

**DESENHO
TÉCNICO
BÁSICO**

FUNDAMENTOS TEÓRICOS E EXERCÍCIOS À MÃO LIVRE

VOLUME II

3ª EDIÇÃO

A publicação DESENHO TÉCNICO BÁSICO Volume I foi digitalizada e adaptada ao presente formato pelas acadêmicas Audren Monteiro Vieira e Bianca do Amaral Rodrigues do grupo de pesquisa em desenho técnico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Autores
JOSÉ CARLOS M. BORNANCINI
NELSON IVAN PETZOLD
HENRIQUE ORLANDI JÚNIOR

ÍNDICE

PERSPECTIVAS	4
PERSPECTIVA AXONOMÉTRICA ORTOGONAL ISOMÉTRICA	8
PERSPECTIVA AXONOMÉTRICA ORTOGONAIS – TRIMÉTRICA E DIMÉTRICA	42
PERSPECTIVA CAVALEIRA.....	49
VISTAS OMITIDAS.....	62
SOMBREADO	81

PERSPECTIVAS

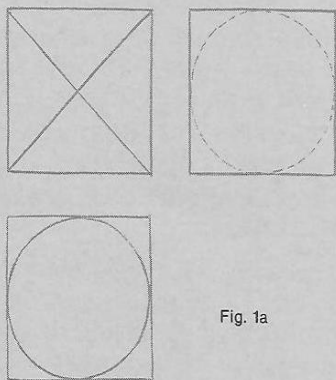


Fig. 1a

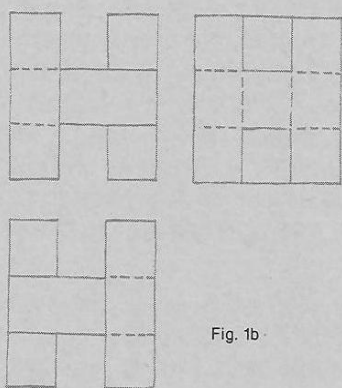


Fig. 1b

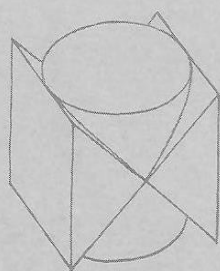


Fig. 2a

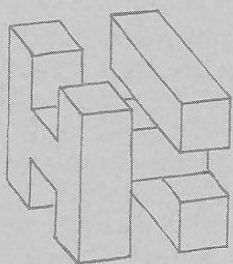


Fig. 2b

INTRODUÇÃO

Para quem se familiarizou com método de representação por sistema de vistas ortográficas, tornou-se evidente tanto a sua perfeita adequação ao objetivo do Desenho Técnico, qual seja a representação rigorosa e unívoca da forma dos objetos, quanto às dificuldades inerentes a sua interpretação. Fig. 1a e 1b.

Essas dificuldades origina-se na própria simplificação básica do método, que consiste em analisar aspectos do objeto segundo direções particulares de observação, representando-os, sem deformação, pelas respectivas vistas ortográficas. Essas vistas, porém, são ambíguas quando examinadas isoladamente. Elas necessitam ser organizadas num sistema coerente de vistas, as quais somente quando interpretadas em conjunto e coordenadamente podem comunicar de modo inequívoco a forma do objeto,

Cada vista ortográfica, além de representar um aspecto particular do objeto, incorpora, também, detalhes convencionais, que a tornam dificilmente relacionável com a imagem do mesmo, tal como é habitualmente percebida. Portanto, trata-se de uma linguagem fácil de escrever, mas do difícil leitura.

O contrário acontece às representações perspectivas. Fig. 2a e 2b. Mesmo pessoas leigas podem facilmente compreendê-las, por serem representações mais inerentes às nossas experiências visuais, que corresponde, normalmente, a uma visão global do objeto. Daí decorre as aplicações da perspectiva em Desenho Técnico, quando se trata de comunicar a leigas informações sobre a forma e funcionamento de objetos. Como exemplo, podem ser citadas tanto as ilustrações como esboço de apresentação para clientes e para produção.

As representações perspectiva constituem, ainda, um instrumento poderoso para o próprio técnico, nas fases de criação e análise do projeto. Essas fases são caracterizadas por um contínuo processo de realimentação (**feedback**), em que as soluções sucessivamente vislumbradas necessitam um rápido registro que é feito, predominantemente, com esboço em perspectiva, devido a sua capacidade de síntese e facilidade de interpretação.

Em face do exposto conclui-se: as características inerentes ao método de representação por sistema de vistas ortográficas tornam o mesmo adequado à fase de comunicação precisa e minuciosa do projeto; já a perceptiva adapta-se, especialmente, às fases de criação e análise do mesmo.

Como a atividade do projeto tem por objetivo a solução de problemas de forma e movimento cuja natureza é tridimensional, a perspectiva oferece, adicionalmente, uma contribuição decisiva, em face de sua capacidade de representar, na mesma figura, as três dimensões do espaço.

REALISMO VISUAL
imagem retiniana

REALISMO MENTAL
representação infantil

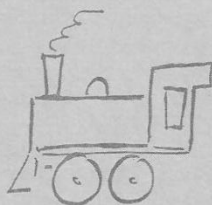
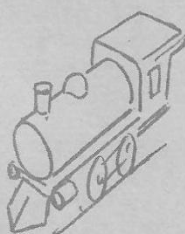
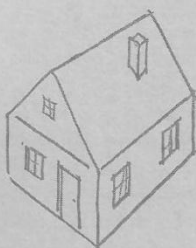


Fig. 3

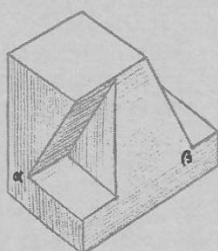


Fig. 4

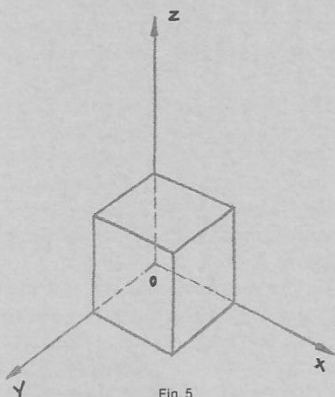


Fig. 5

FUNDAMENTOS INTUITIVOS

A percepção visual fornece um meio extremamente eficaz para se conhecer a forma e as proporções dos objetos do mundo tridimensional.

Um dos fundamentos intuitivos do método de representação por sistema de vistas ortográficas é a percepção de uma face circular como tal. Mesmo que a imagem retiniana que ela provoca seja uma elipse. Uma representação espontânea dessa face seria um círculo, pois **sabemos como ela é** (realismo mental) e não nos detemos a **analisar como ela é vista** (realismo visual). Fig. 3.

Por isso, para representar um objeto com realismo visual, nas perspectivas, é necessário conscientizar-se das deformações que a visão ocasiona na forma do mesmo.

Estudar-se-ão, pois, nos processos de representação em perspectiva, as deformações a serem introduzidas na forma geométrica real do objeto de espaço, para que suas representações planas se assemelhem, o mais possível, às imagens visuais que se tem desse objeto, quando a observação é feita a distância relativamente pequena e abrange mais de uma face do mesmo.

Citando J.T. Rule:

"A interpretação geométrica em três dimensões é tão bem aprendida, tão subconsciente e tão automática que é difícil colocar no papel o meio do caminho de percepção, isto é, a cópia da imagem retiniana que ocorre antes que a mente tome conta e interprete a imagem, dentro de uma concepção intelectual da realidade espacial e de acordo com o que aprendeu a conhecer da mesma."

A dificuldade em impedir que o conhecimento da forma do objeto no espaço distorça o que se vê e exemplifica pela Fig. 4. Lembrando que se trata de um **desenho no plano**, responda intuitiva e rapidamente: Qual

o tamanho do ângulo α em relação ao ângulo β ?
Após responder a questão, meça os ângulos.

Você pensou intuitivamente num objeto sólido, o que prejudicou a percepção da verdadeira dimensão dos ângulos.

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE REPRESENTAÇÃO EM PERSPECTIVA

Os vários tipos de perspectiva serão abordados de modo sucinto, tendo em vista, especificamente, suas aplicações ao esboço à mão livre.

Para estudá-los será utilizado um cubo e, destacadas do mesmo, três arestas perpendiculares entre si que definem as três direções fundamentais do objeto como um sistema de três eixos (OX, OY, OZ) de um triedro de referência, que será denominado **triedro objetivo**. (Fig. 5)

No estudo que segue é interessante considerar a folha de papel como uma lâmina de vidro através da qual se observam os objetos, desenhando sobre a superfície transparente a imagem observada.

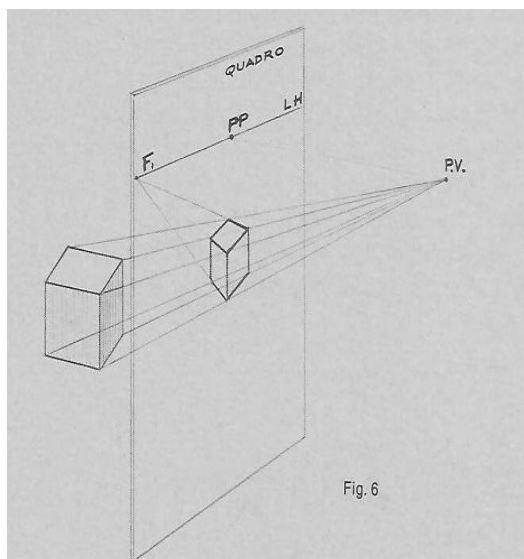


Fig. 6

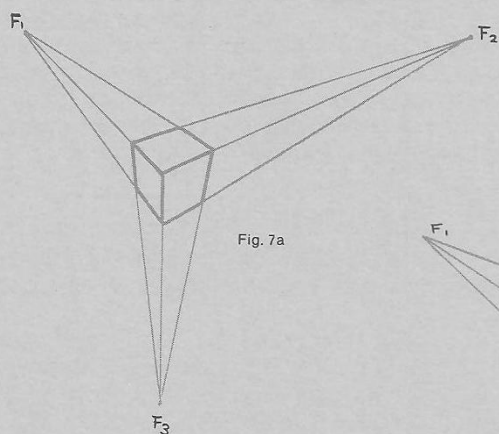


Fig. 7a

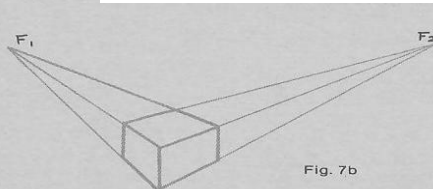


Fig. 7b

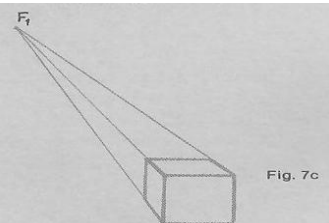


Fig. 7c

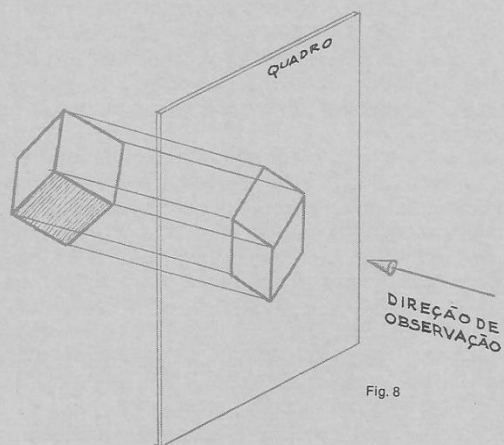


Fig. 8

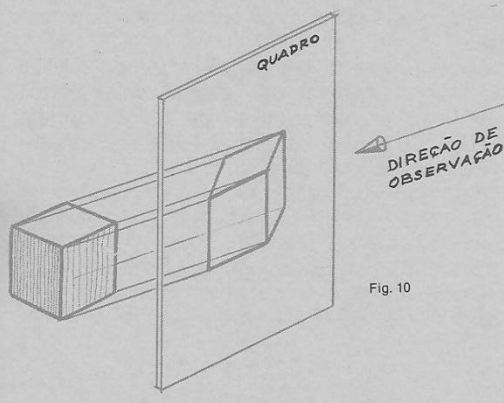


Fig. 10

1) PERSPECTIVA CÔNICA: É o 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). Fig. 6.

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. Fig. 7.

Este sistema implica em construções geométricas bastantes 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, são utilizados, com mais frequência, os sistemas de perspectivas paralelas que não apresentam os inconvenientes mencionados acima.

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

2) PERSPECTIVA AXONOMÉTRICA ORTOGONAL: É o sistema perspectivo no qual o objeto colocado de modo que as suas três direções fundamentais sejam oblíquas em relação ao quadro, é representado sobre o mesmo por meio de uma projeção cilíndrica ortogonal. Corresponderia a desenhar a perspectiva sobre a lâmina de vidro, movendo o olho do observador ao mesmo tempo em que o lápis, de modo à sempre manter as visuais que passam pelos diversos pontos do objeto, pela ponta do lápis e pelo olho, perpendiculares ao vidro. Fig. 8. Dependendo dos ângulos que os três eixos do triedro objetivo formam com o quadro, obtêm-se os sistemas perspectivos: isométrico, dimétrico ou trimétrico, Fig. 9.

Esses três sistemas oferecem representações semelhantes à perspectiva cônica com dois pontos de fuga.

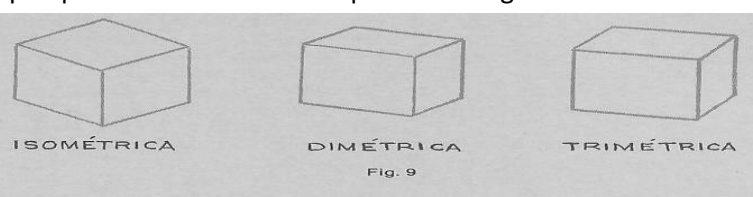


Fig. 9

3) PERSPECTIVA 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. Fig. 10.

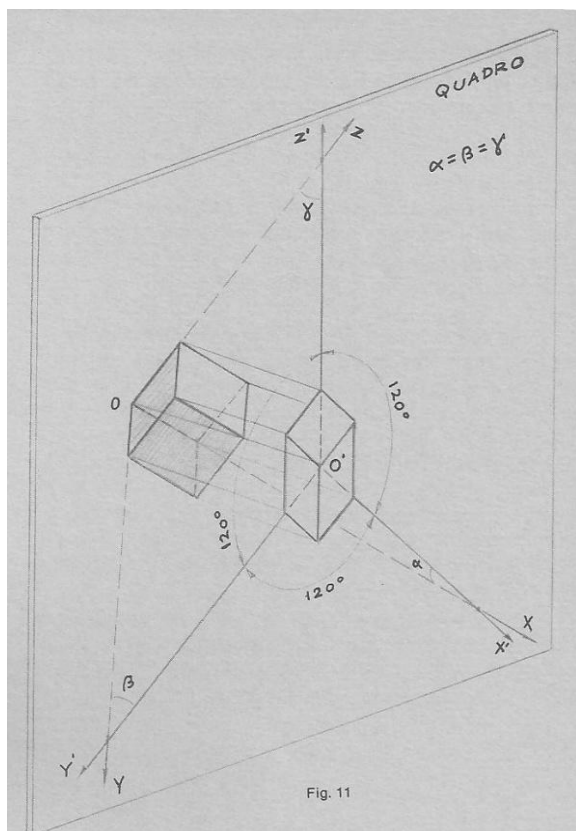


Fig. 11

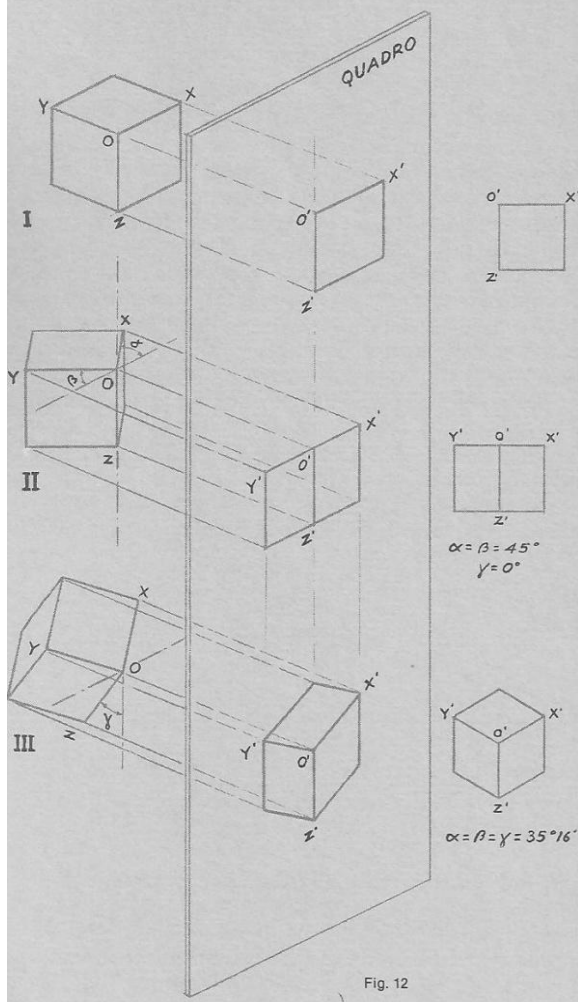


Fig. 12

No desenho sobre a lâmina de vidro, é obtida uma projeção oblíqua quando o olho é motivo ao mesmo tempo em que a ponta lápis, 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 uma direção oblíqua em relação ao vidro.

Neste sistema, as representações assemelham-se às perspectivas cônicas com um ponto de fuga.

PERSPECTIVA AXONOMÉTRICA ORTOGONAL

Por ser didaticamente mais interessante partir da particular para o geral, do sistema para o complexo, iniciar-se-á o estudo das perspectivas axonométricas ortogonais pela isométrica, tanto mais que a sua simplicidade de emprego, aliadas aos excelentes resultados oferecidos do ponto de vista de representação fazem dela uma das mais utilizadas em Desenho Técnico.

PERSPECTIVA ISOMÉTRICA

Considere-se um cubo com três de suas arestas definindo os três eixos objetivos do espaço: OX, OY e OZ.

A perspectiva isométrica do cubo obtém-se projetando cilíndrica e ortogonalmente o mesmo sobre um quadro transparente, em relação ao qual os três eixos referidos formem ângulos iguais. Fig.11. A diagonal do cubo que passa por O será perpendicular ao quadro; os três eixos OX, OY e OZ, projetar-se-ão como três eixos isométricos O'X', O'Y' e O'Z', formando ângulo de 120° entre si; as demais arestas do cubo, por serem paralelas aos eixos objetivos, projetar-se-ão como linhas paralelas aos correspondentes eixos isométricos.

Na prática, Fig. 12, pode obter-se uma isométrica, imaginando o plano da folha como quadro e o cubo situado na posição I, como a face frontal paralela ao quadro. Dando ao cubo uma rotação de 45° em torno de eixo vertical OZ, ficará na posição II. As duas direções OX e OY formarão ângulos de 45° com o quadro. Se o cubo for depois inclinado para frente até que as três arestas OX, OY e OZ formem o mesmo ângulo com o quadro, a vista frontal do cubo, na posição III, é a sua **perspectiva isométrica**.

O'X', O'Y' e O'Z' serão de agora em diante considerados como os eixos isométricos e representam as projeções das três arestas OX, OY e OZ que convergem para o vértice do cubo mais próximo do quadro.

As perspectivas das arestas do cubo e as linhas a elas paralelas são denominadas **linhas isométricas**. As perspectivas das faces do cubo e outras que forem a elas paralelas são chamadas de **faces isométricas**.

As projeções das três dimensões fundamentais do cubo sofrem a mesma redução e terão a mesma medida na projeção isométrica (81,6% do valor real), porque se trata de projeções ortogonais de segmentos iguais e igualmente inclinados em relação ao plano de projeção.

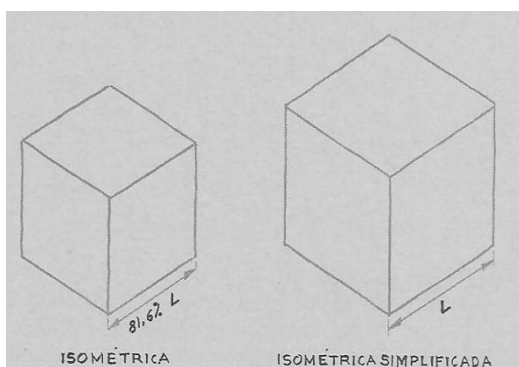


Fig. 13

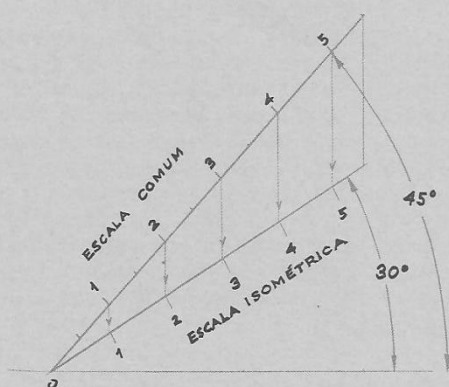


Fig. 14



Fig. 15

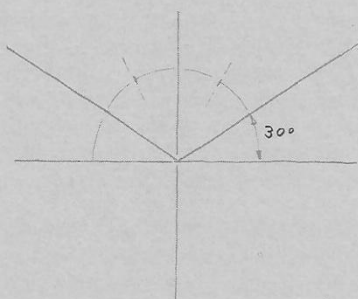


Fig. 16

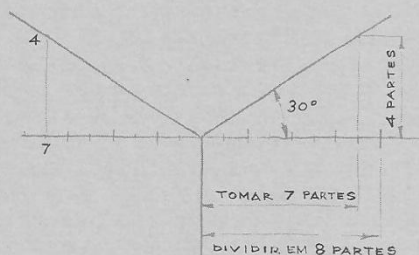


Fig. 17

Como os **coeficientes de redução**¹ são iguais para os três eixos isométricos, pode-se tomar como medida das arestas do cubo, sobre estes eixos, a verdadeira grandeza das mesmas e o efeito será idêntico, ficando, apenas, com suas dimensões ampliadas de 1 para 1,23. A representação assim obtida, Fig. 13, é denominada **Desenho Isométrico ou Isométrica Simplificada** e a

ampliação correspondente pode ser perfeitamente tolerada, em face das vantagens de se trabalhar diretamente com as dimensões do objeto. Haveria um único inconveniente na utilização do Desenho Isométrico, quando a perspectiva de um objeto tivesse que aparecer junto à representação do mesmo por sistema de vistas ortográficas e essa ampliação, então facilmente perceptível, fosse indesejável. Neste caso, será utilizado o coeficiente de redução ou a escala isométrica correspondente. Fig. 14.

1: Coeficiente ou fator de redução é a relação entre a projeção de um segmento da reta e a sua verdadeira grandeza (nas projeções axonométricas ortogonais é sempre menor que a unidade). O **coeficiente de redução** também é denominado de **coeficiente de transformação, alteração ou encurtamento**.

DETERMINAÇÃO DOS EIXOS ISOMÉTRICOS

Partindo da perspectiva do cubo, e nela considerando como origem a projeção do vértice mais próximo do quadro, são traçados os três eixos isométricos, de modo formem entre si ângulos de 120°; isto se consegue fazendo com que um dos eixos seja vertical e os dois outros oblíquos de 30° em relação à horizontal. Fig. 15.

A construção dos eixos oblíquos, em esboço à mão livre, pode ser feita, facilmente, de duas maneiras:

A) Pela divisão a olho do ângulo reto em 3 partes iguais. Fig. 16.

B) Por coordenadas ortogonais que dão com bastante precisão o ângulo desejado, usando a relação de 4 para 7. Fig. 17.

CONSTRUÇÃO DE UMA ISOMÉTRICA

No esboço à mão livre utiliza-se, geralmente, o processo de construção fundamentado nas coordenadas axonométricas. Como o nome indica, trata-se de um processo genérico aplicável a qualquer axonométrica e, portanto, também ao caso particular da isométrica.

No processo em estudo, considerando três direções do objeto como eixos do triedro objetivo, são estabelecidos de cada ponto do objeto, correspondendo às dimensões H, L e P. Desenhar-se-ão, a seguir, os eixos isométricos que correspondem à perspectiva dos eixos do triedro objetivo.

Aplicando o coeficiente de redução às coordenadas de cada ponto do objeto, obtêm-se as coordenadas isométricas correspondentes que serão levadas sobre os respectivos eixos isométricos. No caso do **Desenho Isométrico**, serão medidas, diretamente sobre os eixos, as próprias dimensões do objeto, ficando assim determinada, ponto por ponto, a sua perspectiva.

Como exemplo, será utilizado o processo das coordenadas para obter o Desenho Isométrico do prisma reto e base retangular, dado por suas vistas ortográficas na Fig. 18.

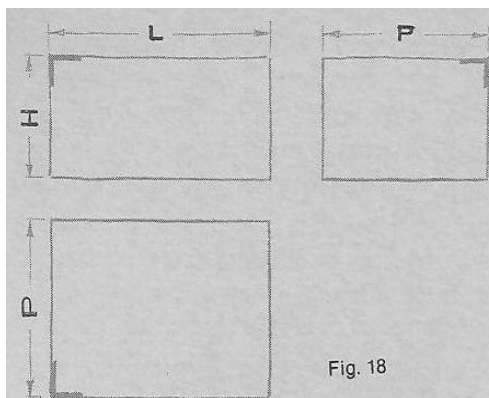


Fig. 18

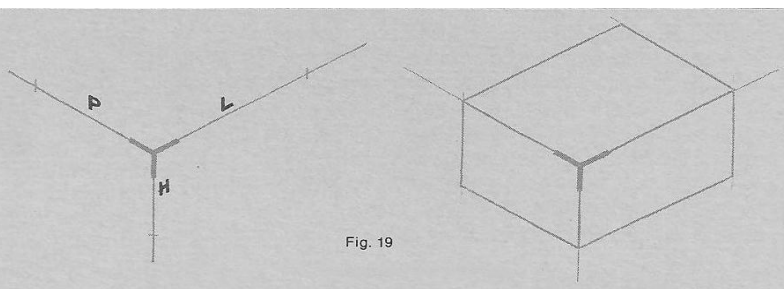


Fig. 19

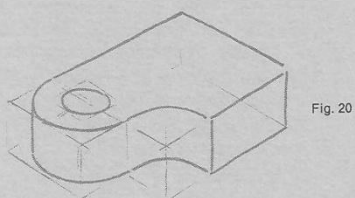


Fig. 20

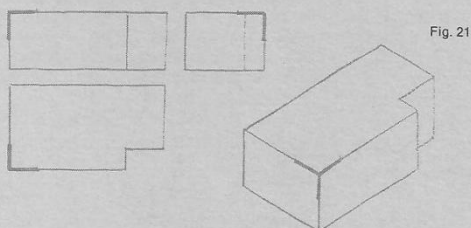


Fig. 21

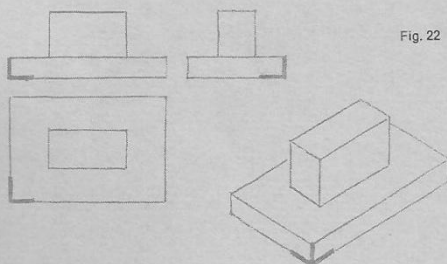


Fig. 22

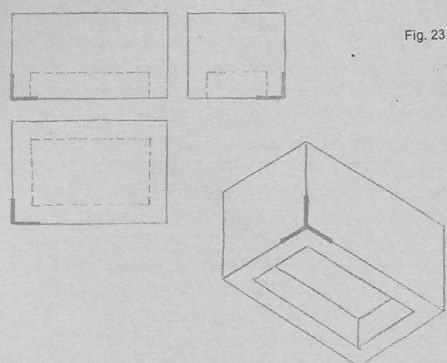


Fig. 23

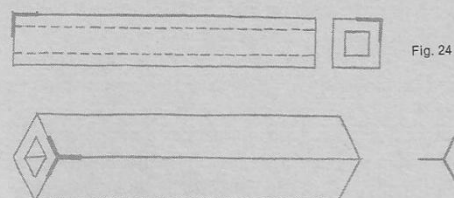


Fig. 24

Considerando a projeção do vértice do prisma, mais próximo do quadro como as origens dos eixos isométricos marcam-se sobre estes, em verdadeira grandeza, a altura H, a largura L, e a profundidade P do prisma. Após, pelos extremos dos segmentos assim obtidos, são traçadas linhas paralelas aos eixos, complementando a figura. Fig. 19.

As linhas ocultas não são habitualmente representadas em perspectivas, nem sob a forma convencional de linha interrompida. Ao se executar o esboço, no entanto, são desenhadas muitas linhas que ficarão ocultas ou deverão desaparecer quando novos detalhes forem acrescentados. Porém, fazendo-se o esboço preliminar com a necessária leveza, a permanência de alguma das suas linhas, após terem sido reforçadas as linhas visíveis, pode auxiliar na interpretação da perspectiva tornando mais eficaz a descrição da forma do objeto. Fig. 20.

ESCOLHA DOS EIXOS

É muito importante a escolha correta da posição do objeto na perspectiva, isto é, escolha convencional dos eixos isométricos. Habitualmente, a posição do prisma em relação ao quadro é tal que a sua aresta **altura** aparecerá na perspectiva como coincidente com a direção do eixo isométrico vertical. A largura e a profundidade aparecerão como direções inclinação de 30°, em relação a horizontal a Fig. 21.

A disposição dos eixos que foi exposta é conhecida como **primeira posição**, correspondendo, normalmente, a iniciar-se a construção da perspectiva do objeto, pelo vértice superior mais próximo ao quadro. Às vezes, é interessante iniciar a construção pelo vértice frontal inferior do objeto, sendo então, os eixos ditos de **segunda posição**. Essas não significam uma real modificação na posição do objeto em relação ao quadro, tratando-se, apenas, de uma disposição prática dos eixos isométricos. Fig. 22.

Nas perspectivas analisadas até agora, o objeto é inclinado para frente em relação ao quadro, mostrando sua face superior. Ele pode, porém, ser inclinado para trás e a correspondente perspectiva isométrica mostraria a face inferior. Neste caso os eixos isométricos assumem a denominada **posição invertida**. Fig. 23.

Quando uma das dimensões horizontais predominar sobre a outra e sobre a altura, as posições dos eixos isométricos, vistas até agora, acarretarão uma perspectiva do objeto exageradamente deformada na dimensão preponderante. Para evitar esse efeito deformador, é conveniente utilizar um sistema isométrico com um eixo em posição horizontal, em vez de vertical. A colocação da peça, em relação ao quadro, deveria ser tal que a sua maior dimensão correspondesse ao eixo horizontal do sistema. Fig. 24.

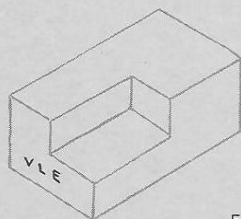
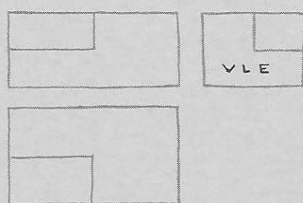


Fig. 25

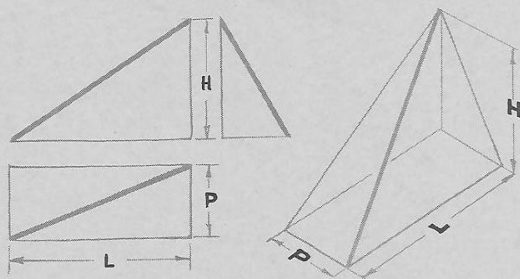
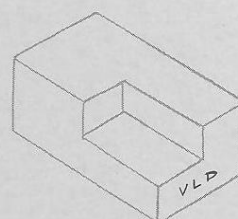
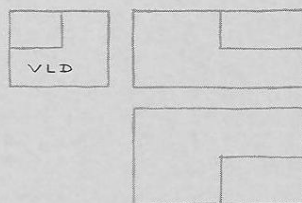


Fig. 26

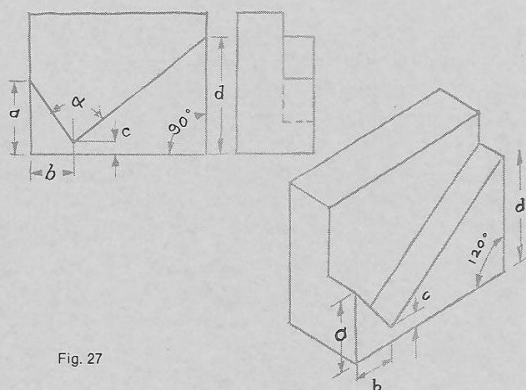


Fig. 27

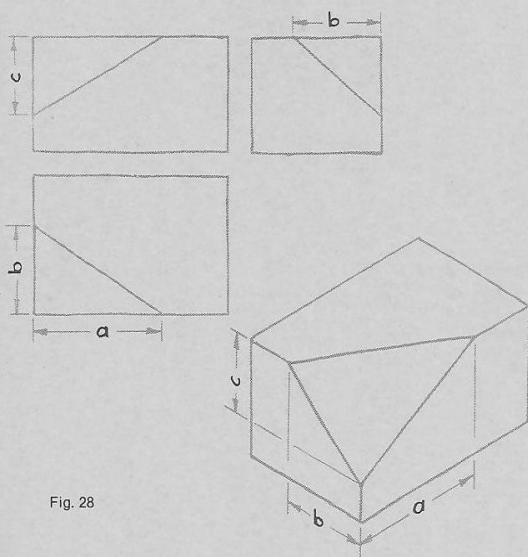


Fig. 28

Quando, como neste caderno, é feita a construção de uma perspectiva isométrica a partir das vistas ortográficas, a escolha da posição dos eixos isométricos é sempre função das vistas dadas. Se a vista horizontal dada for a superior, ela determinará a **posição normal** dos eixos; se for a inferior, adotar-se-á a **posição invertida**. Escolhida a posição dos eixos, verifica-se qual a vista lateral representada; sendo ela esquerda ou direita, deverá ocupar idêntica posição na perspectiva. Fig. 25. No caso de serem dadas apenas duas vistas, presume-se que a terceira seja uma vista habitual.

Se forem fornecidas outras vistas ortográficas além das três habituais, devem-se desenhar perspectivas adicionais que façam aparecer àquelas outras vistas, isso, porém, ocorre muito raramente.

RETAS NÃO ISOMÉTRICAS

As arestas do objeto não paralelas aos eixos triedro objetivo têm como perspectiva **linhas não isométricas**. As medidas dessas arestas não podem ser transferidas diretamente para a perspectiva. Fig. 26.

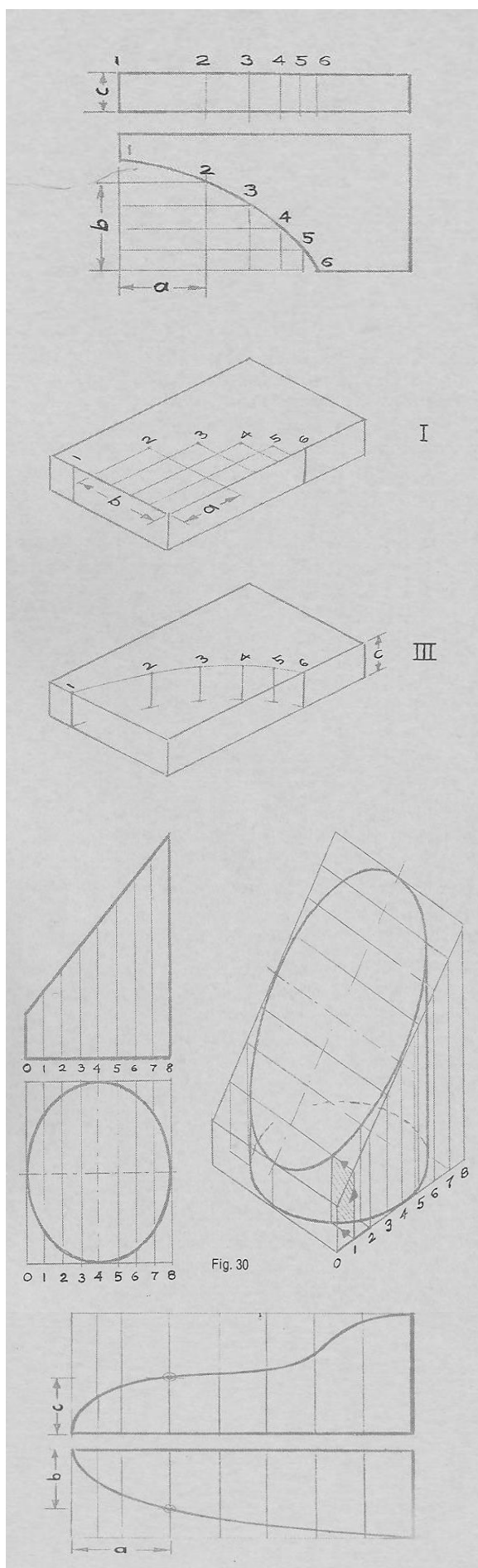
Obtém-se a perspectiva das retas não isométricas unindo as perspectivas de dois dos seus pontos, determinadas por meio das respectivas coordenadas isométricas.

ÂNGULOS

Os ângulos se projetam em verdadeira grandeza somente quando seu plano é paralelo ao plano de projeção. Portanto, a perspectiva isométrica dos ângulos situados nas **faces isométricas** do objeto, e que são inclinadas em relação ao quadro, é deformada. A perspectiva desses ângulos deve ser construída com as coordenadas de seu vértice e de um ponto de casa um dos seus lados. Fig. 27.

FACES NÃO ISOMÉTRICAS

A perspectiva de uma face não paralela a qualquer plano do triedro objetivo, denominada de **face não isométrica**, deve ser construída em função das coordenadas isométricas dos seus vértices. Fig. 28.

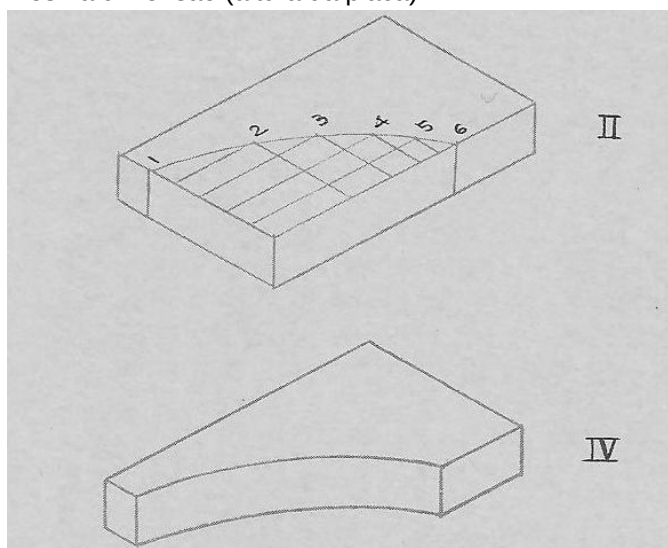


LINHAS CURVAS

As linhas curvas são essencialmente não isométricas e, portanto, deverão ser construídas ponto por ponto.

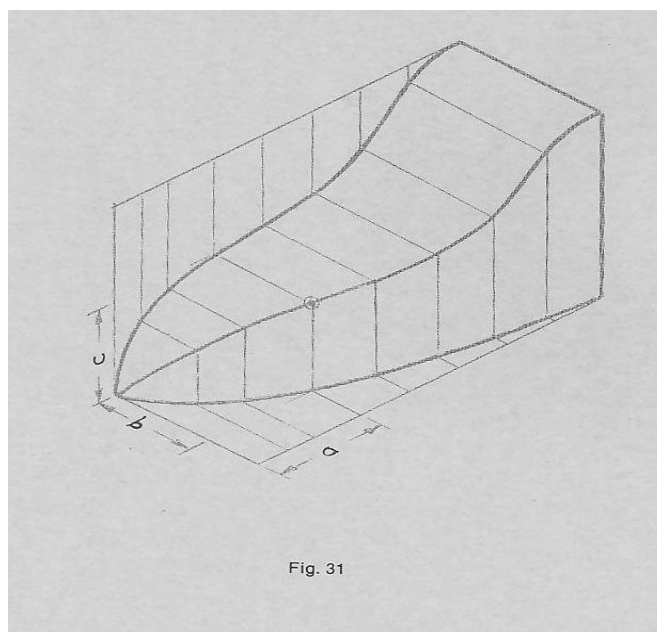
Quando se trata de curvas pertencentes a faces isométricas, elas serão construídas sobre a perspectiva dessas faces com os pares de coordenadas isométricas dos seus pontos.

No caso de sólidos com uma superfície curva, como a indicada na Fig. 29 basta traçar-se, em perspectiva, a curva que representa a intersecção daquela superfície com a face superior; a seguir, constrói-se a curva situada na face inferior a partir de uma série de geratrizes verticais, sobre as quais é tomada sempre a mesma dimensão (altura da placa).



Se a curva está situada numa face plana não isométrica, as coordenadas dos seus pontos deverão ser tomadas segundo direções isométricas, transferindo-se após, adequadamente, para o plano da face. Fig. 30.

Para construir a perspectiva de linhas curvas no espaço (não planas), serão necessárias três coordenadas isométricas para cada um dos seus pontos. Fig. 31.



A CIRCUNFERÊNCIA NA PERSPECTIVA ISOMÉTRICA

A projeção cilíndrica da circunferência cujo plano não é paralelo ao plano de projeção é uma elipse. Portanto, as perspectivas isométricas de circunferências situadas em faces isométricas serão elipses. Estas, por serem curvas planas, poderão ser construídas por pontos, determinados pelos respectivos pares de coordenadas isométricas. Fig. 32.

Na prática, a construção da elipse é iniciada pelo traçado do paralelogramo que a circunferência e que corresponde à perspectiva do quadrado circunscrito à circunferência¹ Fig. 33. Após, são desenhados em isométrica os eixos desse quadrado; obtêm-se, assim, quatro pontos de passagem da elipse, bem como quatro condições de tangência, pois a curva deve tangenciar os lados do quadrado em isométrica, nesses pontos. Isso, normalmente, é suficiente para o traçado da elipse, mas, quando se trata de curvas maiores, pode ser utilizado o processo da divisão do semilado desse quadrado em cinco partes, que permite, pela ligação adequada das mesmas, obter pontos intermediários de passagem da curva. Fig. 34.

As elipses que representam circunferências em isométrica são denominadas **elipses isométricas**. O seu eixo menor situa-se, sempre, na direção da projeção do eixo de rotação da circunferência do espaço e o seu eixo maior será, então, perpendicular a essa direção. Fig. 35. Em função disso, na representação isométrica de um cilindro, as duas faces circulares do mesmo são representadas por elipses, cujos eixos menores coincidem com a direção do eixo do cilindro. Fig. 36.

Essa propriedade é exatamente importante, pois permite a determinação imediata, na perspectiva de uma face, da posição da elipse que representa uma circunferência do plano dessa face. Fig. 37.

1: No **desenho isométrico**, o lado do quadrado em perspectiva é igual à verdadeira grandeza do diâmetro da circunferência; na **perspectiva isométrica**, o lado do quadrado será reduzido segundo a escala isométrica (81,6%).

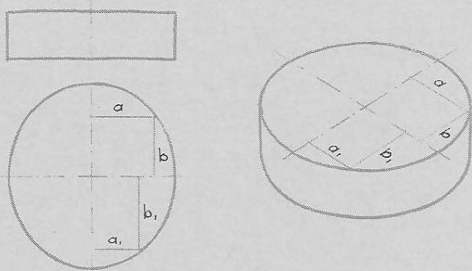


Fig. 32

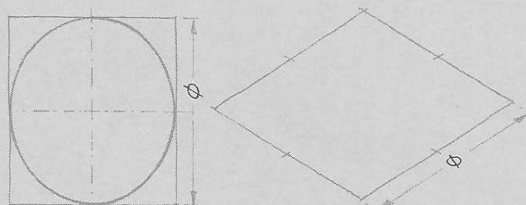


Fig. 33

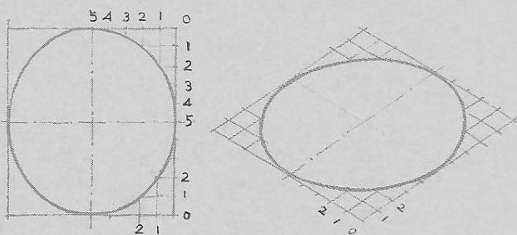


Fig. 34

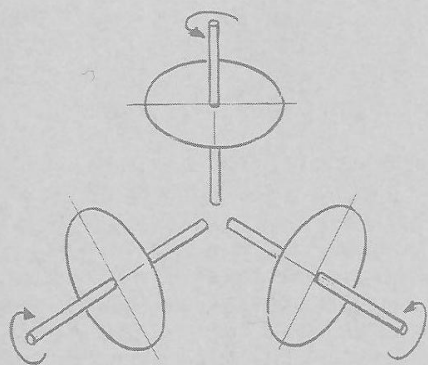


Fig. 35

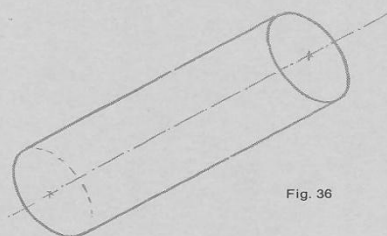


Fig. 36

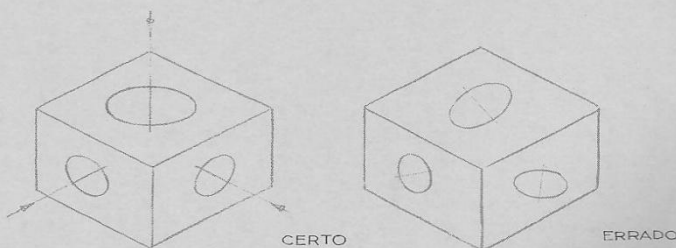


Fig. 37

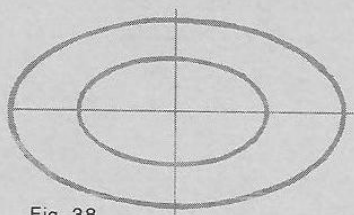


Fig. 38

Circunferências concêntricas projetam-se como elipses que possuem o mesmo centro, mas a faixa entre elas não têm a mesma largura, isto é, as curvas não são equidistantes. Fig. 38.

Para determinar-se a parte visível da intersecção de um furo cilíndrico com a face posterior do objeto, sem necessidade de traçar uma nova elipse completa, procede-se como indicado na Fig. 39.

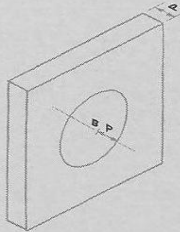


Fig. 39a

MARCAR P SOBRE O EIXO, DETERMINANDO O PONTO B

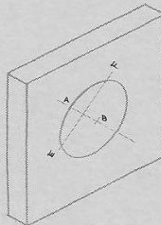


Fig. 39b

TRAÇAR EF PERPENDICULAR AO MEIO DE AB

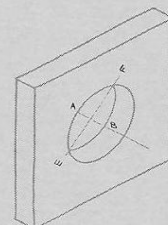
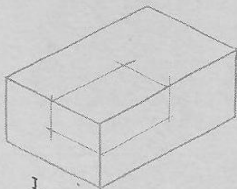
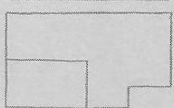
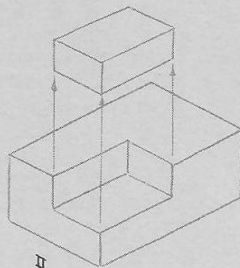


Fig. 39c

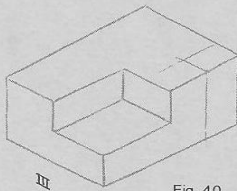
TRAÇAR O ARCO EBF SIMÉTRICO AO ARCO EAF EM RELAÇÃO A CORDA EF



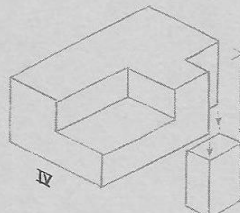
I



II



III



IV

Fig. 40

PROCESSOS PRÁTICOS PARA CONSTRUÇÃO DE PERSPECTIVAS

Existem quatro processos práticos para construção de perspectivas que nada mais são de que a aplicação do sistema das coordenadas. No primeiro processo as coordenadas são tomadas em relação a um sólido fundamental; no segundo processo elas servem para locar e construir cada novo sólido, superpondo-o ao anterior; no terceiro processo as coordenadas são organizadas em secções características; e no quarto processo as coordenadas se estabelecem em torno de um esqueleto linear.

1) Construção da perspectiva a partir do sólido fundamental

É aplicada vantajosamente quando, no objeto a ser representado, for facilmente identificado o sólido fundamental do qual ele se originou. Neste caso, inicia-se a perspectiva desenhando o sólido fundamental e nele são figurados os cortes necessários à retirada de cada parte elementar, e assim sucessivamente até ser obtida a representação definitiva do objeto.

O processo é também denominado de **processo de corte** ou **subtração**. Fig. 40.

2) Construção da perspectiva por superposição

Este processo é apropriado à representação daqueles objetos que não são claramente relacionáveis com um sólido fundamental que os abranja na sua totalidade. São modelos mais facilmente concebidos como sendo o resultado da composição de vários sólidos elementares.

Neste caso, inicia-se o desenho com a perspectiva de um dos sólidos elementares, normalmente o que constitui a base do objeto; após, superpõe-se ao primeiro a perspectiva do sólido seguinte e assim por diante. Fig. 41.

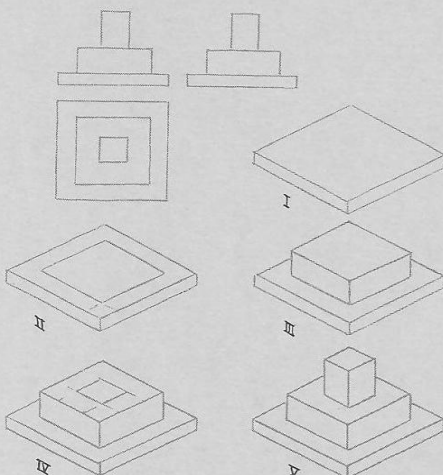
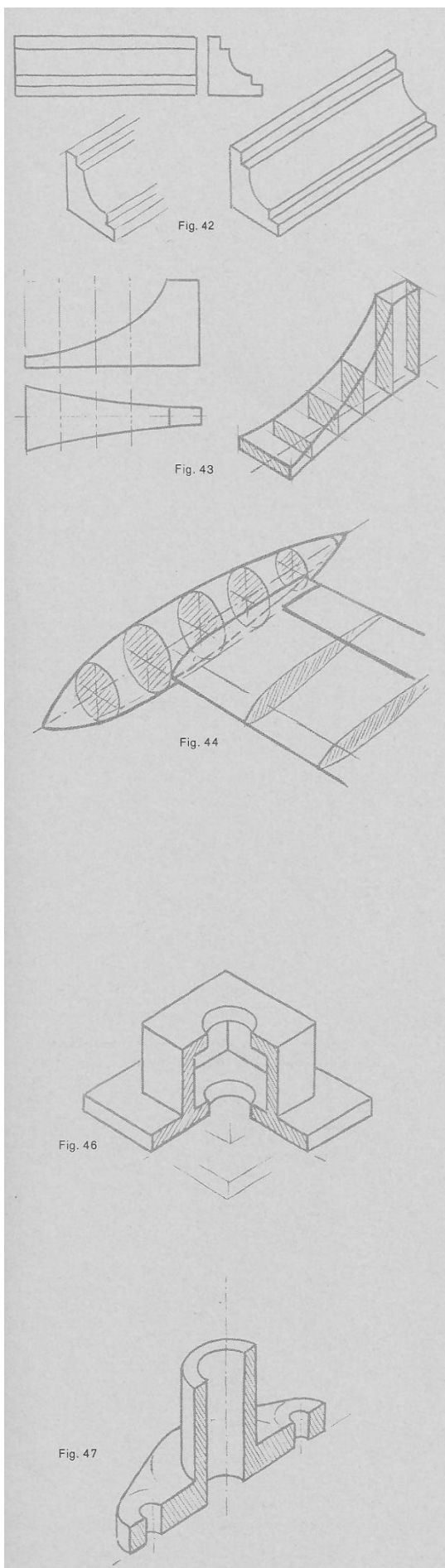


Fig. 41



3) Construção por secções características

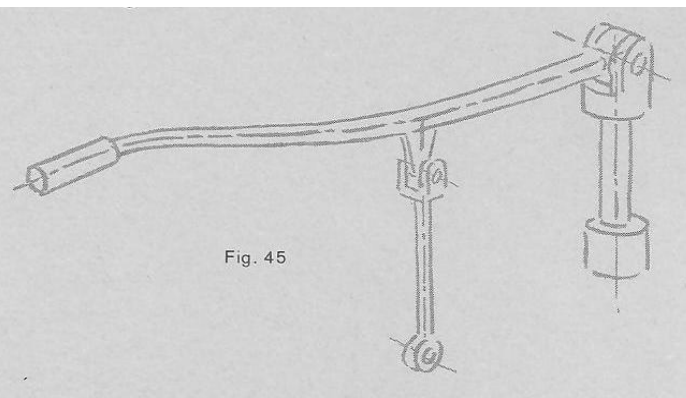
Consiste em desenhar a perspectiva de um objeto dotado de uma secção característica, pondo em perspectiva justamente essa secção e traçando, pelos diversos pontos da mesma, linhas isométricas perpendiculares ao seu plano. Fig. 42.

Uma variação desse processo é essencialmente apropriada para objetos de formas curvas segundo as três dimensões do espaço, como por exemplo: aviões, barcos e blocos diagramas. Nesse caso, são desenhadas em perspectiva as secções do objeto tomadas em intervalos iguais e perpendicularmente a um eixo do mesmo. A forma do objeto tomada em intervalos iguais e perpendicularmente a um eixo do mesmo. A forma do objeto será obtida ligando os vértices correspondentes das secções. Fig. 43, ou traçando os tangentes limites das mesmas. Fig. 44.

Como vemos, trata-se de um processo para organizar metodicamente as coordenadas isométricas em secções características.

4) Construção em esqueleto

Em alguns casos é preferível desenhar em perspectiva, inicialmente, as linhas que estabelecem como que um esqueleto e, posteriormente, acrescentar os volumes externos a essa estrutura. Fig. 45.



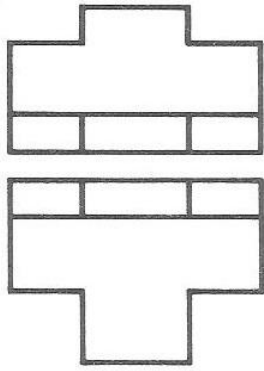
CORTES OU SECÇÕES EM PERPECTIVAS

Para representar mais claramente a forma, assim como detalhes internos de determinados objetos, as perspectivas dos mesmos podem apresentar-se cortadas. Os planos de corte são escolhidos segundo planos isométricos e o respectivo hachurado costuma ser inclinado de 60° , o que corresponde ao hachurado de 45° nas representações por sistema de vistas ortográficas.

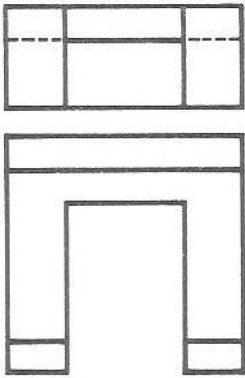
Uma peça pode ser representada em **meio corte**, caso em que é esboçado, inicialmente, o contorno completo da mesma; a seguir, a perspectiva é cortada por dois planos isométricos perpendiculares entre si, retirando-se, então, a quarta parte frontal. Fig. 46.

Quando a peça deve apresentar um **corte total**, inicia-se o desenho pela face costada acrescentando-se, após, a parte posterior. Fig. 47.

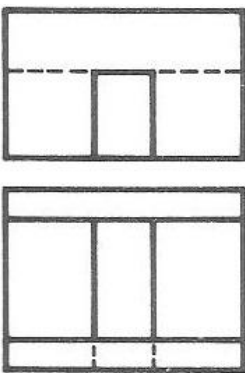
No caso geral das axonometrias, os planos de corte terão as direções dos planos axonométricos e o hachurado será traçado na direção mais conveniente.



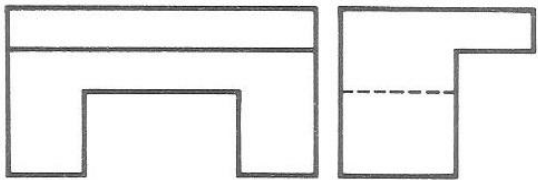
ISO 1 – A1



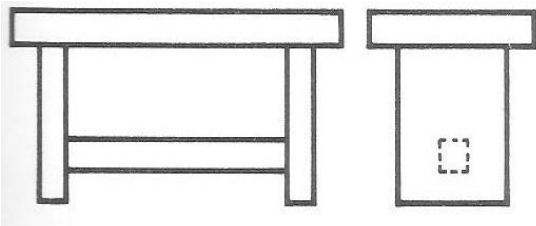
ISO 1 – A2



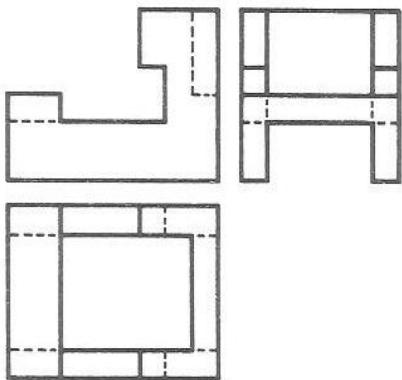
ISO 1 – A3



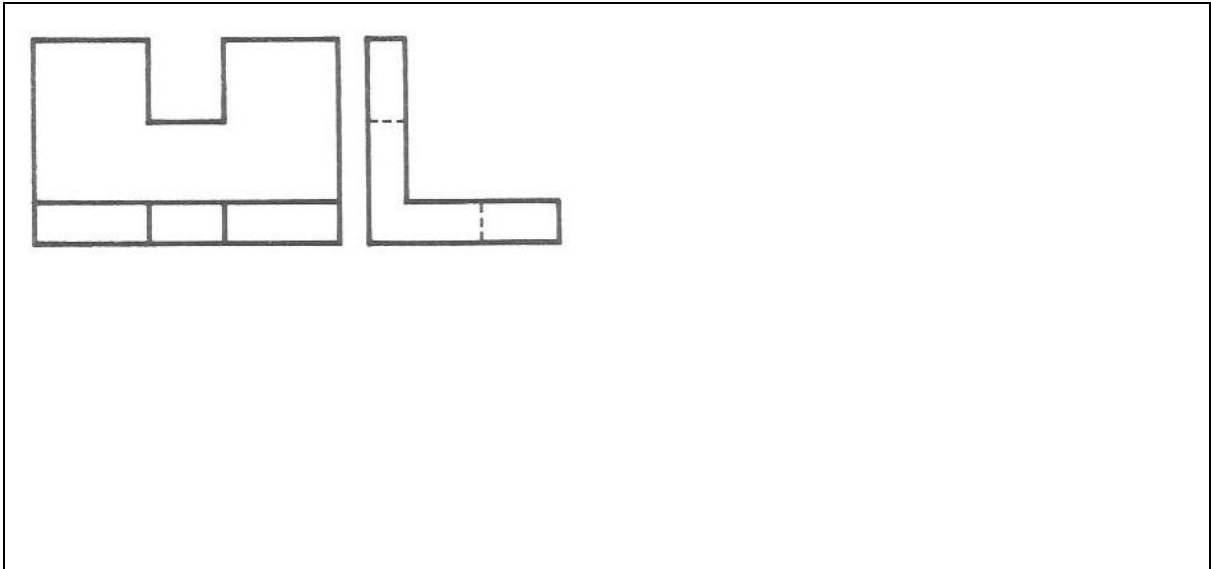
ISO 1 – A4



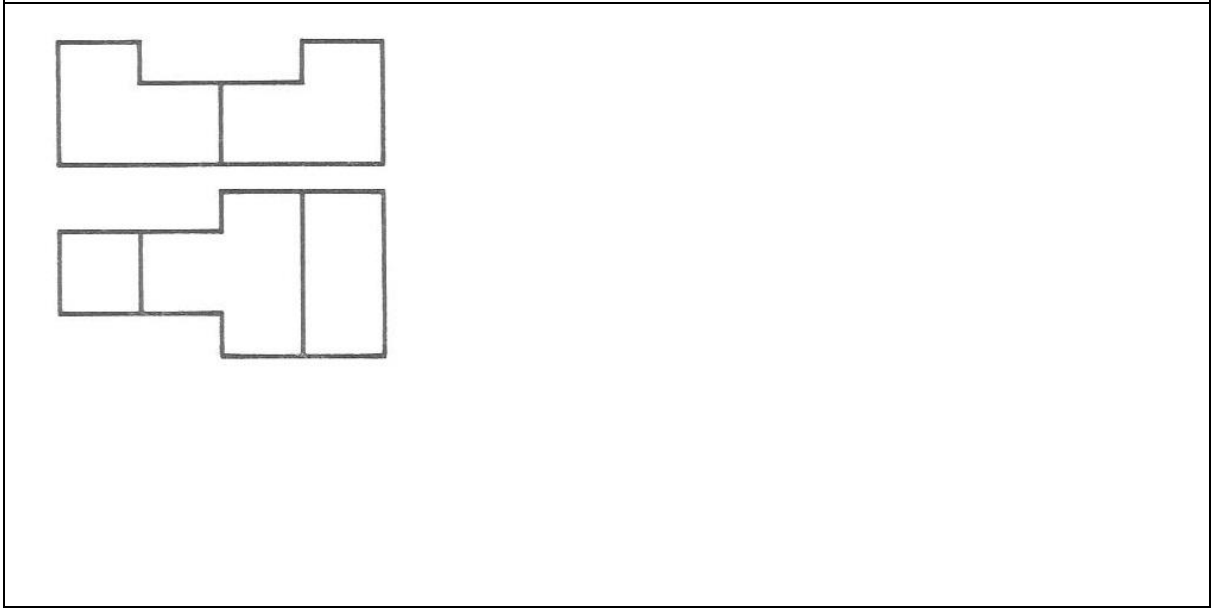
ISO 1 – A5



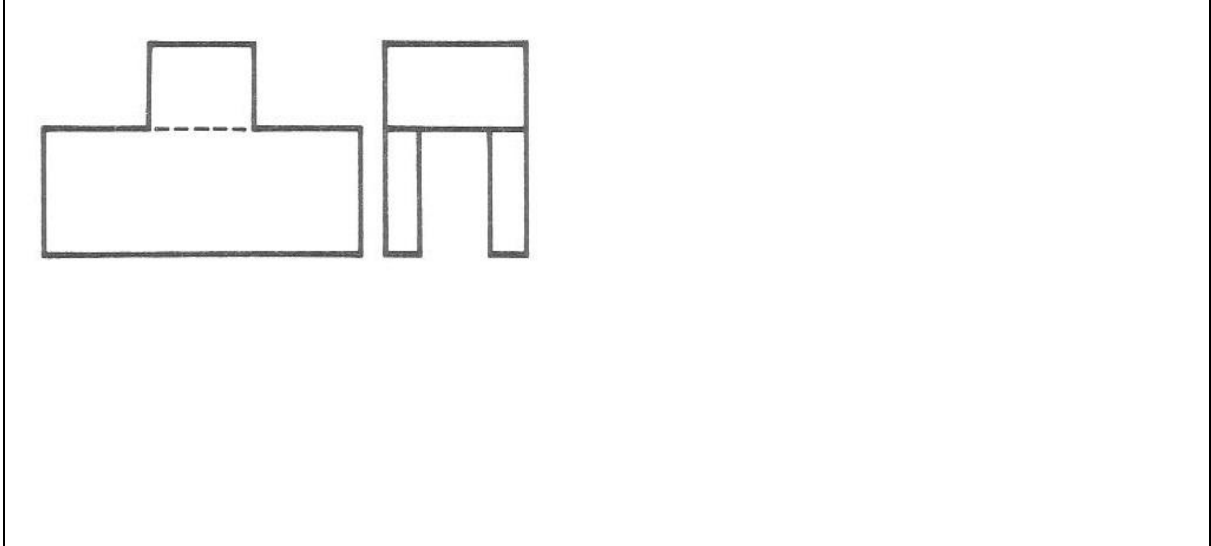
ISO 1 – A6



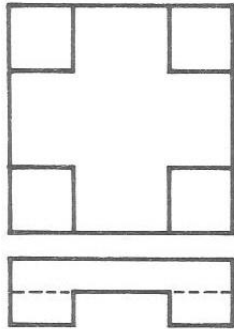
ISO 1 – B1



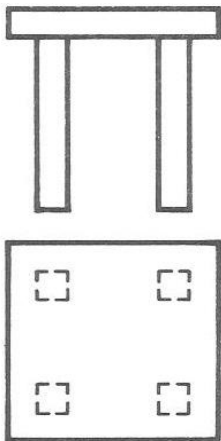
ISO 1 – B4



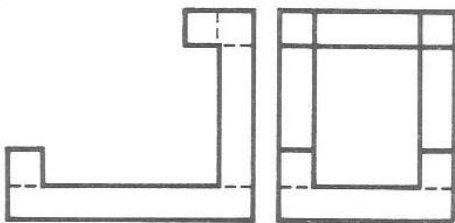
ISO 1 – B3



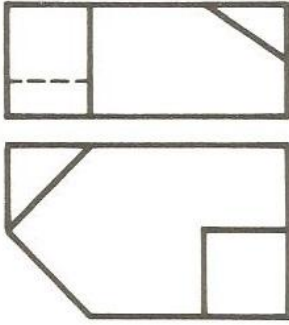
ISO 1 – B4



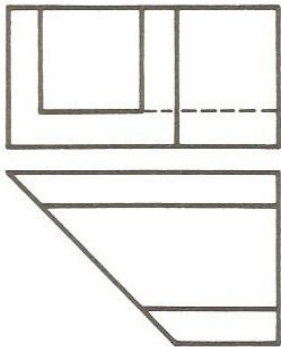
ISO 1 – B5



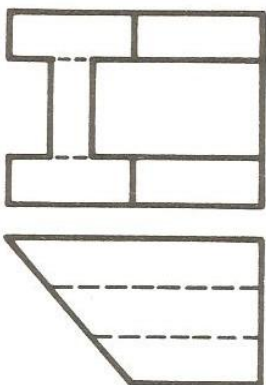
ISO 1 – B6



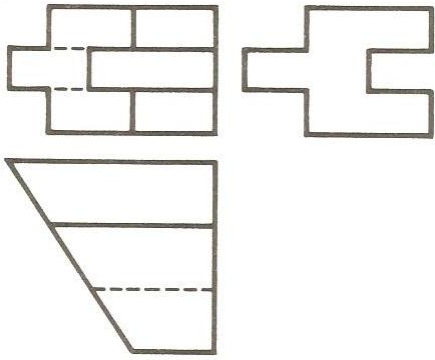
ISO 2 – A1



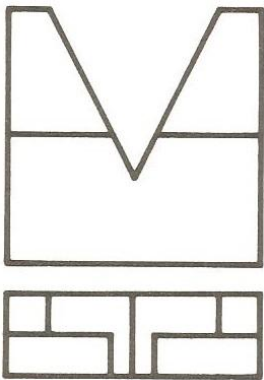
ISO 2 – A2



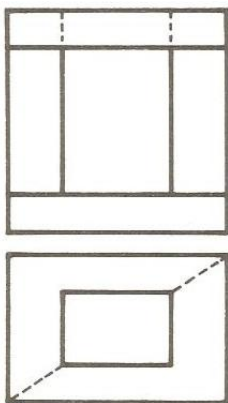
ISO 2 – A3



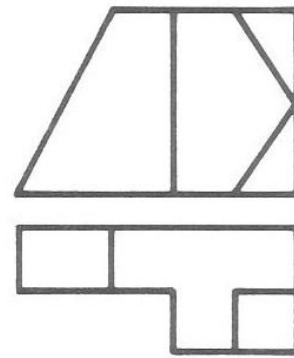
ISO 2 – A4



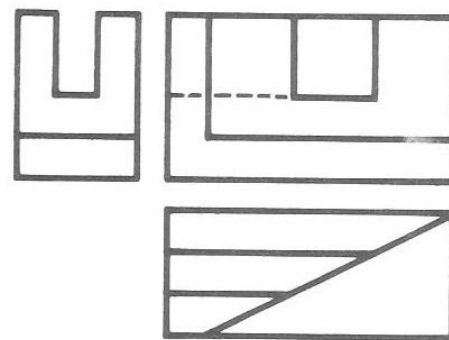
ISO 2 – A5



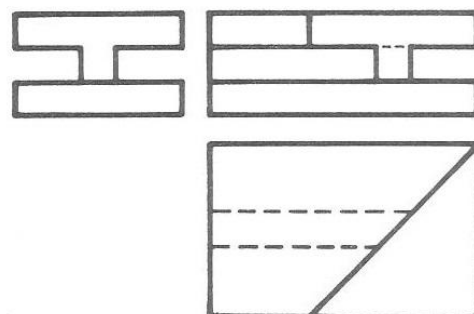
ISO 2 – A6



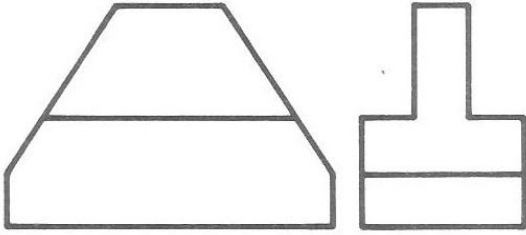
ISO 2 – B1



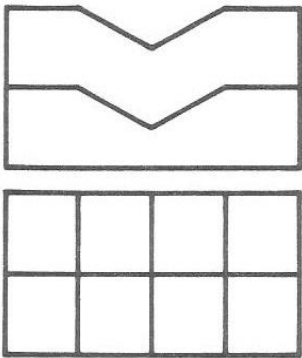
ISO 2 – B2



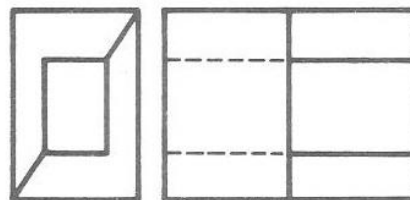
ISO 2 – B3



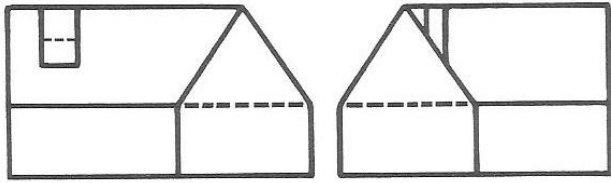
ISO 2 – B4



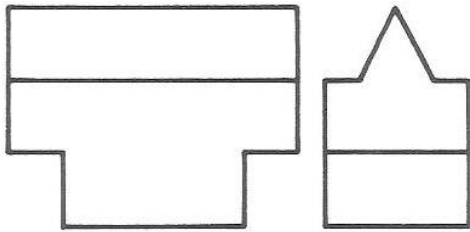
ISO 2 – B5



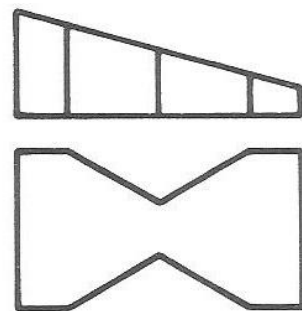
ISO 2 – B6



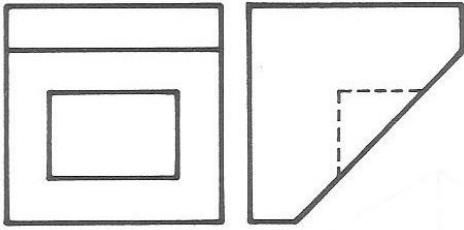
ISO 3 – A1



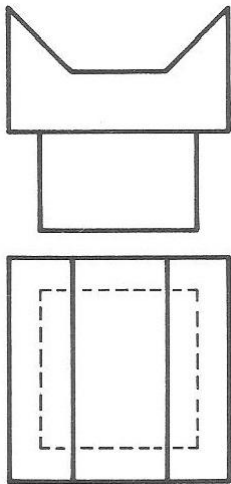
ISO 3 – A2



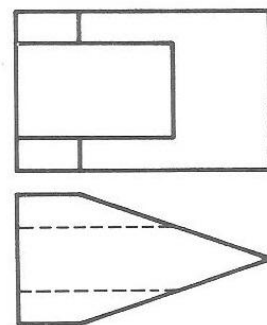
ISO 3 – A3



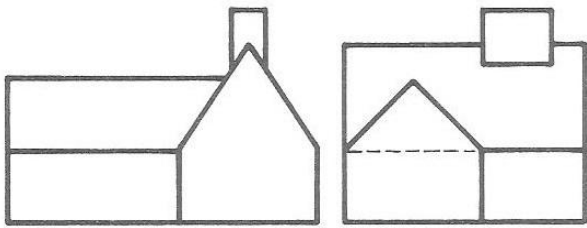
ISO 3 – A4



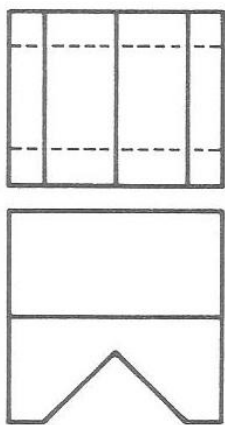
ISO 3 – A5



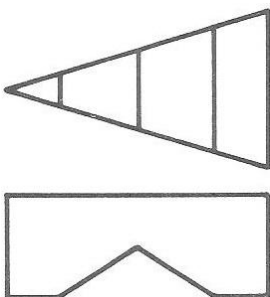
ISO 3 – A6



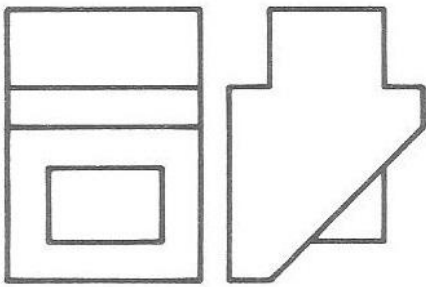
ISO 3 – B1



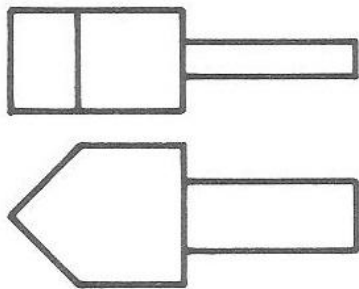
ISO 3 – B2



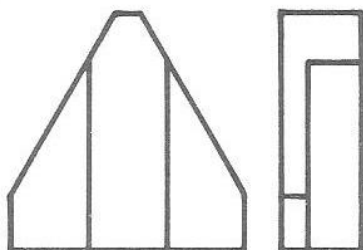
ISO 3 – B3



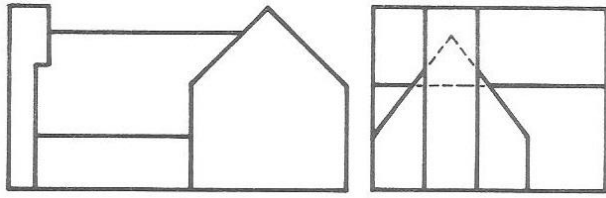
ISO 3 – B4



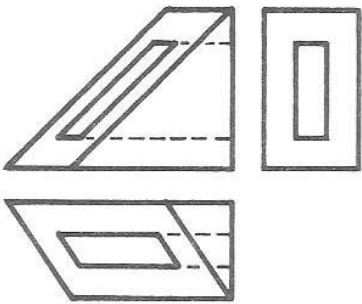
ISO 3 – B5



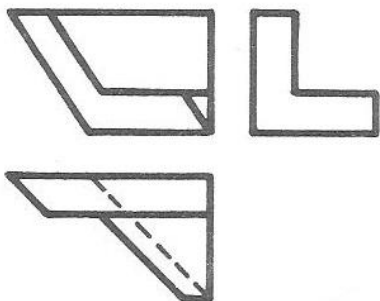
ISO 3 – B6



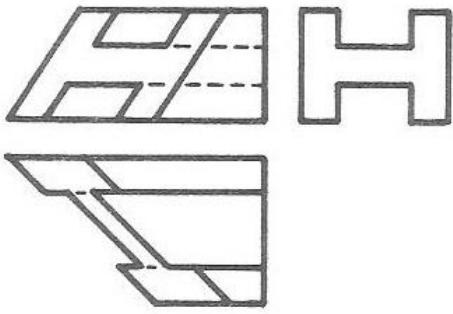
ISO 4 – A1



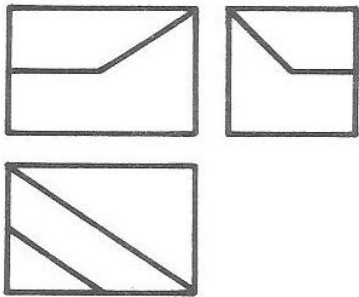
ISO 4 – A2



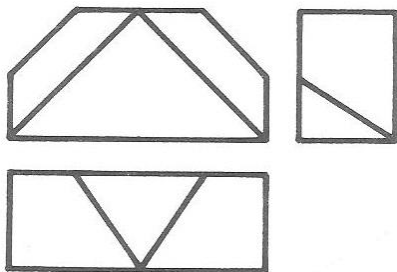
ISO 4 – A3



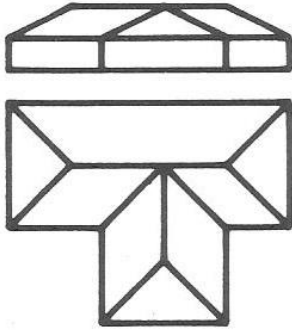
ISO 4 – A4



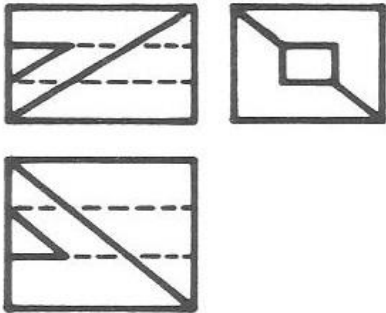
ISO 4 – A5



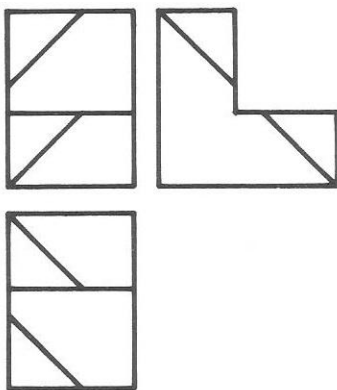
ISO 4 – A6



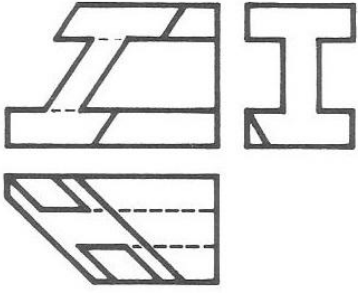
ISO 4 – B1



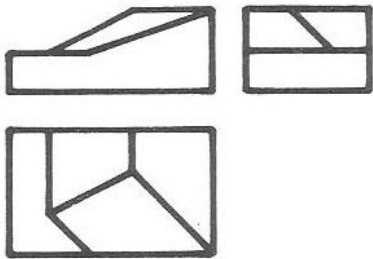
ISO 4 – B2



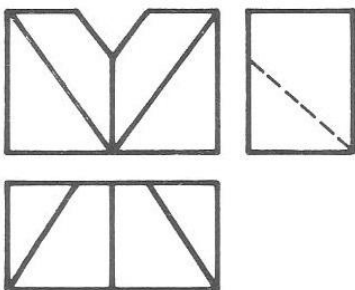
ISO 4 – B3



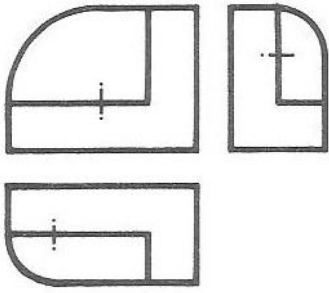
ISO 4 – B4



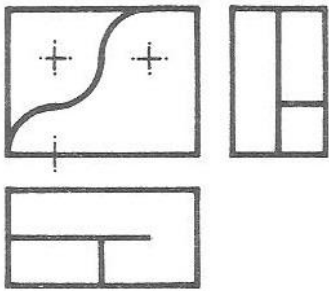
ISO 4 – B5



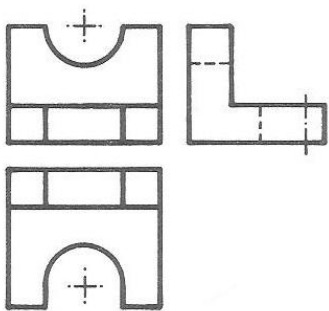
ISO 4 – B6



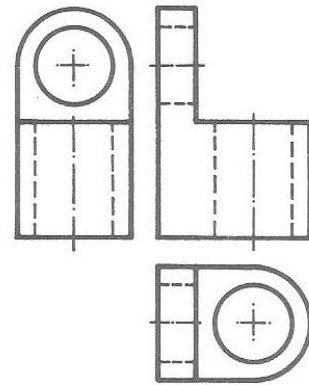
ISO 5 – 1



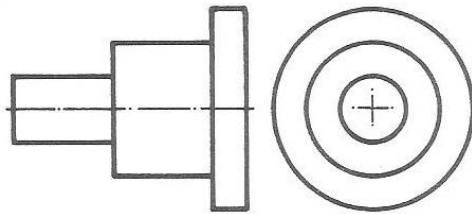
ISO 5 – 2



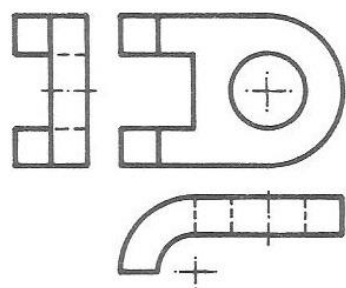
ISO 5 – 3



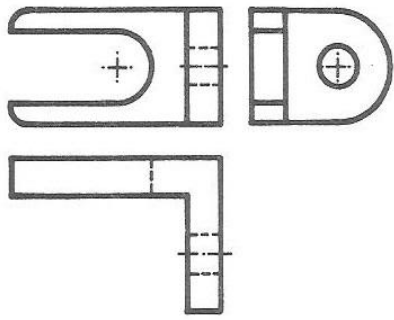
ISO 5 – 4



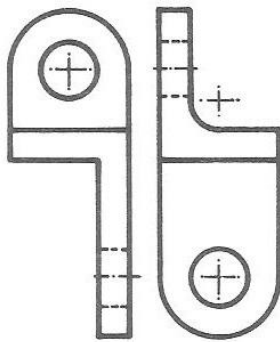
ISO 6 – A1



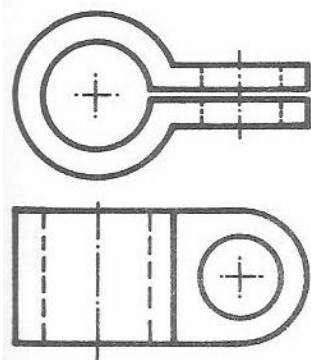
ISO 6 – A2



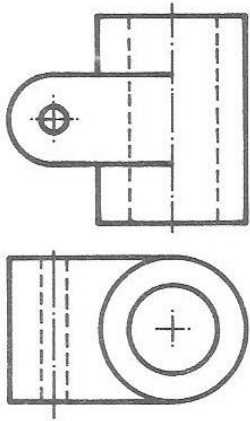
ISO 6 – A3



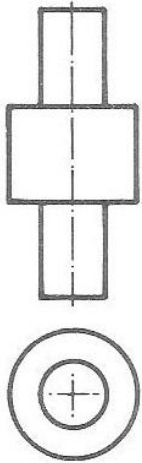
ISO 6 – A4



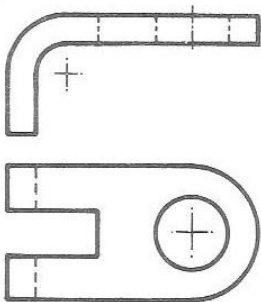
ISO 6 – A5



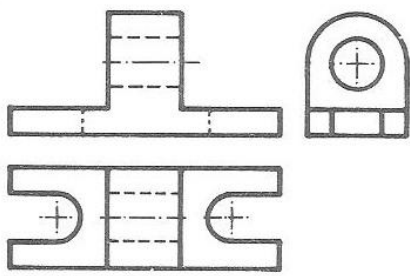
ISO 6 – A6



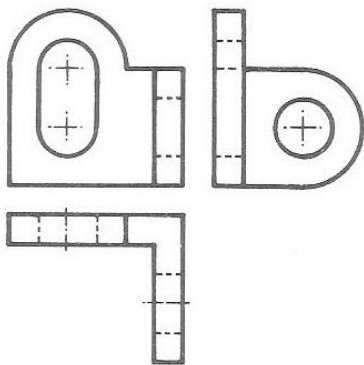
ISO 6 – B1



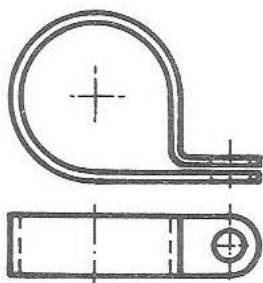
ISO 6 – B2



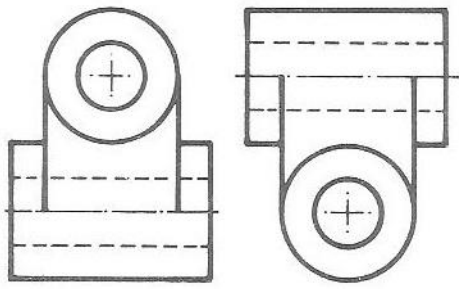
ISO 6 – B3



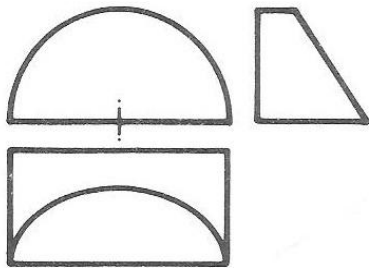
ISO 6 – B4



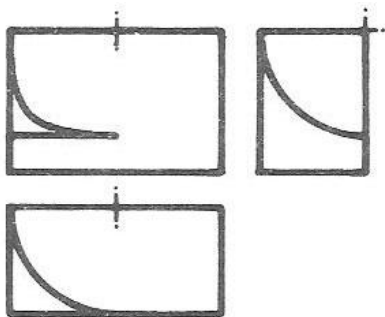
ISO 6 – B5



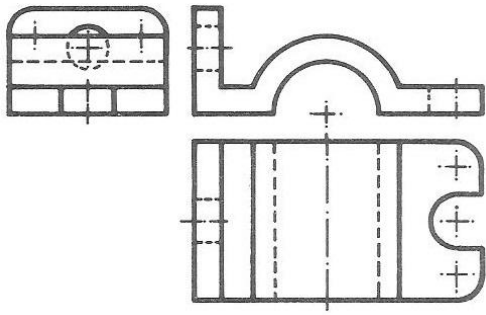
ISO 6 – B6



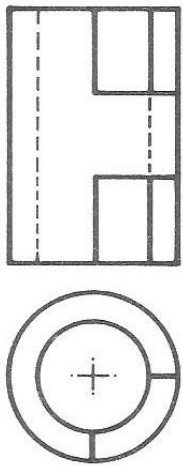
ISO 7 – A1



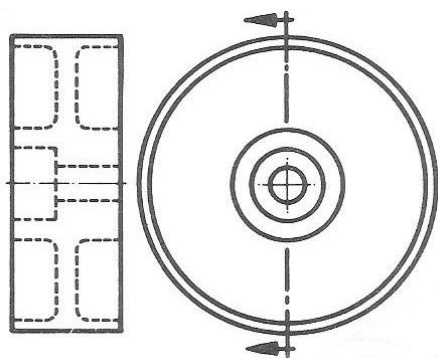
ISO 7 – A2



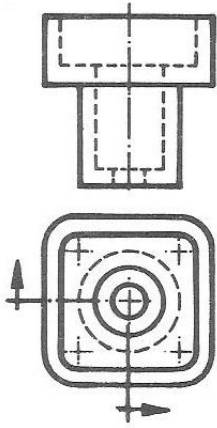
ISO 7 – A3



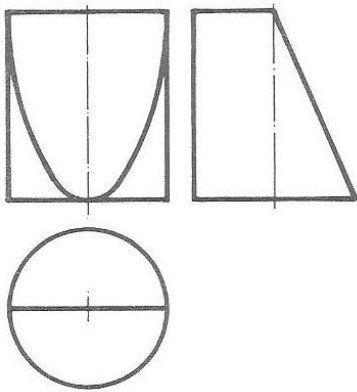
ISO 7 – A4



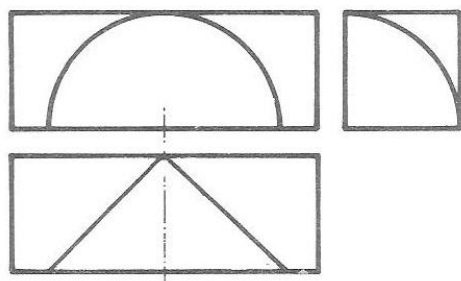
ISO 7 – A5



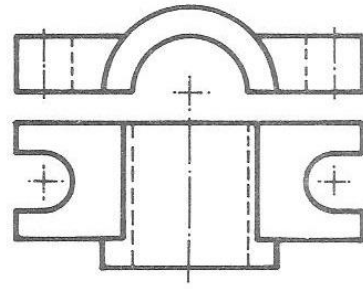
ISO 7 – A6



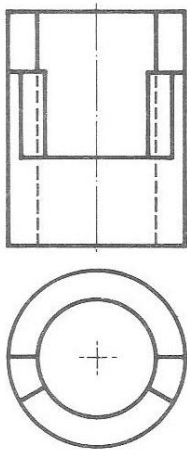
ISO 7 – B1



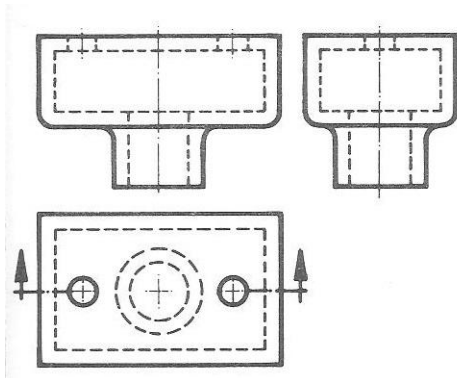
ISO 7 – B2



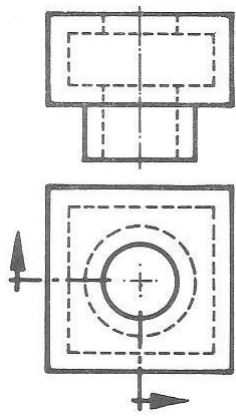
ISO 7 – B3



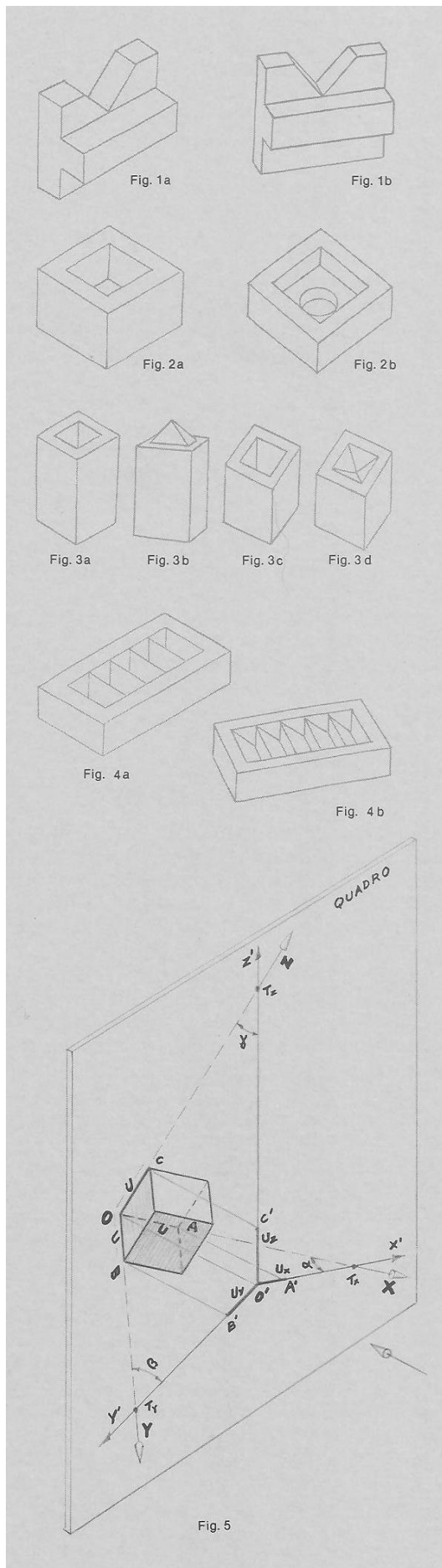
ISO 7 – B4



ISO 7 – B5



ISO 7 – B6



PERSPETIVA AXONOMÉTRICAS ORTOGONAIS TRIMÉTRICA E DIMÉTRICA

O sistema isométrico visto até agora, iniciou o estudo das perspectivas axonométricas ortogonais. Assim procedeu-se por motivos didáticos, resultantes da simplicidade do sistema isométrico, tanto pela facilidade na determinação dos três eixos (ângulo de 120° entre si), como pela utilização de uma **única escala de redução** na graduação desses eixos (normalmente 1/1).

Na representação de certos objetos em isométrica, porém, ocorrem problemas, pois sua interpretação pode ser confusa Fig.1a; incompleta Fig.2a; ambígua Fig.3a; e, aparentemente, errada da Fig. 4a.

Geralmente, quem desenha não percebe essas dificuldades de interpretação, por que possui o conhecimento prévio da forma do objeto. Para evitar esses inconvenientes, são utilizados outros sistemas de perspectiva axonométrica ortogonal que garantem uma representação perfeitamente claro de objetos como os acima exemplificados. Fig.1b, Fig.2b, Fig.3b, Fig.3c, Fig.3d e Fig.4b.

Estudar-se-á, agora, um sistema genérico de axonometria ortogonal, resultante da projeção cilíndrica ortogonal do triedro objetivo sobre o quadro, com o qual os seus três, OX, OY e OZ, formam ângulos diferentes α e β e γ , Fig. 5.

Para maior clareza da figura, os segmentos dos eixos objetivos situados atrás do quadro são representados tracejados, embora o mesmo seja considerando transparentes nas perspectivas. As intersecções Tx, Ty e Tz desses eixos com o quadro são denominadas de **traços axonométricos** e determinam o triângulo dos traços que é utilizado na construção instrumental das axonometrias.

A origem dos eixos objetivos projeta-se ortogonalmente sobre o quadro O' e os eixos têm como projeções O'X, O'Y e O'Z que constituem os **eixos axonométricos**, os quais são determinados unindo O' aos respectivos traços axonométricos. A soma dos ângulos obtusos, que os eixos axonométricos foram entre si, vale 360°. Marcando sobre cada eixo objetivos, os segmentos OA, OB e OC, iguais à unidade U da escala objetiva, suas projeções O'A, O'B e O'C representarão as unidades Ux, Uy e Uz das respectivas escalas axonométricas e teremos:

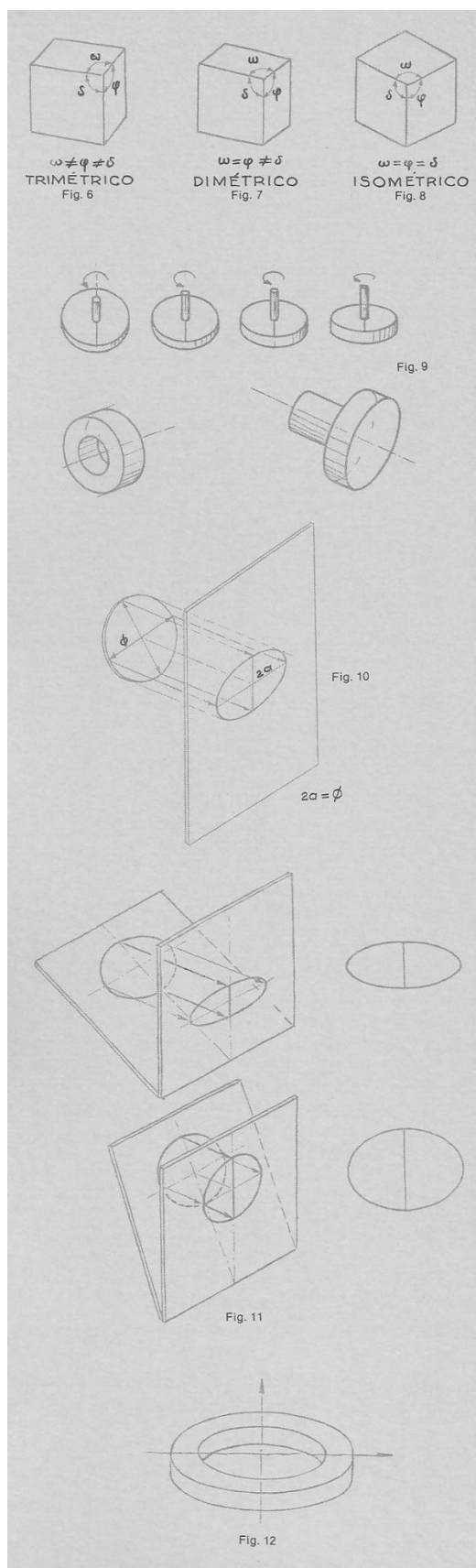
$$U_x = U \cos \alpha; U_y = U \cos \beta; U_z = U \cos \gamma.$$

Estas unidades ou módulos permitirão graduar os respectivos eixos, ou seja, marcar sobre eles as correspondentes escalas de redução. As relações entre as unidades das escalas axonométricas e a unidades da escala objetiva são denominadas **coeficientes de redução**, por serem sempre menores que UM e se exprimem por:

$$\lambda = \frac{U_x}{U} = \cos \alpha; \mu = \frac{U_y}{U} = \cos \beta; \nu = \frac{U_z}{U} = \cos \gamma$$

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS AXONOMÉTRICOS ORTOGONAIS

Do que foi exposto, conclui-se que o sistema axonométrico ortogonal fica definido pela inclinação dos eixos objetivos em relação ao quadro e, como consequência pelos ângulos que os eixos axonométricos foram entre si e pelos respectivos coeficientes de redução.



Os sistemas em que os três eixos axonométricos formam, entre si, ângulos desiguais e que possuem, portanto, coeficientes de redução diferentes para cada eixo, denominam-se **trimétricos** ou **anisométricos**. Fig. 6.

Quando dois dos ângulos formados pelos três eixos forem iguais e, conseqüentemente, sendo dois coeficientes de redução iguais e diferentes do terceiro, os sistemas denominam-se **dimétricos**, Fig. 7.

O único sistema que satisfaz a condição de ter os três coeficientes de redução iguais é o **isométrico**, que já foi estudado. Fig. 8.

8. Tanto para as axonométricas como para as dimétricas existem sistemas empregados mais frequentemente e que utilizam relações simples para o coeficientes de redução, correspondendo a determinados valores para os ângulos dos eixos. Para desenhos instrumentais esses sistemas são muito utilizados e podem ser facilmente encontrados em tratados de desenho.

No esboço à mão livre, é mais prática a utilização de construções fundamentadas no teorema de Schwartz, que estabelece o seguinte:

"As direções de dois diâmetros conjugados quaisquer e do eixo menor de uma elipse podem sempre ser consideradas como as direções dos eixos axonométricos de um sistema ortogonais, cujos três coeficientes de redução são respectivamente iguais às relações dos dois semi-diâmetros conjugados e da semi-distância focal, para o semi-eixos maior da elipse".

OBTENÇÃO DE SISTEMAS AXONOMÉTRICOS Á MÃO LIVRE

Baseada no teorema de Schwartz existe uma série de propriedades e construções geométricas simples, que permitem estabelecer um processo prático para a obtenção, à mão livre, de sistemas axonométricos adequados aos diversos problemas de representação.

1. Uma circunferência, cujo plano é inclinado em relação ao quadro, projeta-se ortogonalmente sobre o mesmo segundo uma elipse, cujo eixo menor tem sempre a direção da projeção do eixo de rotação da mesma no espaço. Fig. 9.

2. O eixo maior da elipse é a projeção em verdadeira grandeza daquele diâmetro da circunferência paralelo. Fig. 10.

3. Quanto maior o ângulo do plano da circunferência com o quadro, mais achatada a elipse (grande excentricidade) e, quanto menor esse ângulo, mais a sua forma aproximar-se-á da forma da circunferência (pequena excentricidade). Fig. 11.

4. Quando o plano de uma circunferência for horizontal nas vistas ortográficas, sua perspectiva será uma elipse de eixo menor vertical e de eixo maior horizontal. Fig. 12. Isso significa que uma elipse de eixo menor vertical pode, sempre, ser considerada como projeção axonométrica ortogonal de um círculo horizontal¹.

1- Conforme foi visto, uma perspectiva axonométrica é estabelecida inclinando o cubo em relação a um quadro vertical de modo que eixos objetivos formem com os mesmos determinados ângulos α , β e γ . Resultado idêntico é obtido se o cubo for considerado imóvel (face superior horizontal) e o quadro for inclinado em relação a ele até formar com os eixos do triedro objetivo os mesmos ângulos que no caso anterior.

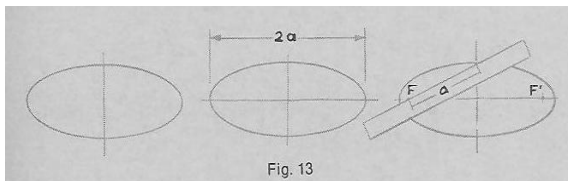


Fig. 13

5. Após desenhar uma elipse de eixo menor vertical, Fig. 13, traçar seus eixos e marcar os seus focos, faça-se a seguinte construção, conforme a Fig. 14:

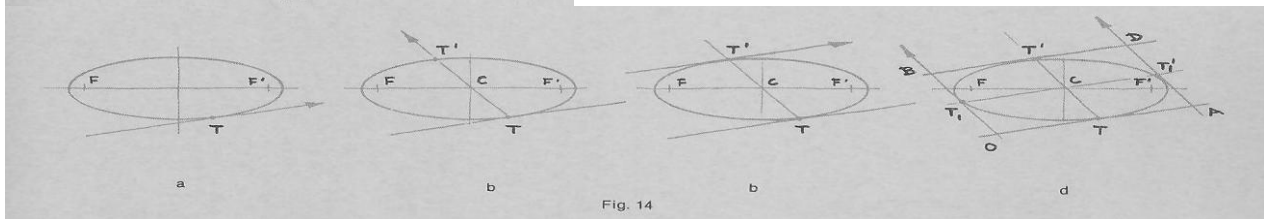


Fig. 14

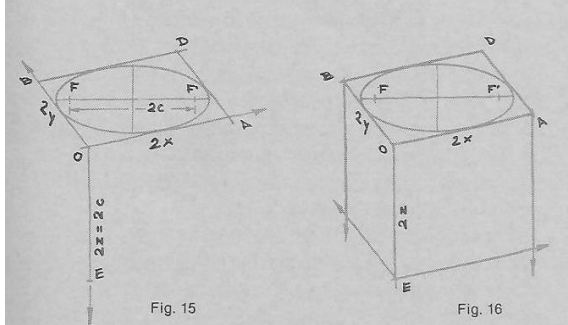


Fig. 15

Fig. 16

A) Por um ponto qualquer T da elipse traça-se uma tangente à mesma.

B) Unindo T ao centro C da elipse, trata-se o diâmetro que determinará o ponto T'.

C) Pelo ponto T', traça-se nova tangente à elipse, paralela à anterior.

D) Desenhando outras duas tangentes à elipse, paralelas ao segmento TT', determinando-se os pontos T1 e T'1. Obtém-se, assim, o paralelogramo OADB e o correspondente par de diâmetros da elipse, "barra TT'" e "T1T'1".

6. Pelo teorema de Schwartz, esse paralelogramo é a projeção axonométrica ortogonal de um quadrado circunscrito à circunferência cuja projeção é a elipse inicialmente desenhada.

Os lados 2x e 2y desse paralelogramo fornecem a direção dos eixos axonométricos e correspondem aos lados do quadrado circunscrito, considerados como as duas direções horizontais do triedro objetivo. A terceira direção desse triedro, a vertical, é representada pela direção do eixo menor da elipse. Fig. 15.

Portanto, traçando pelo ponto O um eixo vertical e tomando sobre ele um comprimento OE igual à FF' (distância focal 2c), obtém-se um sistema de eixos axonométricos com os respectivos coeficientes de encurtamento estabelecidos pelas relações:

$$\lambda = \frac{2x}{2a} = \frac{x}{a}; \mu = \frac{2y}{2a} = \frac{y}{a}; \nu = \frac{2z}{2a} = \frac{2c}{2a} = \frac{c}{a}$$

7. Traçando paralelas aos eixos em questão pelos pontos A, B e E, obtém-se a perspectiva de um cubo. Fig. 16.

8. Suas três arestas AO, OB e OE podem ser consideradas como unidades (módulos) das respectivas escalas axonométricas e serão tomadas sobre os eixos tantas vezes quantas são as unidades (e frações) das correspondentes dimensões do objeto a representar. Fig. 17.

9. Se o cubo for desenhado com dimensões suficientes, é possível subdividir suas três arestas em um mesmo número de partes iguais, estabelecendo assim uma quadrícula axonométrica, na qual serão inseridas as dimensões do objeto a representar. Fig. 18.

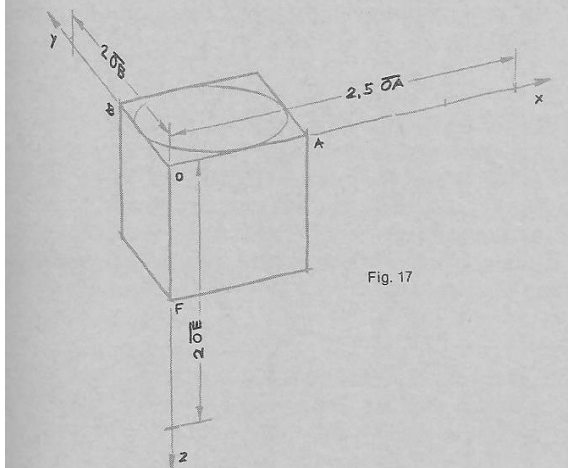


Fig. 17

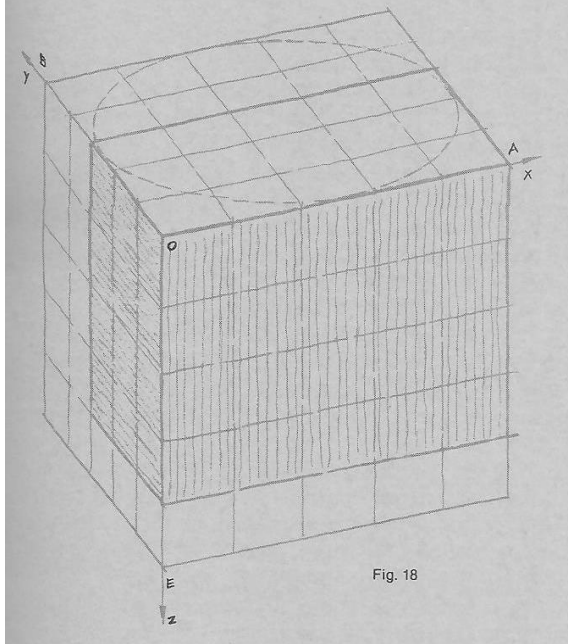
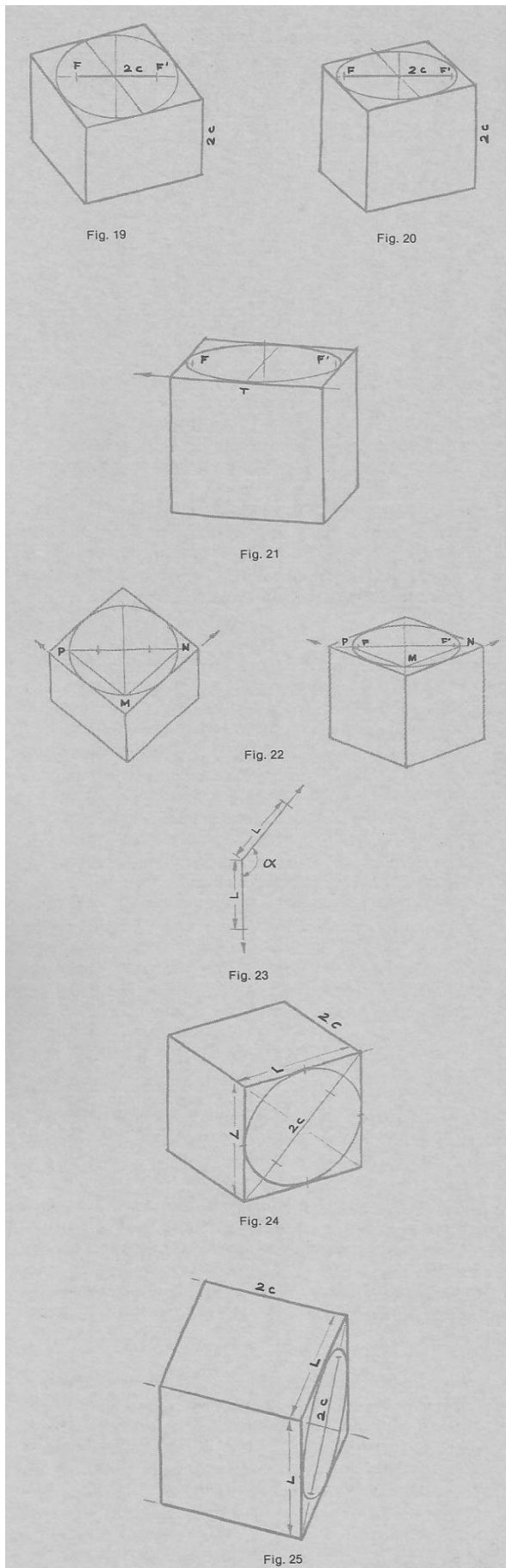


Fig. 18



ESCOLHA DO SISTEMA AXONOMÉTRICO MAIS CONVENIENTE

1. Para os sólidos cuja face superior se deseja destacar na perspectiva, deve-se desenhar uma elipse de pequena excentricidade, isto é, com eixos de comprimentos aproximados. Fig. 19. Ao contrário, quando se deseja dar pouco destaque à face superior, a elipse será desenhada com grande excentricidade, ou seja, com eixos de comprimentos bem diferentes. Fig. 20.

2. Quando às faces verticais do sólido, terá maior destaque aquela cujo plano estiver em posição quase paralela ao quadro, isto é, quanto mais a direção do respectivo eixo axonométrico horizontal se aproximar da direção do eixo horizontal da elipse. É claro que a outra face vertical, perpendicular à que for destacada, tornar-se-á tanto menos visível.

Desejando-se, por exemplo, dar predominância à face da esquerda, traça-se, antes, a tangente da esquerda à elipse, com sua direção tanto mais próxima à do eixo horizontal da mesma quanto mais se deseje valorizar a face da esquerda, em detrimento da outra face vertical. Fig. 21.

3. Se for desejável igual valorização das faces verticais, deverão ser traçadas as tangentes à elipse, paralelas às cordas MN e NP. Fig. 22. O resultado será uma dimétrica, pois os respectivos coeficientes de redução são iguais entre si e diferentes do correspondente ao eixo vertical.

4. O sistema isométrico seria obtido se, no caso anterior, a elipse desenhada tivesse as proporções da elipse isométrica.

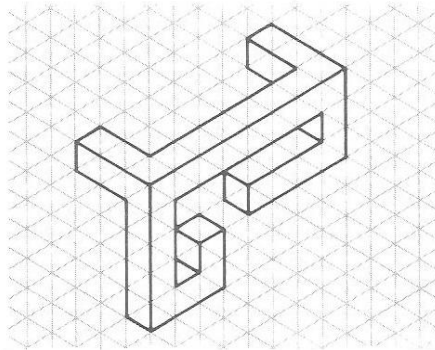
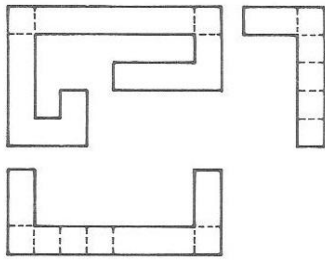
5. Para estabelecer-se uma dimétrica em que o coeficiente de redução diferente corresponda a um dos eixos horizontais, traça-se o eixo vertical e o eixo horizontal com a mesma redução, formando um ângulo "alfa". Fig. 23.

Esse ângulo determina o destaque que se deseja dar à face definida pelos seus lados; se for próximo de 90° , Fig. 24, teremos essa face preponderando sobre as outras duas, se for próximo de 180° , Fig. 25, teremos as outras duas faces mais valorizadas.

Marcando sobre os eixos que determinam os lados do ângulo "alfa" um mesmo comprimento L e traçando paralelas a esses eixos pelos seus extremos, determina-se um losango.

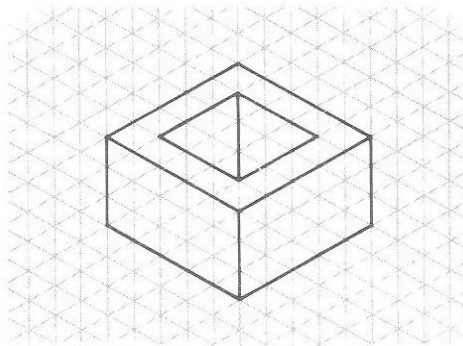
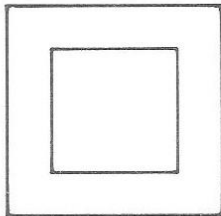
Após traçar-se o losango, nele inscreve-se a elipse, determinando seus eixos maior e menor bem como sua distância focal. Tomando a direção do eixo menor da elipse como terceiro eixo axonométrico, marcamos sobre ele a distância focal, determinando a construção do cubo em dimétrica.

Analise as informações das vistas ortográficas e da Isométrica, desenhando ao lado a Trimétrica na qual:
 VS tem importância média
 VA predomina sobre VLE



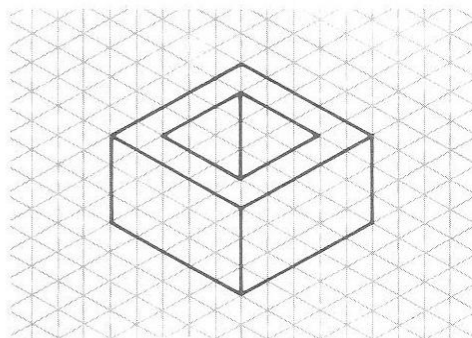
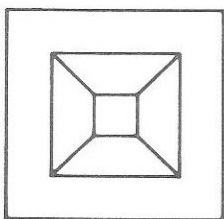
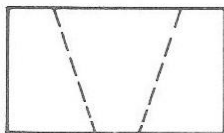
AXO-A1

Analise as informações das vistas ortográficas e da Isométrica, desenhando ao lado a Trimétrica na qual:
 VS é a mais valorizada
 VA é pouco predominante sobre VLE

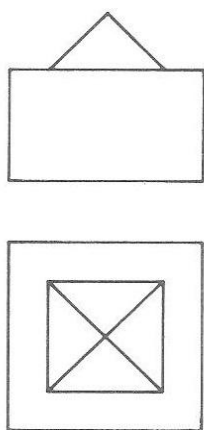


AXO-A2

Analise as informações das vistas ortográficas e da Isométrica, desenhando ao lado a Trimétrica na qual:
 VS é a mais valorizada
 VA é muito predominante sobre VLE

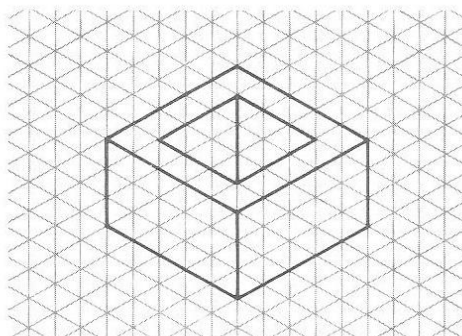


AXO-A3

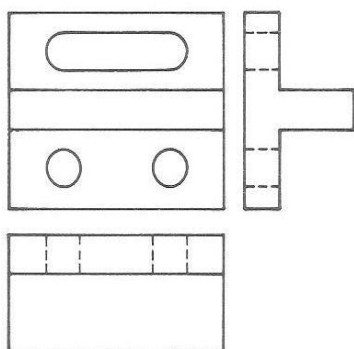


Analise as informações das vistas ortográficas e da Isométrica, desenhando ao lado a Trimétrica na qual:

VS é a menos valorizada
VA predomina sobre VLE

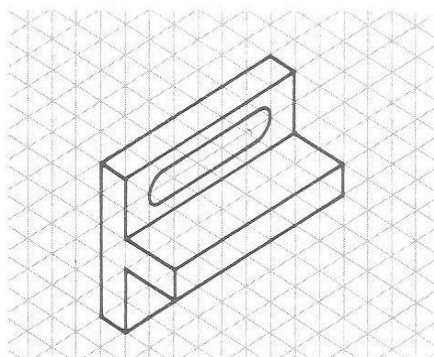


AXO-A4

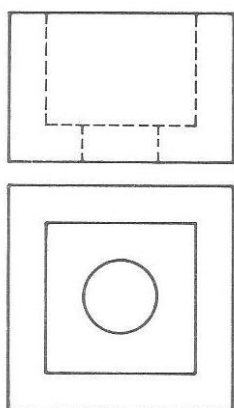


Analise as informações das vistas ortográficas e da Isométrica, desenhando ao lado a Trimétrica na qual:

VS é a menos valorizada
VA é muito predominante sobre VLE

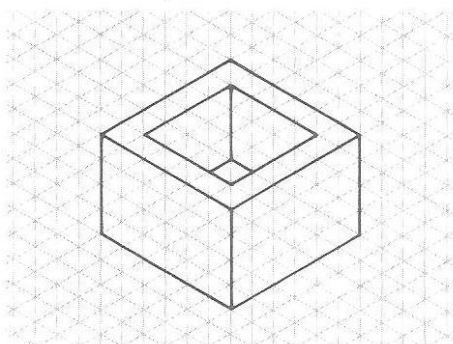


AXO-B1

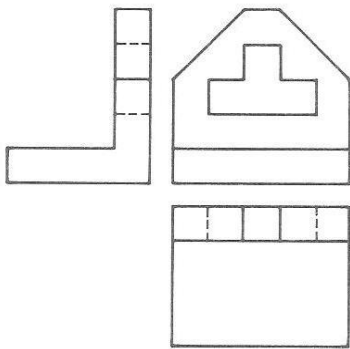


Analise as informações das vistas ortográficas e da Isométrica, desenhando ao lado a Dimétrica na qual:

VS é a mais valorizada
VA e VLE se equivalem, com a mesma valorização.



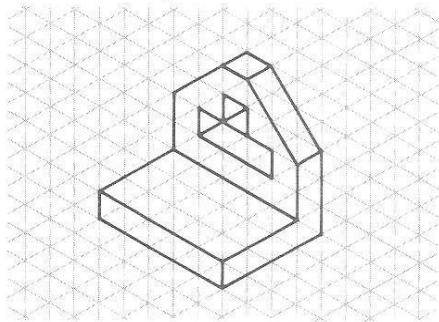
AXO-B2



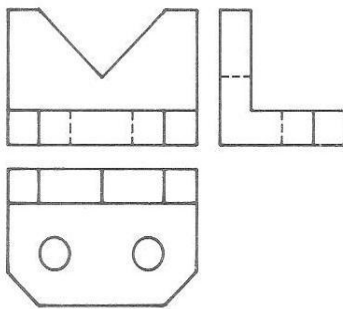
Analise as informações das vistas ortográficas e da Isométrica, desenhando ao lado a Dimétrica na qual:

VA é a mais valorizada

VS e VLD se equivalem, com a mesma valorização.



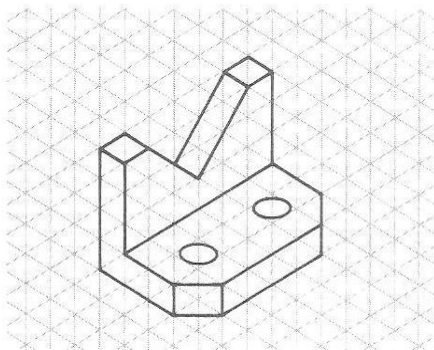
AXO-B3



Analise as informações das vistas ortográficas e da Isométrica, desenhando ao lado a Trimétrica na qual:

VS é a mais valorizada

VA muito predominante sobre VLE



AXO-B4

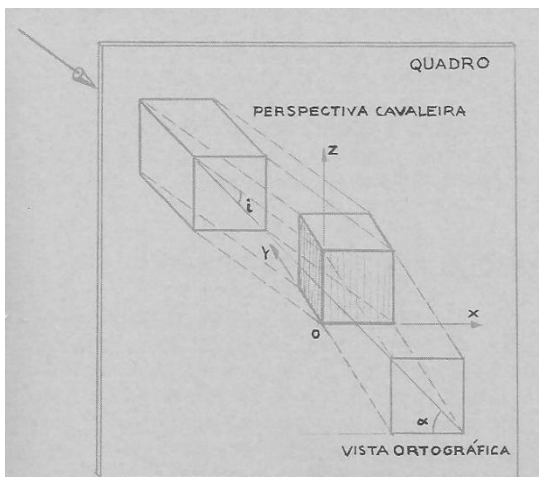


Fig. 1

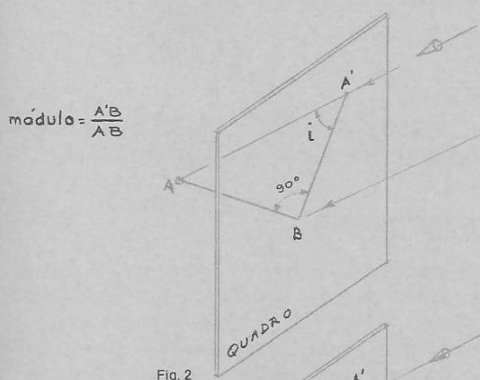


Fig. 2

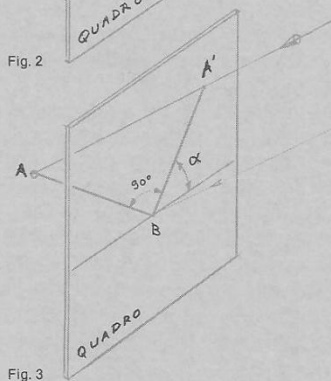


Fig. 3

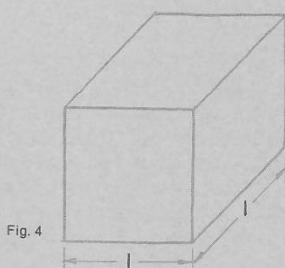


Fig. 4

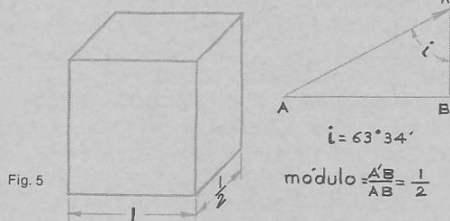


Fig. 5

PERSPECTIVA CAVALEIRA

CONCEITOS BÁSICOS

A projeção cilíndrica oblíqua de um objeto colocado com uma das faces paralelas ao quadro é denominada perspectiva cavaleira. Trata-se, portanto de uma casa particular de axonometria oblíqua, devido à condição de paralelismo de uma das faces do objeto com o quadro.

Os objetos são representados como seriam vistos por um observador situado a uma distância infinita e de tal forma que as visuais projetantes, paralelas entre si, sejam oblíquas em relação ao quadro.

A propriedade fundamental das projeções cilíndricas oblíquas é a de projetar em verdadeira grandeza as figuras cujo plano é paralelo ao quadro, o que ocorre, justamente, com a face frontal do objeto. Assim, dois dos eixos do triedro objetivo (OX, OZ), ou seja, aquelas dimensões do objeto cujas direções são paralelas ao quadro, têm um **coeficiente de transformação**¹ igual à unidade. Fig. 1. Quando ao terceiro eixo do triedro objetivo (OY), ou seja, a dimensão perpendicular ao quadro tem seu **coeficiente de transformação** menor, igual ou maior que a unidade, em função do ângulo i que as projetantes formam com o mesmo. Nas perspectivas cavaleiras, dá-se o nome de **fugitivas ou linhas de fuga** às projeções oblíquas das retas perpendiculares ao quadro.

1: **Coeficiente de transformação ou alteração** é a relação entre a projeção de um segmento de reta e a sua verdadeira grandeza. É também denominado **coeficiente de redução ou encurtamento**; pois, habitualmente, lhe são atribuídos valores menores que a unidade. Alguns autores também o denominam **módulo**.

TIPOS DE PERSPECTIVAS CAVALEIRAS

Uma determinada perspectiva cavaleira será caracterizada pela direção de suas projetantes, sendo esta direção definida sempre por um par de coordenadas angulares:

1 – O ângulo i das projetantes com o quadro, que estabelece o módulo das fugitivas, Fig. 2.

2 – O ângulo α das fugitivas com a horizontal, que define a direção das mesmas na perspectiva. Fig. 3.

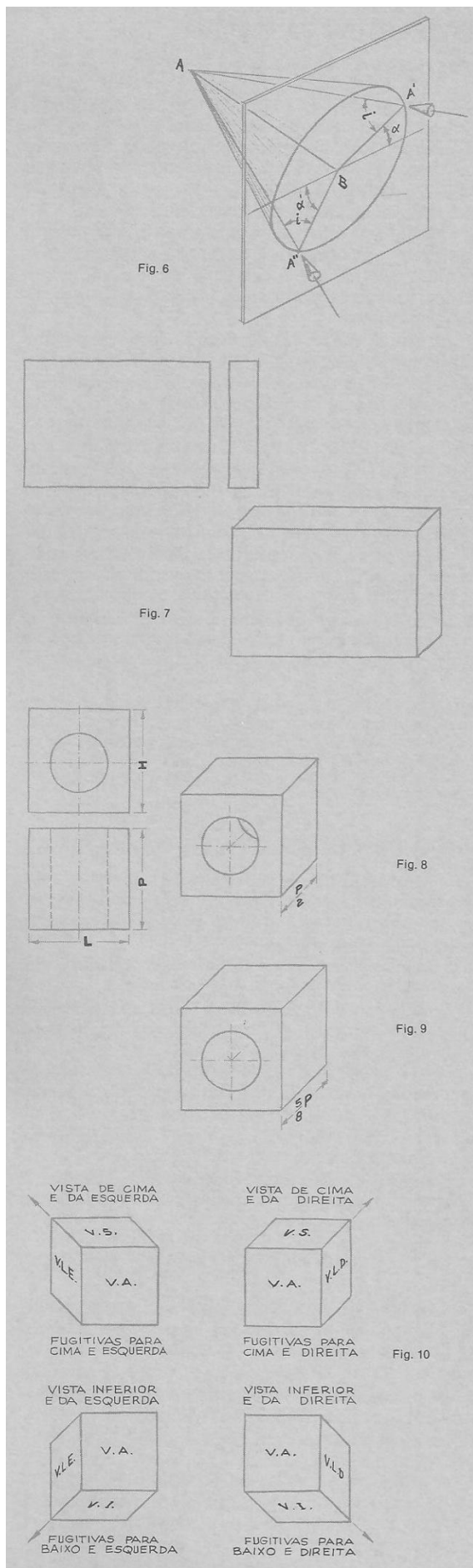
Existe **completa independência do módulo em relação ao ângulo das fugitivas**. Combinando os diversos valores desses dois elementos, é possível estabelecer tantas perspectivas quantas combinações forem feitas.

Na prática, são utilizados valores simples e cômodos para o módulo e para o ângulo de inclinação das fugitivas.

ÂNGULO i DAS PROJETANTES – MÓDULO

A dimensão da projeção A'B de um segmento AB, perpendicular ao quadro, depende do ângulo i das projetantes, pois $A'B = AB \cotg i$. Fig. 2. Assim, o módulo das fugitivas pode ser maior, igual ou menor que a unidade; na prática, porém, nunca é utilizado um módulo maior que 1 ($i=45^\circ$), pois já o emprego do módulo 1 causa um efeito deformador. Fig. 4.

O efeito deformador da perspectiva cavaleira diminui quando os valores do i são maiores que 45° , aos quais correspondem módulos menores que a unidade. Fig. 5.



O menor coeficiente de redução utilizado, e também o mais comum na prática, é o módulo de $\frac{1}{2}$ ($i = 63^\circ 34'$) que corresponde à perspectiva cavaleira denominada de "Cabinet Projection" pelos autores americanos, por ser utilizada no desenho de móveis (cabinets).

ÂNGULO α DAS FUGITIVAS

Uma vez estabelecido qual o módulo das fugitivas, a direção das mesmas ainda permite uma variedade infinita de perspectivas cavaleiras, tantas quantas forem às geratrizes do cone que formam com a base o ângulo i . Essa direção das fugitivas é definida pelo ângulo "alfa" que elas formam com a horizontal do quadro. Fig. 6. Na prática, são empregados os valores de 30° , 45° , 60° , 120° , 135° e 150° , positivos ou negativos, nunca sendo utilizadas aquelas direções coincidentes com a vertical ou horizontal do quadro.

DETERMINAÇÃO DA PERSPECTIVA CAVALEIRA MAIS CONVENIENTE

1. Escolha do módulo

Para os objetos cuja profundidade for menor que as outras duas dimensões, pode ser utilizado o módulo 1 (um). Fig. 7. Quando as três dimensões se equivalem ou quando é desejado maior realismo nos desenhos, emprega-se o módulo $\frac{1}{2}$, para as fugitivas. Fig. 8.

Esta redução de $\frac{1}{2}$ é um pouco exagerada; o desenho da Fig. 8 parece representar um sólido diferente do cubo. Trata-se, porém, de uma deformação tolerável e largamente compensada pela simplicidade da escala de redução.

Outras perspectivas cavaleiras, correspondentes aos módulos $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$ e $\frac{5}{8}$, são menos utilizadas em esboço à mão livre, devido à dificuldade do seu emprego, apesar de resultarem em figuras mais equilibradas (especialmente a de $\frac{5}{8}$). Fig. 9.

2. Escolha da direção das fugitivas

Pressupondo-se já determinada a face do objeto que ficará paralela ao quadro, a escolha da direção das fugitivas determinar a posição da peça em relação ao observador. Essa escolha estabelece também qual das duas faces perpendiculares ao quadro deverá predominar sobre a outra, ou se ambas merecem igual destaque.

Considerando a face anterior de um objeto coincidente com o quadro e sendo, portanto, a sua profundidade perpendicular ao mesmo, tem-se quatro possibilidades para a direção das fugitivas, correspondendo às quatro posições do observador em relação ao objeto. Fig. 10.

Dentre as quatro possibilidades, será escolhida aquela que representar visíveis as faces que contêm os detalhes mais importantes do objeto, ou seja, nos nossos exercícios, as faces correspondentes às vistas ortográficas dadas.

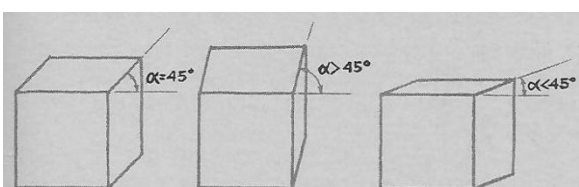


Fig. 11



Fig. 12

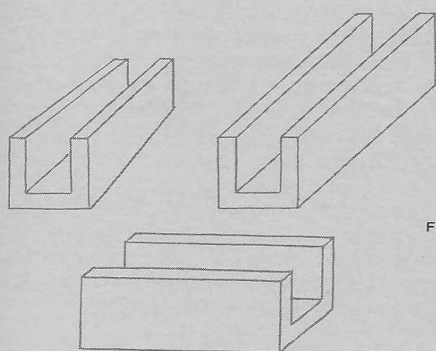


Fig. 13

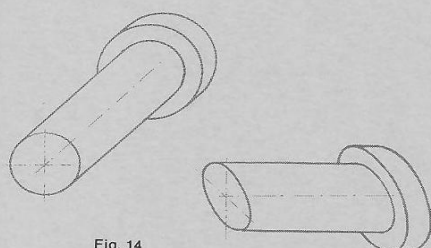


Fig. 14

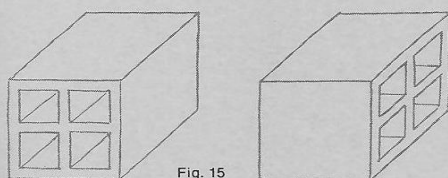


Fig. 15

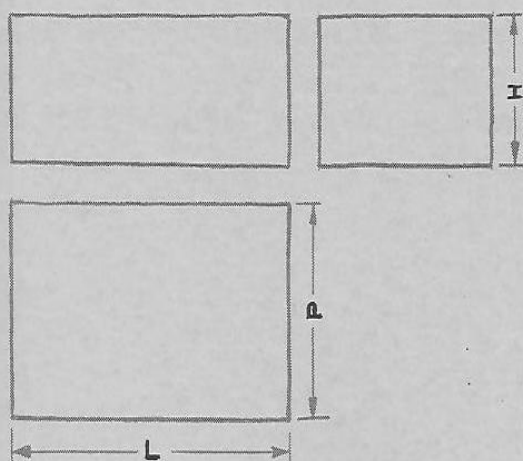


Fig. 16

As faces horizontais e as laterais, situadas segundo planos perpendiculares ao quadro, são igualmente valorizadas quando o ângulo α das fúgitivas for igual a 45° . Quando α for maior que 45° , as faces horizontais predominam sobre as laterais, e quando α for menor que 45° predominarão as faces laterais sobre as horizontais. Fig. 11.

3. Escolha da face frontal do objeto

A face do sólido que ficará voltada para o quadro, e paralela a ele, será escolhida em função das três regras abaixo:

1ª REGRA – Deve ser colocada paralela ao quadro a face do objeto que apresentar o contorno e detalhes mais irregulares e complexos.

Isso vale, especialmente, no caso de faces com contornos curvos; assim, eles se projetarão em verdadeira grandeza, não necessitando ser construídos por coordenadas como nas axonometrias ortogonais. Fig. 12.

2ª REGRA – Os objetos com uma dimensão predominante em relação às demais deverão ser posicionados com esta dimensão paralela ao quadro.

Assim se procede para evitar o efeito deformante que ocorre nas perspectivas cavaleiras, devido à falta de convergência das linhas de fuga que contraria a nossa experiência visual. Esse efeito aparece muito mais em peças alongadas como na Fig. 13.

Estas duas primeiras regras fazem com que a escolha recaia, habitualmente, sobre a face que corresponde à vista anterior, no sistema de vistas ortográficas.

3ª REGRA – A primeira regra tem precedência sobre a segunda. Fig. 14.

A terceira regra se aplica mesmo no caso de faces sem contornos curvos, quando a deformação da perspectiva pode assim ser atenuada. Fig. 15.

Em face do que foi exposto, conclui-se que, como norma, a perspectiva cavaleira é especialmente adequada à representação de objetos em que uma face predomina sobre as outras duas tanto na complexidade de seu contorno e respectivos detalhes como nas dimensões.

CONSTRUÇÃO DE UMA PERSPECTIVA CAVALEIRA

Foi visto que as figuras paralelas ao quadro e, portanto, as duas dimensões correspondentes do objeto (L, H) projetam-se em verdadeira grandeza. A terceira dimensão (P), sendo perpendicular ao quadro, projeta-se na direção escolhida para as fúgitivas e terá a sua medida determinada em função do módulo. Fig. 16.

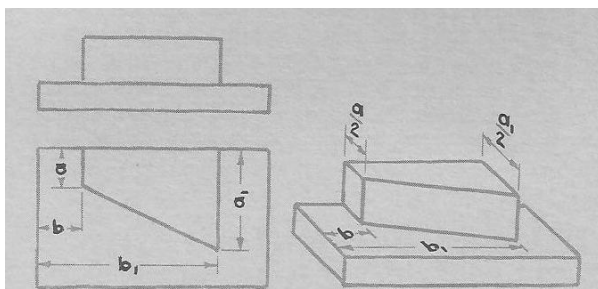


Fig. 17

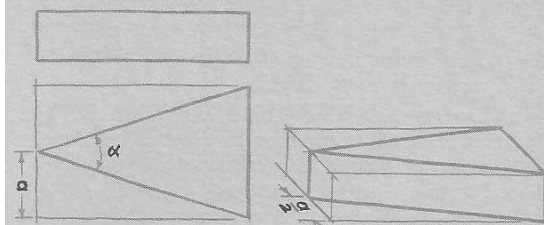


Fig. 18

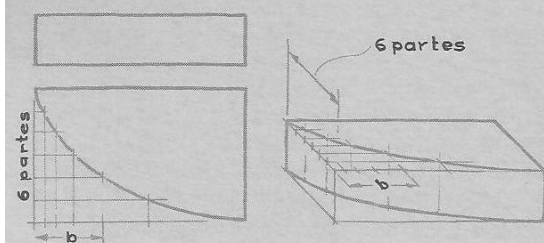
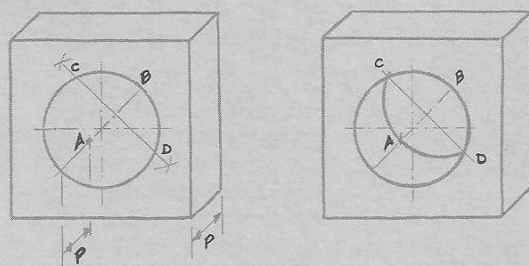


Fig. 19



Fig. 21



MARCAR P SOBRE O EIXO
A PARTIR DA CIRCUNFE-
RÊNCIA, OBTENDO PON-
TO A.
TRAÇAR CD PERPENDI-
CULAR AO MEIO DE AB

TRAÇAR O ARCO DAC
SIMÉTRICO AO ARCO
CBD, EM RELAÇÃO
À CORDA CD

Fig. 23

Um segmento de reta, cuja direção for diferente das acima mencionadas, terá a sua perspectiva determinada pelas perspectivas de seus extremos. Fig. 17.

Um ângulo cujo plano não seja paralelo ao quadro deverá ser construído na perspectiva, pela determinação do seu vértice e de um ponto situado em cada um dos seus lados. Fig. 18.

Curvas quaisquer, situadas em planos não paralelos ao quadro, serão construídas ponto por ponto, por meio de coordenadas. Fig. 19.

As circunferências cujos planos são perpendiculares ao quadro, como aquelas inscritas na face superior e lateral do cubo, projetam-se como elipses. Fig. 20. Essas elipses são construídas da mesma forma que na axonometria ortogonal; devem ser tangentes ao meio dos lados dos paralelogramos que correspondem à perspectiva dos quadrados circunscritos. As elipses resultantes parecem deformadas, pois não apresentam o aspecto habitual que os círculos assumem, quer de acordo com a nossa experiência visual, quer na perspectiva axonométrica quando aparecem como elipses cujo eixo menor tem a direção da projeção do eixo de rotação do círculo no espaço. Fig. 21.

Essa deformação diminui no caso da perspectiva com módulo 1/2, mas ainda existe. Fig. 22. Por isso, deve ser evitada, tanto quanto possível, a representação de circunferências situadas em planos perpendiculares ao quadro.

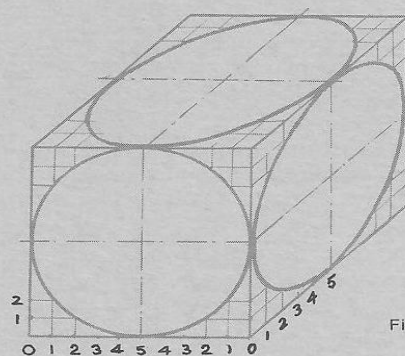


Fig. 20

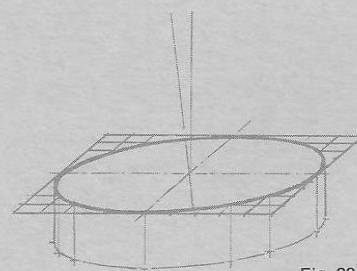


Fig. 22

Na determinação da intersecção de um orifício com a face posterior da peça, utiliza-se a mesma construção já indicada nas axonometrias ortogonais. Fig. 23.

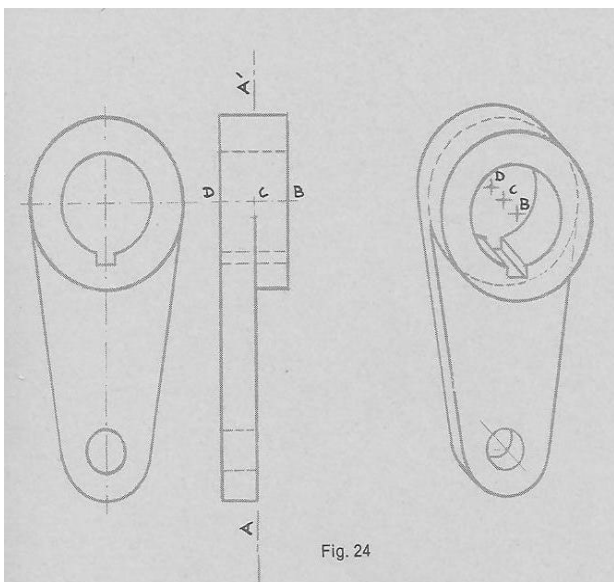


Fig. 24

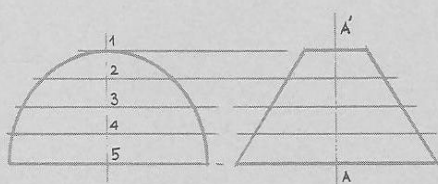


Fig. 25

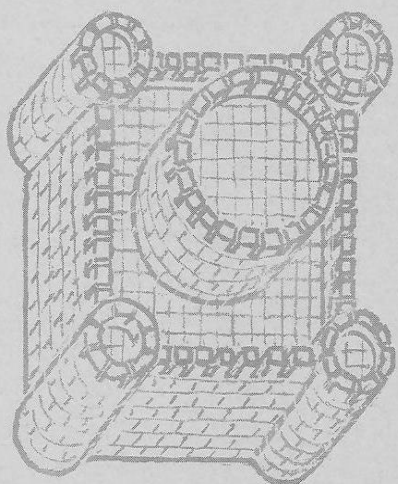


Fig. 27

Para certas peças, como a indicada na Fig. 24, é conveniente construir a perspectiva partindo de um plano de referência tal como AA'. A mesma técnica pode ser utilizada para construir peças com secção curva cujas faces frontal e posterior são inclinadas em relação ao quadro. Para este caso, toma-se como referência o plano de uma secção reta. Fig. 25.

Na construção de uma perspectiva cavaleira, um dos erros mais frequentes é a não aplicação do módulo a detalhes de profundidade. Fig. 26.

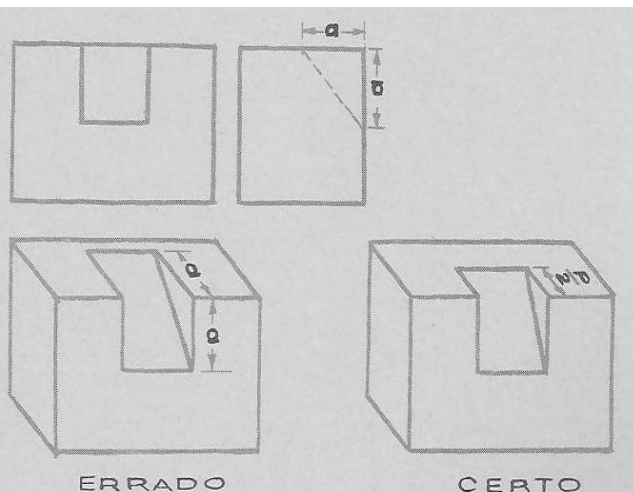


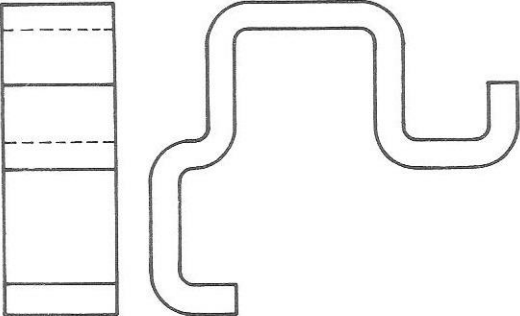
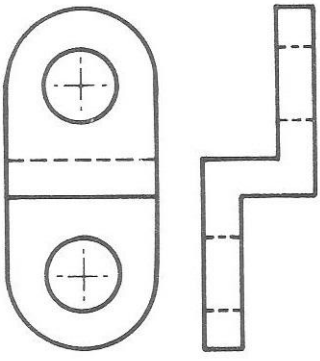
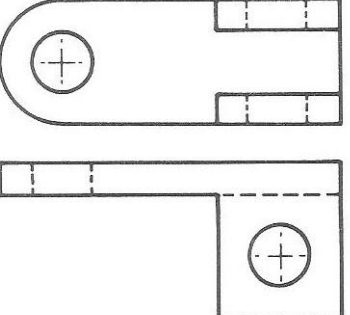
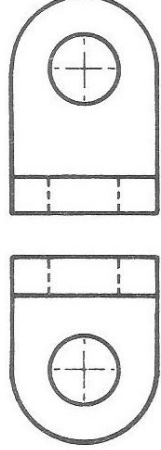
Fig. 26

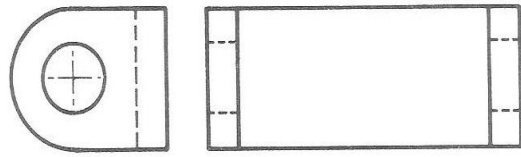
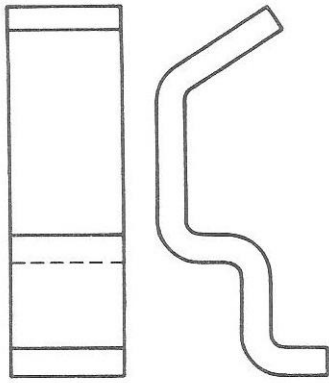
PERSPECTIVA MILITAR

É a modalidade de perspectiva oblíqua em que se adota um plano horizontal como quadro.

Nesta perspectiva, as figuras cujo plano for horizontal são representadas em verdadeira grandeza e as arestas verticais projetam-se na direção das fugitivas (30° ou 45°), sendo suas alturas reduzidas em função do coeficiente de transformação, geralmente $1/2$.

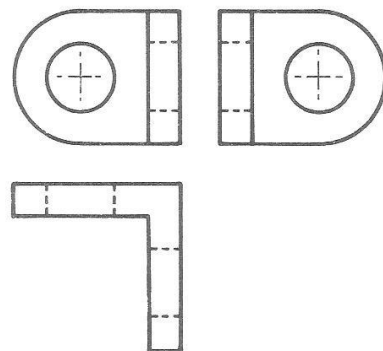
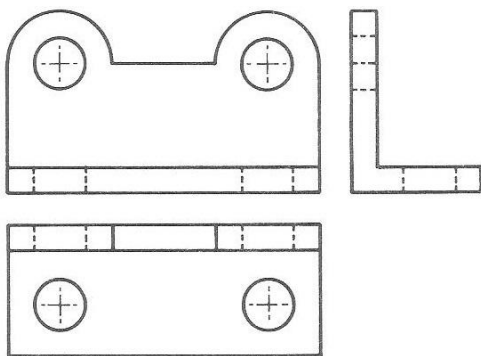
Um desenho deste tipo era utilizado na reprodução dos castelos medievais, originando-se daí a denominação da perspectiva cavaleira. Fig. 27. O desenvolvimento da perspectiva militar e a sua denominação, no entanto, devem-se ao seu emprego no exército francês, desde o início do século XIX. Hoje é muito utilizada em Arquitetura e Urbanismo.

	
CAV 1 – A1	CAV 1 – A2
	
CAV 1 – A3	CAV 1 – A4



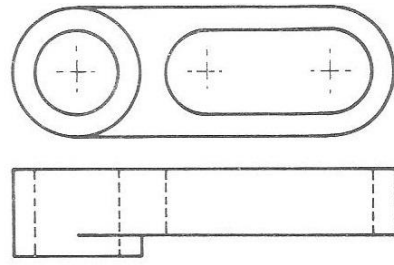
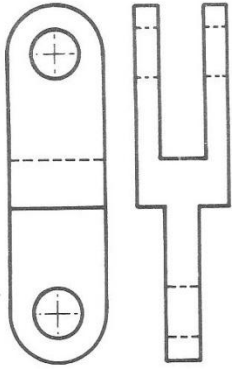
CAV 1 – B1

CAV 1 – B2



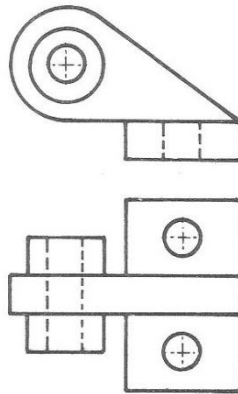
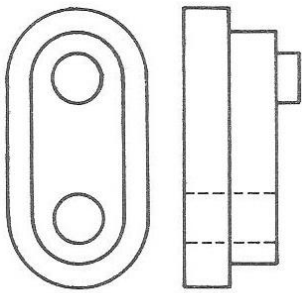
CAV 1 – B3

CAV 1 – B4



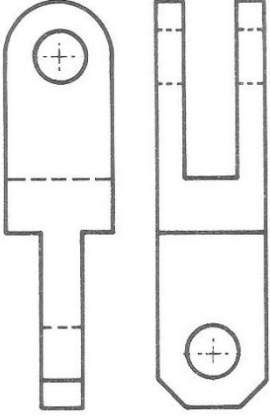
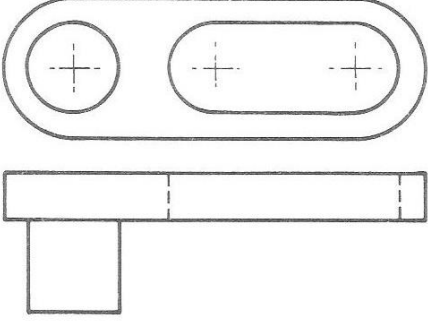
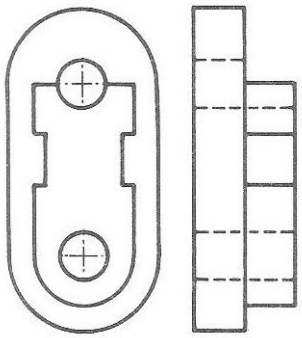
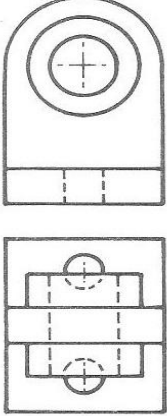
CAV 2 – A1

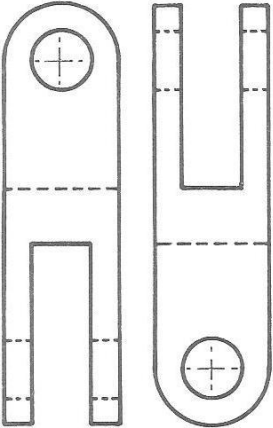
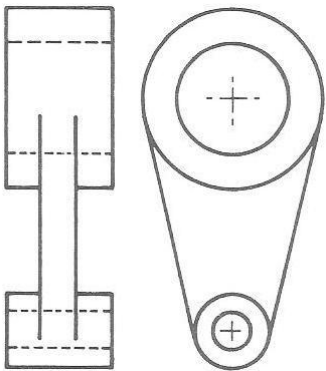
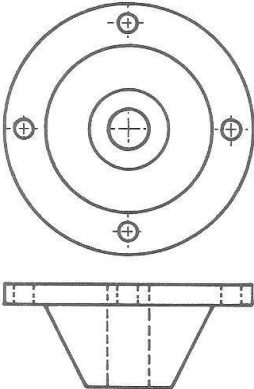
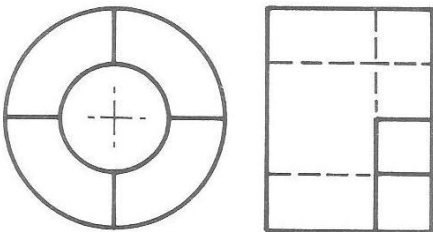
CAV 2 – A2

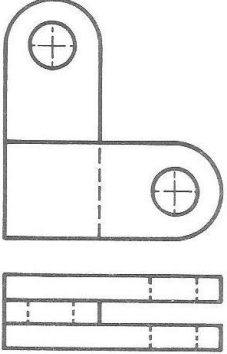
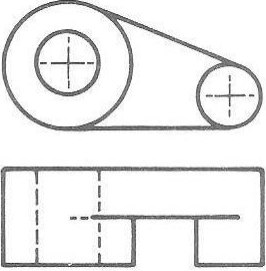
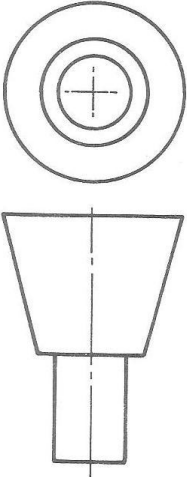
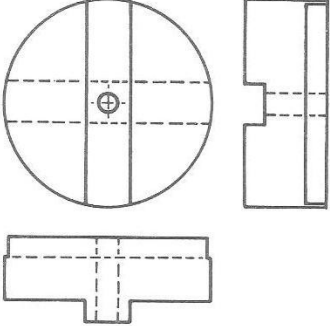


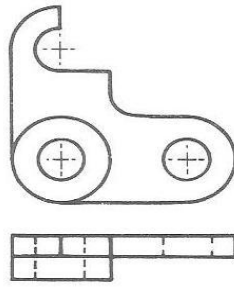
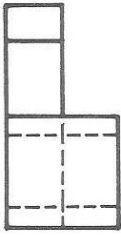
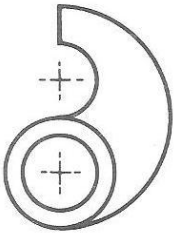
CAV 2 – A3

CAV 2 – A4

	
CAV 2 – B1	CAV 2 – B2
	
CAV 2 – B3	CAV 2 – B4

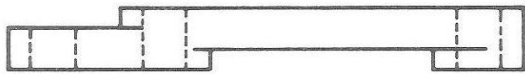
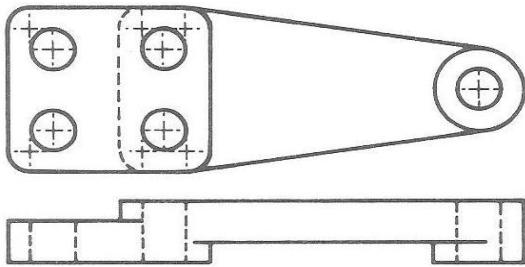
	
CAV 3 – A1	CAV 3 – A2
	
CAV 3 – A3	CAV 3 – A4

	
CAV 3 – B1	CAV 3 – B2
	
CAV 3 – B3	CAV 3 – B4

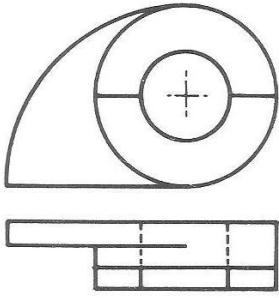


CAV 4 – A1

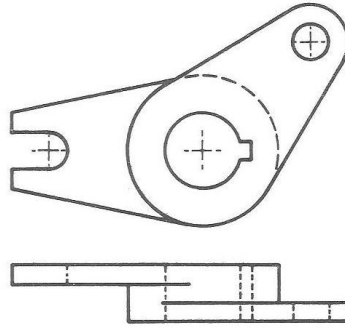
CAV 4 – A2



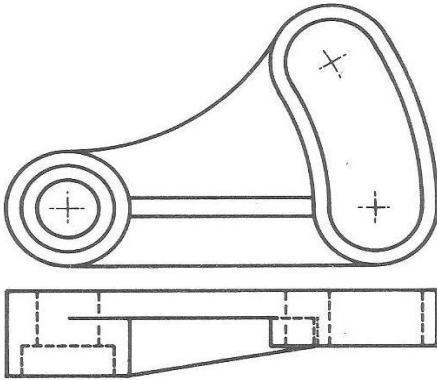
CAV 4 – A3



CAV 4 – B1



CAV 4 – B2

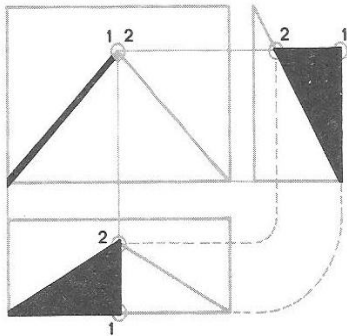


CAV 4 – B3

**VISTAS
OMITIDAS**

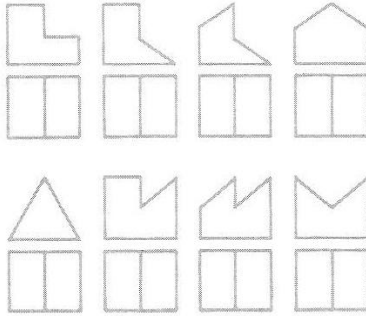
1 - ALINHAMENTO

As projeções de um mesmo elemento do objeto, estão situadas sobre a mesma linha de chamada.



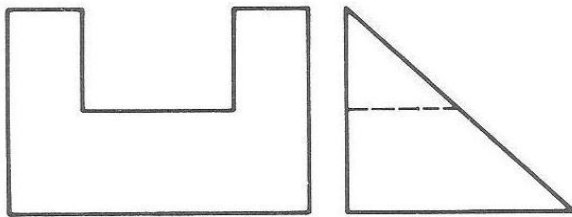
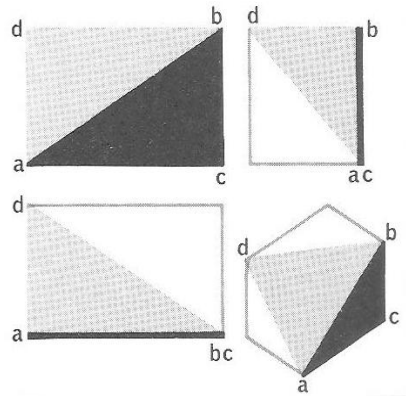
2 - JUSTAPOSIÇÃO

A linha que separa duas áreas contíguas de uma vista ortográfica, indica que estas duas áreas não estão contidas no mesmo plano.

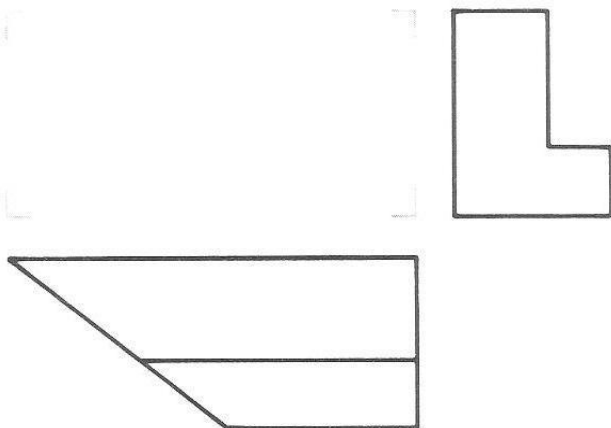


3 - CONFIGURAÇÃO

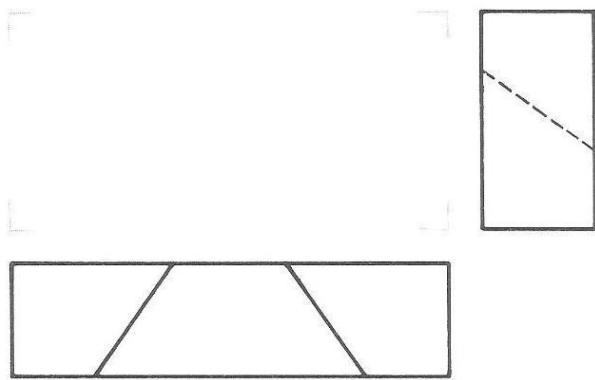
Uma face plana somente pode projetar-se com a sua configuração, ou como uma reta.



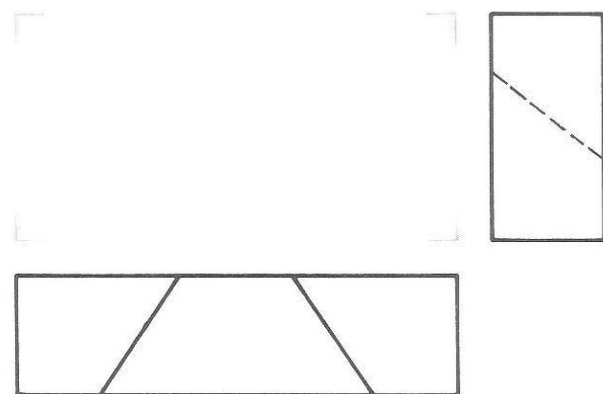
VO 1 - 1



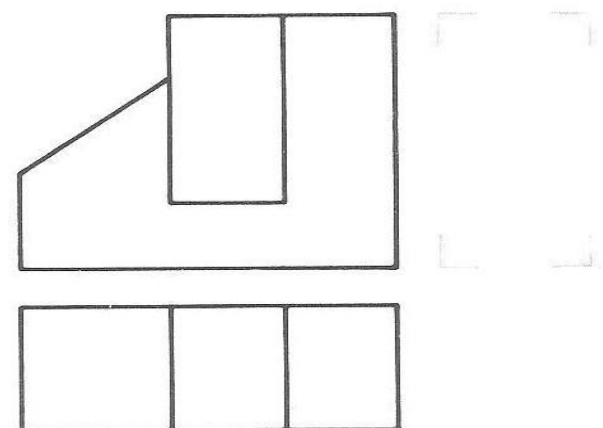
VO 1 - 2



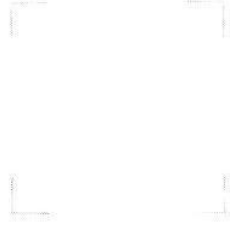
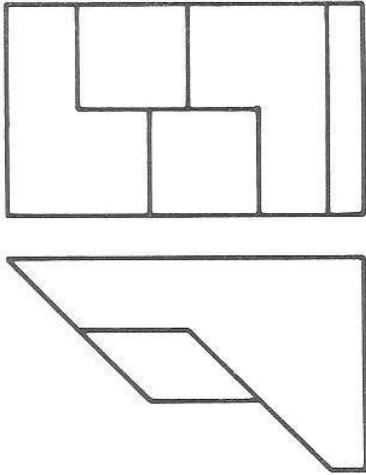
VO 1 - 3



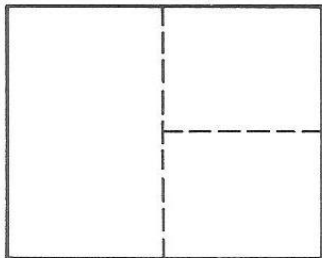
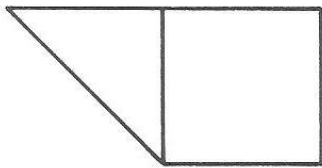
VO 1 - 4



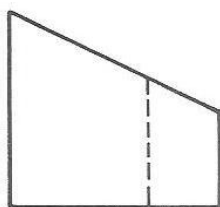
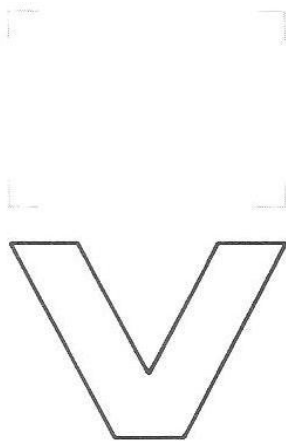
VO 1 - 5



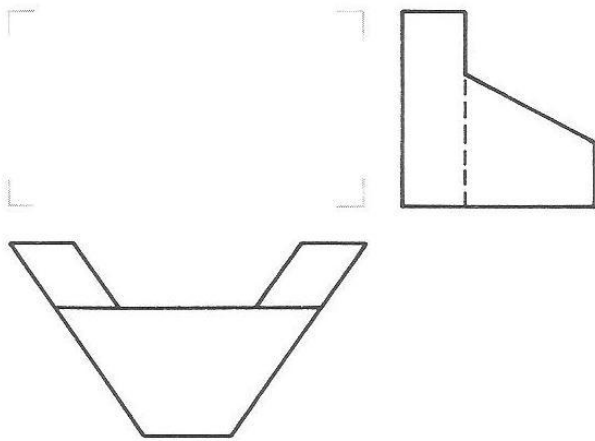
VO 1 – 6



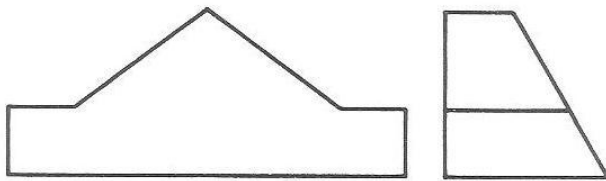
VO 2 – 1



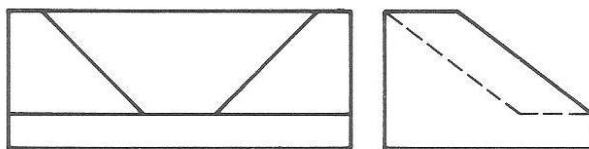
VO 2 – 2



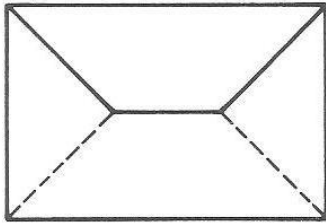
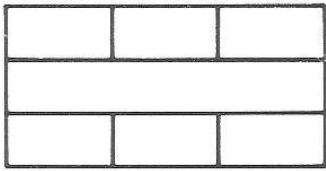
VO 2 – 3



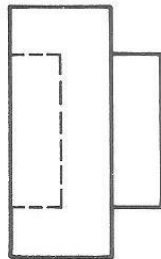
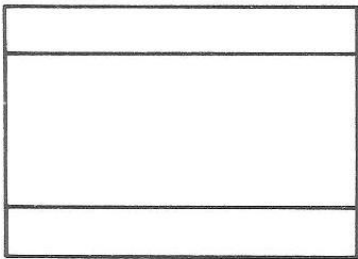
VO 2 – 4



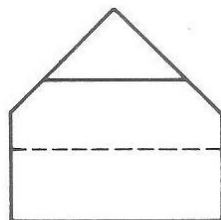
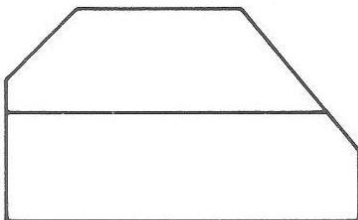
VO 2 – 5



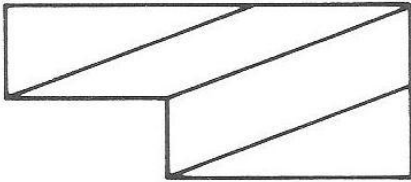
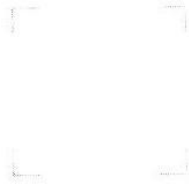
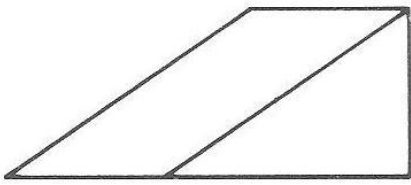
VO 2 – 6



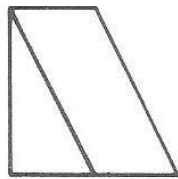
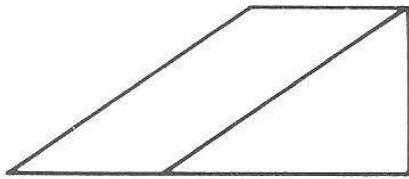
VO 2 – 7



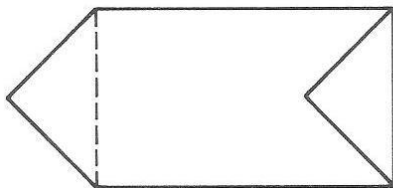
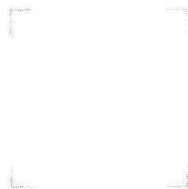
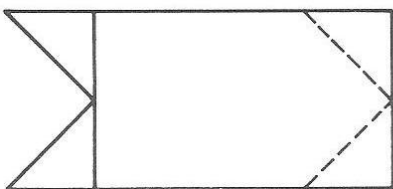
VO 2 – 8



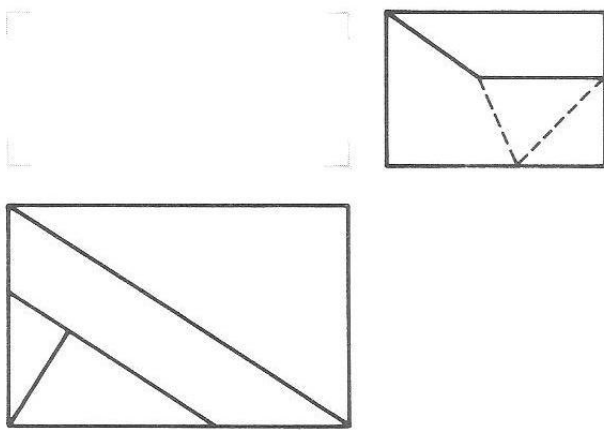
VO 3 – 1



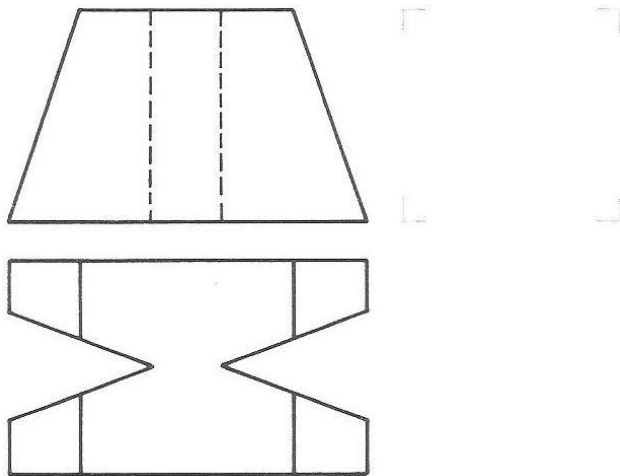
VO 3 – 2



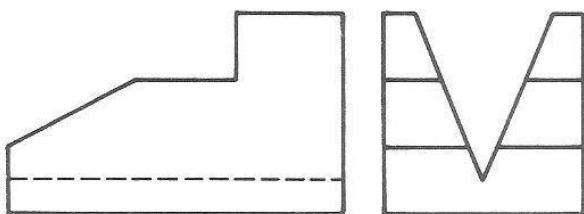
VO 3 – 3



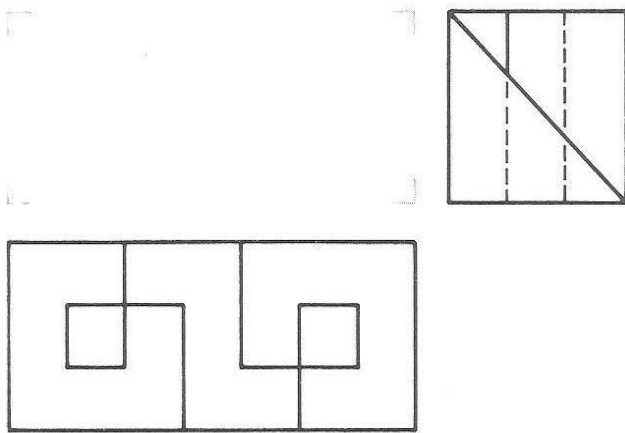
VO 3 – 4



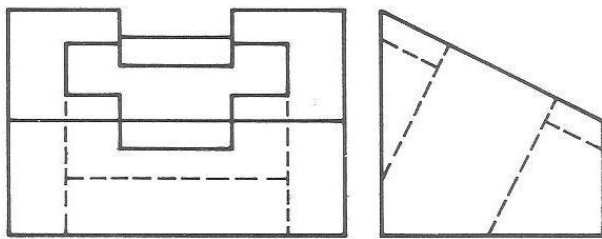
VO 3 – 5



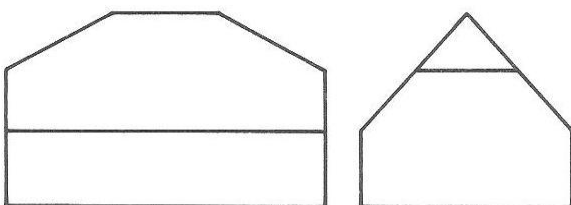
VO 3 – 6



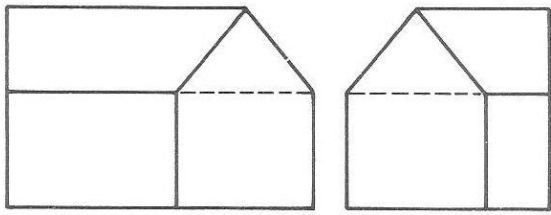
VO 3 – 7



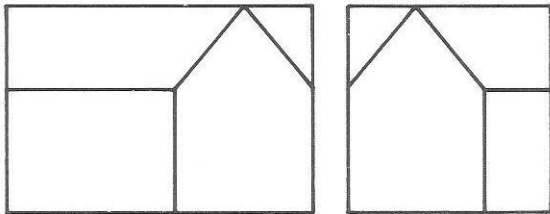
VO 3 – 8



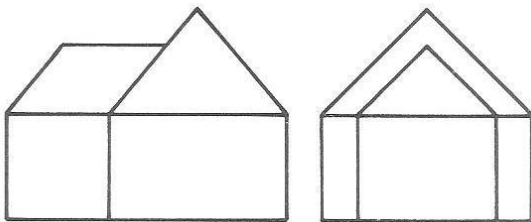
VO 4 – 1



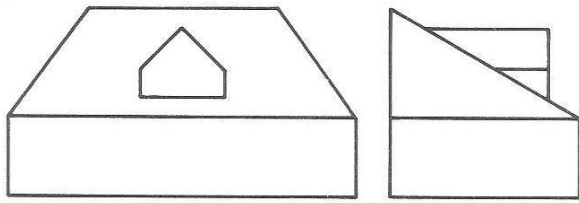
VO 4 – 2



VO 4 – 3



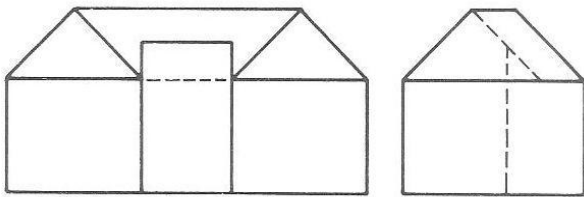
VO 4 – 4



┌ ───────────┐ ┌ ───────────┐

└ ───────────┘ └ ───────────┘

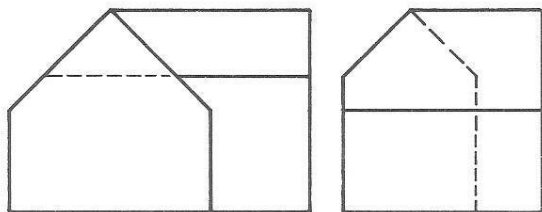
VO 4 – 5



┌ ───────────┐ ┌ ───────────┐

└ ───────────┘ └ ───────────┘

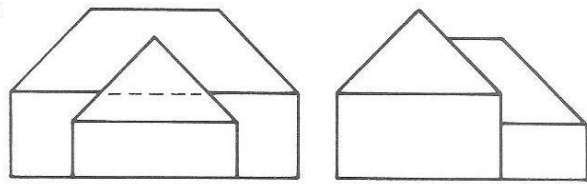
VO 4 – 6



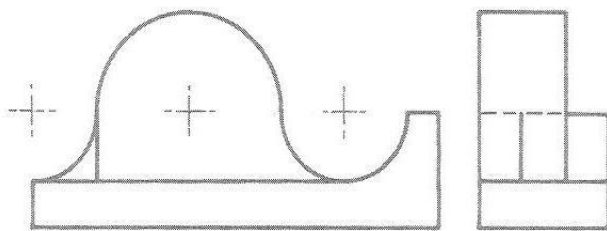
┌ ───────────┐ ┌ ───────────┐

└ ───────────┘ └ ───────────┘

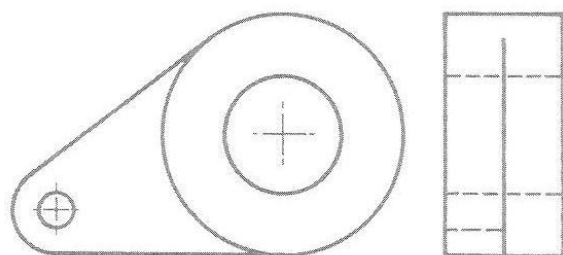
VO 4 – 7



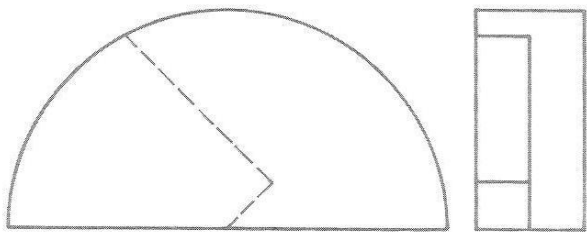
VO 4 – 8



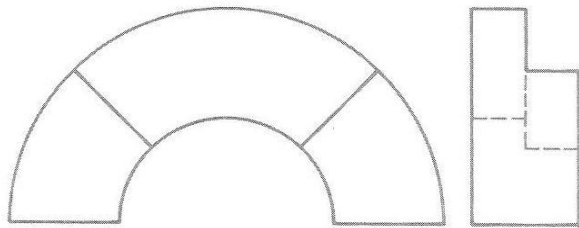
VO 5 – 1



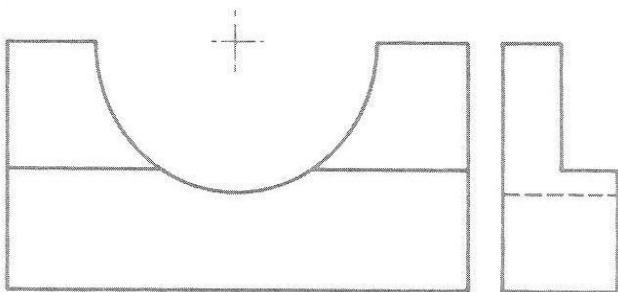
VO 5 – 2



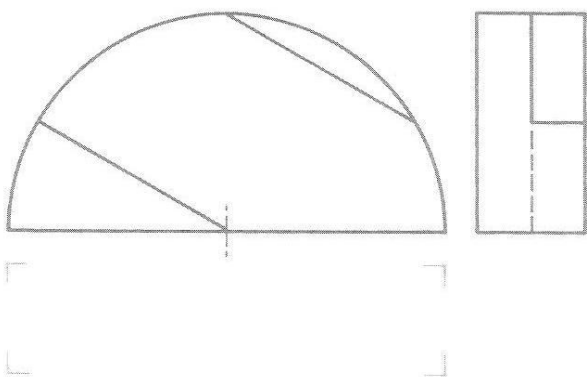
VO 5 – 3



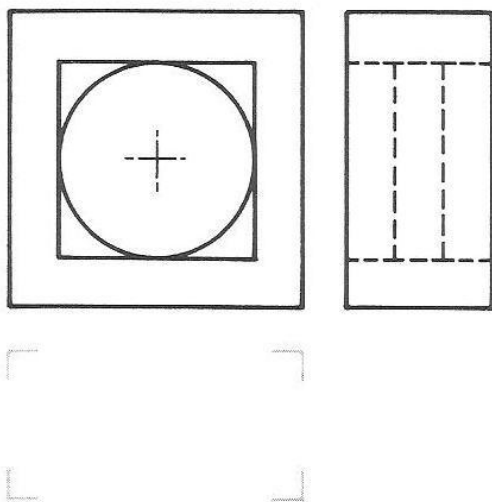
VO 5 – 4



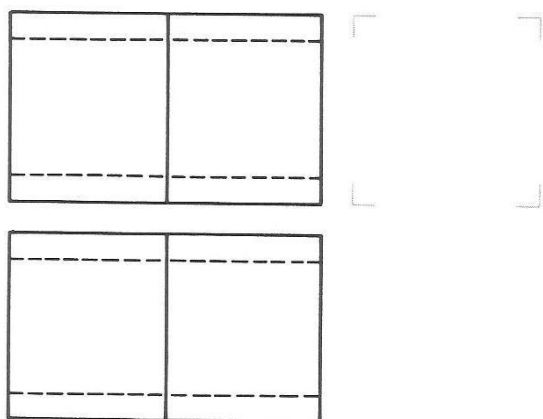
VO 5 – 5



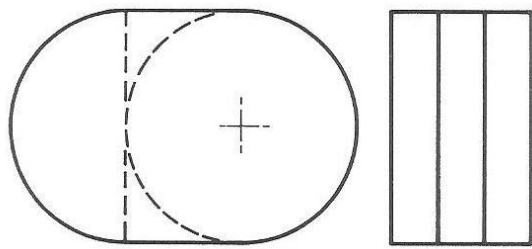
VO 5 – 6



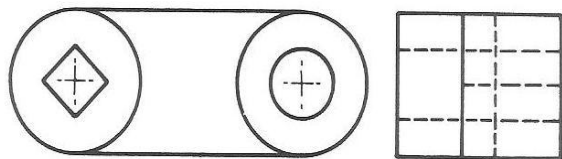
VO 6 – 1



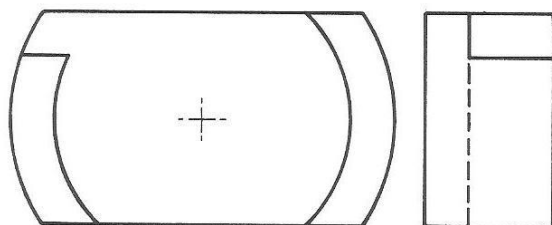
VO 6 – 2



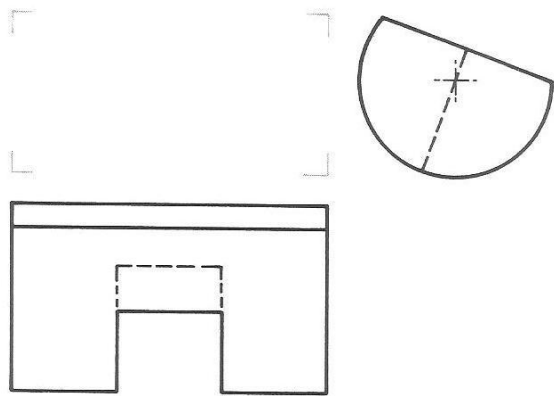
VO 6 – 3



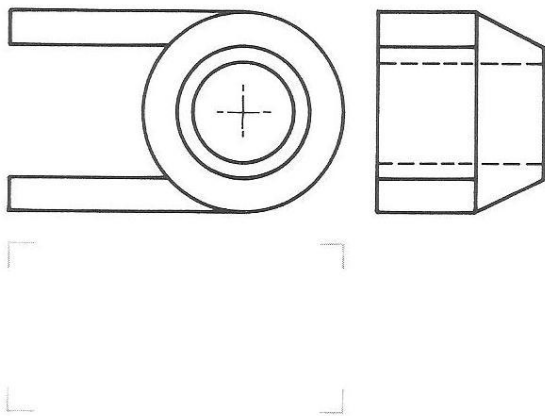
VO 6 – 4



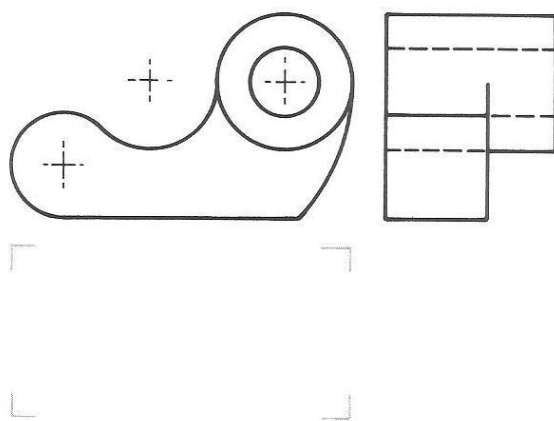
VO 6 – 5



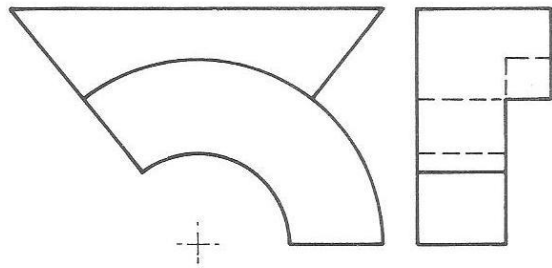
VO 6 – 6



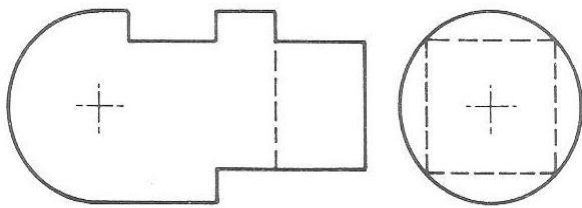
VO 6 – 7



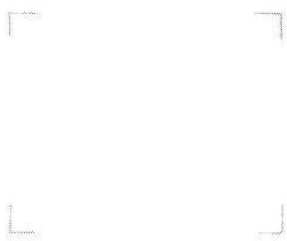
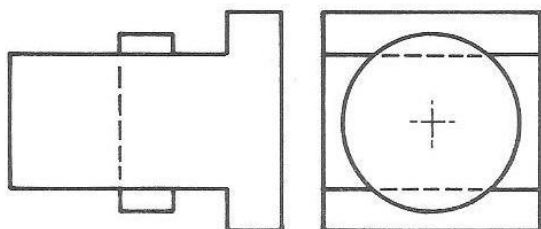
VO 6 – 8



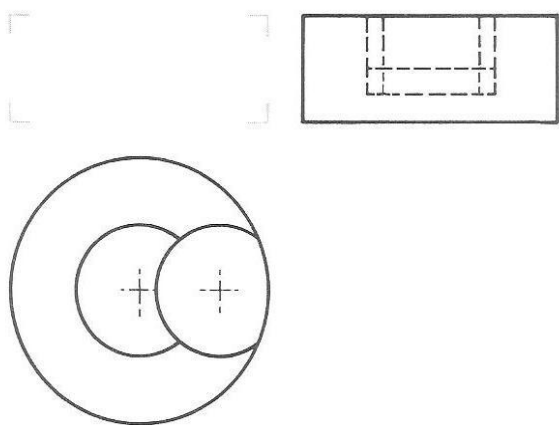
VO 7 – 1



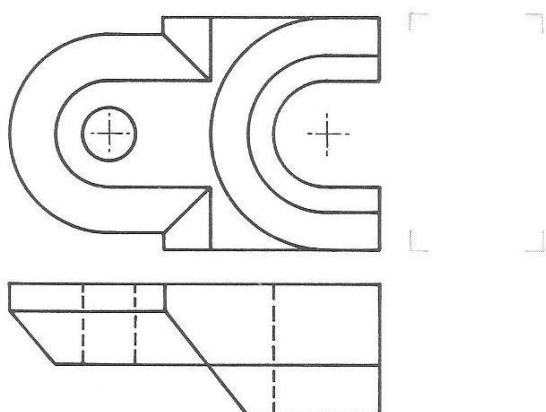
VO 7 – 2



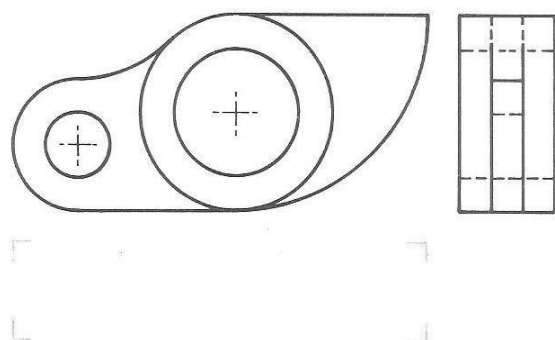
VO 7 – 3



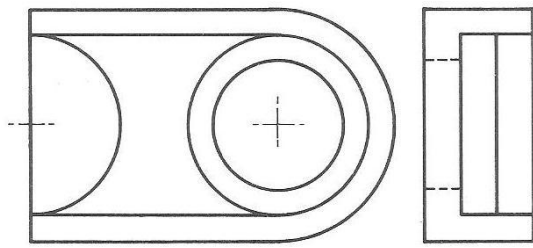
VO 7 – 4



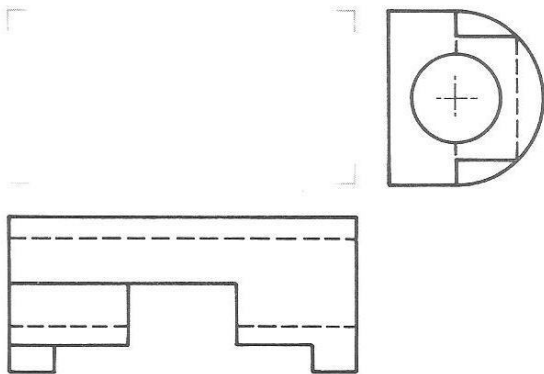
VO 7 – 5



VO 7 – 6



VO 7 – 7



VO 7 – 8

SOMBREADO

O SOMBREADO EM DESENHO TÉCNICO

A percepção visual da forma dos objetos é notavelmente favorecida pelos efeitos de luz e sombra, resultantes da iluminação dos mesmos.

Essa iluminação habitualmente provém de cima e segundo uma direção inclinada em relação ao plano horizontal.

Um objeto terá suas faces mais ou menos iluminadas, dependendo da posição das mesmas relativamente àquela direção de iluminação. Assim, as gradações de luz e sombra nos informam as mudanças de inclinação das faces dos objetos, seja essa mudança brusca (intersecção), seja ela gradual (curvatura de uma superfície).

A iluminação diferencial de áreas contíguas, nas superfícies dos objetos, produz uma impressão de convexidades (saliências) ou concavidades (depressões), conforme a área superior estiver mais iluminada que a inferior ou vice-versa. Fig. 1.

A nossa familiaridade com os efeitos de luz e sombra estabelece como que um código para a percepção do relevo da superfície do objeto. É tão forte esse condicionamento através da nossa experiência visual, que basta inverter o desenho e uma figura percebida como uma saliência passa a ser percebida como uma concavidade. Fig. 2.

Pode-se, pois, aproveitar esse efeito para dar a impressão de relevo nos desenhos, sejam eles representações no sistema de vistas ortográficas seja, principalmente, em perspectiva.

Atualmente, o sombreado não é mais utilizado no desenho técnico de apresentação final, mas tem sua aplicação nos casos onde é importante realçar a forma dos objetos. Por exemplo, em determinados desenhos de conjunto, o sombreado é empregado para tornar mais fácil à identificação dos diversos componentes, especialmente quando a representação consiste numa única vista ortográfica. Fig. 3.

Também são habitualmente sombreados os desenhos destinados ao público (catálogos, manuais, etc.), para torná-los mais legíveis e atrativos.

As aplicações do sombreado no esboço técnico são usadas para:

- Auxiliar na descrição da forma. Fig. 4.
- Separar faces. Fig. 5.
- Identificar faces paralelas. Fig. 6.
- Indicar curvatura de superfícies. Fig. 7.
- Tirar importância de linhas de construção. Fig. 8.

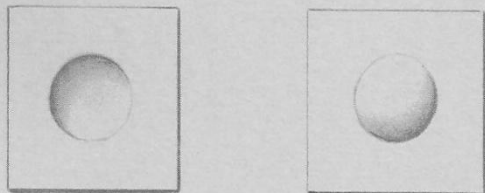


Fig. 1

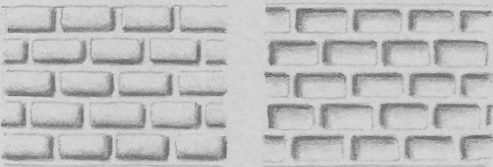


Fig. 2

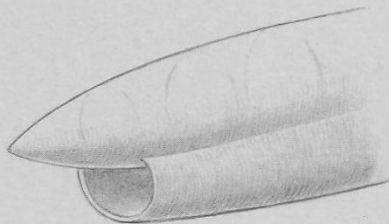


Fig. 4

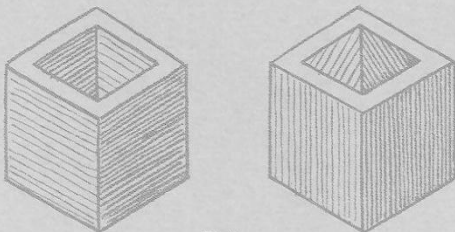


Fig. 5

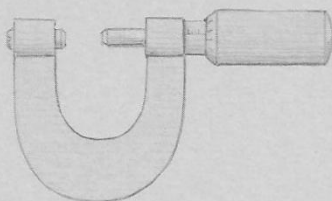


Fig. 3

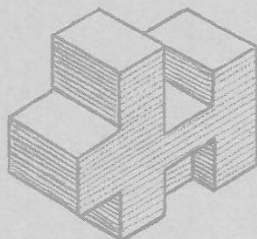


Fig. 6

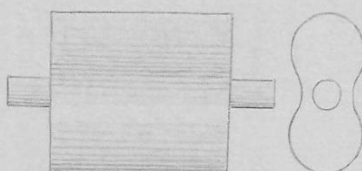


Fig. 7

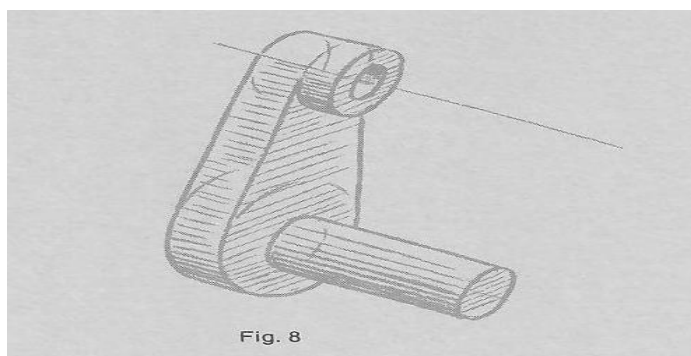


Fig. 8

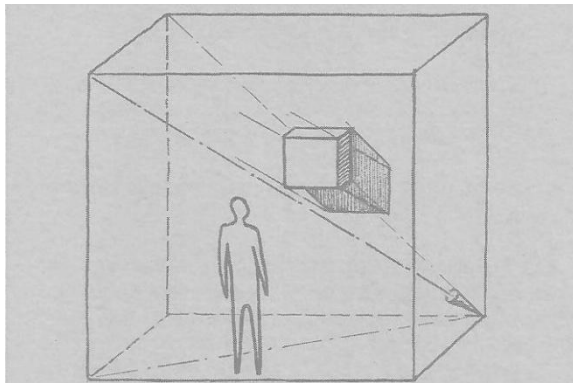


Fig. 9

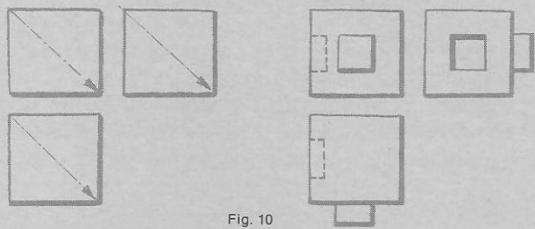


Fig. 10

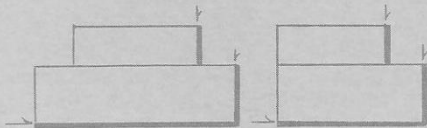


Fig. 11

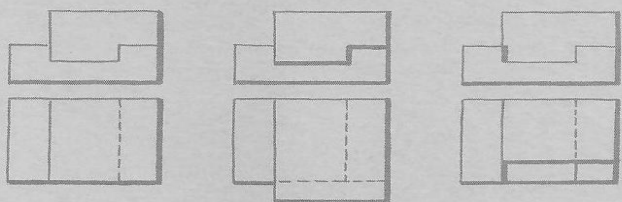


Fig. 12

TIPOS DE SOMBREADO

Podem ser utilizados dos sistemas de sombreado: o dos **traços de força** e o do **sombreado de superfície**. Ambos podem ser aplicados no sistema das vistas ortográficas, enquanto que nas representações perspectivas é aplicado, predominantemente, o sombreado de superfície.

SOMBREADO NAS VISTAS ORTOGRÁFICAS

1. Método dos traços de força

Supõe-se o objeto iluminado, **isoladamente para cada vista**, por uma fonte de luz situada a uma distância infinita e cujos raios venham da esquerda e de cima na direção da diagonal de um cubo. Fig. 9.

Mais simplesmente, para auxiliar a percepção da forma de um objeto, representado por um sistema de vistas ortográficas, o sombreado de cada uma delas deve corresponder ao condicionamento de nossa experiência visual. Assim, qualquer saliência do objeto terá sombra à direita e embaixo, e qualquer reentrância terá sombra à esquerda e em cima. Fig. 10.

A espessura dos traços de força deverá ter cerca de três vezes a dos que representam as arestas visíveis; esse acréscimo de espessura deve ser feito exteriormente ao contorno das vistas. Fig. 11. Para peças interligadas e circunferências, os traços de força são feitos com indica a Fig. 12.

2. Método de sombreado de superfície

A hipótese da iluminação é a mesma que para os traços de força, ou seja, segundo a diagonal de um cubo e **separadamente para cada vista**.

Na Fig. 13 podem-se ver exemplos deste método de sombreado.

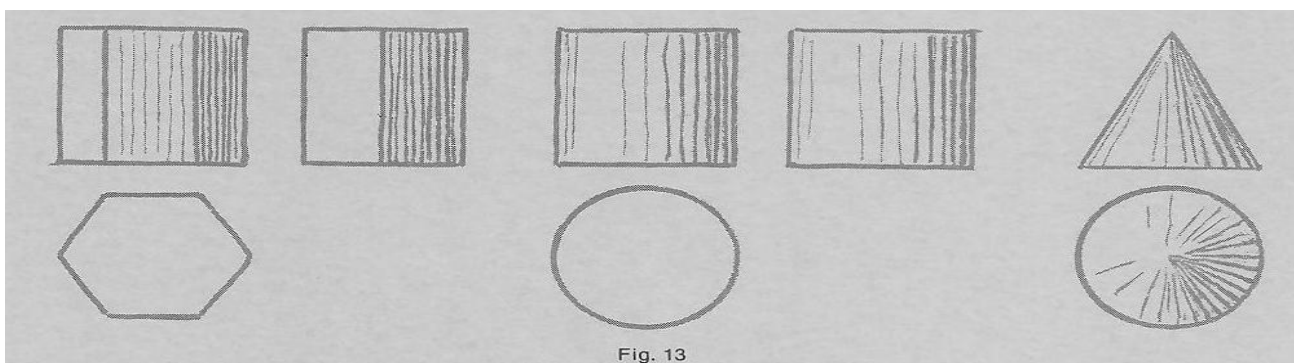


Fig. 13

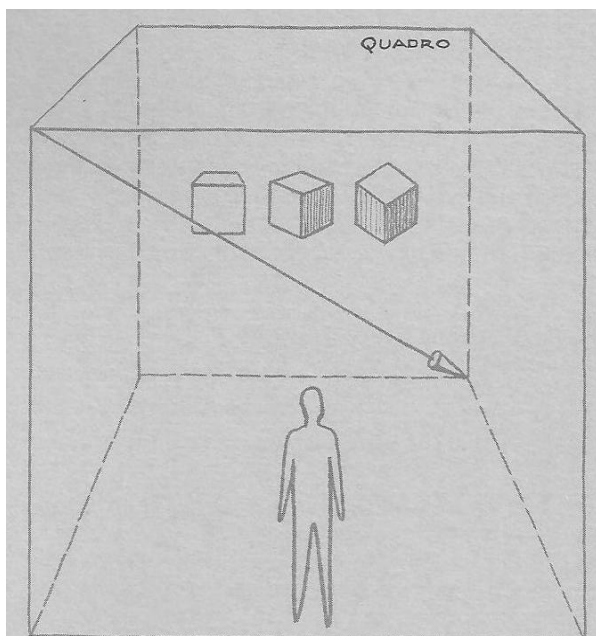


Fig. 14

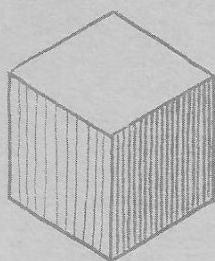


Fig. 15

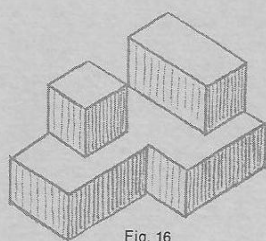


Fig. 16

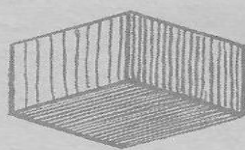


Fig. 18

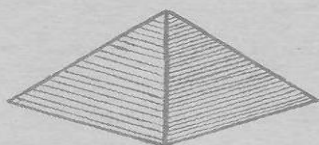


Fig. 21

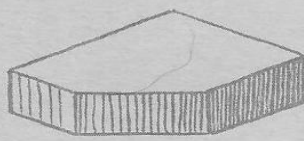


Fig. 20

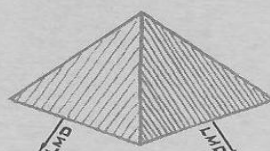


Fig. 23

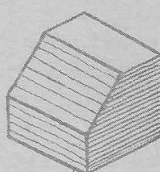


Fig. 17

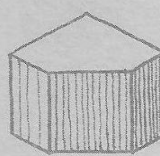


Fig. 19

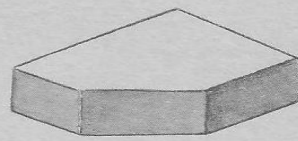


Fig. 22

SOMBREADO NAS PERSPECTIVAS

Será estudado, exclusivamente, o sombreado de superfície, por ser o que melhor realça a forma dos objetos neste tipo de representação.

Sombreado nas perspectivas axonométricas ortogonais

Considera-se a luz provindo de uma fonte situada no infinito, acima e à esquerda do observador, incidindo segundo a diagonal do cubo cuja face anterior é paralela ao quadro. Fig. 14.

As gradações de luz e sombra nas faces do sólido fundamental são as representadas na Fig. 15. A face superior nunca é sombreada e a face esquerda receberá um sombreado intermediário, enquanto a face da direita terá a sombra mais forte. As faces de um objeto qualquer receberão sombreado idêntico ao das faces do sólido fundamental às quais forem paralelas. Fig. 16.

As faces inclinadas em relação às faces do sólido fundamental terão gradações intermediárias de sombra em relação àquelas faces. Fig. 17.

Quando, numa perspectiva de eixos invertidos, é representada a face inferior do objeto, esta terá sombra mais intensa do que a lateral mais sombreada. Fig. 18.

Também é possível adotar um esquema de iluminação tal que considere a sombra mais intensa na face direita e não na esquerda. Fig. 28.

As gradações da sombra podem ser determinadas por esbatimento de tons Fig. 19, ou através de hachuras. Fig. 20.

As hachuras deverão ter, sempre, a direção de um eixo axonométrico Fig. 21 ou a de uma linha da face que está sendo sombreada Fig. 22, devendo, em alguns casos, ter a direção da linha de maior declive dessa face. Fig. 23.

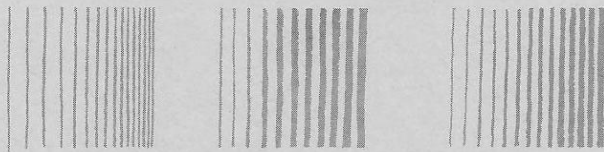


Fig. 24

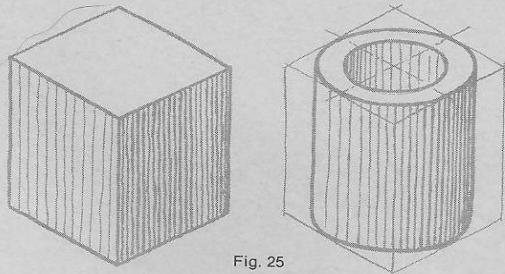


Fig. 25

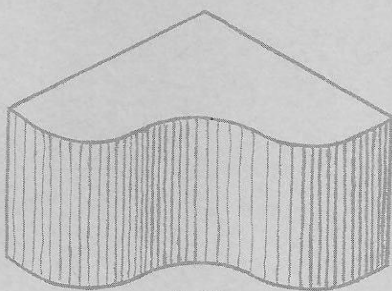


Fig. 26

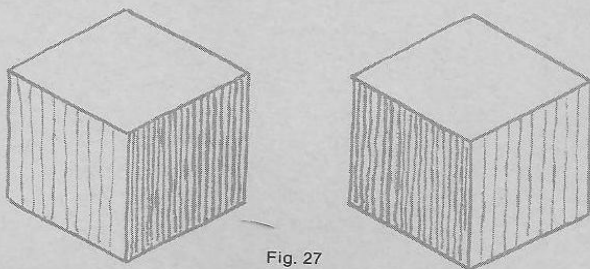


Fig. 27

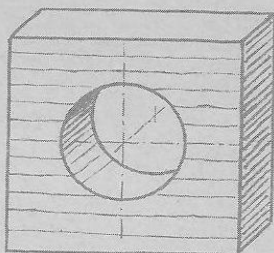


Fig. 29

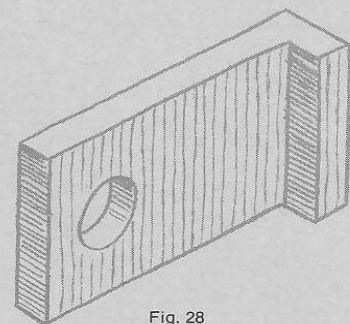


Fig. 28

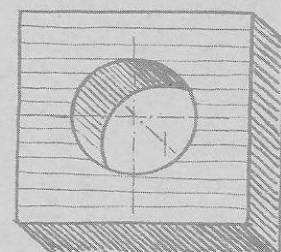


Fig. 30

As diferentes gradações de sombra, no caso do sombreado hachurado, podem ser obtidas pela maior ou menor aproximação dos traços; pela variação na espessura de traços igualmente espaçados; ou, ainda, por uma combinação dos dois processos. Fig. 24.

Para o sombreado das superfícies curva, tal como a do cilindro toma-se como referência o sombreado das faces do sólido fundamental tangentes a essas superfícies curvas. Isso significa que o espaçamento do hachurado, feito segundo a direção das geratrizes, é o mesmo nas faixas de tangência que o usado nas respectivas faces do sólido fundamental. Entre essas faixas deverá existir uma transição gradual do sombreado. Fig. 25.

O sombreado das superfícies compostas de partes planas e curvas é feito como indica a Fig. 26, podendo-se acentuar a transição reforçando três traços na faixa da geratriz de tangência.

Sombreado na perspectiva cavaleira

A face superior da peça é sempre considerada plenamente iluminada; a face frontal como tendo um sombreado intermediário; e a lateral visível receberá o sombreado mais intenso. Fig. 29. Quando a perspectiva cavaleira representa a face inferior do objeto, esta será mais sombreada do que a lateral visível. Fig. 30.

