carlos – FATESC, Rev 00, 2005
- SENAI-ES. **Leitura e Interpretação de Desenho Técnico Mecânico**. Vitória: Senai-ES, 1996.
- SOCIESC, **DES – Desenho Técnico**, Apostila da Escola Técnica Tupy, Rev 00, Joinville – SC. 2004