

Universidade Candido Mendes – Niterói
Coordenação de Engenharia de Produção

Apostila de Desenho Técnico Básico

Professor: Carlos Kleber da Costa Arruda
carloskleber@walla.com

Agosto de 2004

1. Introdução

1.1 Criando um desenho técnico

O desenho é uma forma de linguagem usada pelos artistas. Desenho técnico é usado pelos projetistas para transmitir uma idéia de produto, que deve ser feita da maneira mais clara possível.

Mesmo preso por procedimentos e regras, um desenho técnico necessita que o projetista use sua criatividade para mostrar, com facilidade, todos os aspectos da sua idéia, sem deixar dúvidas.

Do outro lado, uma pessoa que esteja lendo um desenho deve compreender seus símbolos básicos, que são usados para simplificar a linguagem gráfica, permitindo que haja o maior número de detalhes possível.

1.2 Normas

São guias para a padronização de procedimentos. Dependendo do âmbito de seu projeto, você pode encontrar normas internacionais, nacionais e internas de sua empresa, que buscam padronizar os desenhos.

Antes de mais nada, **Normas não são leis** – o profissional pode não se prender a todos os aspectos da norma, desde que justifique e se responsabilize por isso. No caso do desenho técnico, não teremos normas que comprometam diretamente a segurança pessoal, porém procura-se sempre manter um padrão.

As seguintes normas se aplicam diretamente ao desenho técnico no Brasil:

NBR 10067 – Princípios Gerais de Representação em Desenho Técnico

NBR 10126 – Cotagem em Desenho Técnico

Sendo complementadas pelas seguintes normas:

NBR 8402 – Execução de Caracteres para Escrita em Desenhos Técnicos

NBR 8403 – Aplicação de Linhas em Desenho Técnico

NBR 12296 – Representação de Área de Corte por Meio de Hachuras em Desenho Técnico

Outras normas podem ser utilizadas para desenhos específicos: arquitetura, elétrica, hidráulica...

1.3 Desenho digital

Atualmente o uso de ferramentas de CAD (Computed Aided Design – desenho auxiliado por computador) tornou obsoleto o uso de pranchetas e salas de desenhos nas empresas. Um dos programas mais conhecidos é o AutoCAD, criado pela empresa Autodesk, bastante difundido no mercado.

Os textos dentro de caixas indicam procedimentos práticos de uso no AutoCAD dos exemplos da apostila.

1.4 Instrumentos usados

1.4.1 Lápis e lapiseiras

Ambos possuem vários graus de dureza: uma grafite mais dura permite pontas finas, mas traços muito claros. Uma grafite mais macia cria traços mais escuros, mas as pontas serão rombudas.

Recomenda-se uma grafite HB, F ou H para traçar rascunhos e traços finos, e uma grafite HB ou B para traços fortes. O tipo de grafite dependerá da preferência pessoal de cada um.

Os lápis devem estar sempre apontados, de preferência com estilete. Para lapiseiras, recomenda-se usar grafites de diâmetro 0,5 ou 0,3 mm.

1.4.2 Esquadros

São usados em pares: um de 45° e outro de 30° / 60°. A combinação de ambos permite obter vários ângulos comuns nos desenhos, bem como traçar retas paralelas e perpendiculares.

Para traçar retas paralelas, segure um dos esquadros, guiando o segundo esquadro através do papel. Caso o segundo esquadro chegue na ponta do

primeiro, segure o segundo esquadro e ajuste o primeiro para continuar o traçado.

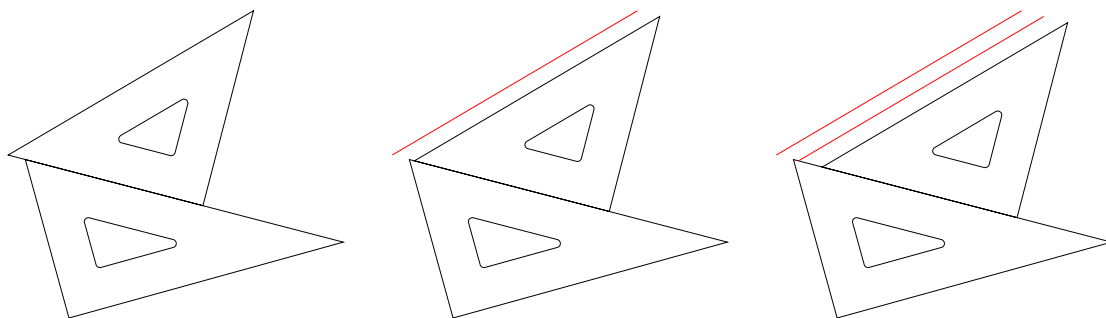


Figura 1 – Traçando retas paralelas com os esquadros

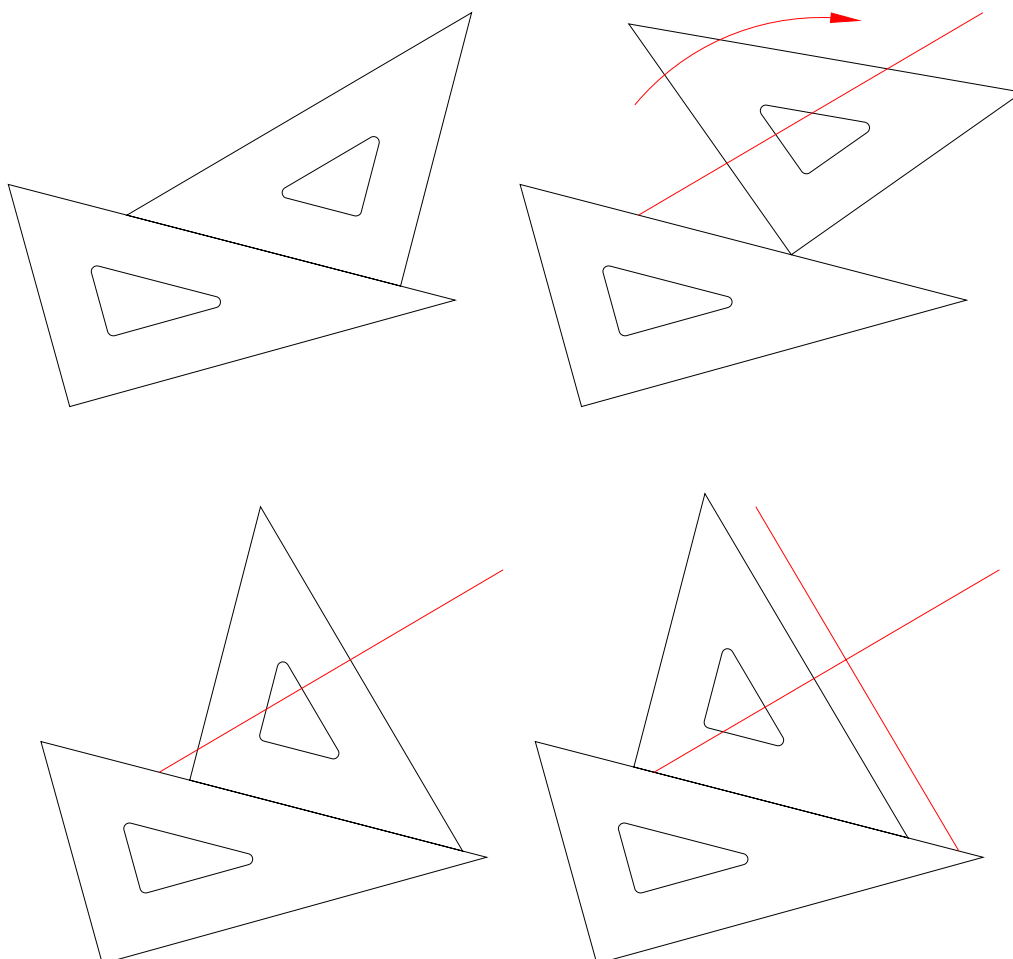


Figura 2 – Traçando retas perpendiculares com os esquadros

Exercício

Utilize ambos os esquadros para traçar uma “estrela” de retas:, usando os seguintes ângulos: 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° , 105° , 120° , 135° , 150° , 165° , 180° .

1.4.3 Compasso

Usado para traçar circunferências e para transportar medidas. O compasso tradicional possui uma ponta seca e uma ponta com grafite, com alguns modelos com cabeças intercambiáveis para canetas de nanquim ou tira-linhas.

Em um compasso ideal, suas pontas se tocam quando se fecha o compasso, caso contrário o instrumento está descalibrado. A ponta de grafite deve ser apontada em “bisel”, feita com o auxílio de uma lixa.

Os compassos também podem ter pernas fixas ou articuladas, que pode ser útil para grandes circunferências. Alguns modelos possuem extensores para traçar circunferências ainda maiores.

Existem ainda compassos específicos, como o de pontas secas (usado somente para transportar medidas), compassos de mola (para pequenas circunferências), compasso bomba (para circunferências minúsculas) e compasso de redução (usado para converter escalas).

1.4.4 Escalímetro

Conjunto de réguas com várias escalas usadas em engenharia. Seu uso elimina o uso de cálculos para converter medidas, reduzindo o tempo de execução do projeto.

O tipo de escalímetro mais usado é o triangular, com escalas típicas de arquitetura: 1:20, 1:25, 1:50, 1:75, 1:100, 1:125. A escala 1:100 corresponde a $1\text{ m} = 1\text{ cm}$, e pode ser usado como uma régua comum (1:1). O uso de escalas será explicado mais adiante.

1.4.5 Folhas

O formato usado é o baseado na norma NBR 10068, denominado A0 (A-zero). Trata-se de uma folha com 1 m^2 , cujas proporções da altura e largura são de

1: $\sqrt{2}$. Todos os formatos seguintes são proporcionais: o formato A1 tem metade da área do formato A0, etc.

Obtém-se então os seguintes tamanhos:

Ref	Altura (mm)	Largura (mm)
A0	841	1189
A1	594	841
A2	420	594
A3	297	420
A4	210	297
A5	148	210

Cabe ao desenhista escolher o formato adequado, no qual o desenho será visto com clareza.

Todos os formatos devem possuir margens: 25 mm no lado esquerdo, 10 mm nos outros lados (formatos A0 e A1) ou 7 mm (formatos A2, A3 e A4). Também costuma-se desenhar a legenda no canto inferior direito.

1.4.6 Dobragem

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 abaixo 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.

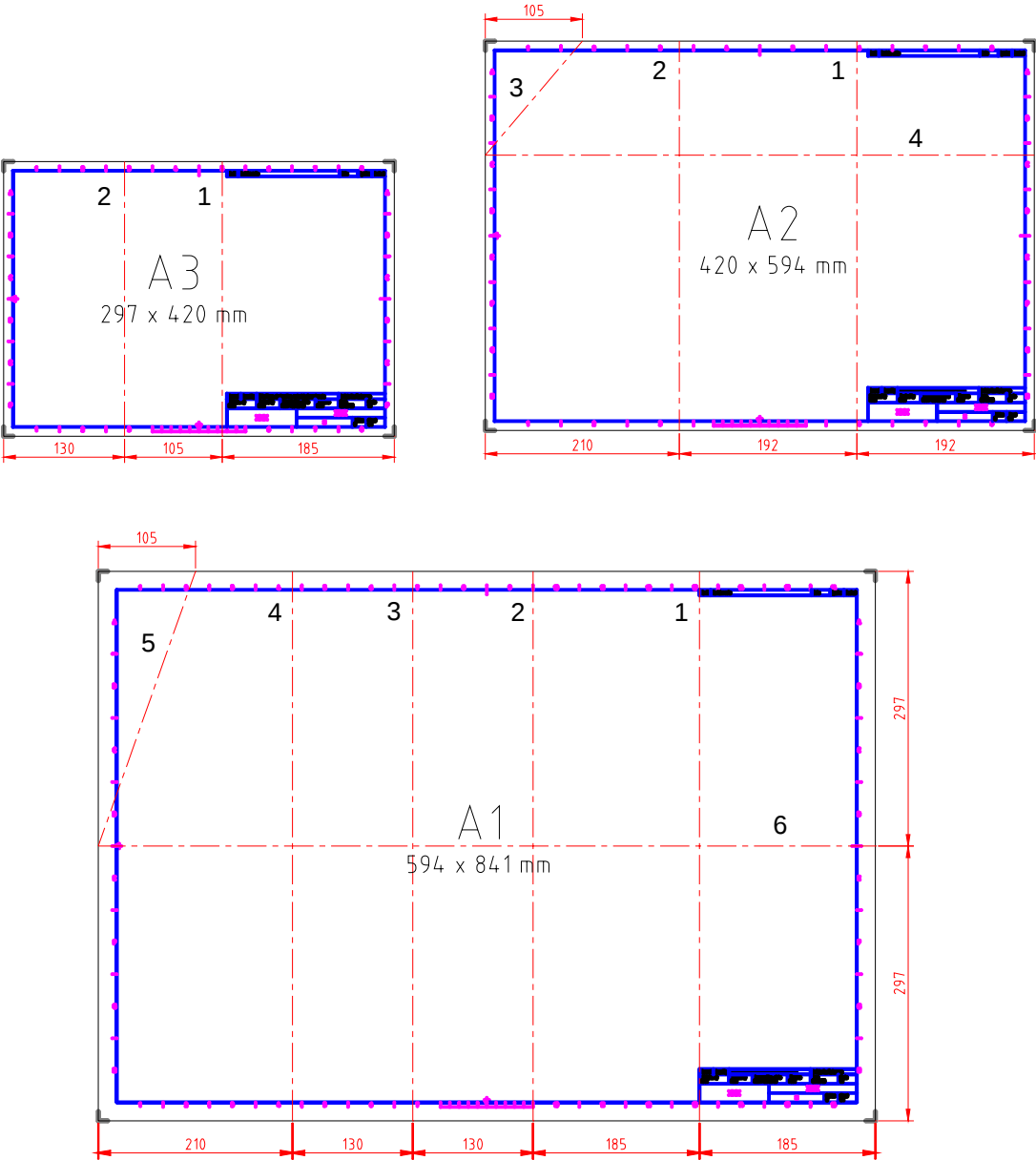


Figura 3 – Dobragem de alguns formatos

2. Conceitos e convenções básicas

2.1 Caracteres

Assim como o resto do desenho técnico, as letras e algarismos também seguem uma forma definida por norma. Até pouco tempo atrás as letras eram desenhadas individualmente com o auxílio de normógrafos e “aranhas”. Hoje, tem-se a facilidade de um editor de texto para descrever o desenho.

Exemplo de caracteres usados (fonte ISOCP.TTF que acompanha o AutoCAD)

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Também é comum usar a fonte Simplex no AutoCAD, em versões anteriores

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

2.2 Cores

Desenhos técnicos, em geral, são representados em cor preta. Com as atuais facilidades de impressão, tornou-se mais fácil usar cores nos desenhos, mas não se deve exagerar.

Cada cor utilizada deve ser mencionada em legenda. Pode-se usar cores para indicar peças diferentes, ou indicar o estado atual de uma peça (a retirar, a construir, a demolir, etc).

2.3 Linhas

O tipo e espessura de linha indicam sua função no desenho.

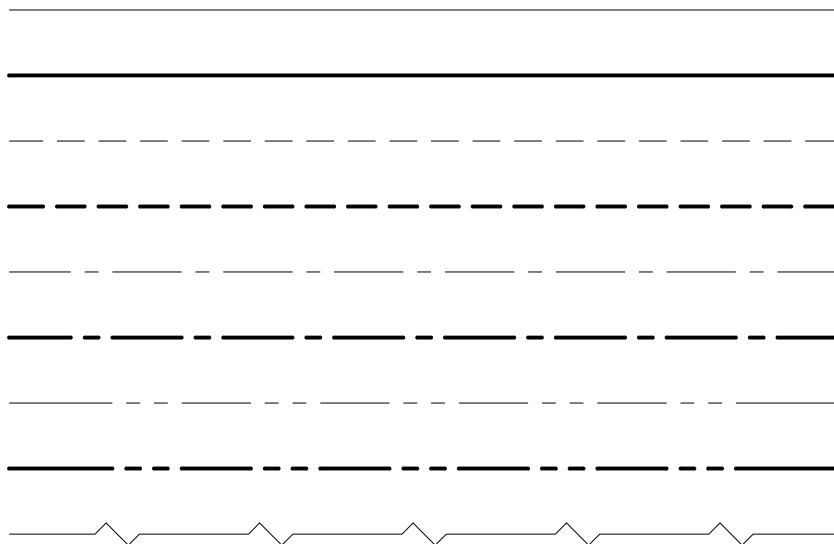


Figura 4 – Exemplos de tipos de linhas

Contínua larga – arestas e contornos visíveis de peças, caracteres, indicação de corte ou vista.

Contínua estreita – hachuras, cotas

Contínua a mão livre estreita (ou contínua e “zig-zag”, estreita) – linha de ruptura

Tracejada larga – lados invisíveis

Traço e ponto larga – planos de corte (extremidades e mudança de plano)

Traço e ponto estreita – eixos, planos de corte

Traço e dois pontos estreita – peças adjacentes

O uso de cada tipo de linha será visto detalhadamente nos próximos capítulos.

2.4 Legenda

A legenda não informa somente detalhes do desenho, mas também o nome da empresa, dos projetistas, data, logomarca, arquivo, etc. É na legenda que o projetista assina seu projeto e marca revisões. Em folhas grandes, quando se dobra o desenho, a legenda sempre deve estar visível, para facilitar a procura em arquivo sem necessidade de desdobrá-lo.

Projeto de fim de curso - perspectiva - peças "A" e "B"				
Desenhado por ALUNO	Aprovado por PROFESSOR	Arquivo ARQUIVO.DWG	Data 01/04/2004	Folha 01 de 03
Universidade Candido Mendes			Escala 1:50	Nota

Figura 5 – Exemplo de legenda

2.5 Entendendo desenho técnico mecânico

Como introdução ao desenho técnico, na grande maioria dos cursos é feita o desenho mecânico. Logo, nada mais justo do que introduzir o aluno à nomenclatura usada.

Abaixo temos um pequeno glossário dos principais termos usados:

Aresta – reta comum a dois planos; equivale a uma linha no desenho.

Broca – peça usada para furações.

Brocar – Furar com broca.

Calço – peça (geralmente uma cunha) usada para firmar ou nivelar.

Chanfrar – realizar um chanfro em uma peça.

Chanfro ou chanfradura – recorte em ângulo em uma aresta da peça.

Chaveta – peça colocada entre o eixo e a roda, com finalidade de engatá-las.

Concordância – arredondado de uma aresta, podendo ser interno ou externo.

Entalhe – corte feito por serra.

Escarear – abrir um furo em uma forma cônica, geralmente para alojar a cabeça de um parafuso.

Esmerilhar – acabamento de uma superfície.

Estampagem – obra em folha metálica, em geral recortada.

Decapagem – forma de alisar, polir ou limpar uma peça.

Forjar – dar forma a um metal quente a partir de golpes.

Fresar – operação a partir de ferramentas de corte (fresadora).

Limar – acabamento de superfície com lima.

Matriz – peça empregada em conformar ou prensar uma forma desejada.

Orelha – saliência de uma peça.

Polir – alisar uma superfície com feltro ou semelhante.

Ranhura – sulco aberto em um eixo.

Rasgo de chaveta – sulco aberto para receber uma chaveta.

Rebaixo – parte cilíndrica alargada de um furo.

Rebarba – excesso de metal resultante de uma operação.

Rebite – pino usado como ligação permanente.

Recartilhar – tornar uma superfície áspera por meio de um serrilhado.

Ressalto – saliência de forma circular.

Retificar – executar acabamento em uma superfície a partir de material abrasivo.

Roscar – abrir uma rosca em um furo ou eixo.

Tarraxa – ferramenta para abrir roscas externas.

Tornear – operação de usinagem com tornos.

Trepanar – executar uma ranhura em forma circular em torno de um furo.

Vértice – canto de uma peça; ponto comum a duas retas.

3. Construções Geométricas

Neste capítulo será visto as relações geométricas existentes e como elas podem ajudar na construção do desenho, através basicamente do uso de compasso e esquadros.

3.1 Conceitos básicos

Todas as construções geométricas partem de princípios básicos, estudados desde a antiguidade. Quando ainda não existia sistemas matemáticos bem definidos, todo o estudo de geometria era feito através dos desenhos. Tais conceitos são válidos até hoje, mesmo com os recursos disponíveis atualmente.

3.1.1 Locais geométricos

Um local geométrico define uma condição, uma propriedade, ou uma restrição em um desenho, que inclusive pode ser expressa matematicamente. Um exemplo simples é a circunferência: todos os pontos no traço da circunferência estão a mesma distância do centro.

Retas paralelas são outro exemplo de local geométrico: são dois conjuntos de pontos que nunca se cruzam, e que estão à uma distância fixa.

Em suma, todas as formas no desenho são locais geométricos, e através de suas propriedades é que iremos relacioná-los. Um exemplo prático:

- Tem-se dois pontos no espaço, denominados “A” e “B”, conforme a Figura 6, e deseja-se encontrar um terceiro ponto “C” que esteja à mesma distância “x” de ambos os pontos.
- Sabemos que a circunferência define um conjunto de pontos que se encontra com a mesma distância do centro. Com o compasso, pegamos na régua o tamanho “x” e traçamos duas circunferências, uma com centro em “A” e outra com centro em “B”. Veja a Figura 7.



Figura 6

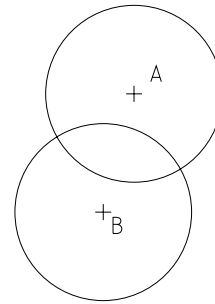


Figura 7

- A interseção das duas circunferências é a nossa solução. Vemos inclusive que existem dois pontos válidos, marcados como “C1” e “C2”, o que é perfeitamente plausível. Caso o problema tivesse maiores restrições (por exemplo, escolher o ponto mais alto) somente um dos pontos seria a solução correta.

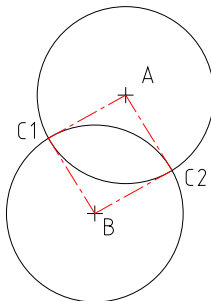


Figura 8

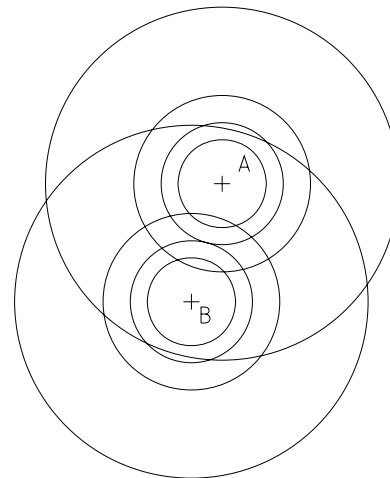


Figura 9

- Se escolhermos outras distâncias “x”, veremos outras soluções. Veremos inclusive que podem haver distâncias cujas respostas é somente um ponto, ou distâncias em que as circunferências não se cruzam, não havendo solução.

- O conjunto de soluções, conforme nós variamos a distância “x”, pode ser definida por uma reta. Esta reta é outro local geométrico, neste caso definindo um conjunto de pontos que são equidistantes de “A” e “B”, contendo inclusive “C1” e “C2”.

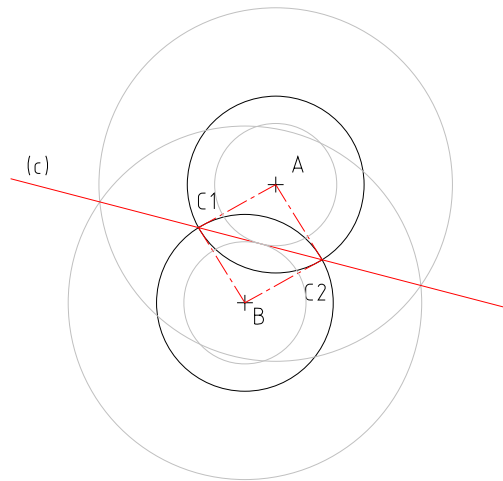


Figura 10

3.1.2 A “borboleta”

Com a prática verá que não é necessário traçar circunferências inteiras para encontrar os pontos. Usa-se somente um traço aonde provavelmente estará o ponto. O cruzamento destes traços do compasso é chamado informalmente de “borboleta”.

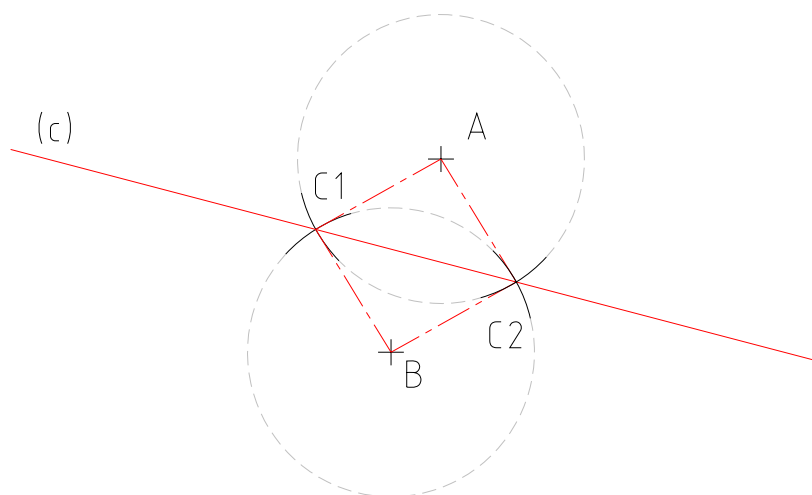


Figura 11

3.2 Mediatrix

A reta (c) encontrada nas figuras anteriores também é chamada de **mediatrix**. Ela define um ponto médio entre os dois pontos. Caso os pontos definem uma reta, a mediatrix cortará esta reta em seu ponto médio, dividindo-a ao meio.

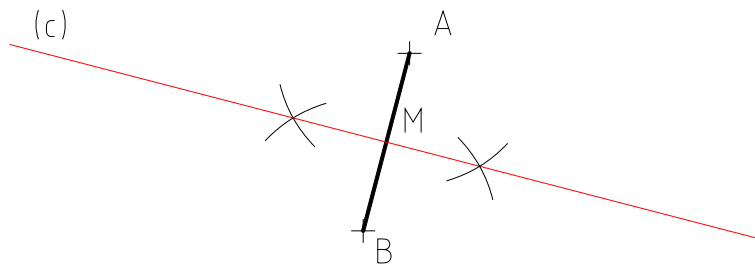


Figura 12 – mediatrix e ponto médio

O ponto médio pode ser encontrado com o recurso “object snap” (OSNAP), opção MID (midpoint).

3.3 Divisão de uma reta

Aqui utiliza-se uma escala conhecida (por exemplo, a régua ou escalímetro) para dividir uma reta em várias partes iguais.

- Trace uma segunda reta (BC), com qualquer comprimento, mas com um vértice em comum com a reta a ser dividida (AB).
- Divida a reta BC com sua régua. No exemplo, vamos dividir em 5 partes, faremos uma reta de 5 cm, marcando cada centímetro.
- Ligue os extremos A e C.
- Com os esquadros, faça retas paralelas à AC, transferindo os pontos da reta BC para a reta AB.

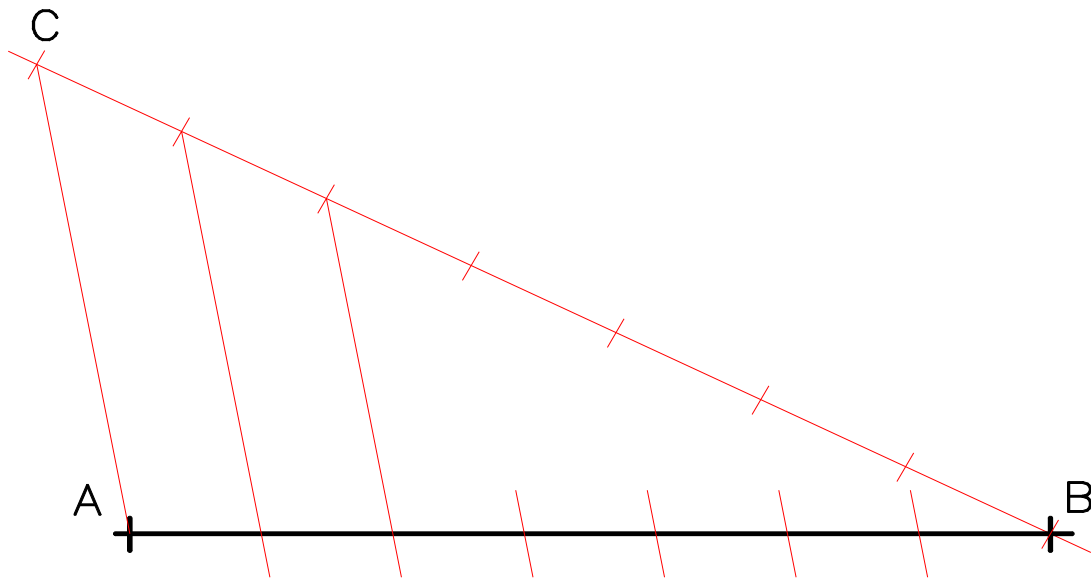


Figura 13 – divisão de uma reta

Além de retas, pode-se dividir arcos e circunferências com o comando `DIVIDE`. A divisão é marcada por pontos (os mesmos criados pelo comando `POINT`) que podem ser selecionados como qualquer objeto.

3.4 Traçar uma reta passando por um ponto, paralelo a outra reta

Este traço é feito facilmente com os esquadros. Caso não tenha disponível os esquadros, há um método alternativo:

- Seja uma reta AB e queremos traçar uma paralela que passe pelo ponto P. Com o compasso centrado em P, traça-se um arco de tamanho qualquer que intercepte a reta, achando-se C.
- Sem alterar o tamanho no compasso, centre no ponto C e trace um arco, que passará pelo ponto P e interceptará a reta novamente, achando-se D.
- Com o compasso, ache a distância entre P e D e, centrando o compasso em C, trace um terceiro arco, interceptando o primeiro arco em E.
- A reta paralela está definida pelos pontos E e P.

3.5 Construir um triângulo, sabendo-se os três lados

Este problema é similar ao ponto equidistante a dois pontos, com a diferença que as distâncias não são iguais.

- Trace um dos lados, definindo a posição de dois pontos.
- Pegue a medida do segundo lado e trace uma circunferência com centro no primeiro ponto.
- Pegue a medida do terceiro lado e trace uma circunferência com centro no segundo ponto.
- A interseção define o terceiro ponto. Podem haver duas soluções.

3.6 Construir um hexágono regular

O hexágono possui a propriedade de ter seus lados com o mesmo tamanho do círculo que o inscreve.

- Trace uma circunferência cujo raio é o tamanho de um dos lados do hexágono. Esta é a circunferência no qual o hexágono estará inscrito.
- Defina a posição de um dos vértices do hexágono.
- Com o compasso aberto no mesmo tamanho do raio, trace os vértices vizinhos, em cima da circunferência, desta forma dividindo-a em seis lados iguais.
- Ligue os vértices, encontrando o hexágono.

3.7 Construindo polígonos regulares com os esquadros

Aproveitando os ângulos dos esquadros e sabendo-se os ângulos de alguns polígonos regulares, podemos construí-los com facilidade:

Polígono	Número de lados	Ângulo interno
Quadrado	4	90°
Hexágono	6	60°
Octógono	8	45°

- Trace o primeiro lado do polígono e marque seu comprimento com o compasso.
- Trace os lados adjacentes a este polígono com os esquadros, marcando o mesmo comprimento com o compasso.
- Continue até fechar o polígono.

3.8 Construir uma circunferência passando por três pontos

Sendo três pontos consecutivos A, B e C; traçar as mediatrizes de AB e BC. O cruzamento das mediatrizes é o centro da circunferência.

3.9 Tangentes

Uma reta tangente a uma curva é perpendicular ao raio da curva no respectivo ponto. Logo, para traçar corretamente uma tangente, é necessário obter o ponto de tangência.

3.9.1 Reta passando por um ponto, tangente à circunferência

Caso o ponto P esteja sobre a circunferência, trace uma reta do centro (O) até o ponto P. Com o auxílio dos esquadros, trace uma reta perpendicular a OP, que será a tangente.

Caso o ponto P esteja fora da circunferência:

- Ligue o centro O até o ponto P.
- Ache a mediatriz do segmento OP, encontrando-se M.
- Trace uma semicircunferência centrada em M, passando por O e P, e cruzando a circunferência. Este é o ponto de tangência T, encontrado pela propriedade em que o ângulo OTP sempre será de 90° .

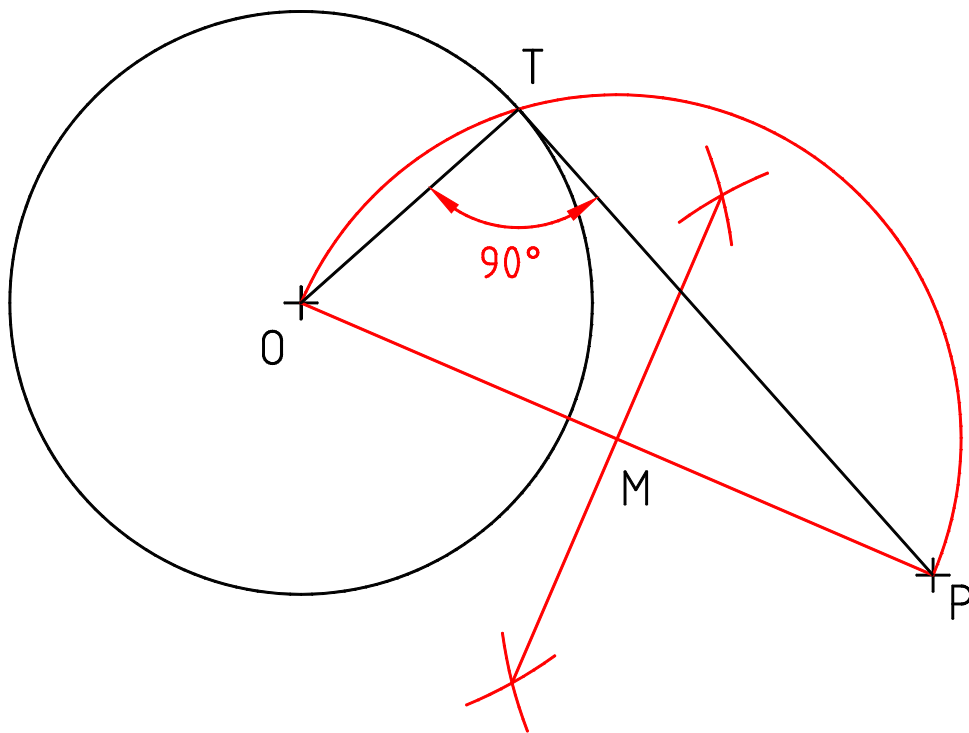


Figura 14 – Tangente de um ponto exterior

3.9.2 Circunferência tangente a duas retas (concordância)

Esta representação aparece em muitos desenhos técnicos, por exemplo, aonde uma peça tem seus cantos “aliviados” para minimizar os esforços mecânicos. A concordância também surge em peças fundidas, aonde não se consegue cantos agudos sem haver um trabalho de usinagem.

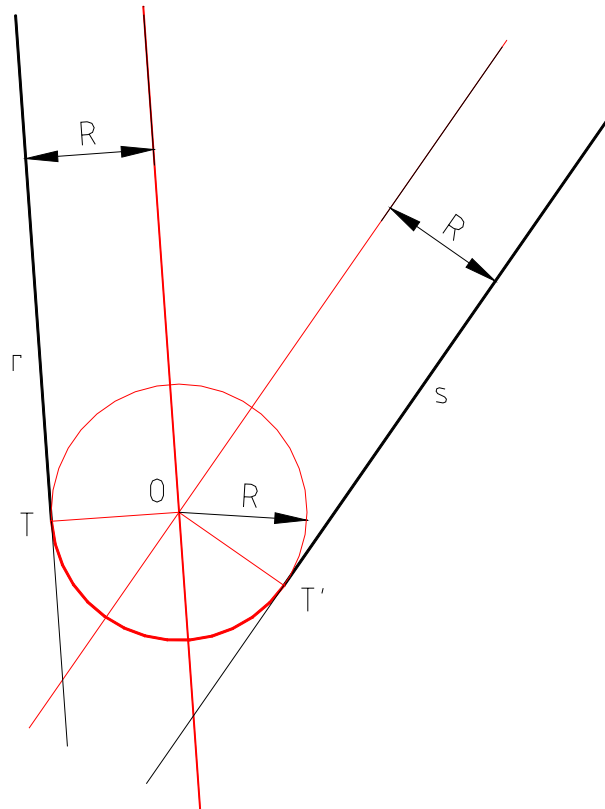


Figura 15 – Concordância entre duas retas

Dadas as retas “r” e “s”, no qual deseja-se traçar uma concordância de raio R. Trace uma paralela a “r” a uma distância R, definindo um lugar geométrico de todas as circunferências de raio R tangentes a “r”. Faça o mesmo com a reta “s”, e a interseção das retas, definido como “O”, será o centro da circunferência procurada. Determine os pontos de tangência T e T’, traçando de “O” perpendiculares a “r” e “s”.

As concordâncias podem ser feitas facilmente com o comando FILLET. Neste comando, antes de selecionar os segmentos, pode-se determinar o raio da concordância (R – radius).

3.9.3 Circunferência tangente a reta e circunferência

3.9.4 Circunferência tangente a duas circunferências

4. Desenho Projetivo

4.1 Métodos de projeções ortográficas

Imagine a peça envolvida por um cubo, no qual cada face corresponderá a uma vista, ou seja, o que você estaria enxergando da peça se você estivesse olhando esta face de frente. Este cubo de vistas é então “planificado”, desdobrado. Desta forma é possível visualizar todos os lados da peça em uma folha de papel.

A projeção ortográfica, na prática, pode ser feita de duas formas:

- no primeiro diedro: imagine vendo a peça a partir de um dos lados do cubo. O desenho da vista será feito no lado oposta em que você se “localiza”

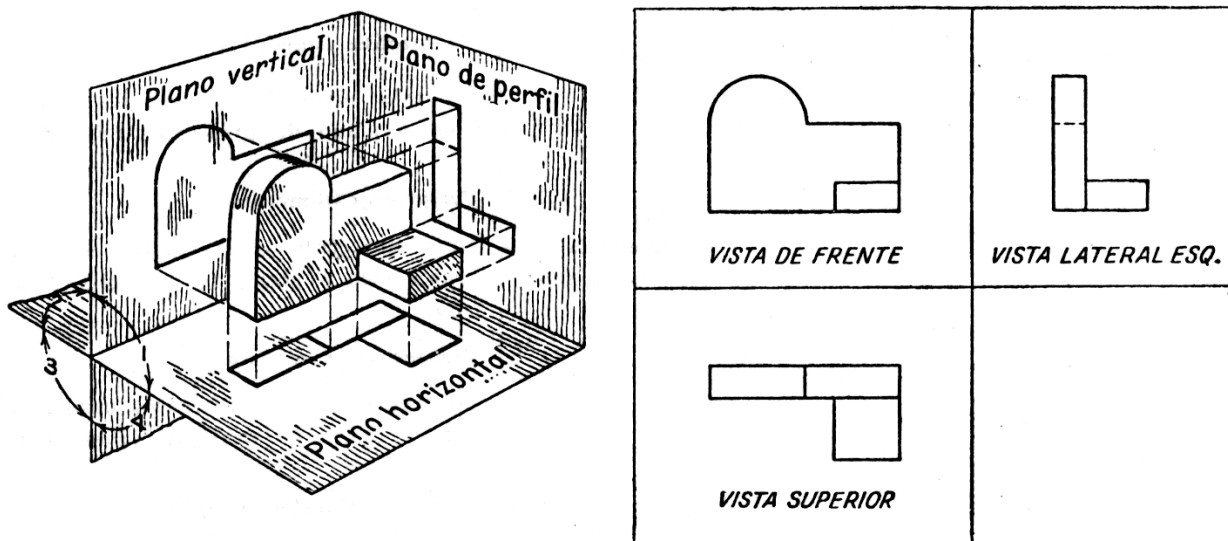


Figura 16 - Projeção das vistas no primeiro diedro, e representação

- no terceiro diedro: imagine vendo a peça a partir de um dos lados do cubo. O desenho da vista será feito no mesmo lado em que você se “localiza”.

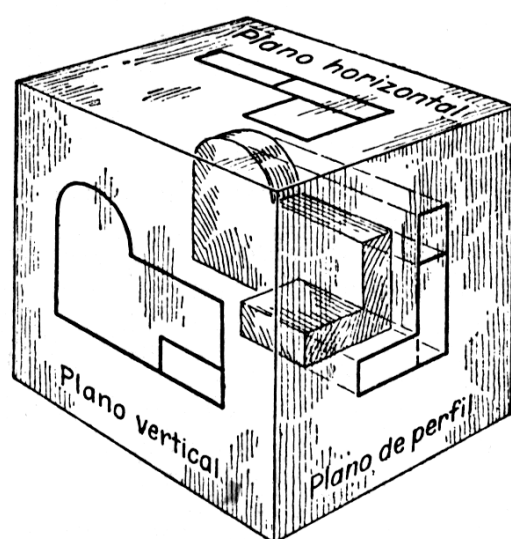


Figura 17 – Projeção das vistas no terceiro diedro

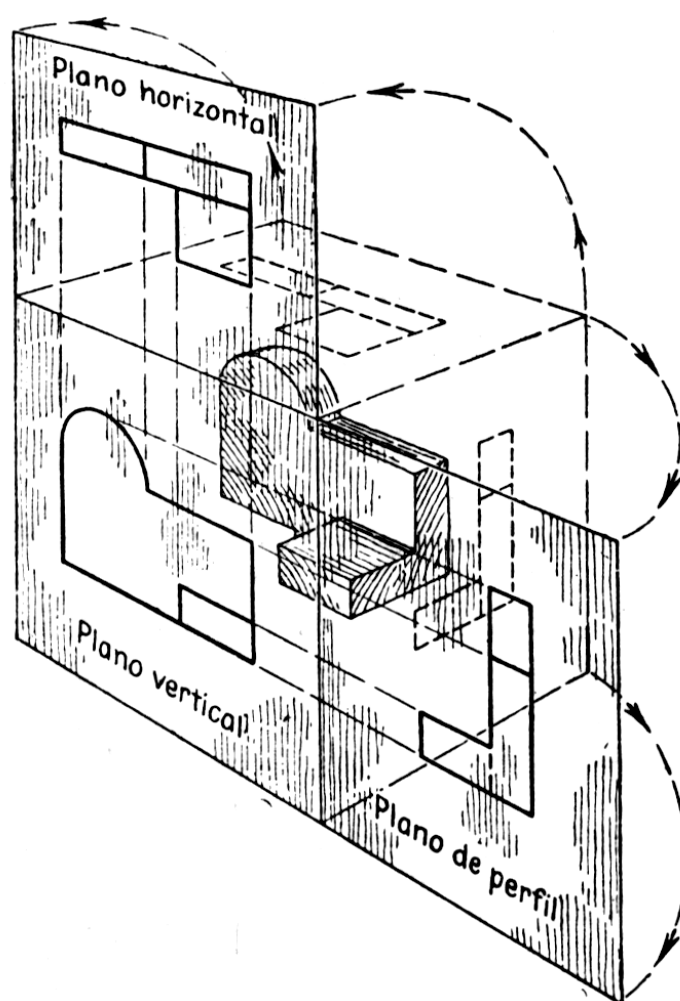


Figura 18 – Rebatimento dos planos para a representação no terceiro diedro

O conceito de vistas é aplicado para todos os seis lados possíveis do “cubo”. A diferença entre a representação no primeiro diedro e no terceiro diedro é simplesmente a inversão das posições das vistas no papel.

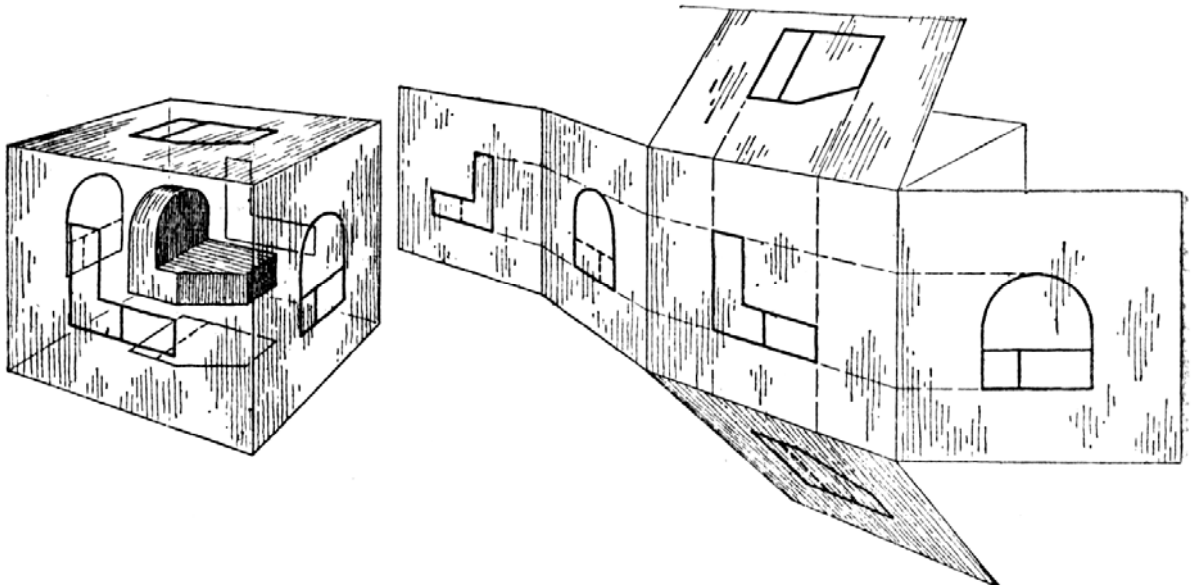


Figura 19 – projeção completa de seis vistas (terceiro diedro) e rebatimento

A figura abaixo mostra a diferença prática entre as duas representações:

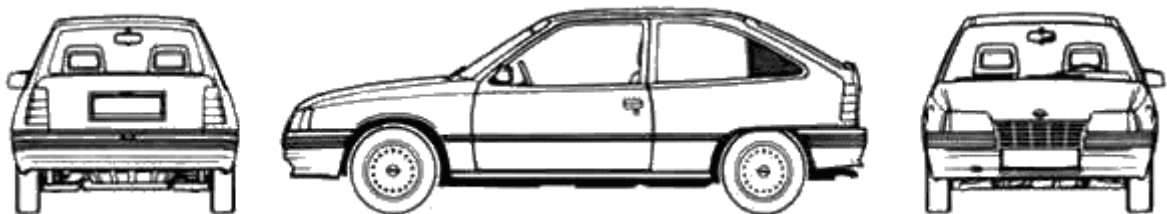


Figura 20 – Representação de um carro no primeiro diedro



Figura 21 – Representação de um carro no terceiro diedro

Pela norma, a representação é indicada pelos ícones abaixo, geralmente inclusos na legenda. Para memorizar os ícones, basta imaginar um observador (representado por um olho) posicionado do lado da peça:

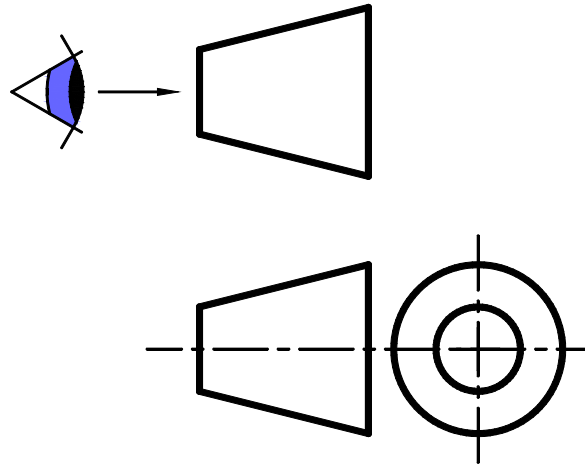


Figura 22 – Denominação de primeiro diedro – ponto de vista e ícone

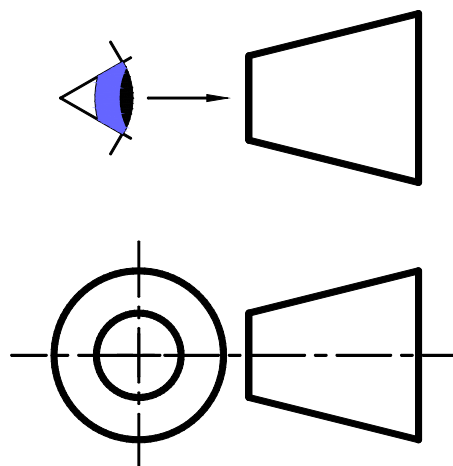


Figura 23 – Denominação de terceiro diedro – ponto de vista e ícone

4.1.1 Denominação das vistas

A princípio é escolhida uma face da peça como uma face “principal”, no qual será denominada como “vista frontal”. A denominação de “frontal” pode ser a frente real da peça, ou caso não haja esta referência, a vista frontal será a vista que apresentará a peça com mais detalhes.

A vista frontal será a parte central do desenho, com todas as outras vistas em volta dela. Nos lados teremos as vistas “lateral esquerda” e “lateral direita”,

sempre de acordo com o diedro escolhido. Da mesma forma, na parte vertical teremos as vistas “superior” e “inferior”. Na extrema direita (ou esquerda) do desenho, teremos finalmente nossa vista posterior (ou traseira), fechando as seis vistas ortogonais principais.

4.2 Vértices, lados e faces

Ao desenhar as vistas de uma peça, veremos que cada vista irá mostrar somente duas dimensões do objeto (largura e comprimento, comprimento e altura, etc). E que entre cada vista haverá uma dimensão em comum. Por isso, é costume desenhar as vistas alinhadas entre si – não é uma obrigação, pois a figura pode não caber no papel – mas as vistas alinhadas torna a leitura do desenho mais fácil.

Veremos que existirão faces que serão vistas como uma linha, caso esta face seja ortogonal (paralela a um dos planos de projeção). Existirão também lados (linhas) que serão vistas como pontos, quando vistas de frente.

4.3 Linhas ocultas

Em muitos casos, haverão detalhes da peça que não são vistos normalmente. Detalhes internos, furos, ranhuras; mas que devem ser informados para que o projeto seja compreendido.

Para isso, são usadas linhas tracejadas, na mesma espessura das linhas principais da peça, que indicam que existe um detalhe interno, ou do outro lado da peça, oculto por uma face.

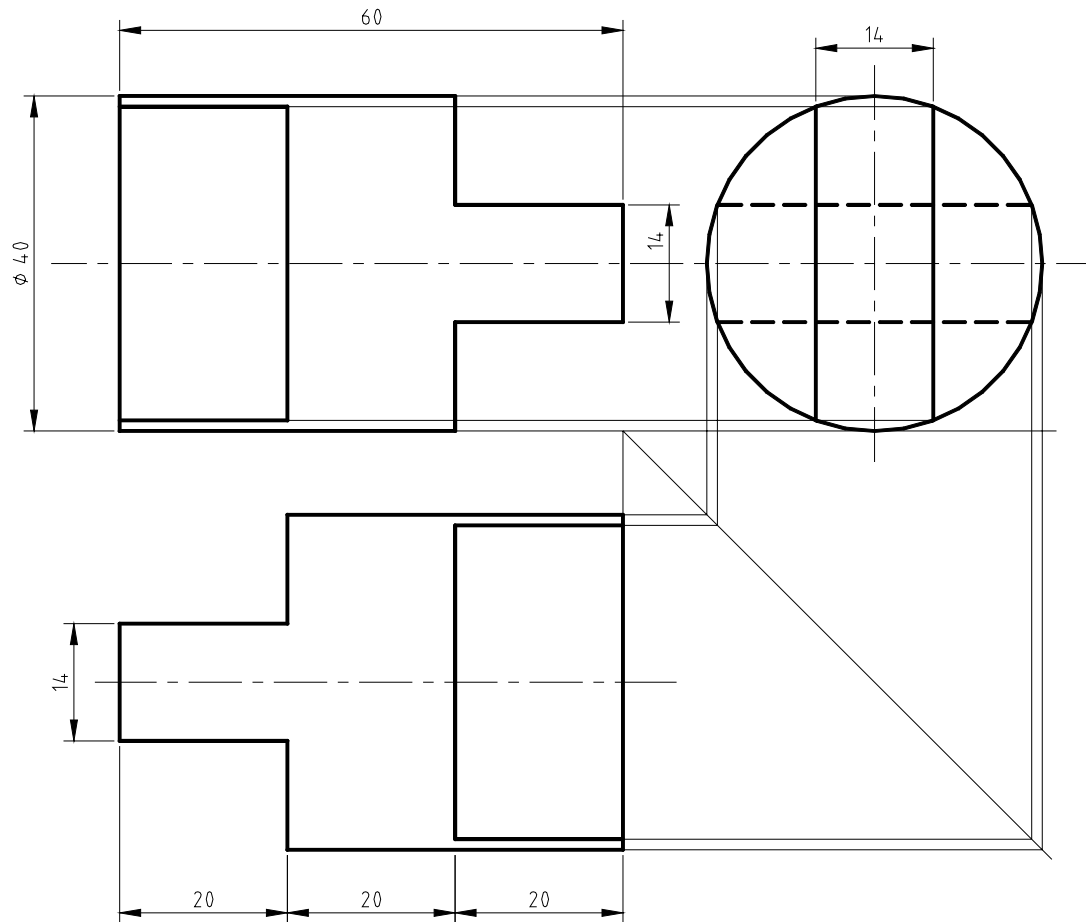


Figura 24 – Exemplo de uma peça cilíndrica, no primeiro diedro, com linhas ocultas, eixo de simetria e linhas de construção entre as vistas, mostrando a coincidência entre as dimensões da peça

4.4 Escolha das vistas

Fica para o desenhista escolher as melhores vistas para ilustrar a peça. Em geral, o uso de três vistas será suficiente, mas podem ocorrer casos particulares.

4.4.1 Menos vistas

Às vezes uma peça cilíndrica pode ter duas vistas iguais, logo pode-se omitir uma das vistas. Uma cunha, por exemplo, pode ter uma das vistas em que nada acrescenta. Uma chapa de metal, sem maiores detalhes nas vistas lateral e frontal, pode ter somente uma vista superior, e o projetista indica a espessura da peça na legenda.

4.4.2 Mais vistas

Da mesma forma, uma peça com muitos detalhes pode demandar o uso de 4, 5 ou até 6 vistas. Mesmo com o uso de somente três vistas (frontal, superior e lateral) pode haver uma confusão de linhas ocultas, que dificultará a leitura do desenho.

4.4.3 Vistas auxiliares

Usado para ilustrar faces fora dos planos ortogonais, no caso de faces inclinadas, as vistas auxiliares serão vistas no próximo capítulo.

4.4.4 Vistas especiais

Outros recursos são usados para ilustrar todos os detalhes do projeto, como por exemplo as vistas em corte. Estes recursos serão vistos mais adiante.

4.5 Linhas de Eixo e de Simetria

É importante no projeto e execução de uma peça a localização de seus pontos médios e centros de arcos e circunferências. Estas linhas em geral são os primeiros traços de um desenho, e ambas são representadas por uma linha do tipo traço-e-ponto, estreita. No seu traçado, estas linhas ultrapassam levemente o desenho da peça.

Deve-se desenhar uma linha de eixo ou simetria:

- Em qualquer peça simétrica, como por exemplo um cilindro ou cone, inclusive em partes ocultas, como furos.
- No centro de circunferências, de preferência marcada com duas linhas ortogonais.

5. Representações Complementares

5.1 Vista Auxiliar

Uma superfície de uma peça só se apresenta com sua verdadeira grandeza quando projetada sobre um plano paralelo. Até agora as peças apresentadas têm suas faces paralelas aos planos principais de projeção, sendo sempre corretamente representadas.

Porém, nada impede que exista um objeto com uma ou mais faces inclinadas, no qual seria importante representar estas faces de forma verdadeira. Ora, para perceber a verdadeira grandeza destas faces, é necessário mostrá-la de frente.

Nas vistas auxiliares, é comum traçar somente a face inclinada, omitindo-a também da vista no qual encontra-se inclinada. O conjunto de vistas principais e auxiliares demonstrará ao projetista a forma real da peça. A Figura 25 demonstra como funciona.

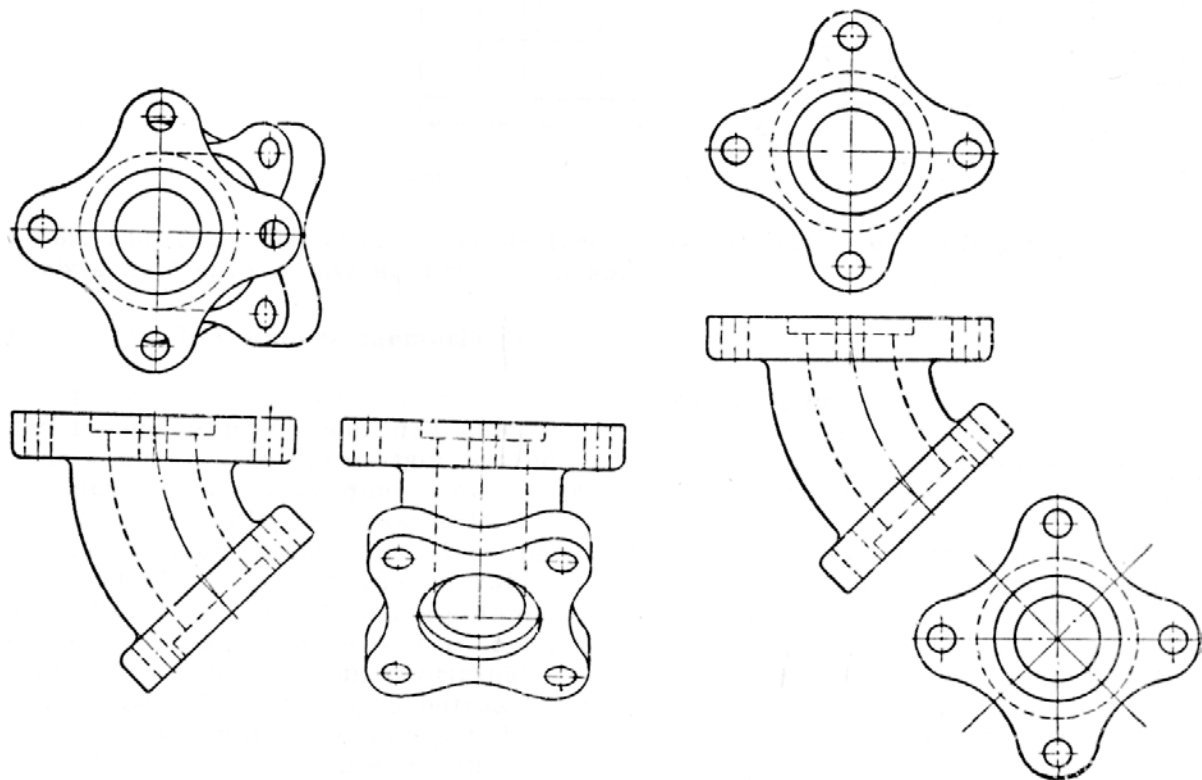


Figura 25 – Exemplo de vistas ortográficas normais e o uso de vista auxiliar

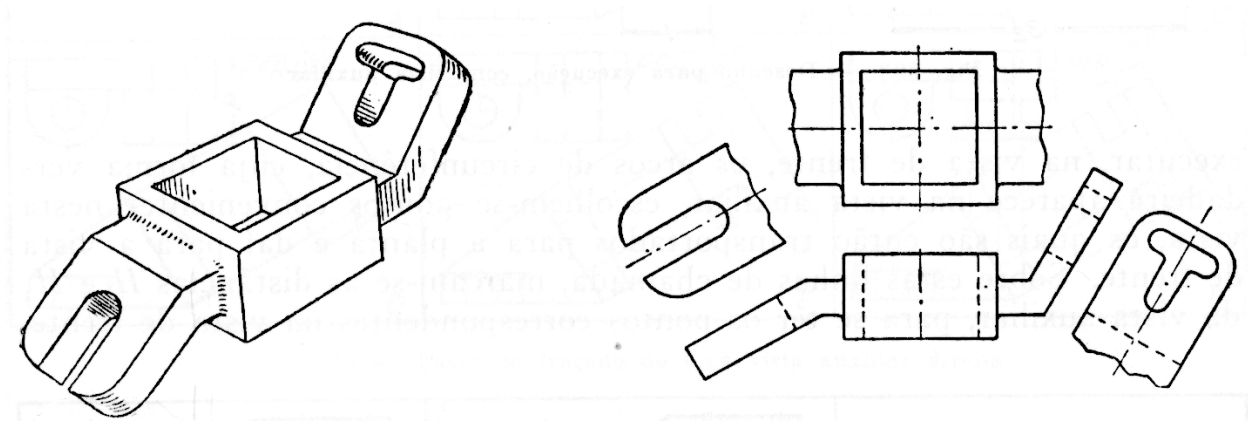


Figura 26 – Uso de vistas parciais

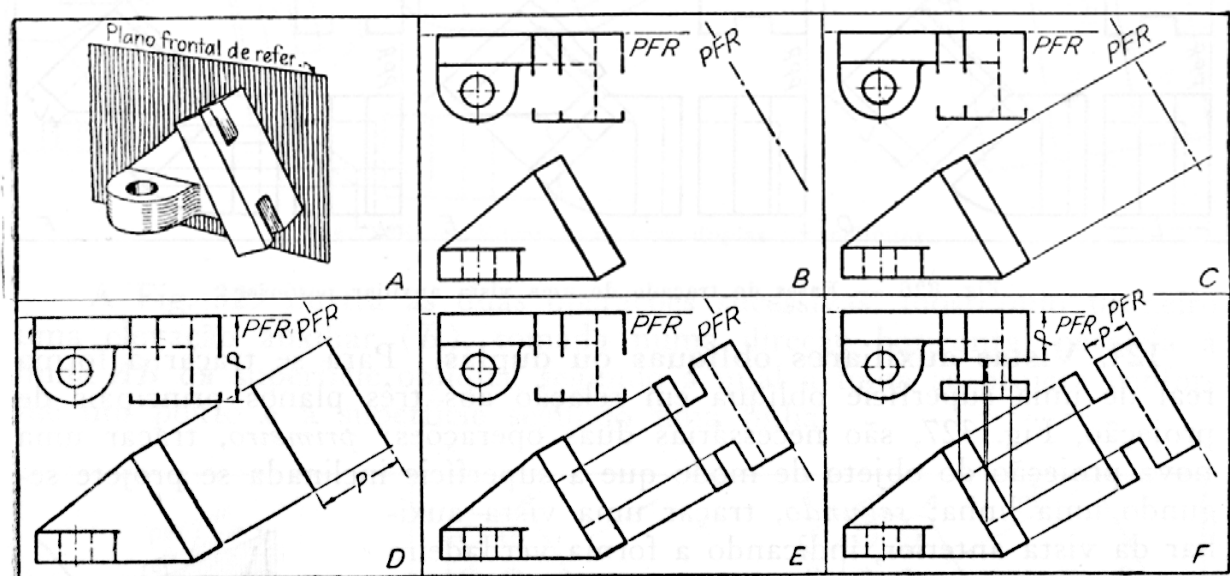


Figura 27 – Etapas de desenho de uma vista auxiliar

5.2 Vista auxiliar oblíqua (dupla)

Em certos casos, uma face da peça encontra-se inclinada em relação a todos os planos principais de projeção. Neste caso, será necessário realizar dois rebatimentos para encontrar a verdadeira grandeza da face. O resultado é chamado de vista auxiliar oblíqua.

Primeiro deve-se tomar um plano de projeção que seja perpendicular à face e a um dos planos principais de projeção. A partir desta vista intermediária, traça-se a vista auxiliar oblíqua da face em questão.

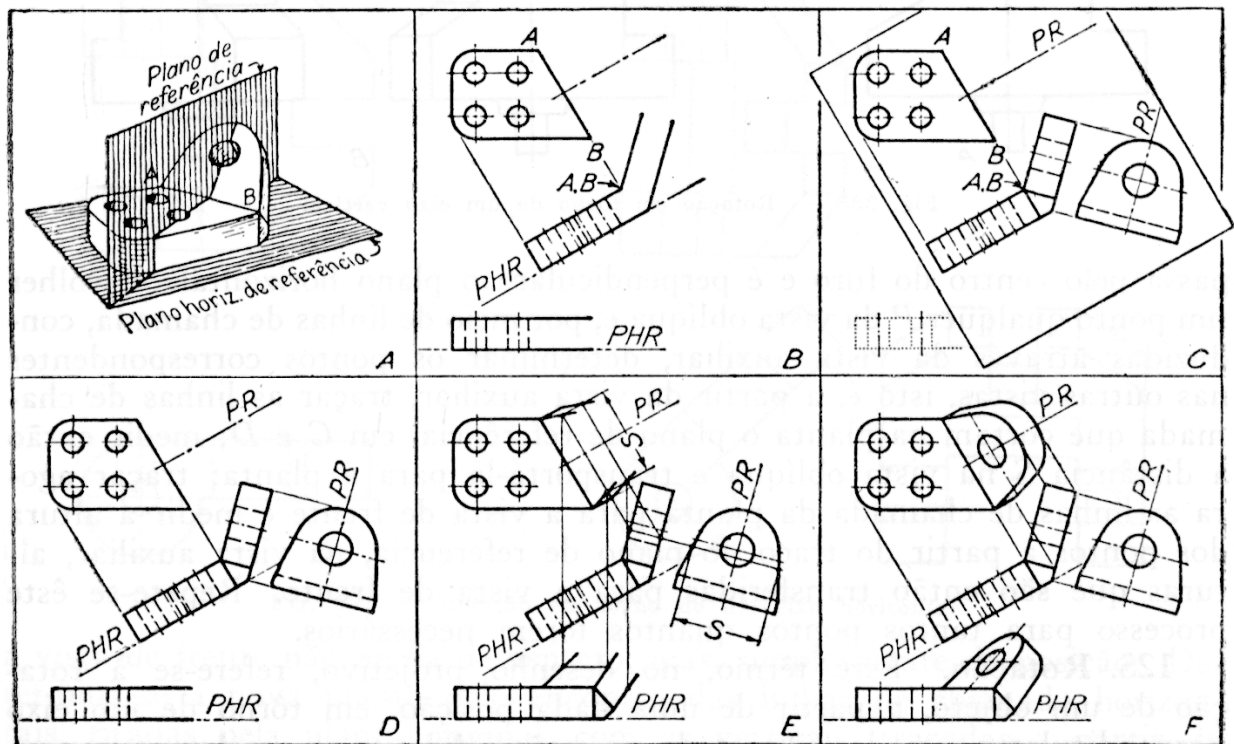


Figura 28 – Etapas de desenho de uma vista auxiliar oblíqua

5.3 Elementos repetitivos

No caso de detalhes em uma peça que se repetem regularmente, como furos, dentes, etc; pode-se traçar somente os primeiros detalhes, mostrando em seguida as posições dos próximos (linhas de eixo ou um desenho simplificado).

5.4 Detalhes ampliados

Quando existem detalhes na peça no qual são muito pequenos, no qual a escala utilizada é insuficiente, pode-se desenhar somente esta parte com uma ampliação.

Para isso circunda-se a parte a ser ampliada (no desenho original) com uma linha estreita contínua, devidamente identificado com uma letra maiúscula, e desenhado ampliado, com a escala indicada.

O AutoCAD tem a facilidade de gerenciar as vistas das peças, através das “viewports”. Cada viewport pode mostrar o desenho com uma escala diferente, ou no caso de desenhos em 3D, em pontos de vista diferentes.

5.5 Peças simétricas (meia vista)

Pode-se desenhar somente um dos lados de uma peça simétrica, no qual a linha de eixo indicará a simetria. Pode-se usar esta representação para uma peça com dois lados iguais (desenhando a metade) e quatro lados iguais (desenhando a quarta parte), conforme figuras abaixo.

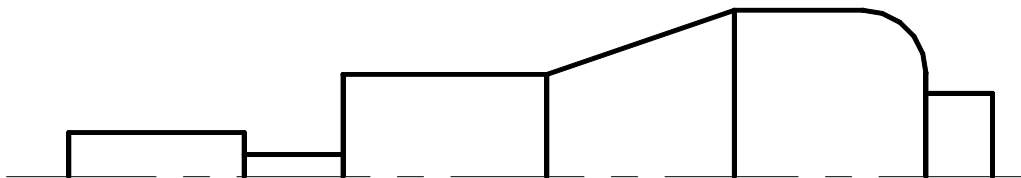


Figura 29 – Exemplo de uma meia-vista de uma peça simétrica no eixo horizontal

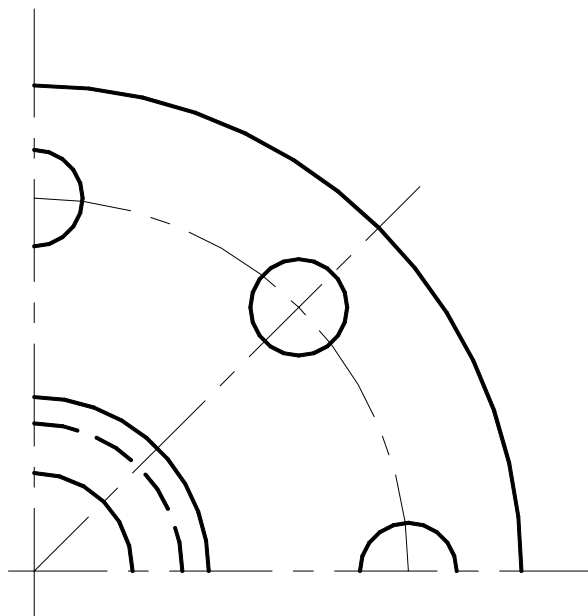


Figura 30 – Quarto de vista de uma peça simétrica nos dois eixos

A meia-vista pode ser aplicada tanto na vertical quanto na horizontal.

5.6 Vistas encurtadas (Linhas de interrupção)

Peças longas podem ter seu desenho simplificado, mostrando somente as partes que contém detalhes. A representação de interrupção pode ser o traço a mão livre

estreito ou o traço “zig-zag” estreito. Pode-se também usar esta representação para peças cônicas e inclinadas.

Conforme será visto mais adiante, uma cota não é interrompida (veja figura abaixo).

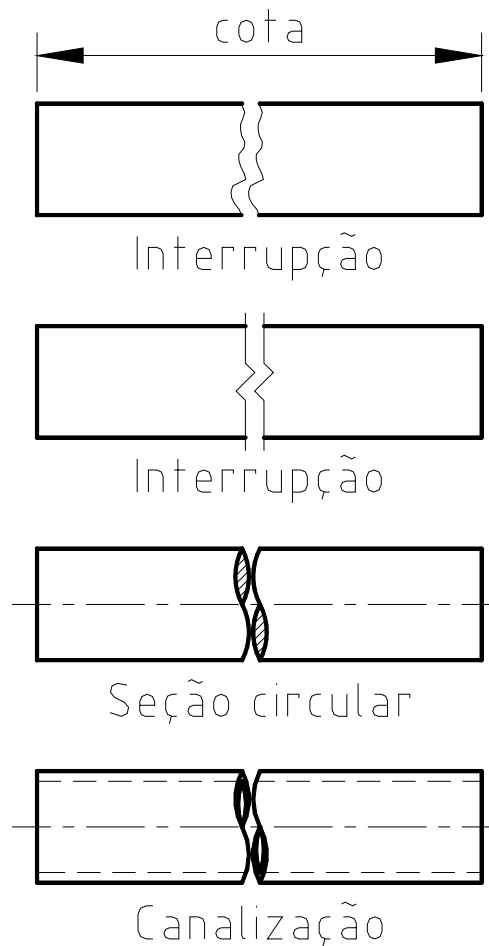


Figura 31 – Exemplo de interrupções

No AutoCAD, o traço “a mão livre” pode ser realizado com o comando SKETCH.
--

6. Cortes e Representações Convencionais

6.1 Hachuras

São usadas para representar cortes de peças. A hachura básica consiste em um traço estreito diagonal (em 45°), com um espaçamento constante.

Em desenhos mais complexos, pode-se ter vários tipos de hachuras, mais elaborados. Isto tornou-se mais prático com o uso do CAD. A figura abaixo ilustra algumas convenções de hachuras – porém estas representações variam muito, dependendo da área, empresa, etc.

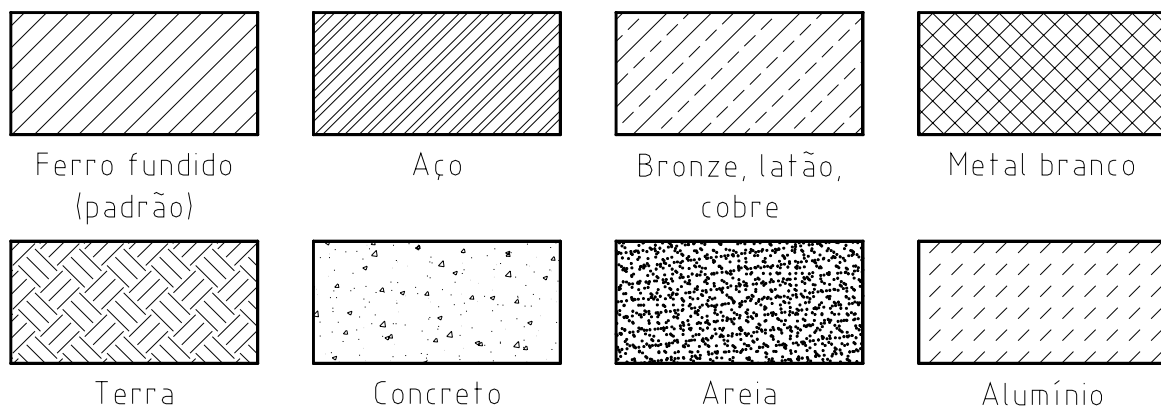


Figura 32 – Alguns tipos de hachura

O Comando HATCH desenha hachuras. Ao executá-lo, será apresentado uma janela com os padrões disponíveis, incluindo os indicados na Figura 32.

Para inserir a hachura, basta usar o botão “Pick Points” na própria janela de hachuras e selecionar um ponto interno da peça. Pode acontecer do programa recusar o ponto – isso acontece porque o ponto tem que estar totalmente cercado por linhas, arcos, etc; não podendo desta forma “vazar” por algum buraco para fora da peça.

6.2 Corte total

A representação do corte é exatamente imaginar que a peça encontra-se partida ou quebrada, mostrando assim os detalhes internos. Com isso, deixa de ser necessário o uso de linhas ocultas, na maioria dos casos.

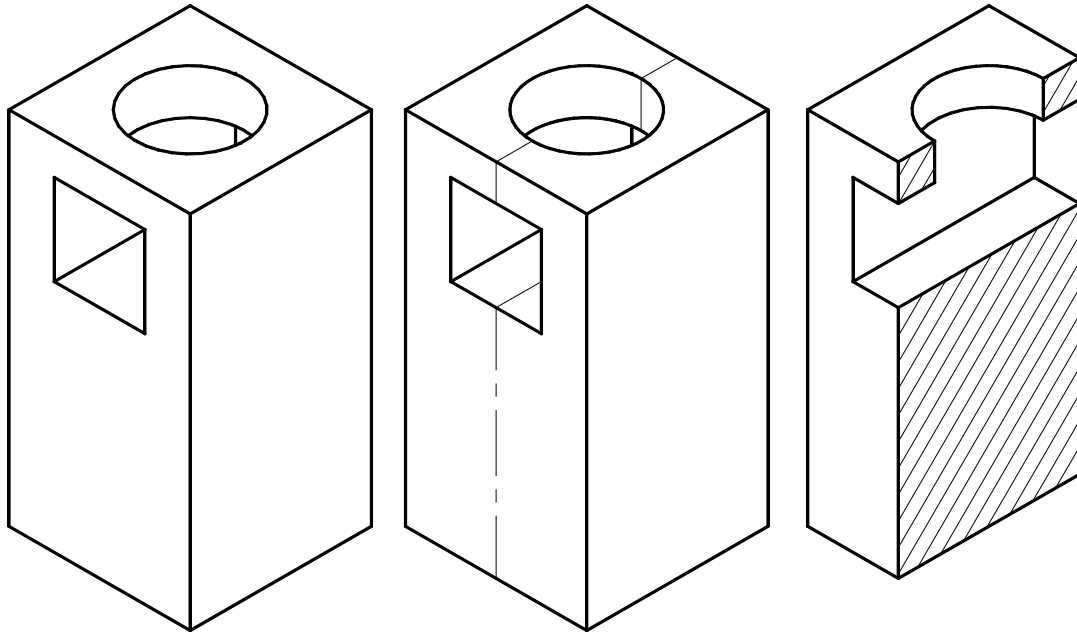


Figura 33 – Representação do corte em uma peça

Imagina-se o corte como um plano secante, que passa pela peça, separando-a em dois pedaços e mostrando a parte interna. O plano secante (também chamado plano de corte) é indicado em outra vista, mostrando aonde se encontra o corte (veja Figura 33 e Figura 34).

A representação do plano de corte é com um traço estreito traço-e-ponto, exatamente como a linha de simetria, com a diferença de ter nas extremidades um traço largo. O plano de corte deve ser indentificado com letras maiúsculas e o ponto de vista indicado por meio de setas. A parte larga do plano de corte não encosta no desenho da peça. A linha de corte pode coincidir com a linha de simetria.

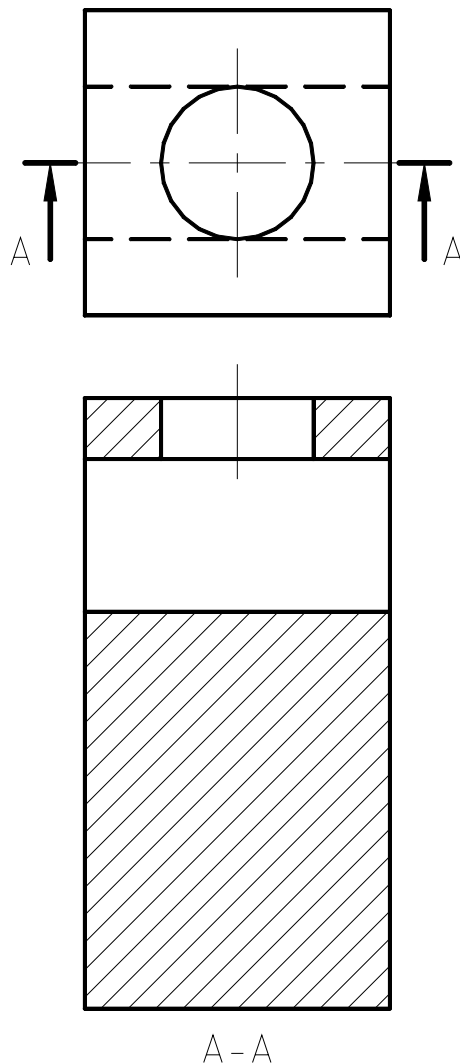


Figura 34 – Representação de corte total da Figura 33

Ao realizar-se o corte de duas peças distintas, usa-se hachuras com direções diferentes, cada uma indicando uma peça. Caso haja um maior número de peças em corte, pode-se usar hachuras com espaçamentos ou ângulos diferentes, ou usar outros tipos de desenho de hachura. Em geral reserva-se as hachuras estreitas para pequenas peças, e vice-versa.

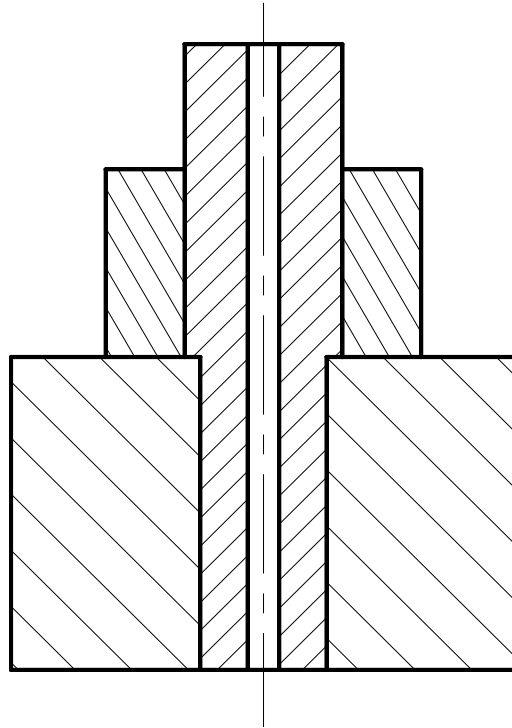


Figura 35 – Uso de hachura no corte de várias peças

Ao cortar peças muito estreitas, a hachura pode ser substituída por um preenchimento em preto, usando-se linhas brancas para separar partes contíguas, caso seja necessário.

Em geral, nos cortes não são hachurados dentes de engrenagem, parafusos, porcas, eixos, raios de roda, nervuras, pinos, arruelas, contrapinos, rebites, chavetas, volantes e manípulos. Isto é uma convenção, fazendo com que seja evidenciado partes mais importantes da peça. Pode-se hachurar estas partes caso tenham detalhes pouco usuais (por exemplo, um furo interno a um parafuso).

6.3 Meio-corte

Usado em objetos simétricos, no qual corta-se somente metade do desenho, sendo a outra metade o desenho da vista normal. As linhas invisíveis de ambos os lados não são traçadas.

Usa-se também combinar o meio-corte com a meia-vista, tornando o desenho bem prático sem perder informação.

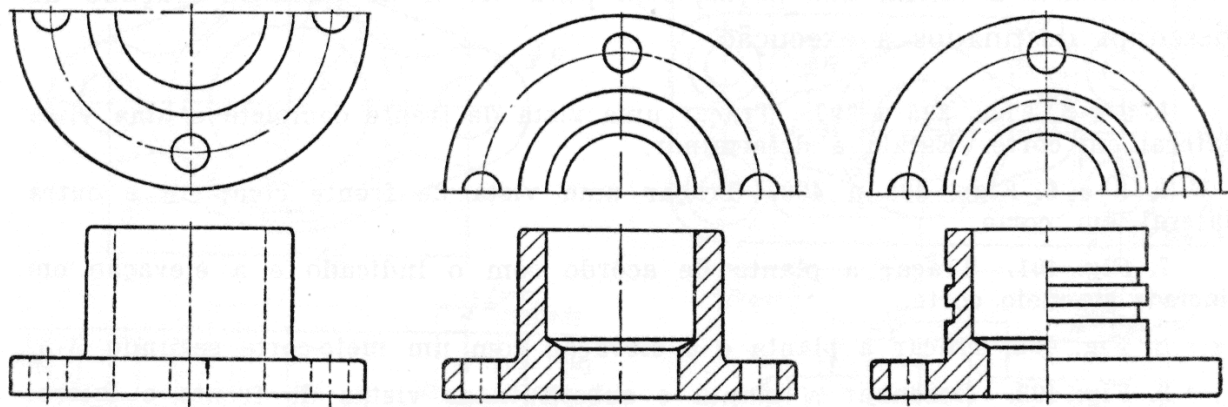


Figura 36 – exemplos de meia-vista, meia-vista e corte total, meia-vista e meia-vista/ meio corte

6.4 Corte parcial

Quando deseja-se cortar somente uma parte da peça, usa-se o corte parcial. O corte é limitado por uma linha de interrupção (irregular ou em zig-zag).

6.5 Corte em desvio

Usa-se o corte em desvio para obter os detalhes que não estejam sobre uma linha contínua. Neste caso o plano de corte é “dobrado”, passando por todos os detalhes desejados. Cada vez que o plano de corte muda de direção, este é indicado por um traço largo, de forma similar às extremidades.

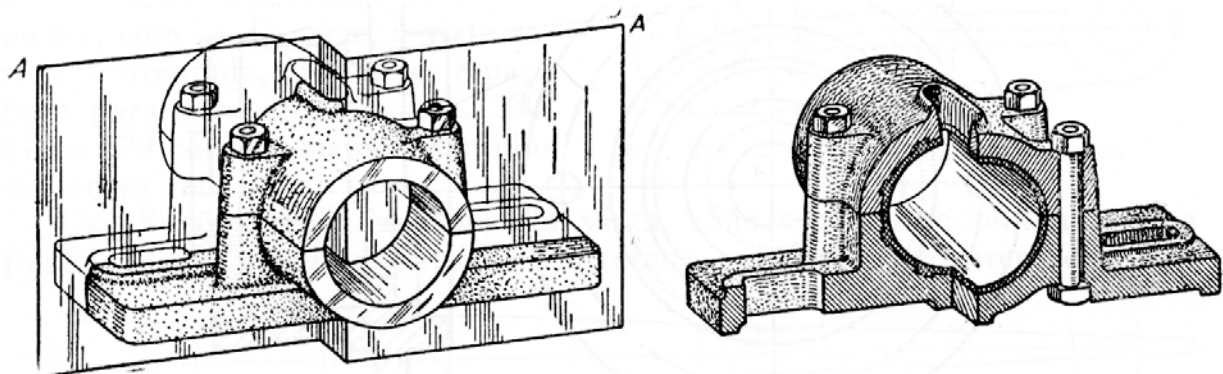


Figura 37 – Corte em desvio

6.6 Seções

São um corte local da peça, sem o inconveniente de desenhar toda a vista relativa a este corte. As seções podem ser representadas diretamente na peça (Figura 38), “puxadas” para fora através de uma linha de chamada (Figura 39), ou indicadas como um corte normal, omitindo detalhes.

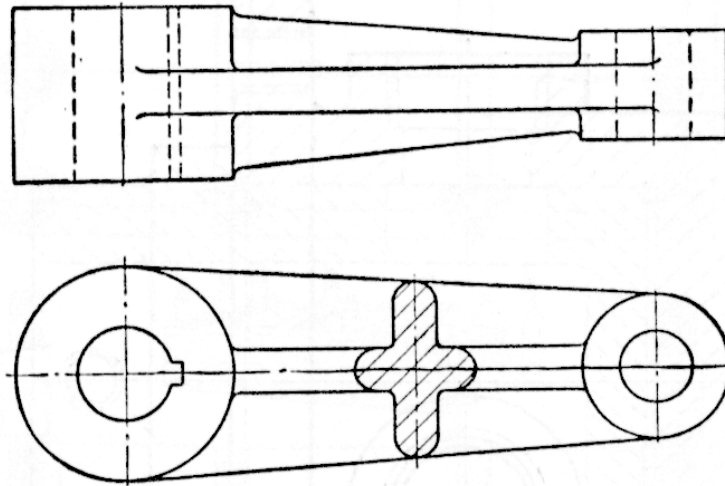


Figura 38 – Exemplo de seção sobre a vista

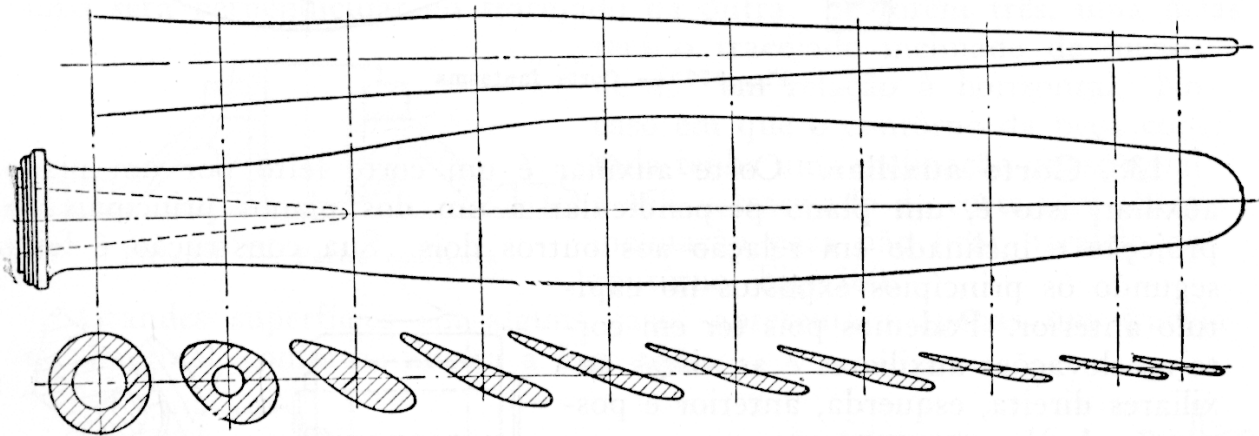


Figura 39 – Seções projetadas fora da vista

Também pode-se combinar, em peças longas, linhas de interrupção e seções.

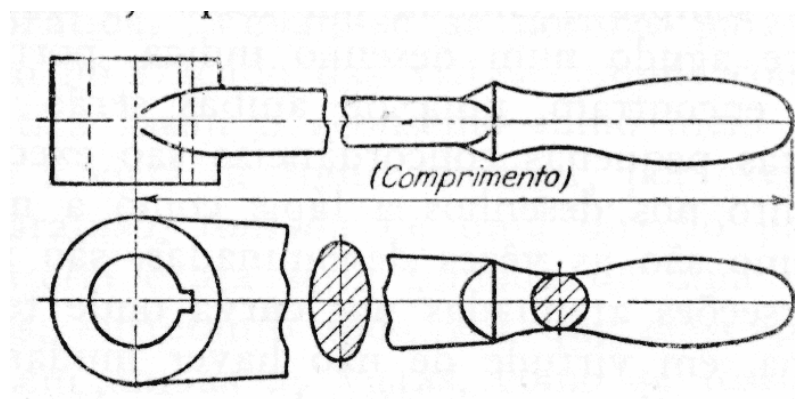


Figura 40 – Exemplo de seção inserida entre linhas de interrupção

6.7 Representações convencionais

Em muitos casos, a representação exata de uma peça pela suas vistas pode ser confusa. O que ocorre na prática é a simplificação dos traços, no qual usada com bom-senso pode ser mais ilustrativo que a representação real. Isto é chamado de representação convencional.

Existem muitos casos de representações convencionais, um deles já foi ilustrado na seção anterior: não representar em corte nervuras, parafusos, pinos, etc.

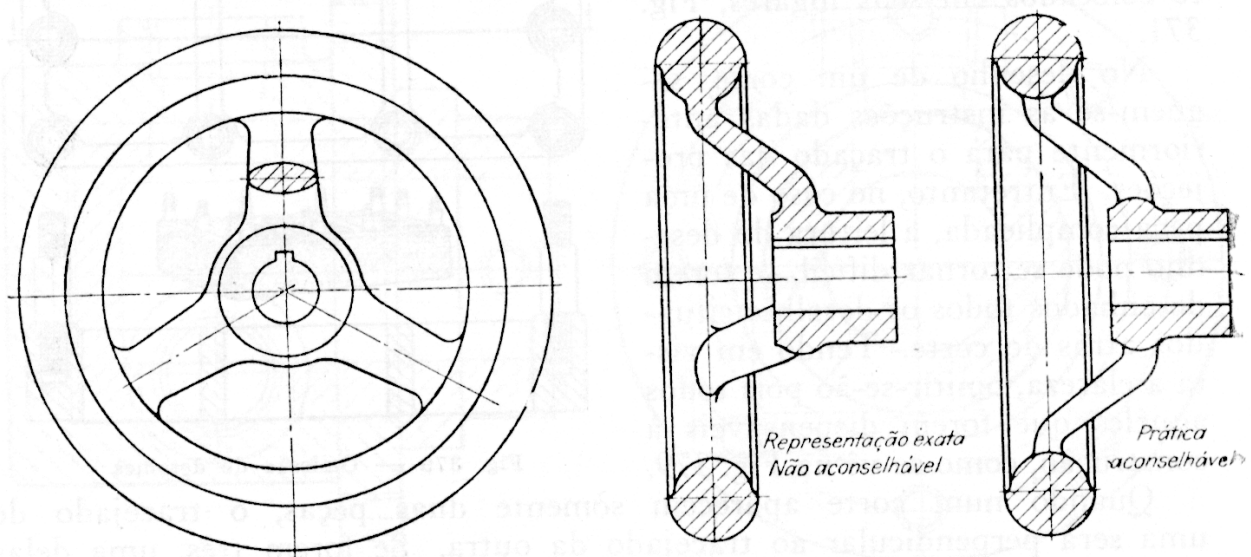


Figura 41 – Representação convencional de um braço de volante

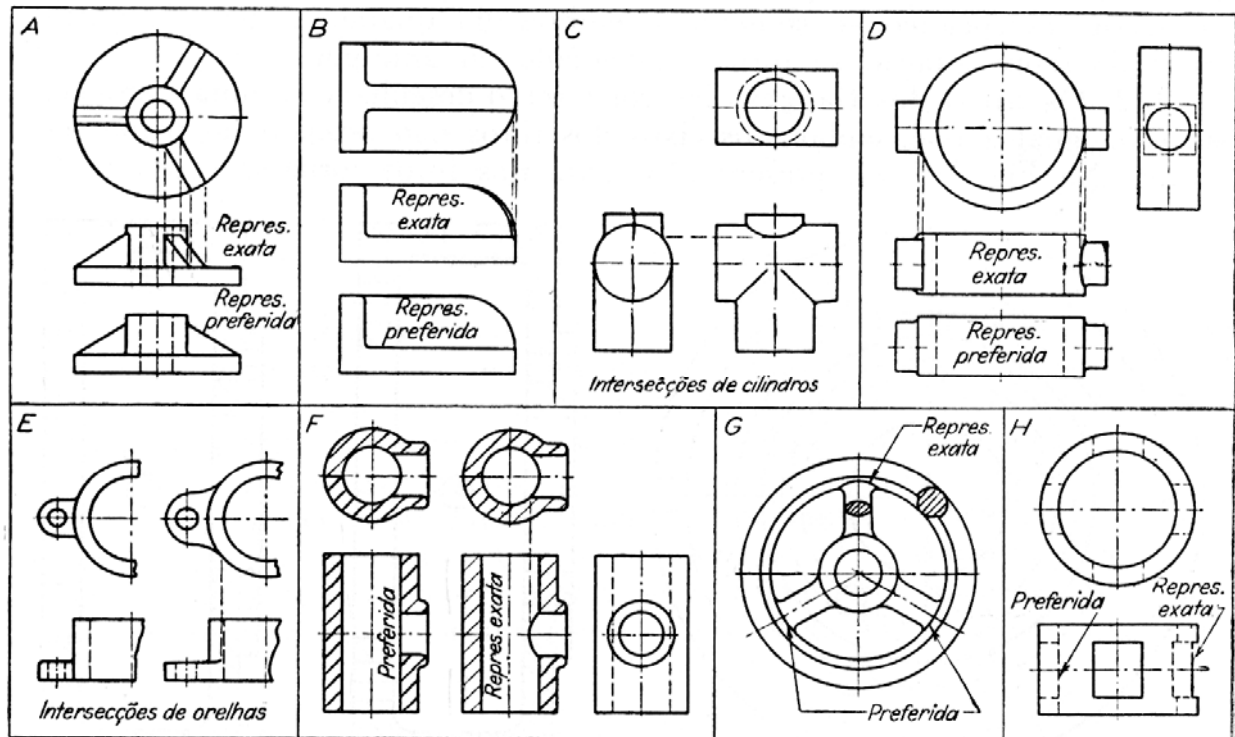


Figura 42 – Exemplos de representações convencionais

Outro caso é a representação de furos em flanges que não estejam no eixo de simetria. Simplesmente considere que o furo esteja alinhado e desenhe o corte. A vista frontal ilustrará a verdadeira posição dos furos.

Mais ocorrências de representações convencionais são em interseções entre cilindros e outras seções, tubos, orelhas, posição de nervuras, concordâncias, “runouts”, etc.

“Runouts” são representações convencionais de interseções atenuadas por curva, aonde não existe uma aresta por não haver uma mudança brusca de direção. Abaixo estão alguns exemplos de representações de concordâncias e “runouts”.

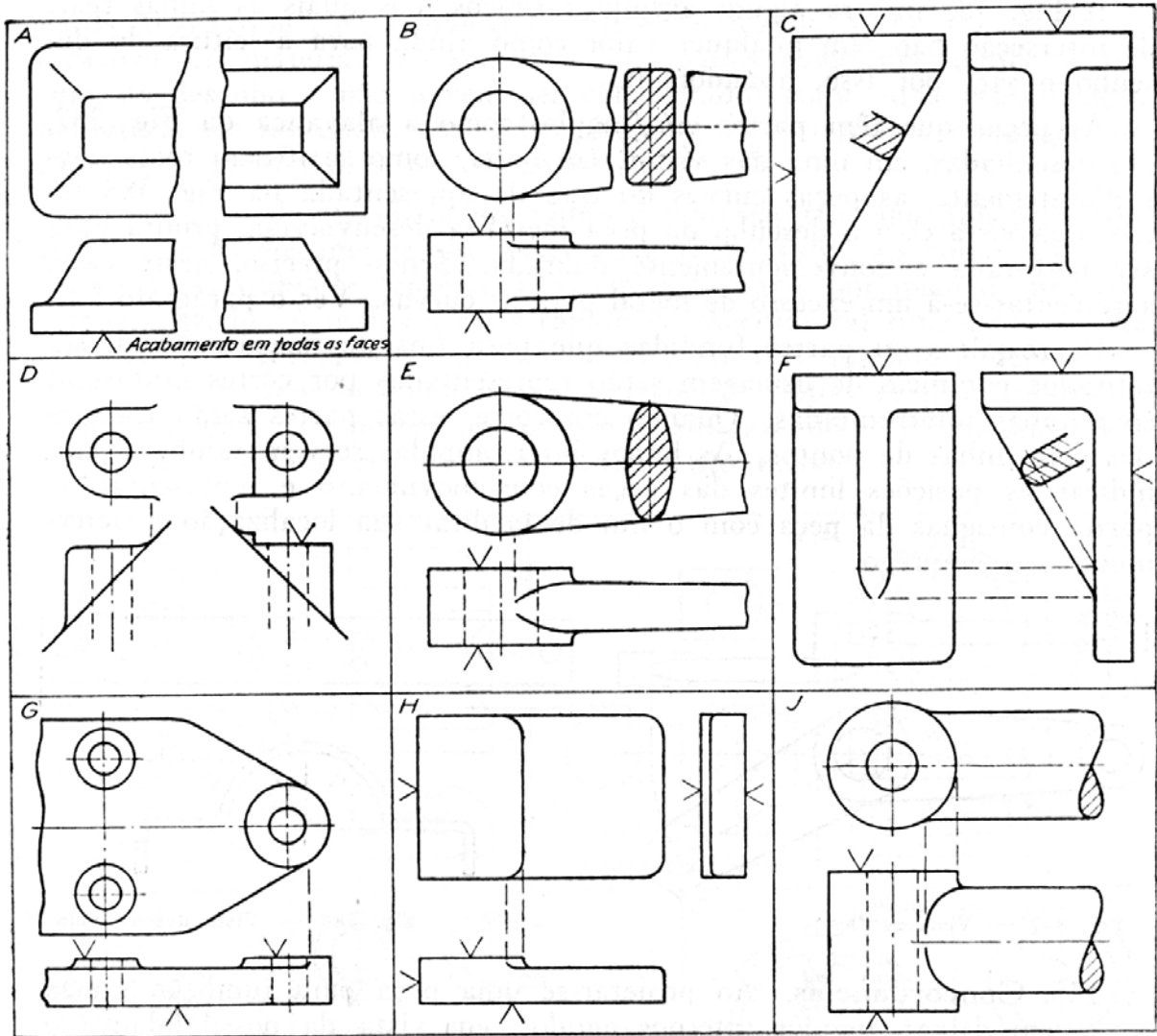


Figura 43 – Exemplos de concordâncias e "Runouts"

7. Cotas

Cotas são medidas de um objeto, imprescindível para o projetista indicar a verdadeira grandeza. Em muitas ocasiões, a pessoa que está lendo o desenho não dispõe de uma régua para medir, e mesmo se tivesse uma cota já adianta o trabalho, fornecendo imediatamente a informação.

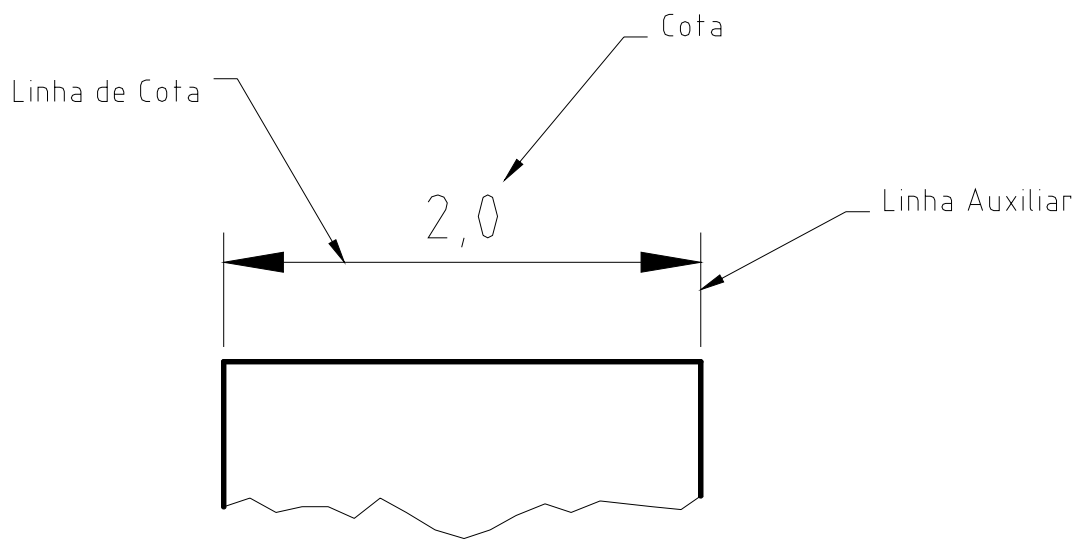


Figura 44 – Desenho de uma cota

O que uma cota pode indicar:

- Comprimentos, larguras, alturas, profundidades;
- Raios e diâmetros;
- Ângulos;
- Coordenadas;
- Forma (circular, quadrada, esférica), caso a vista não mostre claramente;
- Quantidade (por exemplo número de furos);
- Código/ Referência do produto;
- Ordem de montagem;
- Detalhes construtivos, observações.

O menu Dimension agrupa todos os tipos de cotas disponíveis no AutoCAD.

7.1 Desenho da cota

A cota deve ser realizada da seguinte forma:

- Acima e paralelamente às suas linhas de cota, preferivelmente no centro.
- Quando a linha de cota é vertical, colocar a cota preferencialmente no lado esquerdo.
- Quando estiver cotando uma meia-vista, colocar a cota no centro da peça (acima ou abaixo da linha de simetria).
- Para melhorar a interpretação da medida, usa-se os seguintes símbolos:
 1. $\varnothing$ – Diâmetro
 2. R – Raio
 3. $\square$ – Quadrado
 4. $\varnothing$ ESF – Diâmetro esférico
 5. R ESF – Raio esférico
- Os símbolos de diâmetro e quadrado podem ser omitidos quando a forma for claramente indicada.

O símbolo “ $\varnothing$ ” pode ser escrito no AutoCAD digitando “%%c”.

7.2 Aplicando uma cota

O projetista pode escolher em cotar uma circunferência pelo raio ou pelo diâmetro, o que for mais conveniente.

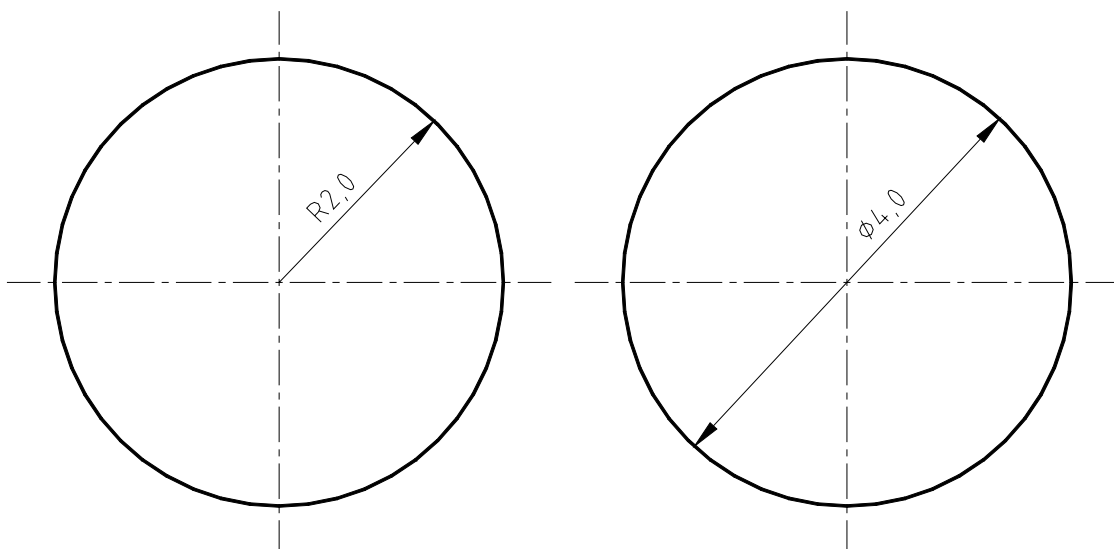


Figura 45 – Cotação de circunferências

Ao cotar uma curva ou circunferência, deve-se localizar o centro do raio:

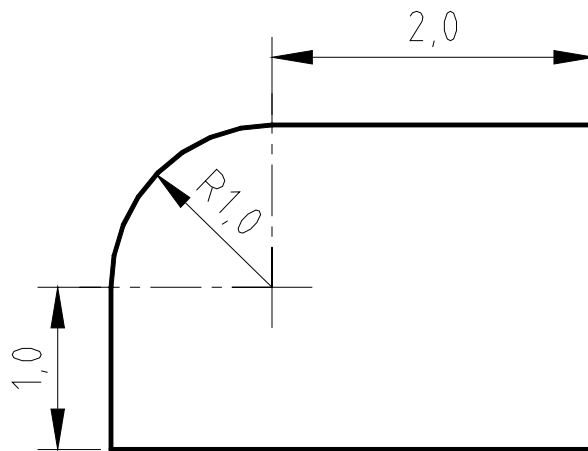


Figura 46 – Exemplo de cotagem de uma curva (concordância)

Freqüentemente as medidas encontram-se em espaços estreitos. Para isso, pode recorrer em simplificar o desenho da cota, omitindo as setas; ou então “puxar” a medida da cota para fora, conforme a figura abaixo.

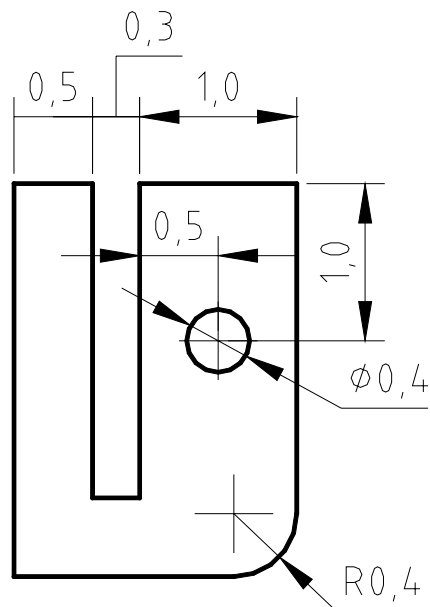


Figura 47 – Cotagem em espaços estreitos

É de bom uso alinhar cotas em sequência (no qual pode-se aproveitar setas de cotas adjacentes para cotar espaços estreitos). Também usa-se cotar as dimensões totais da peça – não deixe para quem for ler o desenho calcular.

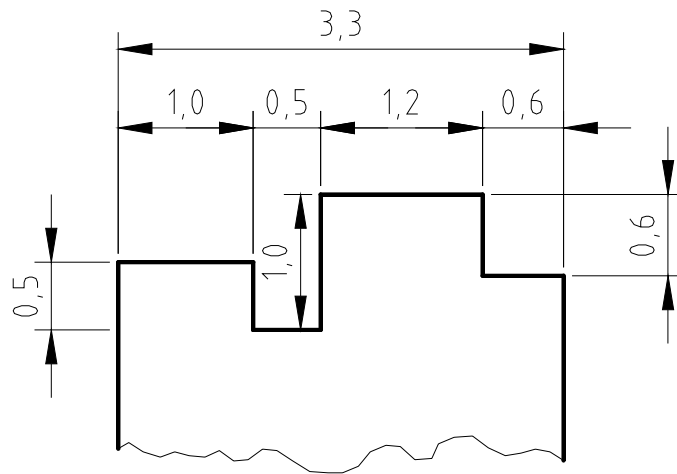


Figura 48 – Exemplo de cotas em sequência

A cotagem de ângulos segue as mesmas convenções: cota preferencialmente centrada, alinhada com a linha de cota, o mais próximo da vertical. Também pode-se “puxar” a cota para fora.

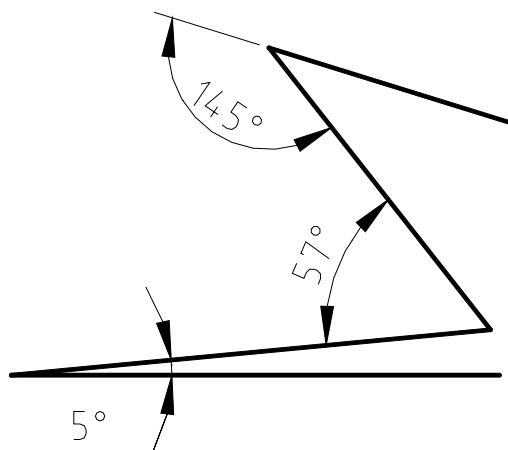


Figura 49 – Cotagem de ângulos

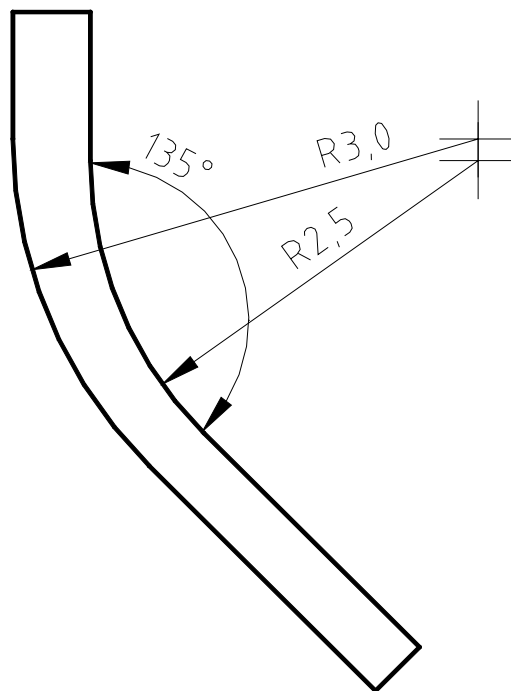


Figura 50 – Exemplo de cotagem de curvas no qual o centro encontra-se fora da peça

Hábitos a serem evitados:

- Não repetir cotas, salvo em casos especiais;
- Não usar qualquer linha do desenho como linha de cota;
- Evitar que uma linha de cota corte uma linha auxiliar;
- Não esperar de quem for ler o desenho que faça somas e subtrações: cotar todas as medidas e as dimensões totais;
- Evitar cotar linhas ocultas;
- Evitar cotas dentro de hachuras.

8. Perspectiva Isométrica

Os desenhos em perspectiva foram concebidos como um meio termo entre a visão da peça no espaço, mantendo suas proporções e a escala.

Existem vários tipos de perspectiva, cada um com sua utilidade. Os desenhos em perspectiva exata ilustram com perfeição o ângulo do observador, porém as dimensões variam com a posição e proximidade dos objetos. Outros tipos de perspectiva são a dimétrica, trimétrica e cavaleira.

Neste capítulo estudaremos a perspectiva isométrica, por ser a mais utilizada e pela sua facilidade de utilização, levando em conta os erros, toleráveis, de suas aproximações.

8.1 Conceito

Partindo de um ponto de vista do objeto pela sua face frontal, a perspectiva isométrica é o produto da rotação do objeto em 45° em torno do eixo vertical, sendo logo após inclinado para a frente, de forma que as medidas de todas as arestas reduzam-se à mesma escala.

Nesta configuração os eixos ortogonais serão encontrados com ângulos de 120° entre si. Esta posição dos eixos é facilmente encontrada com o auxílio do esquadro de $30^\circ/60^\circ$, usando seu menor ângulo para traçar os eixos X e Y, com o eixo Z na vertical. A Figura 51 ilustra os eixos isométricos e a transformação de um conjunto de vistas em uma perspectiva isométrica.

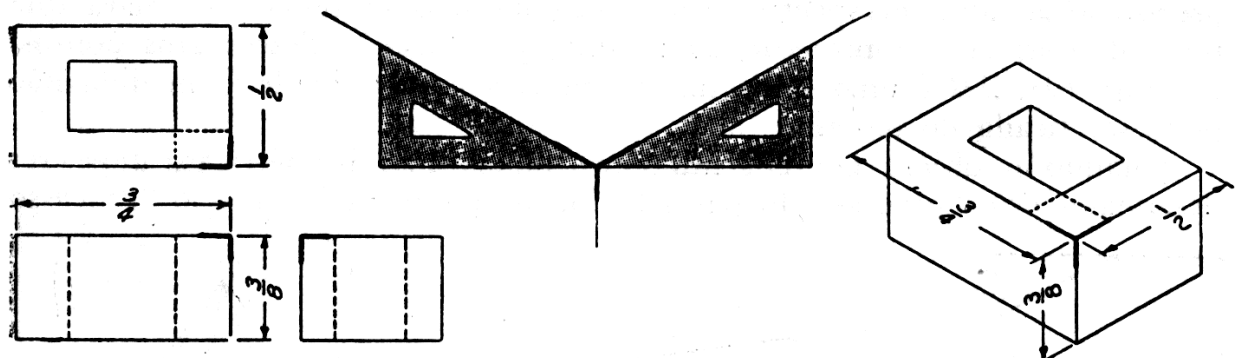


Figura 51 – Eixos isométricos e elaboração da perspectiva

Teoricamente a escala das arestas é reduzida em 81% do original. Na prática, isto não é praticado, sendo a perspectiva feita na mesma escala do original. Esta é chamada de perspectiva isométrica simplificada, e seu traçado implica em uma figura aparentemente maior que nas vistas ortogonais.

8.2 Desenhando em perspectiva isométrica

Inicia-se o desenho da perspectiva por um canto da peça, de preferência o que estará mais a frente. O desenhista deve escolher uma posição da peça no espaço e mantê-la na memória, para não se confundir durante o traçado.

O primeiro método para iniciar o desenho, similar ao usado nas vistas ortográficas, é traçar um paralelepípedo com as medidas totais da peça (comprimento, largura, altura), visualizando a posição da peça.

Com o paralelepípedo traçado, inicia-se os traços secundários, como se estivesse “cortando pedaços” de um bloco real, até que sobre o formato da peça desejada.

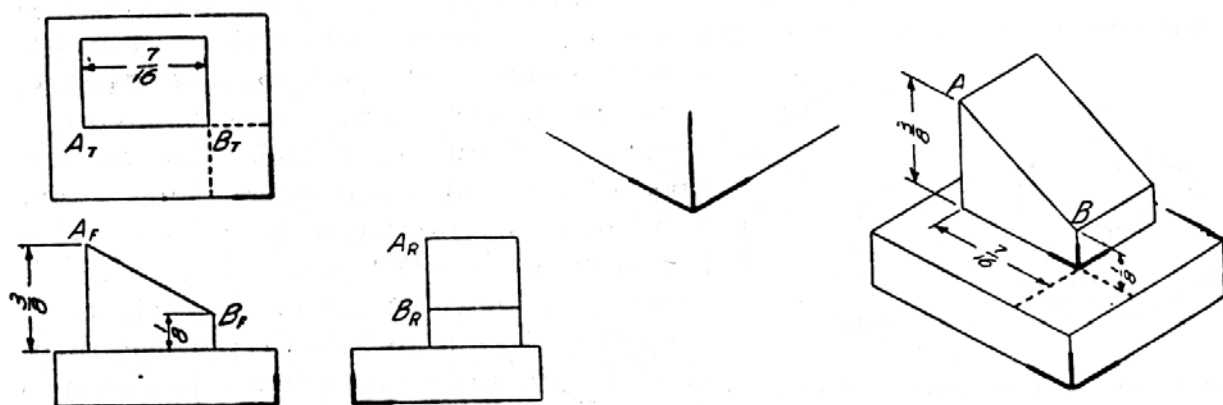


Figura 52 – Iniciando o traçado da perspectiva

Observe que as medidas extraídas das vistas ortográficas **somente serão válidas nos eixos ortogonais**. Ou seja, medidas extraídas de rampas, planos inclinados ou curvas não serão transferidos corretamente. É necessário que se encontre as coordenadas de cada ponto, ligando-os em seguida.

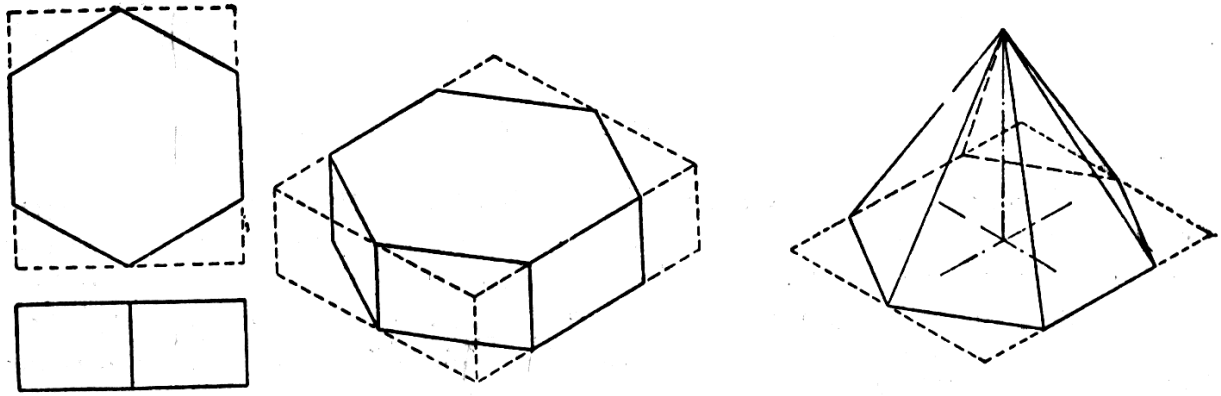


Figura 53 – Método de construção pelo paralelepípedo envolvente

No AutoCAD, além das opções de desenho em 3D, é possível desenhar perspectivas isométricas sem utilizar o 3D real. Para isso, basta habilitar o modo “isometric snap”, acessível clicando com o botão direito em SNAP (na barra de status).

Com essa opção habilitada, junto com o ORTHO, o cursor fica contido em um dos planos isométricos. Para mudar de plano, use o comando ISOPLANE (escolhendo entre Top, Left e Right).

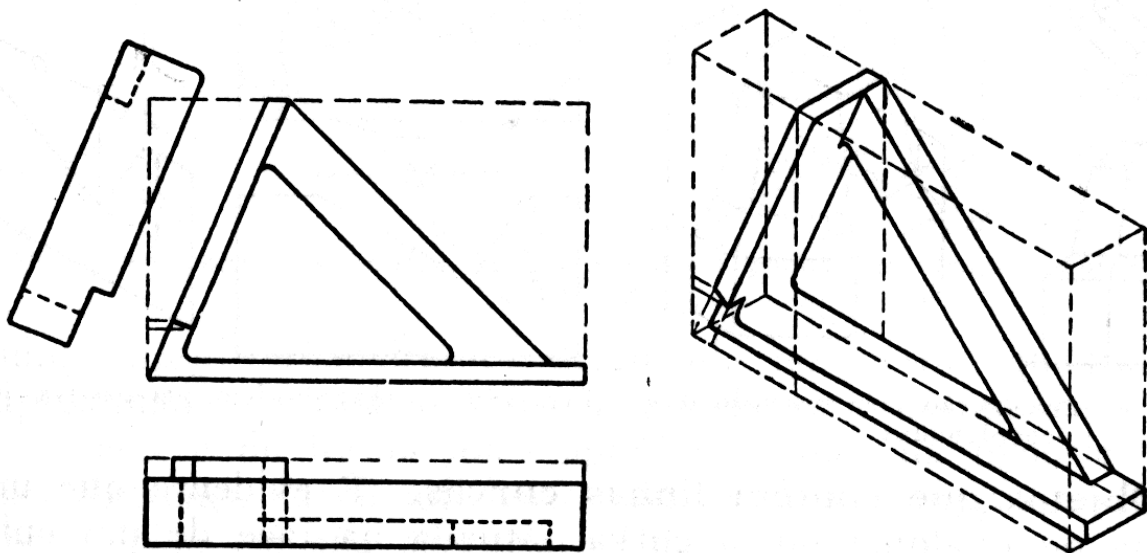


Figura 54 – Traçado de planos inclinados através de suas coordenadas em relação ao paralelepípedo envolvente

Outro método usado é por coordenadas: partindo de uma face da peça, localiza-se os pontos extremos (sempre por traços ortogonais), ligando-os em seguida.

Na prática o desenhista irá determinar qual será o melhor método, tanto que não existe exatamente um método mais correto que outro.

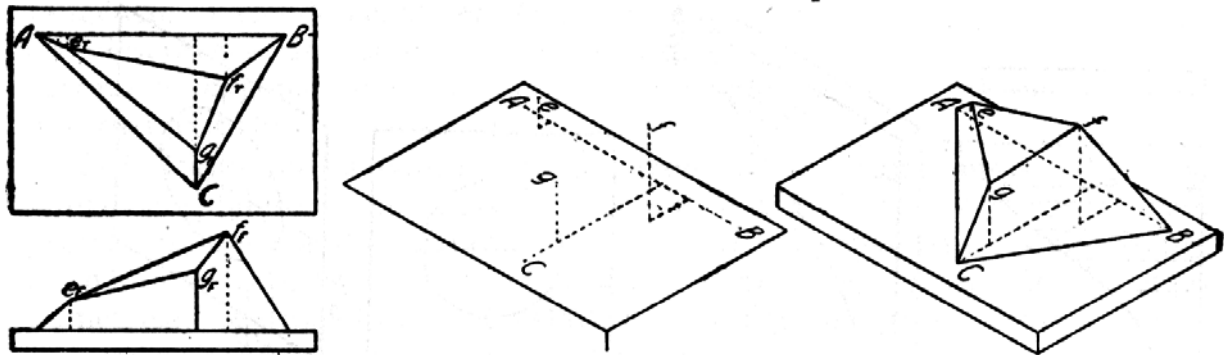


Figura 55 – Método de construção por coordenadas

Independente do método utilizado, convém lembrar que os ângulos sempre estarão alterados. Procure transportá-los sempre em relação aos eixos ortogonais (no caso da Figura 56, desenhar a rampa através das medidas “a”, “b” e “c”).

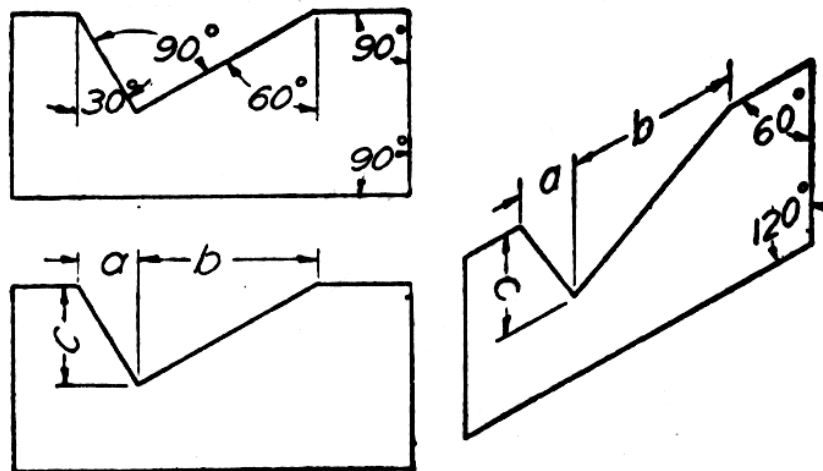


Figura 56 – Ângulos em perspectiva isométrica e desenho de arestas inclinadas

8.3 Curvas em perspectiva

É comum a representação de peças com superfícies curvas em perspectiva. Por regra, o método mais preciso para construí-las é através de coordenadas, levantadas através de vários pontos da curva.

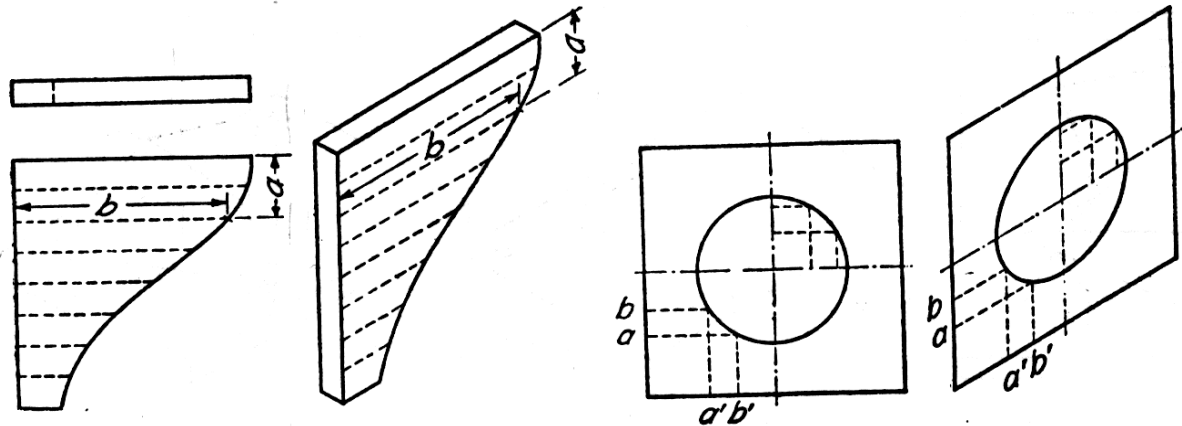


Figura 57 – Obtenção de curvas em perspectiva

Para circunferências localizadas paralelamente aos planos isométricos, existem métodos de construção aproximados, que ilustram satisfatoriamente a curva.

O primeiro método, ilustrado na Figura 58, segue a seguinte receita:

1. Localizar a circunferência na vista, e desenhar o quadrado que a envolve (pontos ABCD). Desenhá-lo normalmente em perspectiva.
2. Independente da posição do quadrado, teremos os pontos mais próximos, A e C, e os pontos mais distantes, B e D.
3. Ligar os pontos A e C com o ponto médio das faces opostas (vide figura).
4. Traçar a circunferência em quatro etapas:
 - a. Um arco com centro em A, traçado do meio de BC até o meio de CD.
 - b. Um arco com centro na interseção dos traços (vide abaixo), traçado do meio de BC até o meio de AB.
 - c. Um arco com centro em C, traçado do meio de AB até o meio de DA.
 - d. Um arco com centro na outra interseção dos traços, traçado do meio de AD até o meio de CD.
5. Apague as linhas de construção e está pronto o desenho da circunferência.

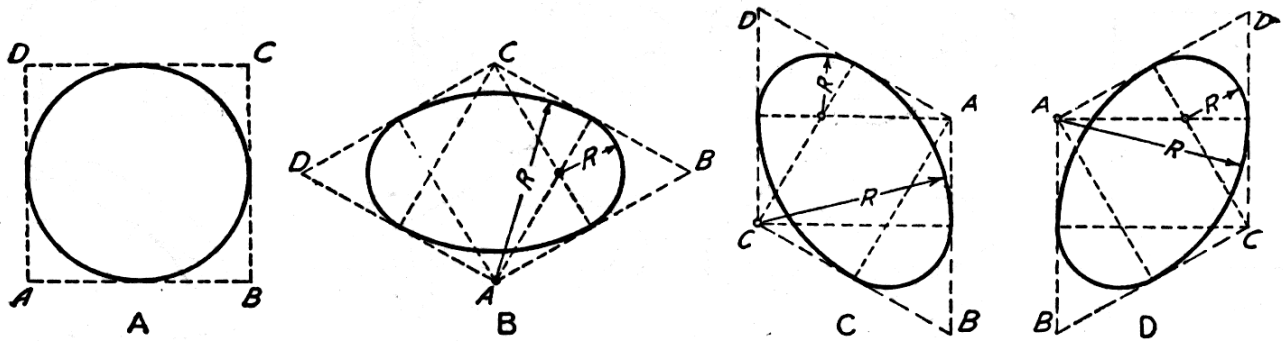


Figura 58 – Construção da circunferência isométrica

Convém lembrar que este método somente é válido para circunferências localizadas nos planos ortogonais. Para circunferências em faces fora dos planos ortogonais, deve-se utilizar o método de pontos (Figura 57).

Um método de Stevens é mais preciso, sendo feito de uma forma similar: no momento de determinar os centros dos arcos menores, traça-se um arco auxiliar de raio R (medido do centro da circunferência O até o ponto P aonde cruza o arco maior com a reta AC) encontrando-se dois pontos na reta BD . Estes pontos serão os centros dos arcos menores. Seu raio será encontrado a partir de uma reta, partindo do ponto A , cruzando o centro do arco, e encontrando-se na reta oposta CD . Este será novo ponto de encontro dos arcos menores e maiores.

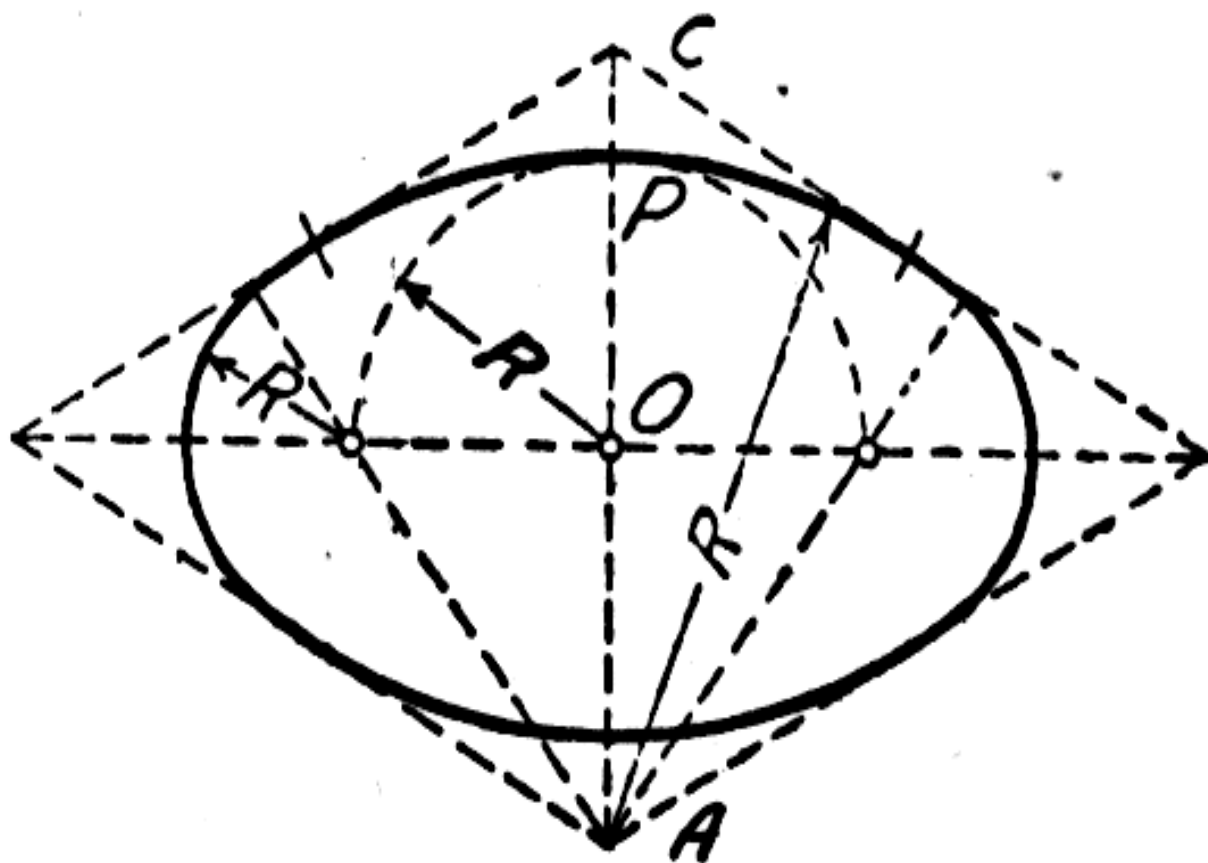


Figura 59 – Circunferência isométrica – método de Stevens

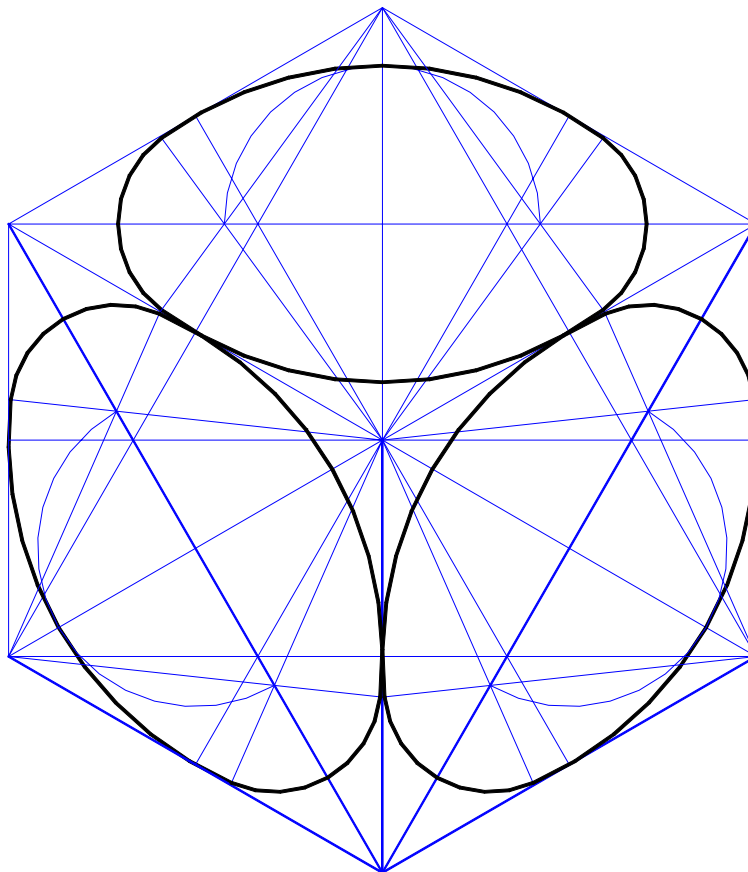


Figura 60 – Circunferências traçadas pelo método de Stevens, nas três posições possíveis.

Obviamente pode-se utilizar ambos os métodos para traçar partes (setores) de circunferências, como por exemplo em concordâncias. Com a prática observa-se que não será necessário traçar todas as linhas de construção.

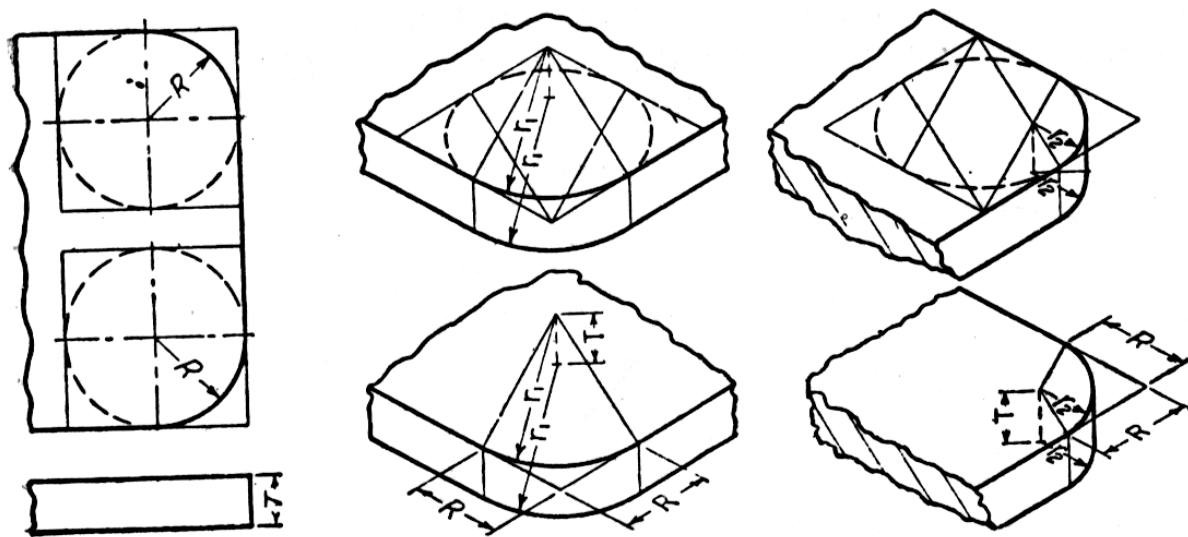


Figura 61 – Usando setores de circunferências isométricas para desenhar concordâncias.

Pode-se traçar circunferências isométricas no AutoCAD através do comando ELLIPSE. Ao usar este comando, mas somente no modo “isometric snap”, escolha a opção Isocircle. Basta escolher o centro e o raio, como usado no comando CIRCLE. Veja que o Isocircle estará contido em um dos planos isométricos, para criar um isocircle em outro plano, use antes de tudo o comando ISOPLANE.

9. Apêndice: Usando o AutoCAD

9.1 Introdução

O objetivo deste capítulo é de introduzir os conceitos básicos do AutoCAD. Sabendo o princípio de funcionamento, será possível desenvolver todos os exercícios propostos na apostila.

Atualmente o AutoCAD encontra-se na versão 2004, mas os comandos descritos neste capítulo são perfeitamente usados nas versões anteriores, como o AutoCAD 2002 e 2000. A versão 14 possui um método diferente de plotagem, mas pode ser usada sem problemas. As versões 12 e 13 também são aceitas, são versões bem leves, porém suas interfaces são mais limitadas. Também deve-se tomar cuidado ao editar arquivos em versões recentes do programa e tentar abri-las em versões antigas, o que não funcionará.

A seguir são apresentados os comandos básicos, suficientes para a execução dos exemplo apresentados.

Todos os comandos são acessíveis de várias maneiras: pelo console, menus, botões, etc.

9.2 Criação (Draw)

Line

Polyline

9.3 Alteração (Modify)

Offset

Array

Scale

9.4 Cotagem (Dimension)

Linear

Aligned

Radius

Diameter

Angular

9.5 Formatação (Format)

Layer

Text style

9.6 Manipulação de arquivos (File)

Open

Save

9.7 Ferramentas (Tools)

Properties

10. Bibliografia

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10067, Princípios Gerais de Representação em Desenho Técnico. Maio de 1995.
- ____, NBR 10126, Cotagem em Desenho Técnico. Novembro de 1987.
- AMARAL, Vera Lúcia Salvador. CADLAB, Curso AutoCAD R14 2D para Arquitetura. 1999.
- DE CAMPOS, Frederico Oioli. Desenho Técnico. 2001.
- FRENCH, Thomas E. Desenho Técnico. Editora Globo.
- *Help* do AutoCAD 2004.
- MONTENEGRO, Gildo A. Desenho Arquitetônico. Editora Edgard Blücher. 1997.
- PRÍNCIPE JR., Alfredo dos Reis. Noções de Geometria Descritiva, Vol 1 e 2. Livraria Nobel.