

LUCIANO GOBO SARAIVA LEITE

DESENHO TÉCNICO

BEM
PRÁTICO



LUCIANO GOBO SARAIVA LEITE

DESENHO TÉCNICO BEM PRÁTICO



Uberaba
2023

Copyright © 2023: EDUFTM

Direção Geral
Norma Lucia da Silva

Coordenação Editorial
Tânia Araújo do Nascimento Cad

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa
Viviane Mara Miranda Rodrigues

Ilustrações
Luciano Gobo Saraiva Leite

Revisão
Débora Francisca de Lima

Conselho Editorial
Profa. Dra. Norma Lucia da Silva
Prof. Dr. Álvaro da Silva Santos
Profa. Dra. Ana Cristina de Souza
Prof. Dr. Danilo Seithi Kato
Profa. Dra. Maria das Graças Reis
Profa. Dra. Renata Pereira Alves Balvedi
Profa. Dra. Sanívia Aparecida de Lima Pereira
Profa. Dra. Suzel Regina Ribeiro Chavaglia
Prof. Dr. Tales Vilela Santeiro
Ma.Terezinha Severino da Silva

Editora da UFTM - EDUFTM
Endereço: Praça Thomaz Ulhôa, 582 - Bairro Abadia
CEP: 38025-050 - Uberaba/MG
Telefone: (34) 3700-6647

**CATALOGAÇÃO NA FONTE:
BIBLIOTECA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO**

L554d Leite, Luciano Gobo Saraiva
Desenho técnico bem prático / Luciano Gobo Saraiva Leite. = Uberaba,
MG: Eduftm, 2023.
247 p.: il.

Bibliografia
E-book
ISBN 978-65-89736-22-6

I. Desenho técnico. 2. Geometria descritiva. 3. Desenho técnico - Programas de computador. I. Leite, Luciano Gobo Saraiva. II. Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 744.42

Cicera Daniele da Silva - Bibliotecária - CRB-6/3012

SUMÁRIO

Prefácio	14
1 Introdução ao desenho técnico	17
1.1 Definição	17
1.2 Breve histórico do desenho técnico	17
1.3 Novos desafios	28
2 Normatização do desenho técnico	30
2.1 Introdução	30
2.2 Normas Técnicas de Desenho Técnico	30
2.3 Dimensões da folha	31
2.3.1 Folhas no formato A	31
2.3.2 Outros tipos de formatos de folha	32
2.4 Layout da folha	36
2.4.1 Legenda	37
2.5 Dobramento das folhas	37
2.6 Tipos de linhas	39
2.6.1 Precedência das linhas	40
2.7 Escalas	41
2.8 Exercícios	43
3 Projeções ortogonais	44
3.1 Introdução	44
3.2 Geometria Descritiva - Plano de Épuras	45
3.3 Vistas ortogonais no 1º Diedro	49
3.3.1 Vista Frontal - 1º Diedro	49
3.3.2 Vista Superior ou Planta - 1º Diedro	50
3.3.3 Vista Lateral Esquerda - 1º Diedro	50
3.3.4 Vista Lateral Direita - 1º Diedro	51
3.3.5 Vista Inferior - 1º Diedro	52
3.3.6 Vista Posterior - 1º Diedro	52
3.3.7 Conjunto de vistas no 1º Diedro	53
3.4 Vistas ortogonais no 3º Diedro	54
3.4.1 Vista Frontal - 3º Diedro	54
3.4.2 Vista Superior ou Planta - 3º Diedro	55
3.4.3 Vista Lateral Esquerda - 3º Diedro	55
3.4.4 Vista Lateral Direita - 3º Diedro	56
3.4.5 Vista Inferior - 3º Diedro	56
3.4.6 Vista Posterior - 3º Diedro	57
3.4.7 Conjunto de vistas no 3º Diedro	57

3.5 Diferenças entre o 1º e o 3º Diedros	59
3.6 Simbologia para o diedro adotado	59
3.7 Exercício:.....	60
4 Vistas ortogonais	61
4.1 Introdução.....	61
4.2 Nomenclatura e posição das vistas	61
4.2.1 Escolha da vista principal	62
4.3 Representação das arestas	63
4.3.1 Arestas visíveis	63
4.3.2 Arestas invisíveis	63
4.3.3 Linhas de eixo	64
4.4 Vistas necessárias e suficientes	67
4.5 Vistas auxiliares, simetria e interrupções	68
4.5.1 Vistas auxiliares	68
4.5.2 Peças com simetria e muitos detalhes	69
4.5.3 Peças encurtadas	70
4.5.4 Elementos repetitivos	71
4.5.5 Arestas fictícias	71
4.5.6 Ampliação de detalhes	72
4.6 Exercícios	73
5 Cotagem	75
5.1 Introdução.....	75
5.2 Elementos de cotagem	75
5.3 Regras básicas de cotagem	76
5.3.1 Cotagem de elementos lineares	77
5.3.2 Cotagem de elementos curvos	81
5.3.3 Cotagem de ângulos	85
5.3.4 Cotagem de posição	86
5.3.5 Cotagem de elementos eqüidistantes.....	87
5.3.6 Cotagem de elementos com a mesma dimensão.....	88
5.3.7 Cotagem de chanfros e escareados	91
5.3.8 Cotagem de cordas e segmentos de arcos	92
5.3.9 Cotagem de elementos por referência	93
5.3.10 Cotagem por coordenadas	93
5.5 Exercícios	95
6 Cortes e seções	109
6.1 Introdução.....	109
6.2 Cortes e Seções	109
6.2.1 Cortes em desvio	115
6.2.2 Rebatimento de plano	117
6.2.3 Elementos que não são cortados	118
6.2.4 Meio corte	122
6.2.5 Corte em peças com seção delgada.....	124
6.2.6 Corte parcial	124

6.2.7 Corte em conjunto de peças	125
6.3 Seções	126
6.4 Exercícios	130
7 Perspectiva	151
7.1 Introdução	151
7.2 Projeções paralelas	151
7.2.1 Perspectiva cavaleira ou militar ou de gabinete	152
7.2.2 Perspectiva isométrica	154
7.3 Projeções cônicas	162
7.3.1 Ponto de fuga	163
7.3.2 Perspectiva cônica com um ponto de fuga	165
7.3.3 Perspectiva cônica com dois pontos de fuga	179
7.3.4 Perspectiva cônica com três pontos de fuga	191
7.3.5 Comparativo entre os três métodos de desenho em perspectiva cônica	205
7.4 Utilização de softwares CAD para desenhos em perspectiva	205
7.5 Exercícios	208
Referências bibliográficas	245

LISTA DE FIGURAS

1.1	Formas geométricas das letras	19
1.2	Projeção ortogonal de um objeto	19
1.3	Prancheta com régua paralela para desenho (www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017a)	20
1.4	Prancheta portátil com régua paralela (www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017g)	20
1.5	Canetas Nanquim (www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017f)	20
1.6	Espessura das penas de caneta Nanquim	21
1.7	Funcionamento das canetas tipo Nanquim	21
1.8	Compasso com extremidades extensíveis (TRIDENT, 2017b) (www.trident.com.br)	21
1.9	Pantógrafo: ampliação de mapa. (www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017c)	23
1.10	Jogo de esquadros 60° e 30° e 45°. (www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017d)	23
1.11	Gabarito de caixas d'água (www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017e)	24
1.12	Desenho 2D com CAD Projeto elétrico residencial	24
1.13	Desenho com CAD - Projeto hidráulico residencial	47
1.14	Desenhos 3D renderizados	25
1.15	Engrenagem fabricada em CNC>.Cortesia: Departamento de Engenharia Mecânica - UFTM	26
1.16	Listagem de deslocamentos nodais. Software PERT (LEITE; BORGES, 2017)	26
1.17	Imagem de treliça íntegra e deformada. Software PERT (LEITE; BORGES, 2017)	27
1.18	Geometria e carregamento em pórtico espacial. Software PERT (LEITE; BORGES, 2017)	27
1.19	Diagrama de esforço normal em treliça plana. Software PERT (LEITE; BORGES, 2017)	28
1.20	Divisão de laje de ponte em elementos finitos com carregamento de um veículo	28
1.21	Saleiro construído em uma impressora 3D	32
2.1	Formato A de folha para desenho técnico	33
2.2	Subdivisões das folhas no formato B	34
2.3	Subdivisões das folhas no formato C	35
2.4	Subdivisões das folhas no formato Arch	36
2.5	Comparação entre os tamanhos entre as folhas A0, B0, C0 e Arch	36
2.6	Margens, legenda e área de desenho (Folha A4)	37
2.7	Exemplo de Legenda - Projeto Estrutural de Edifício	38
2.8	Dobramento folha A0 (folha na horizontal). Cotas em mm	38
2.9	Dobramento folha A1 (folha na horizontal). Cotas em mm	38
2.10	Dobramento folha A2 (folha na horizontal). Cotas em mm	39
2.11	Dobramento folha A3 (folha na horizontal). Cotas em mm	39
2.12	Tipos de linhas e suas aplicações - ABNT/NBR 8403:1984 (ABNT, 1984)	40
2.13	Exemplo de escala de redução (Escala 1:50)	42
2.14	Exemplo de escala de ampliação (Escala 2:1)	44
3.1	Principais componentes de um sistema de projeção.	45
3.2	Direção das retas projetantes	45

3.3	Distância tendendo ao infinito para se considerar as retas projetantes paralelas entre si	46
3.4	Plano de épuras	46
3.5	Plano de épuras, com divisão dos diedros e projeções de um ponto	47
3.6	Rebatimento do plano de épuras	47
3.7	Plano de épuras rebatido	48
3.8	Plano de épuras adicionado de um plano auxiliar	48
3.9	Rebatimento de três planos ortogonais entre si	49
3.10	Planos de épura com os três planos rebatidos	49
3.11	Projeção da vista frontal de um objeto - 1º Diedro	50
3.12	Projeção da vista superior de um objeto - 1º Diedro	51
3.13	Projeção lateral esquerda de um objeto - 1º Diedro	51
3.14	Projeção lateral direita de um objeto - 1º Diedro	52
3.15	Projeção da vista inferior de um objeto - 1º Diedro	52
3.16	Projeção da vista posterior de um objeto - 1º Diedro	53
3.17	Vistas ortogonais do objeto - 1º Diedro	53
3.18	Sentido do rebatimento dos planos de projeção - 1º Diedro	54
3.19	Vistas ortogonais no 1º Diedro - Nomenclatura	54
3.20	Sistema de projeção 3º Diedro	55
3.21	Projeção da vista frontal de um objeto - 3º Diedro	55
3.22	Projeção superior de um objeto - 3º Diedro	56
3.23	Projeção lateral esquerda de um objeto - 3º Diedro	56
3.24	Projeção lateral direita de um objeto - 3º Diedro	57
3.25	Projeção da vista inferior de um objeto - 3º Diedro	57
3.26	Projeção da vista posterior de um objeto - 3º Diedro	58
3.27	Vistas ortogonais do objeto - 3º Diedro	58
3.28	Sentido do rebatimento dos planos de projeção - 3º Diedro	59
3.29	Vistas ortogonais no 3º Diedro - Nomenclatura	59
3.30	Simbologia para posição do objeto nos diedros	60
3.31	Projeções ortogonais do tronco de cone	60
3.32	Rebatimento dos planos da vista frontal e lateral esquerda	60
3.33	Vistas do dado	61
4.1	Equidistância no afastamento das vistas	62
4.2	Nomenclatura das vistas	62
4.3	Escolha da vista principal	63
4.4	Vista Frontal da peça	63
4.5	Vista Lateral esquerda e superior da peça	64
4.6	Vista frontal, lateral esquerda e superior da peça	64
4.7	Detalhe da linha de eixo junto a aresta da circunferência	65
4.8	Detalhe da linha de eixo junto às extremidades do furo	65
4.9	Figura com segmentos em arco	66
4.10	Vista frontal e superior com detalhes do encontro das linhas de eixo em segmentos de arcos	66
4.11	Peça com furo concêntrico a um segmento de arco	67
4.12	Peça contendo um eixo de simetria	67

4.13	Vistas frontal, lateral esquerda e superior de peça com um plano de simetria	67
4.14	Vistas necessárias para descrever as peças	68
4.15	Peça com detalhes não paralelos aos planos ortogonais	68
4.16	Vista principal e vista auxiliar do detalhe A	69
4.17	Peça com simetria e vários detalhes	69
4.18	Representação de peças simétricas	70
4.19	Peça encurtada	70
4.20	Desenho de peça com detalhes repetitivos	71
4.21	Peça com arestas fictícias	71
4.22	Vista de um detalhe ampliado de uma peça	72
5.1	Elementos de cotação	72
5.2	Principais tipos de delimitadores da linha de cota	76
5.3	Cotação de arestas visíveis	76
5.4	Posição da linha de cota	77
5.5	Cruzamento de linhas	77
5.6	Orientação das cotas - Método 1 (NBR 10126:1987) (ABNT, 1987b)	78
5.7	Orientação das cotas - Método 2 (NBR 10126:1987) (ABNT, 1987b)	78
5.8	Linha de cota paralela às arestas	79
5.9	Repetição de cotas	79
5.10	Repetição de cotas diferentes de um mesmo elemento	80
5.11	Cruzamento de linhas com a cota	80
5.12	Cotação de peças interrompidas	81
5.13	Cotação direta de circunferência	81
5.14	Cotação de circunferências - Convenção	82
5.15	Cotação em meia peça	82
5.16	Cotação de arco	83
5.17	Cotação pelo lado externo do arco	83
5.18	Cota interrompida de arco	83
5.19	Cotação de raio por outro elemento	84
5.20	Esfera e raio esférico	84
5.21	Peça com elemento em formato de esfera	85
5.22	Vista de peça composta com elementos esféricos	85
5.23	Orientação das cotas angulares - Método 1(NBR 10126:1987)	86
5.24	Orientação das cotas angulares - Método 2 (NBR 10126:1987)	86
5.25	Cotação de posição	86
5.26	Cotação de elementos eqüidistantes linearmente com uma cota de posição	87
5.27	Cotação de elementos eqüidistantes linearmente com interrupção da peça e cotação de distância entre dois elementos repetidos	87
5.28	Cotação de elementos eqüidistantes angularmente	88
5.29	Cotação simplificada de elementos eqüidistantes angularmente	88
5.30	Cotação de elementos repetidos	89
5.31	Cotação de elementos repetidos dispostos radialmente	89
5.32	Cotação de elementos repetitivos por referência	90
5.33	Cotação de elementos repetitivos em peças simétricas	90
5.34	Cotação de chanfros	91

5.35	Cotagem de chanfro inclinado a 45°	91
5.36	Cotagem do comprimento do escareado, indicando a inclinação do mesmo em relação ao furo	92
5.37	Cotagem do escareado pela dimensão angular da abertura e diâmetro externo do furo	92
5.38	Cotagem de corda	92
5.39	Cotagem do comprimento do arco	92
5.40	Cotagem do ângulo formado entre as componentes retas da peça que se dirigem ao centro de origem do comprimento de arco	93
5.41	Cotagem por referência utilizando apenas a linha de chamada	93
5.42	Cotagem de elemento de referência. Método tradicional	94
5.43	Cotagem por coordenadas	94
5.44	Cotagem por coordenadas com utilização de tabela	110
6.1	Peça com dois furos	109
6.2	Vista frontal e superior, peça com dois furos	110
6.3	Plano de corte escolhido e corte da peça	110
6.4	Corte da peça na direção do plano de corte estipulado e “descarte” a peça que não será desenhada nas vistas ortogonais	111
6.5	Indicação do plano de corte AA	111
6.6	Vista da peça cortada (Vista Frontal)	111
6.7	Vistas completas da peça, com corte e hachura	112
6.8	Vista simples onde se dispensa a indicação do plano de corte	112
6.9	Direção das linhas da hachura	113
6.10	Linhas que indicam o sentido do corte em um tronco de uma árvore	113
6.11	Hachuras segundo tipo de material	113
6.12	Corte de peça com vários furos	114
6.13	Vista frontal cortada e arestas posteriores ao plano de corte	114
6.14	Vista superior e frontal em corte	115
6.15	Corte em desvio	116
6.16	Vista superior e frontal em corte	116
6.17	Corte de furos adjacentes em planos diferentes	117
6.18	Rebatimento de plano	117
6.19	Vista superior e vista frontal rebatida	118
6.20	Corte em um volante	119
6.21	Interpretação do desenho se os raios forem hachurados	119
6.22	Vistas Principais e corte - Volante	119
6.23	Representação em corte de elemento de ligação	120
6.24	Peça com nervuras e sentido do plano de corte	120
6.25	Interpretação do desenho se nervuras forem hachuradas	121
6.26	Vistas principais de peça com nervuras	121
6.27	Peça simétrica, plano de corte (meio corte) e peça cortada	122
6.28	Meio corte da peça na vista frontal	123
6.29	Indicação do plano em meio corte	123
6.30	Corte de seções metálicas. Perfil L, 2L e U	124
6.31	Vista em perspectiva de peça e região do corte parcial	124

6.32	Vistas principais de peça com corte parcial	124
6.33	Corte em conjunto de peças	125
6.34	Hachura em uma área de corte muito grande	126
6.35	Hachura em um conjunto de peças ligadas por solda	126
6.36	Eixo com reentrâncias	127
6.37	Vistas principais e seções da peça	127
6.38	Vistas principais e seções orientadas na direção onde aparecem na vista principal	128
6.39	Vistas principais e seções orientadas na direção onde aparecem na vista principal	128
6.40	Seção representada na própria vista	129
7.1	Projeções paralelas para desenhos tridimensionais	152
7.2	Perspectiva cavaleira. Relação entre os eixos ortogonais na representação no plano de projeção e fator de redução (r)	152
7.3	Perspectiva cavaleira sem a redução das dimensões na direção da largura	153
7.4	Perspectiva cavaleira com a redução das dimensões na direção da largura	153
7.5	Posição relativa entre os eixos ortogonais - Perspectiva Isométrica	154
7.6	Cubo em perspectiva isométrica	154
7.7	Projeção do cubo no plano vertical (PV) e plano auxiliar (Paux) no 1º Diedro para se obter uma vista em perspectiva isométrica	155
7.8	Vista lateral direita e frontal do cubo, com planos de épura rebatidos	155
7.9	Perspectiva isométrica	155
7.10	Construção de arestas com direções não ortogonais (a) Construção da aresta não ortogonal por si só (b) Construção da aresta não ortogonal seguindo orientação de elementos com direções ortogonais próximas	156
7.11	Circunferências paralelas aos eixos ortogonais em perspectiva isométrica	157
7.12	Comparação entre circunferências	157
7.13	Demarcação do centro da circunferência e construção do losango onde será circunscrita a circunferência	158
7.14	Traçado das linhas auxiliares ligando os vértices da menor diagonal do losango aos pontos médios das suas respectivas arestas opostas	158
7.15	Traçado dos arcos de circunferência da “falsa elipse”	158
7.16	Representação em perspectiva isometria de uma circunferência	159
7.17	Intersecção da maior diagonal do losango com a “falsa elipse”	159
7.18	Traçado do comprimento do cilindro	160
7.19	Construção final de cilindro em perspectiva isométrica	160
7.20	Construção da face posterior de um furo, quando $d > e$	160
7.21	Construção da face posterior do furo, quando $d = e$	161
7.22	Construção da face posterior do furo, quando $d < e$	161
7.23	Perspectiva isométrica explodida	162
7.24	Comparação entre perspectivas	162
7.25	Linha do horizonte (rodovia)	163
7.26	Ponto de fuga e linha do horizonte	163
7.27	Posição do observador	164
7.28	Perspectiva com um ponto de fuga	165
7.29	Vista superior do objeto e do ponto de observação	165

7.30	Vista em planta do edifício contendo: linha de terra, linha do horizonte e a posição do observador	166
7.31	Linha do plano frontal e projeção do ponto de fuga	167
7.32	Traçado do ponto de fuga	168
7.33	Vista frontal sobre a linha de terra	169
7.34	Linhas projetantes de fuga entre arestas da vista frontal e o ponto de fuga	170
7.35	Projeção dos pontos da vista posterior do edifício sobre o plano de projeção frontal	171
7.36	Projeção da vista posterior do objeto na linhas de projeção do ponto de fuga	172
7.37	Desenho final, perspectiva cônica do edifício	173
7.38	Marcação da vista frontal da caixa d'água no desenho sobre a linha de terra	174
7.39	Traçado das linhas projetantes que partem das laterais da projeção frontal da caixa d'água no desenho sobre a linha de terra e se dirigem ao ponto de fuga	175
7.40	Marcação da base da caixa d'água sobre o desenho do edifício em perspectiva cônica	176
7.41	Pontos que demarcam os cantos da caixa d'água do desenho em perspectiva cônica	177
7.42	Desenho final da caixa d'água sobre o edifício na vista em perspectiva cônica	178
7.43	Traçado dos detalhes na vista frontal do desenho sobre a linha de terra	179
7.44	Configurações do ponto de observação, linha de terra e linha do horizonte para a projeção com dois pontos de fuga	180
7.45	Projeção dos pontos de fuga na direção do comprimento (X) e da largura (Z), respectivamente	181
7.46	Traçado dos pontos de fuga na linha do horizonte	182
7.47	Determinação da altura de referência	183
7.48	Desenho das fachadas e do topo do edifício	184
7.49	Marcação da altura da caixa d'água nos cantos da edificação	185
7.50	Marcação da vista lateral direita da caixa d'água no desenho em perspectiva	186
7.51	Marcação da vista frontal da caixa d'água no desenho em perspectiva	187
7.52	Desenho final da caixa d'água em perspectiva cônica	188
7.53	Desenho das janelas e detalhes em perspectiva cônica	189
7.54	Desenho final do edifício em perspectiva cônica com dois pontos de fuga	190
7.55	Alocação do ponto de fuga do eixo Y, PFY	191
7.56	Desenho da base da edificação em perspectiva cônica	192
7.57	Determinação das projetantes na direção Y	193
7.58	Marcação da altura da edificação na vista em perspectiva cônica	194
7.59	Desenho do "corpo" da edificação com três pontos de fuga	195
7.60	Marcação da altura e dos afastamentos laterais da caixa d'água	196
7.61	Projetantes da caixa d'água na fachada lateral direita da edificação	197
7.62	Desenho da caixa d'água em perspectiva cônica de três pontos	198
7.63	Marcação das janelas e frisos na fachada lateral direita da edificação	199
7.64	Desenho das janelas e frisos na fachada lateral direita da edificação	200
7.65	Desenho final das janelas e frisos da fachada lateral direita da edificação	201
7.66	Marcação das janelas e frisos na fachada frontal da edificação	202
7.67	Desenho das janelas e frisos na fachada frontal da edificação	203

7.68	Desenho final da edificação em perspectiva cônica com três pontos de fuga	204
7.69	Tipos de perspectiva	205
7.70	Orientação dos eixos cartesianos para desenho em perspectiva isométrica em software CAD.....	206
7.71	Figura plana e sólida em software CAD (3D)	206
7.72	Tipos de vistas em perspectiva de software CAD em 3D.....	207
7.73	Traçado de retas projetantes cônicas com a utilização de software CAD 3D sobre fotografia	207
7.74	Desenho de formas geométricas em fotografia em softare CAD utilizando perspectiva cônica	208

LISTA DE TABELAS

2.1	Dimensões das folhas tipo A	32
2.2	Dimensões das folhas tipo B	33
2.3	Dimensões das folhas tipo C	34
2.4	Dimensões das folhas tipo Arch	35
2.5	Largura das linhas e das margens	37
2.6	Tipos de linhas e suas aplicações segundo a ABNT/NBR 8403:1984 (ABNT, 1984)	40
2.7	Largura das linhas e das margens	41
7.1	Ângulo de fuga e coeficientes de redução - Perspectiva cavaleira	153

PREFÁCIO

Este livro é o resultado da sistematização do material didático das aulas de desenho técnico dos cursos de Engenharia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM. No início, na implementação dos cursos de engenharia em 2010, foi proposto que a disciplina se dividisse basicamente em desenho técnico em projeções ortogonais (2D) e em perspectiva (3D). O escopo da disciplina previa que o aluno trabalhasse na prática com a interpretação de um desenho em três dimensões, e fizesse suas projeções ortogonais na primeira etapa do curso, e na segunda fase, de posse de desenhos de projeções ortogonais, construísse um objeto em três dimensões. Eram ensinados os fundamentos do desenho técnico, como vistas ortogonais, cotação, corte e perspectiva isométrica, sendo os desenhos feitos inicialmente por técnicas manuais e depois com a utilização de software CAD (Computer Aided Design, ou Desenho assistido por computador, em português), que são programas feitos para se desenhar com a utilização de computadores digitais. O livro está dividido em sete capítulos e tem como objetivo ajudar o aluno a dominar as principais técnicas de desenho técnico de objetos simples para o desenho bidimensional, ou seja, com a utilização de projeções ortogonais, e tridimensional, com a utilização de perspectiva, em especial a perspectiva isométrica. Não é objetivo da produção deste livro o direcionamento para uma área específica das Engenharias, e sim a aplicação de ferramentas básicas de desenho técnico que posteriormente serão utilizadas nas disciplinas específicas de cada curso.

No capítulo um será apresentada uma introdução geral e um pequeno histórico do desenho técnico. Serão comentadas as principais manifestações de desenho, desde os homens pré-históricos até a utilização de técnicas avançadas de desenho e renderização assistidos por computador. Serão descritos os principais equipamentos do desenho manual, como esquadros, compassos, etc., e também o desenho assistido por computador (CAD), como também alguns exemplos de desenhos feitos com software CAD, desenhos importados de software CAD e utilizados em CAM (Manufacturing Aided Computer), que serão enviados às máquinas para a produção de objetos, e por fim desenhos executados concomitantemente por softwares CAE (Engineering Aided Computer), que são feitos por software de análise numérica utilizados em vários campos da engenharia. Por fim, proceder-se-á a uma introdução dos itens de desenvolvimento mais recentes na área do desenho, como a impressão 3D e os softwares de plataforma BIM (Building Information Modelation, ou em português “Modelagem da Informação na Construção”).

No capítulo dois será mostrada a normatização do desenho técnico e as principais normas utilizadas no Brasil. Serão apresentadas neste capítulo normas para o layout e tamanho das folhas, de carimbos e legendas, bem como o tipo de dobramento dos principais tamanhos de papéis da série A, B e C. Também serão demonstrados os principais tipos de linhas e suas utilizações e também será introduzido o conceito de escalas. Esse capítulo é de fundamental importância para que o aluno conheça a normatização do desenho técnico, bem como a apresentação do desenho em folhas impressas e na forma digital.

No capítulo três serão demonstradas, de forma bastante didática, as principais vistas ortogonais. Far-se-á uma breve introdução ao plano de épuras, conteúdo da área de Geometria Descritiva, para que sejam mostradas as principais vistas no primeiro diedro e no terceiro diedro. Cada vista será amplamente ilustrada, com a adoção de um observador de referência, que mostrará a posição da vista em relação ao observador, e um observador de projetantes, que ilustrará o caminho das retas projetantes que interceptam o objeto e o plano de projeção.

No capítulo quatro serão apresentadas as principais técnicas de representação das vistas ortogonais para a produção de desenho técnico. Serão mostradas as vistas ortogonais principais do primeiro diedro,

bem como a representação dos principais tipos de arestas, como arestas visíveis e invisíveis e as marcações de centros de circunferência, linhas de eixo e linhas de simetria. Será ilustrado um passo a passo dos principais tipos de arestas e linhas para que o aluno consiga assimilar este conteúdo com mais facilidade. A seguir, serão descritas as vistas auxiliares e não ortogonais e suas aplicações, além de vistas de simetria, encurtamento de peças e detalhes de ampliação. No final do capítulo, haverá exercícios para aplicação das principais técnicas de desenho em projeção ortogonal, nos quais haverá objetos representados em perspectiva isométrica, com suas dimensões cotadas, cabendo ao aluno representá-los nas vistas ortogonais principais do primeiro diedro.

A técnica de cotação será vista no capítulo cinco. A cota é a representação numérica de um segmento reto ou curvo, ou a medida angular entre dois segmentos, e deve estar representada perto destes segmentos em uma posição apropriada. Serão apresentadas as principais técnicas de cotação linear, angular, de arcos, segmentos curvos e cotas de posição. Neste capítulo, o aluno terá oportunidade de visualizar os procedimentos que devem ser seguidos à risca em uma cotação e alguns procedimentos que são recomendáveis, porém, não obrigatórios. Será vista a nomenclatura das cotas, seus principais componentes bem como a sua orientação. Na parte final do capítulo, será descrita a cotação de elementos: repetitivos, equidistantes, chanfros e escareados (que é um elemento muito utilizado em projetos mecânicos), de referência e por coordenadas (que são muito utilizadas em desenhos de topografia). No final do capítulo, há uma considerável quantidade de exercícios para que o aluno veja uma peça em 3D, desenhe as projeções ortogonais principais (matéria do Capítulo 3 e 4) e faça as cotações do desenho (matéria deste capítulo).

O capítulo seis se refere ao estudo de cortes e seções. Existem detalhes nos objetos que não são vistos em nenhuma vista (ortogonal ou não), e por esse motivo não podem ser cotados. A técnica de corte e seções nada mais é do que a execução de um corte até o detalhe que se deseja mostrar, removendo a parte da peça que o está cobrindo e então torná-lo visível em uma vista ortogonal. Neste capítulo serão mostrados os principais tipos de corte, como o corte total, corte parcial, meio corte e corte em desvio. Também será explicado como simbolizar a região que foi cortada, que é por meio de hachuras, sendo mostrados os principais tipos de hachuras, e também as peças que não podem ser cortadas, ou seja, hachuradas, que são principalmente as peças de ligação e os enrijecedores. Na parte de seções, serão vistos os principais tipos de representação de seções, bem como a representação de seções em peças de geometria variável ao longo de um eixo. Por fim, haverá exercícios de corte, por meio dos quais o aluno verá em perspectiva isométrica um objeto que tenha detalhes que se tornariam ocultos em qualquer vista ortogonal, e assim poderá escolher a melhor técnica de corte ou seção para representá-lo.

No capítulo sete, será demonstrada a técnica de desenho em três dimensões. Essa técnica é denominada de perspectiva. Serão vistas as principais técnicas de perspectiva paralela, ou seja, quando se considera que o observador esteja em uma posição muito distante e as retas projetantes se tornam paralelas entre si. Será dada uma atenção especial na parte da perspectiva isométrica, pois é a mais utilizada no desenho técnico e a que pode ser desenhada com as distâncias reais do objeto nos eixos ortogonais, embora na prática haja uma redução das arestas nestas direções. Será visto, passo a passo, o desenho em perspectiva isométrica de regiões circulares, tubos e furos. Será mostrada a perspectiva cônica, que apresenta uma visualização mais próxima da visão humana. Serão demonstrados os principais elementos desta perspectiva, como a linha do horizonte, linha de terra e ponto de fuga. Em seguida, será ilustrado um passo a passo de um desenho em perspectiva cônica, utilizando um, dois e três pontos de fuga, respectivamente. No final desta seção serão mostrados os principais softwares CAD para o desenho de objetos em perspectiva paralela e cônica. O final do capítulo apresenta exercícios que auxiliarão o aluno na visualização de um objeto com suas vistas ortogonais e na elaboração do desenho em perspectiva isométrica. Os exercícios estão representados em escala, fazendo com que as dimensões possam ser conferidas também com a utilização de escalímetro.

Como pode ser visto, neste trabalho há um conteúdo básico de desenho técnico, ideal para um primeiro contato do aluno nesta área, que poderá ajudá-lo posteriormente nas outras disciplinas dos cursos de enge-

nharia, em que há a necessidade da elaboração de desenhos técnicos e projetos mais elaborados. O livro foi escrito em uma linguagem simples, ideal para o aluno iniciante dos cursos de engenharia, é fartamente ilustrado, pois trata-se de um livro de “desenho” técnico e contém vários exercícios, ideal para uma participação ativa do aluno. Os exercícios são compostos de peças, algumas reais e outras criadas especificamente para este livro, algumas simples e outras mais complexas, com o intuito de treinar o aluno para a interpretação e o desenho de objetos em duas e em três dimensões, sempre de acordo com as normas técnicas. Para que o professor obtenha um maior rendimento na disciplina com a utilização deste material, é recomendado que primeiramente o professor faça uma explanação do assunto que discorrerá na aula. Em seguida, o professor apresentará aos alunos os desenhos que deverão ser feitos, e ficará à disposição dos mesmos para tirar eventuais dúvidas. Os desenhos poderão ser feitos em softwares CAD ou manualmente, sendo que, na primeira opção, é necessária a utilização de softwares de qualidade e de fácil manuseio pelos alunos e na segunda opção é imperativo que o aluno trabalhe com materiais próprios para o desenho técnico e de qualidade, como pranchetas, esquadros, compasso, etc. Desejo que, com este livro em mãos, vocês divirtam-se com o desenho técnico, tanto quanto eu!

CAPÍTULO 1

Introdução ao Desenho Técnico

1.1 Definição

O desenho técnico é basicamente a composição de desenhos cuja finalidade é a ilustração de peças, componentes, edificações, veículos, etc., com especificações técnicas para que este objeto possa ser fabricado e ou modificado pelo homem. Para atingir este objetivo, utiliza-se nesta técnica recursos de desenhos de linhas retas e curvas, símbolos, técnicas de representação em duas e três dimensões e também textos explicativos, que devem ser claros, de fácil interpretação e não possuir ambiguidades, para que os objetos a serem produzidos ou modificados não sofram alterações indesejáveis. Como forma de auxiliar os projetistas e pessoas envolvidas nas atividades de projeto, foram criadas uma série de regras e normas nacionais e internacionais, que padronizam as técnicas e layout dos desenhos técnicos em certos espaços geográficos. Como são descrições de projetos e processos, os desenhos técnicos são largamente utilizados na Engenharia que, por definição, é a arte de se projetar, construir e modificar elementos naturais ou artificiais para o uso dos seres humanos, portanto, pode-se dizer que o desenho técnico é a cereja do bolo de um projeto de engenharia. É o resumo de todas as informações, cálculos e dimensionamentos que estarão presentes em forma de desenhos em uma folha de papel ou em um arquivo digital, contendo todas as especificações do produto, para que possa ser feito por operários ou máquinas. O desenho técnico está presente em todas as fases de desenvolvimento e projeto na Engenharia. Toma-se como exemplo um projeto de uma edificação: no momento em que se decide construir, há o esboço da casa feito por um arquiteto. O esboço nada mais é do que um desenho primitivo, um rascunho, para se ter uma ideia do que construir, em que não há ainda uma normatização de desenho técnico. Aprovada a ideia descrita no esboço, é feito então o projeto arquitetônico, que servirá de base para o projeto estrutural, hidráulico-sanitário e elétrico desta residência. Em todos esses projetos, haverá desenhos de diagramas de esforços, redes de água, etc., sendo que os engenheiros e projetistas apresentarão o projeto definitivo em forma de um memorial de cálculo e também na forma de desenho técnico. Nesta última fase, é necessária a utilização de normas para que o desenho dos projetos siga um padrão de fácil entendimento para as pessoas que irão trabalhar com base nestes desenhos. De posse de todos esses projetos, em especial dos desenhos técnicos, pode-se fazer o planejamento e o orçamento desta obra e os operários poderão iniciá-la segundo informações contidas no projeto, em especial nos detalhes contidos nos desenhos técnicos.

1.2 Breve histórico do desenho técnico

Os seres humanos, à medida em que foram evoluindo, tiveram a necessidade de se comunicarem entre si. A comunicação oral foi a primeira forma de comunicação, porém, os sons se apagam imediatamente, impedindo assim que se produzam registros permanentes sobre a atividade humana. Sentindo a necessidade de registrar seus feitos e seu modo de vida, e como ainda não dispunha de um código de caracteres, o homem lançou mão do único meio adequado ao seu desenvolvimento intelectual da época, que era o desenho (SILVA; ALL, 2016). O homem pré-histórico reproduzia desenhos nas paredes das cavernas onde habitavam, registravam as caçadas, os animais da época e seu modo de vida. À medida que os anos se passaram, as técnicas de desenho continuaram a se desenvolver. Os exemplos mais notórios desta arte são encontrados no Antigo Egito, na orna-

mentação e decoração dos túmulos dos Faraós, notando-se um trabalho refinado na representação de pessoas e de animais e também na mescla de ambos, de acordo com a religião vigente. O Egito foi um dos lugares da origem da escrita, um conjunto de códigos, que combinados, expressam palavras e frases. Na origem desta escrita nota-se ainda uma grande presença de desenhos nos textos escritos. Na antiga Suméria já havia um conjunto de caracteres bem definidos, que era a escrita cuneiforme, nome dado devido a forma dos caracteres, desenhados na forma de barras finas tendo uma de suas extremidades alargadas, apresentando assim uma forma de cone. Foram descobertas várias tábuas de argila com este tipo de escrita na região da antiga Mesopotâmia, hoje território do Iraque e Irã. Posteriormente, com os avanços e desenvolvimento dos códigos alfabéticos, o desenho como forma de documentação foi perdendo a importância, sendo mais utilizado nas artes, como na pintura de paisagens e pessoas. Entretanto, os códigos alfabéticos e numéricos também são desenhos, pois há segmentos de reta, círculos, semicírculos, curvas e outros elementos geométricos em cada letra ou número, variando o formato de acordo com o tipo de fonte da escrita (Figura 1.1).

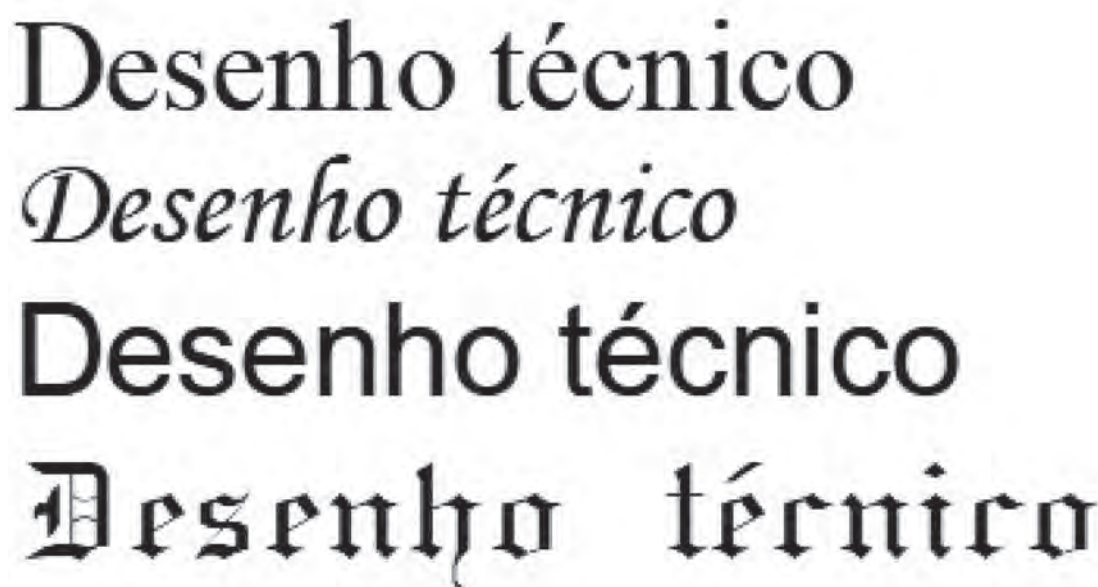


Figura 1.1: Formas geométricas das letras.

O desenho ainda servia como ferramenta na construção de artefatos, principalmente bélicos. Antes da Revolução Industrial, os objetos eram fabricados de uma forma artesanal, em pequenas quantidades, por artesãos que sempre trabalharam no mesmo ofício e que, por isso, já conheciam as dimensões mais comuns dos produtos. A forma de representação de engenhos na época era a perspectiva, sendo esta reforçada pela técnica de linhas e sombras. Os objetos eram desenhados por artistas, tendo as dimensões e o modo de fabricação deste produto especificados em caligrafia cursiva no desenho. Os exemplos mais marcantes são os engenhos desenvolvidos por Leonardo da Vinci, que mostrou os princípios básicos de funcionamento de helicópteros, paraquedas, tanques de guerra, dentre outros. A perspectiva nos oferece uma boa noção do objeto a ser produzido. Porém, devido a forma de visão humana, cônica, as dimensões das arestas ficam distorcidas, ocorrendo erros no processo de fabricação. Como os artesãos eram pessoas muito hábeis em seu ofício e trabalhavam praticamente sua vida toda nesta função, estes problemas acabavam sendo minimizados. Com a Revolução Industrial, houve a necessidade que os desenhos de produtos fossem mais precisos e de fácil interpretação pelos operários, que não tinham a habilidade dos artesãos, pois trabalhavam em alguns setores da linha de produção, podendo ou não permanecer neste posto na empresa. Surgiu então uma técnica revolucionária para a época, desenvolvida por Gaspard Monge (MONGE; BRISSON, 1847) na França, que foi a projeção ortogonal, na qual cada parte de um objeto era desenhado em um plano bidimensional, tornando muito clara e precisa cada dimensão do objeto (Figura 1.2).

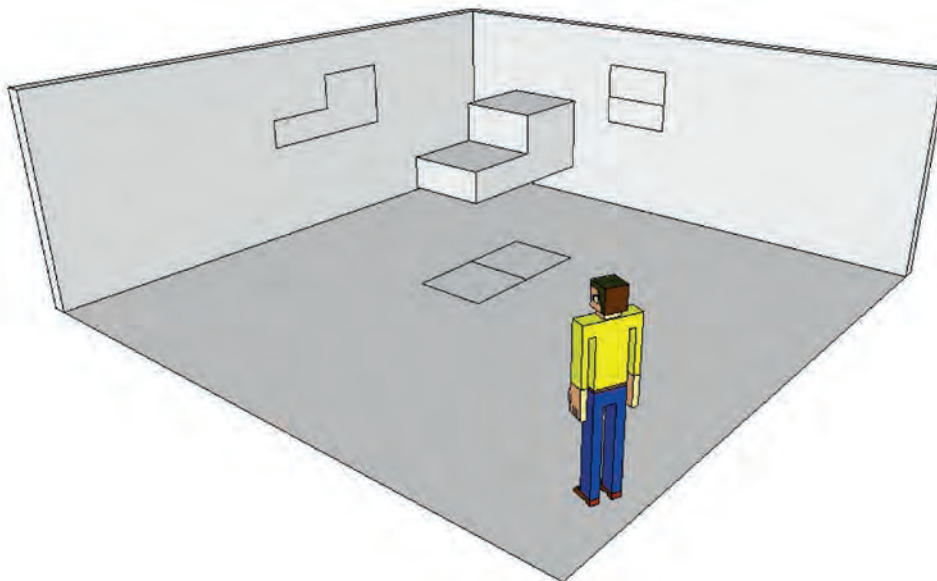


Figura 1.2: Projeção ortogonal de um objeto

Nascia assim a Geometria Descritiva. Esta técnica foi tão revolucionária para a época que os resultados da pesquisa do próprio Monge, descritos em 1795 (MONGE, G.; BRISSON, M., 1847), foram proibidos de serem publicados, pois o exército francês (Napoleônico) se beneficiou com sua técnica na produção bélica. O desenho técnico evoluiu sucessivamente, mas uma característica permaneceu: o desenho sempre foi feito em folhas de papel e os equipamentos de desenhos foram continuamente aperfeiçoados, sendo que os mais comumente utilizados são:

- **Prancheta**

A prancheta (Figura 1.3) é o local para a fixação da folha de papel na qual será feito o desenho. Podem ser fabricadas em madeira ou aço, com várias opções de regulação de altura e inclinação, com o intuito de propiciar melhor conforto ao desenhista. Algumas tem o recurso das réguas paralelas que, com o auxílio de esquadros, facilitam em muito o desenho de retas paralelas, ortogonais e inclinadas. O desenhista se senta geralmente sobre uma banqueta.



*Figura 1.3: Prancheta com régua paralela para desenho
(www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017a)*

Há modelos de pranchetas menores (Figura 1.4) para a utilização de folhas de menor tamanho, que são portáteis e podem ser utilizadas sobre qualquer tipo de mesa.



Figura 1.4: Prancheta portátil com régua paralela
(www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017g).

• Canetas tipo Nanquim

São utilizadas para fazer o desenho definitivo do projeto, em folhas de papel. Esse nome foi dado em homenagem à famosa cidade chinesa de Nanquim, onde há milênios se desenhavam com uma tinta preta caracteres chineses em uma folha branca. O funcionamento das canetas Nanquim é muito simples: em uma extremidade da caneta existe uma câmara para o armazenamento da tinta; há também um êmbolo metálico com uma extremidade fina. Ao se tocar essa extremidade em uma folha de papel (vegetal, de preferência), o êmbolo se levanta e a tinta desce até encontrar o papel (Figura 1.7). As pontas das canetas, também chamadas de penas, têm espessuras que variam de 0,1 a 2,0mm, Nas Figuras 1.5(b) e 1.6 pode-se ver a aparência do desenho efetuado utilizando-se tais penas.



a) Caneta Nanquim



b) Jogo de Canetas Nanquim

Figura 1.5: Canetas Nanquim (www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017f)

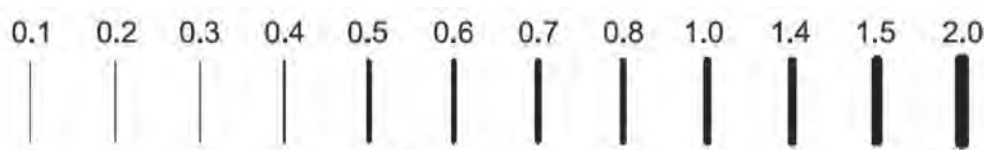


Figura 1.6: Espessura das penas de caneta Nanquim

É muito importante que o desenhista tenha um traço suave, pois se for muito rápido, a tinta não chega a tocar no papel e, se for muito lento, a tinta cai em demasia, portanto, se não tirar a caneta rapidamente do papel, a tinta continua a descer, borrando assim o seu desenho.

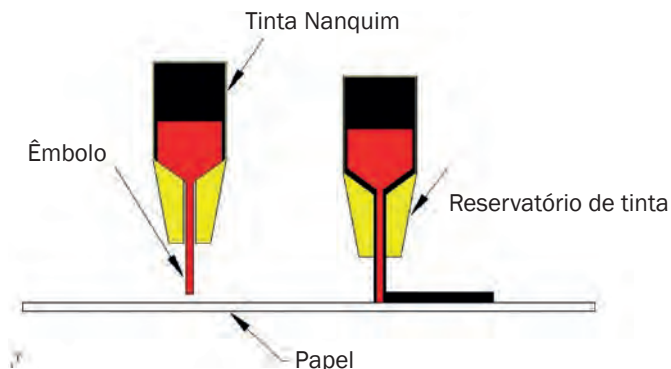


Figura 1.7: Funcionamento das canetas tipo Nanquim

Um trabalho executado com caneta Nanquim é de alta qualidade, superior aos impressos por meios digitais e de grande durabilidade, e como pode ser visto no parágrafo anterior, depende muito da habilidade do desenhista.

• Compasso

Outro equipamento de desenho é o compasso (Figura 1.8), utilizado para se desenhar segmentos curvos. Este objeto, já utilizado na Grécia antiga, consiste de duas hastes ligadas entre si por uma extremidade que possibilita um giro destas hastes através deste ponto em apenas uma direção. Em uma extremidade há uma ponta afiada (ponta seca) e, na outra, há conexões para se prender uma ponta de grafite ou mesmo um reservatório de caneta Nanquim. Ao se fixar a ponta seca em uma folha de papel, abre-se as duas hastes no comprimento desejado e gira-se o compasso em relação a ponta seca, sendo que a outra extremidade gera os segmentos de arco. Há vários tipos de compassos, alguns com hastes extensíveis e giratórias, sendo que os compassos mais pesados são os mais precisos, pois não acarretam variações bruscas de movimento causados pela força humana.



Figura 1.8: Compasso com extremidades extensíveis
(TRIDENT, 2017b) (www.trident.com.br)

• Pantógrafo

O pantógrafo (Figura 1.9) é um equipamento utilizado para aumentar ou diminuir (escala) um desenho já existente.



Figura 1.9: Pantógrafo: ampliação de mapa.
(www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017c)

Apresenta hastes paralelas com orifícios de marcações predeterminadas, que devem ser ajustadas de acordo com a finalidade do desenhista, ou seja, a de desenhar em maior ou menor escala em relação ao desenho original. Há uma ponta metálica sobre a qual o desenhista contorna as arestas do desenho, e outra ponta conectada a um elemento de escrita, que transcreve os movimentos do desenhista em uma escala maior (ampliação) ou menor (redução) do desenho inicial.

• Esquadros

Os esquadros (Figura 1.10) são utilizados para o traçado de retas que sejam paralelas a um segmento de reta já desenhado. Há dois tipos de esquadros: - um, com um ângulo reto e dois ângulos de 45° ; e outro com um ângulo reto, um ângulo de 60° e um de 30° . A sua utilização é bem simples. Enquanto um esquadro, ou mesmo uma régua paralela, permanece fixo, marca-se com o outro esquadro a reta a qual se quer desenhar outras retas paralelas a esta. Deslocando este esquadro em relação ao esquadro fixo, traça-se quantas retas paralelas que se deseja fazer em relação à primeira reta desenhada. Os esquadros podem ser utilizados também para traçar retas com ângulos múltiplos de 15 graus, dependendo do arranjo entre eles (BORTOLUCCI; PORTO; PORTO, 2005).

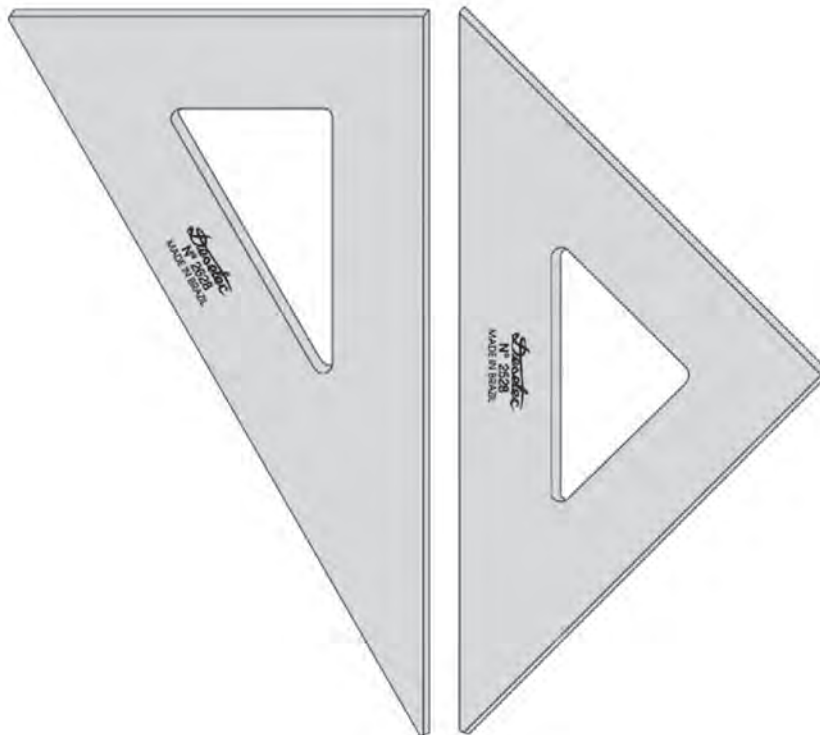


Figura 1.10: Jogo de esquadros 60° e 30° e 45° .
(www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017d)

• Gabaritos

Os gabaritos (Figura 1.11) servem para o desenho de peças específicas, tais como: caixas d'água, vasos sanitários, círculos, peças hidráulicas, equipamentos e materiais elétricos, coberturas, etc., bastando apenas que o desenhista contorne com um lápis ou uma caneta Nanquim, as bordas de cada figura do gabarito. Alguns fabricantes fornecem ou patrocinam gabaritos de seus próprios produtos.

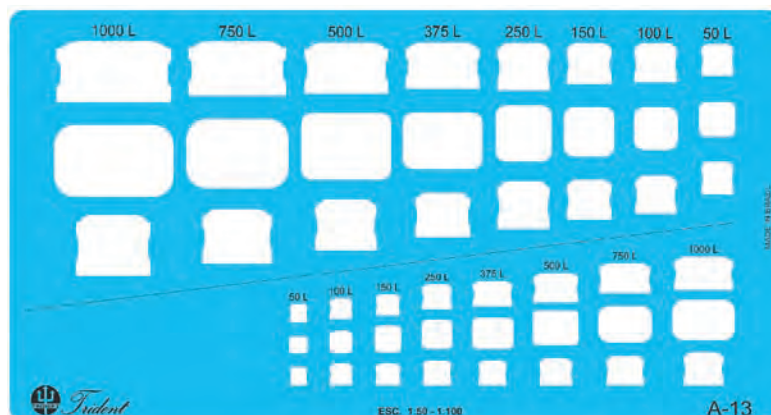


Figura 1.11: Gabarito de caixas d'água
(www.trident.com.br) (TRIDENT, 2017e)

Em meados dos anos 50 (DIETRICH, 2018) do século passado, houve uma outra “revolução” no desenho técnico, que só foi possível graças ao aparecimento de computadores com grande capacidade de processamento. Com a utilização deste equipamento, torna-se possível a elaboração de gráficos e desenhos digitais de forma mais precisa e rápida. Nasce então o termo CAD ou Computer Aided Design (Desenho assistido por computador).

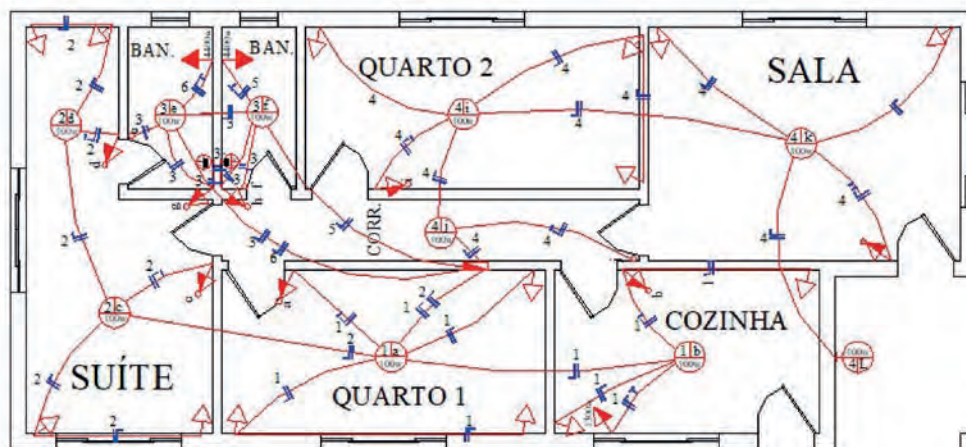


Figura 1.12: Desenho 2D com CAD Projeto elétrico residencial

Na década de 60, projetos utilizando a tecnologia CAD foram elaborados para a indústria aeronáutica, automobilística e eletrônica. Nos anos 70, aparecem as primeiras aplicações 3D em CAD, ainda muito rudimentares. Na década de 80, surge a Autodesk, criadora do famoso software AUTOCAD, e também os primeiros computadores pessoais, desenvolvidos pela IBM. Na década de 90 tem início o desenvolvimento de sistemas operacionais robustos para a aplicação em computadores, a redução de custos em hardware e a utilização de softwares especializados em cada área do conhecimento. Os softwares CAD atualmente possuem uma gama variada de ferramentas, o que proporciona rapidez e precisão nos desenhos técnicos dos projetos, tanto em 2D quanto em 3D. Um dos fatores que favoreceram a disseminação dos softwares CAD foi a redução do tempo na execução dos desenhos. Foram criados vários comandos que executavam funções bem simples para o desenho de arcos de circunferência, polígonos, retas paralelas, etc. Outro fator preponderante foi a possibilidade de apagar e repetir os desenhos de forma rápida e também no armazenamento digital dos mesmos. As Figuras (1.12) e (1.13) mostram vários exemplos da utilização de softwares CAD em desenhos técnicos de projetos.

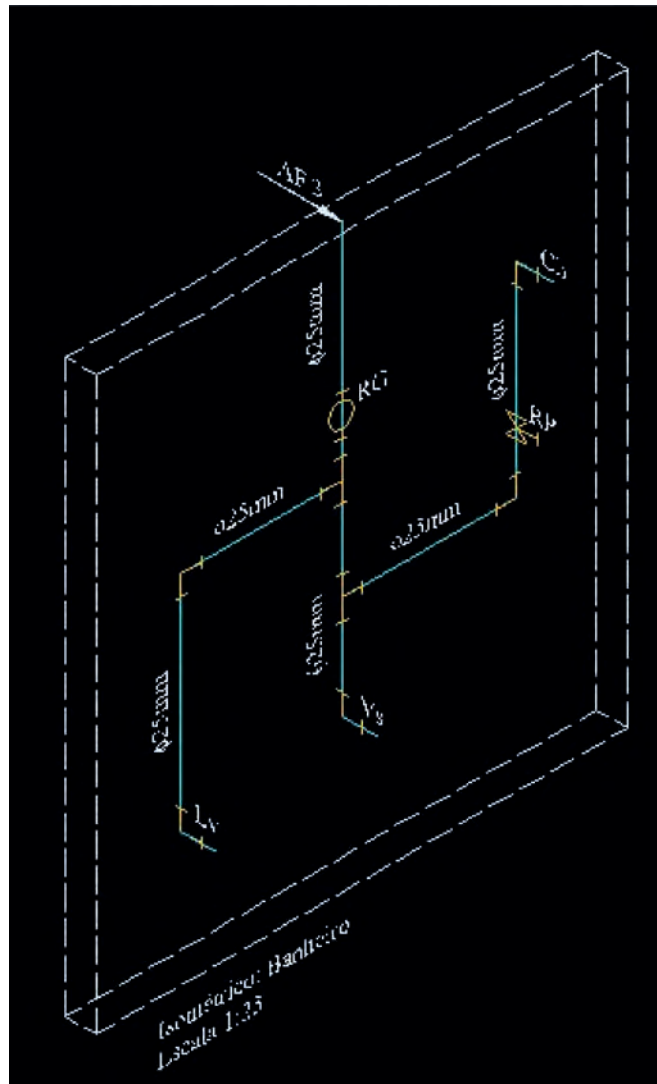
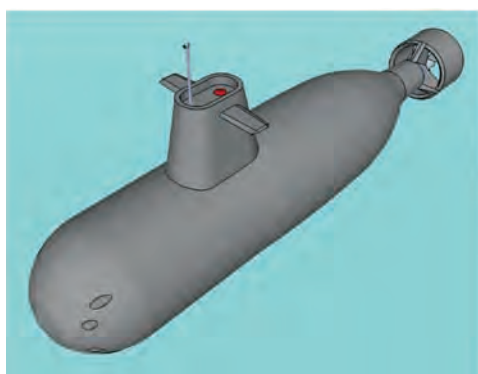
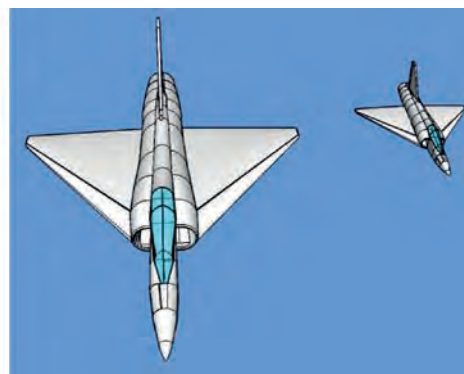


Figura 1.13: Desenho com CAD - Projeto hidráulico residencial.

Nos dias atuais, há um grande progresso nos softwares CAD de ferramentas 3D e de renderização. Entende-se por renderização o processo pelo qual é adicionado uma textura ou pintura nos desenhos tridimensionais, para aproximá-los da forma real. Algumas texturas simulam o material empregado no objeto, como madeira, metais, pedras, etc., pintura com vários tons de cores e também simulação de pelos e rugosidade. Nas Figuras 1.14(a) e (1.14(b)) seguem alguns exemplos que utilizam estas ferramentas que, como podem ser vistas, são utilizadas por uma variada gama de ramos industriais.



(a) Imagem 3D indústria naval



(b) Imagem 3D indústria aeronáutica

Figura 1.14: Desenhos 3D renderizados

O termo CAM em português quer dizer Manufatura Assistida por Computador. Este sistema faz a ligação direta do desenho técnico com a fabricação do produto. O desenhista desenha em um software com o sistema CAD e o envia diretamente para os softwares que controlam as máquinas da produção (CAM), que por sua vez, produzem os objetos detalhados com as especificações fornecidas pelo desenho. As máquinas de produção que utilizam o software CAM são chamadas máquinas de controle numérico ou CNC, que além de trabalharem com informações advindas de desenhos produzidos em softwares CAD, podem ser programadas por operadores, utilizando linguagens de programação como C, C++ dentre outras. A Figura (1.15) ilustra uma engrenagem fabricada em uma máquina de controle numérico (CNC).



Figura 1.15: Engrenagem fabricada em CNC>.
Cortesia: Departamento de Engenharia Mecânica - UFTM

Os softwares CAE utilizam o desenho técnico como entrada e saída de dados de softwares de análise de engenharia. Estes softwares podem fazer uma análise mecânica, de fluídos, de campos elétricos e magnéticos, simulação de funcionamento e desempenho de máquinas, enfim, todo o cálculo de problemas de engenharia que possam ser equacionados matematicamente e solucionados por meio de métodos numéricos e computacionais, como o Método dos Elementos Finitos, de Contorno, Diferença Finitas e outros (LEITE, 2007). Os desenhos técnicos gerados por estes softwares proporcionam uma rapidez de interpretação e uma visualização mais precisa nos softwares de análise, podendo-se analisar problemas cada vez mais complexos, envolvendo uma gama variada de dados, e gerando respostas que dificilmente seriam bem interpretados se não houvesse recursos de desenho e de renderização dos objetos em análise. Se o projetista tivesse que utilizar uma entrada de dados por meio de uma simples listagem, gastaria muito tempo e não teria uma visão clara do processo, pois não estaria “vendo” o objeto. Da mesma forma, na análise da saída de dados, se fosse gerada por uma simples lista, o projetista não conseguiria ver de imediato em que local do objeto corresponde cada variável. Sem contar que, dependendo da complexidade do objeto em análise, poderiam ser geradas listas muito extensas, dificultando ainda mais o trabalho de interpretação do projetista. Para citar um exemplo, basta considerar o cálculo de deslocamentos dos nós de uma treliça plana. Ao se executar um cálculo com um software CAE, pode-se simplesmente analisar o valor numérico dos deslocamentos em uma simples listagem (Figura 1.16):

Deslocamentos nos nós

Nó	Desl. dir.x(m)	Desl. Dir.y(m)
1	0.000000e+00	0.000000e+00
2	6.179512e-03	-4.230319e-01
3	2.471855e-02	-8.248102e-01
4	5.561718e-02	-1.184081e+00
5	9.887533e-02	-1.479591e+00
6	1.544931e-01	-1.690087e+00
7	2.224706e-01	-1.794313e+00
8	2.904478e-01	-1.690083e+00
9	3.460651e-01	-1.479585e+00
10	3.893225e-01	-1.184075e+00
11	4.202205e-01	-8.248049e-01
12	4.387594e-01	-4.230292e-01
13	4.449390e-01	0.000000e+00
14	4.449410e-01	-2.128443e-01
15	4.325815e-01	-6.279061e-01
16	4.078625e-01	-1.011087e+00
17	3.707839e-01	-1.341135e+00
18	3.213458e-01	-1.596794e+00
19	2.595478e-01	-1.756812e+00
20	1.853904e-01	-1.756810e+00
21	1.235929e-01	-1.596789e+00
22	7.415548e-02	-1.341128e+00
23	3.707765e-02	-1.011081e+00
24	1.235917e-02	-6.279020e-01
25	-6.941502e-08	-2.128429e-01

Figura 1.16: Listagem de deslocamentos nodais.
Software PERT (LEITE; BORGES, 2017).

Ou pode-se analisar graficamente esta mesma informação (Figura 1.17):

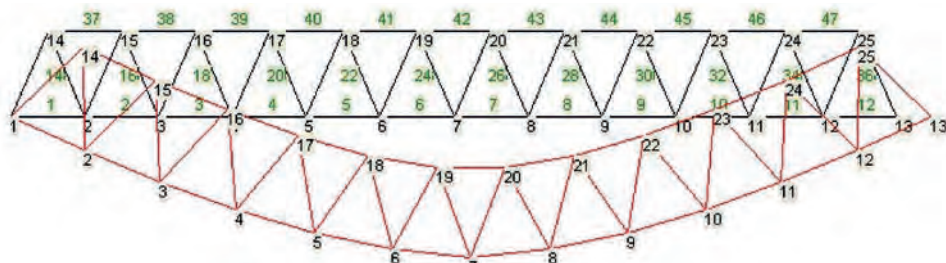


Figura 1.17: Imagem de treliça íntegra e deformada.
Software PERT (LEITE; BORGES, 2017).

Observa-se que, na análise gráfica, o engenheiro tem uma melhor visão do comportamento da estrutura, pois o deslocamento já está expresso em cada ponto da treliça, podendo antecipar possíveis falhas no processo de cálculo. Devido à sua experiência prática e conhecimento do comportamento mecânico da estrutura, ele pode notar que, para determinado tipo de solicitação na estrutura, o resultado em termo de deslocamento está coerente ou não, podendo ver assim se há erros na entrada de dados e/ou em outras variáveis. Esta é a importância da representação gráfica nos softwares CAE.

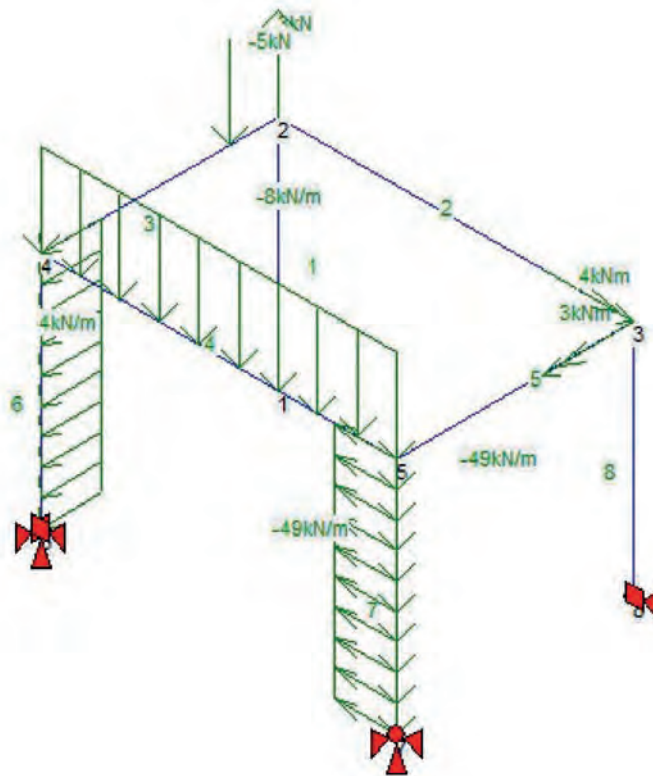


Figura 1.18: Geometria e carregamento em pórtico espacial.
Software PERT (LEITE; BORGES, 2017).

A Figura (1.18) mostra outros exemplos de desenhos gerados por softwares CAE, como a visualização da entrada de dados de um pórtico espacial, podendo-se visualizar a disposição geométrica das barras, as restrições de deslocamentos nos apoios e o carregamento na estrutura. Para a saída de dados, no exemplo da treliça plana, os esforços são representados na forma de diagrama (Figura 1.19). Pode-se, com clareza, visualizar qual barra está submetida a um maior esforço e o tipo, se de tração (azul) ou de compressão (vermelho). Essa visualização facilita o entendimento do engenheiro bem como proporciona uma maior produtividade na análise de dados.

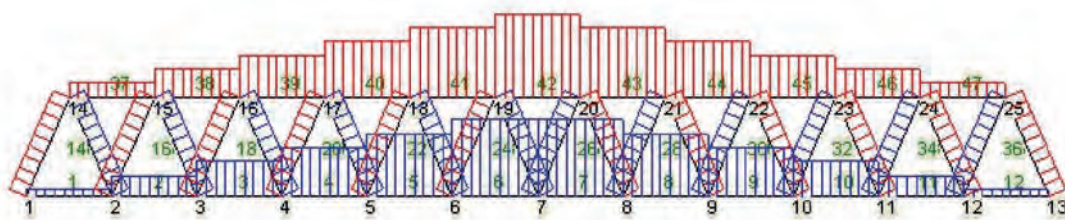


Figura 1.19: Diagrama de esforço normal em treliça plana.
Software PERT (LEITE; BORGES, 2017).

A Figura (1.20) mostra a divisão de uma laje de uma ponte em elementos finitos de placa triangulares, e também a projeção de um veículo sobre esta laje. Pode-se, com esta visualização, verificar quais nós (cantos dos triângulos) estão sobre as rodas (sob o peso do veículo) e quais não. Também pode-se ter uma ideia da posição de cada nó na placa. Essas informações seriam muito difíceis de serem obtidas havendo apenas uma listagem das coordenadas dos nós, e dos contornos das rodas do veículo.

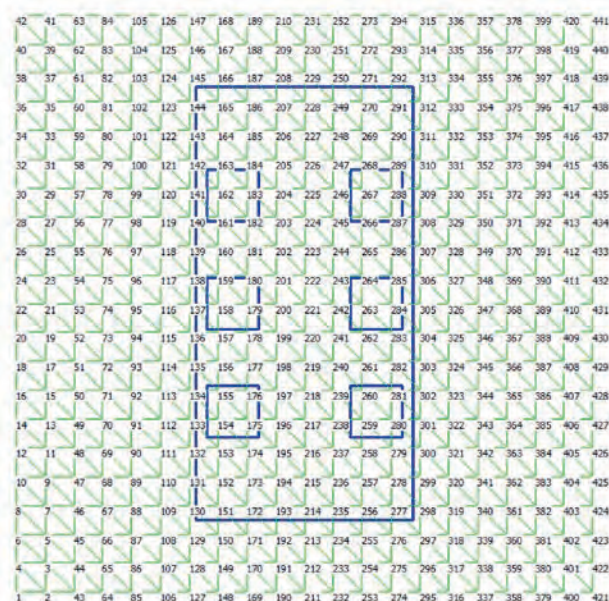


Figura 1.20: Divisão de laje de ponte em elementos finitos com carregamento de um veículo.

1.3 Novos desafios

No campo da impressão o mais recente avanço tecnológico está no desenvolvimento das impressoras 3D, na qual o objeto projetado em um software CAD/CAE já é impresso em sua forma final ou em peças separadas (Figura 1.21) em um plástico ou resina resistente, geralmente por um processo térmico.



Figura 1.21: Saleiro construído em uma impressora 3D.

Novas impressoras 3D têm surgido a todo momento, sempre com um aumento de eficiência, qualidade de impressão e também com diminuição de custos. No início de 2013 até uma arma (BBC-BRASIL, 2017) foi produzida por uma impressora 3D, tendo esta arma funcionado normalmente. Não só protótipos estão sendo produzidos em impressoras 3D, mas também objetos reais já prontos para uso, o que diminui o seu tempo de fabricação e consequentemente seu preço. Novos materiais estão sendo utilizados na impressão 3D, como o

concreto, e já é possível produzir uma residência completa com esta técnica (CCT Contour Crafting Technology, 2017). Na indústria automobilística já há pesquisas para a produção de veículos inteiros em uma impressora 3D (CONSIGLIO, 2017).

Em meados dos anos 70 do século passado, teve início um novo conceito de software CAD. É a tecnologia BIM (Building Information Modelation, ou em português “Modelagem da Informação na Construção”), como resultado de pesquisas científicas na área de projeto de edificações (RABELO, 2017). Esta nova tecnologia gerencia todas as informações ao mesmo tempo em que é executado o desenho do projeto em um software CAD. Como exemplo, tem-se o caso dos projetos de edificações. Com o uso do BIM, o projetista pode ir trabalhando na planta baixa, inserindo informações reais como paredes, janelas, portas e todas suas características e os cortes, a elevação, a fachada e animações gráficas, são gerados automaticamente. Ele pode criar um bloco com nome parede, por exemplo, e já informar o tipo de tijolo que irá usar, o traço da argamassa de assentamento e do reboco e outras informações pertinentes a esta parede. Depois de criado o bloco, é só inseri-lo na posição desejada. Todo projeto pode ser construído em blocos como paredes, portas, telhado, estruturas, hidráulico, etc., sendo todos integrados. Em uma plataforma BIM, todas as informações estão interligadas e todas as atividades de projeto são executadas simultaneamente, gerando mais um ganho de produtividade, economia e qualidade aos escritórios de projeto. Os erros nos desenhos de projeto podem ser corrigidos em apenas uma prancha ou vista, e em todos os locais que aparecem este elemento, esse erro será corrigido automaticamente, diminuindo os custos com esta operação. Para o caso da utilização desta tecnologia na construção civil, há a possibilidade da vinculação de informações para o planejamento completo das obras, reunindo informações de projetos (desenho), orçamentação e materiais em um único projeto. Ainda no setor da construção civil, um projeto executado em plataforma BIM pode integrar vários tipos de projetos de uma residência, como os projetos arquitetônicos, hidráulicos, estruturais e sanitários, podendo evitar erros de compatibilidade de projeto, como o caso da interferência que uma viga ou pilar (projeto estrutural) pode acarretar em uma janela (projeto arquitetônico).

CAPÍTULO 2

Normatização do desenho técnico

2.1 Introdução

Como em qualquer campo da Engenharia, existem procedimentos e especificações gerais que regem a boa execução de serviços e produtos. Esses procedimentos estão reunidos em Normas Técnicas, que ditam os pormenores de cada procedimento ou produto e são regidas por organizações nacionais, como a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e mesmo internacionais, como as normas ISO (International Organization for Standardization), que é uma organização a nível mundial, ou mesmos comitês específicos, como é o caso da ACI (American Concrete Institute) que rege assuntos específicos sobre a área de concreto nos Estados Unidos. Para a elaboração, revisão, atualização e mesmo a extinção de uma norma, há uma ampla discussão entre os especialistas da área em análise até chegarem a um consenso. Este capítulo traz informações sobre as Normas Técnicas que regulamentam e padronizam o desenho técnico. A função principal das Normas Técnicas no desenho técnico é a elaboração de regras para que não haja divergência entre os vários desenhos apresentados e também facilitar o bom entendimento por parte das pessoas que trabalharão com este desenho.

2.2 Normas Técnicas de Desenho Técnico

No Brasil, a entidade que regulamenta as Normas Técnicas é a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). A ABNT regulamenta as Normas Técnicas dos mais variados setores da Engenharia, sendo responsável por sua publicação, manutenção, revisão e extinção (quando for o caso). No que se referem ao desenho técnico, as principais Normas Técnicas publicadas pela ABNT são:

- ABNT NBR 8196:1999 Desenho Técnico - Emprego de Escalas (ABNT, 1999b);
- ABNT NBR 8402:1994 Execução de caracter para escrita em desenho técnico (ABNT, 1994);
- ABNT NBR 8403:1984 Aplicação de linhas em desenho - Tipos de linhas - Larguras das linhas (ABNT, 1984);
- ABNT NBR 10067:1995 Princípios gerais de representação em desenho técnico (ABNT, 1995a);
- ABNT NBR 10068:1987 Folha de desenho - Leiaute e dimensões (ABNT, 1987a);
- ABNT NBR 10126:1987 Cotagem em desenho técnico (ABNT, 1987b);
- ABNT NBR 10582:1988 Apresentação da folha para desenho técnico (ABNT, 1988);
- ABNT NBR 12298:1995 Representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico (ABNT, 1995b);
- ABNT NBR 13142:1999 Desenho técnico - Dobramento de cópia (ABNT, 1999a).

A primeira sigla das normas editadas pela ABNT refere-se ao editor da norma, que é a própria ABNT. A segunda sigla é a região de validade da norma, e no caso das normas citadas acima, NBR significa Norma Brasileira, isto é, válida em todo o território nacional. Se estivesse escrito a sigla ME, que significa Mercosul, seria válida em todos os países do Mercosul, pois há um acordo entre tais países em se unificar e editar normas em comum. O termo seguinte é o número da norma, que é único para cada norma, e, por último, vem o ano em que a última versão da norma foi criada. Nos tópicos posteriores deste capítulo, descreveremos os itens mais importantes das normas de desenho técnico. É importante salientar que sempre será feita uma referência às normas de desenho técnico sobre os assuntos abordados neste livro. Uma observação impor-

tante: - como pode ser visto, o último ano de publicação das normas brasileiras referentes ao desenho técnico são da década de 80 e 90 do século passando, época em que os softwares CAD começavam a ganhar espaço entre nossos projetistas e desenhistas, portanto, alguns itens são de difícil aplicação em um software CAD, o que poderia causar uma certa perda de produtividade ao se seguir a norma ao pé da letra.

2.3 Dimensões da folha

É muito importante que haja uma variedade no tamanho dos papéis que, sobre os quais, serão impressos os desenhos, pois para alguns projetos, mesmo se for utilizado uma escala de redução apropriada, os desenhos ainda apresentarão um tamanho considerável, sendo, portanto, necessária a utilização de uma folha de grande dimensão, como é o caso de projetos de edificações e topografia. Por outro lado, ao se examinar um projeto de uma peça de relógio de pulso, por exemplo, mesmo utilizando uma escala de ampliação apropriada, não há a necessidade de se utilizar uma folha de grande dimensão. Existe uma grande variedade de tipos de papéis, segundo as suas dimensões e relações entre o lado maior e menor das folhas.

Neste item, serão vistas as principais folhas de desenho segundo seu formato, que são as folhas no formato A, descrito na norma nacional (ABNT), e no formato B e C descritos nas normas internacionais regidas pela ISO, e também folhas específicas para desenhos arquitetônicos no formato Arch, mais utilizados nos Estados Unidos, Canadá e partes do México. O tipo de papel deve ser o que mais se adapta ao processo do desenho, por exemplo, se o desenho for feito a tinta Nanquim, o melhor papel será o vegetal, se for utilizado impressão de projetos executados em CAD, pode-se utilizar a folha branca comum.

2.3.1 Folhas no formato A

A norma que regulamenta o tamanho desta folha de papel é a NBR 10068:1987 (ABNT, 1987a) e as dimensões da folha seguem o formato da série "A". Este formato se inicia com uma folha de 1m^2 de área e recebe o nome de A0 e para se chegar a um formato retangular, parte-se das dimensões de um quadrado, cujos lados tem o valor x (Figura 2.1(a)), portanto, a diagonal terá o seguinte valor:

$$y^2 = x^2 + x^2$$

$$y = \sqrt{2x^2} = \sqrt{2}x$$

Projetando o comprimento da diagonal y em uma direção horizontal, que tem origem no canto da folha, tem-se um retângulo de área igual a $A = y \cdot x$. Como a área de folha A0 deve ter 1m^2 , pode-se então encontrar os valores de x e de y.

$$x \cdot y = 1\text{m}^2 = 1.000.000\text{mm}^2$$

$$x = \frac{1.000.000\text{mm}^2}{y}$$

$$y = \sqrt{2} \cdot x = \sqrt{2} \cdot \frac{1.000.000\text{mm}^2}{y} \rightarrow y = \sqrt{\sqrt{2} \cdot 1.000.000} = 1189,21\text{mm} \cong 1189\text{mm}$$

$$x \cdot y = 1.000.000\text{mm}^2 \rightarrow x = \frac{1.000.000}{y} = \frac{1.000.000}{1189,21} = 840,89\text{mm} \cong 841\text{mm}$$

Os outros tamanhos, A1, A2, até o A6 são derivados do tamanho A0 e são dimensionados da seguinte maneira: No formato A1, a maior dimensão (y neste caso), terá o valor de x no formato A0. A menor dimensão no formato A1, terá o valor da metade do comprimento do maior valor (y) no formato A0. Esse processo se repete em todos os formatos, do A1 para o A2, até o formato final, do A5 para o A6, como pode ser visto na Figura (2.1(b)).

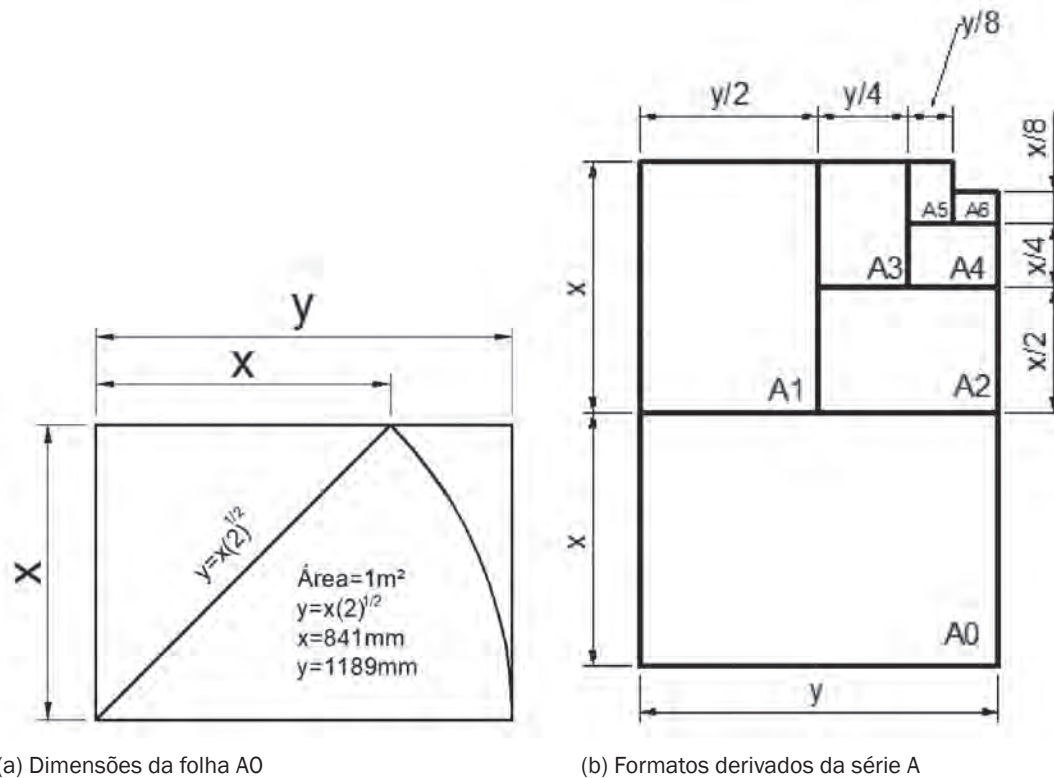


Figura 2.1: Formato A de folha para desenho técnico

A Tabela (2.1) mostra as dimensões das folhas da série A:

Denominação	Dimensões (mm)
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297
A5	149 x 210
A6	105 x 149

Tabela 2.1: Dimensões das folhas tipo A

2.3.2 Outros tipos de formatos de folha

Folhas no formato B

Este tipo de formato não é muito utilizado no Brasil, sendo normatizado pela norma ISO-216 (TURNER, 2017). Segue o mesmo padrão de classificação que as folhas do formato A para as folhas menores, e possuem a mesma relação entre o lado maior (y) e o lado menor (x), que é $y=\sqrt{2}x$ (Figura 2.2).

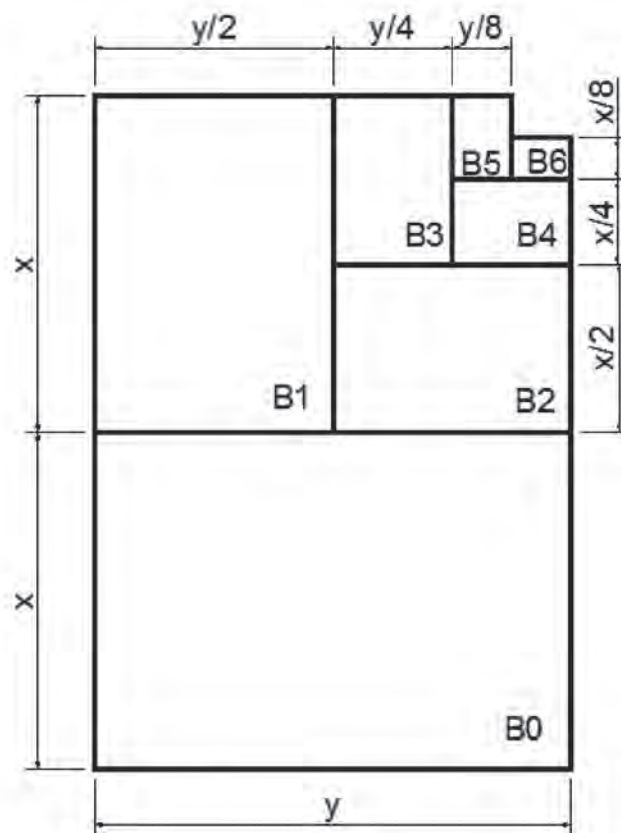


Figura 2.2: Subdivisões das folhas no formato B.

Na folha B0, a menor dimensão vale 1000mm, sendo que a maior dimensão é 1414 mm, possuindo uma área de 1,414 m², ou seja, uma área $\sqrt{2}$ vezes maior que no formato A0, seguindo a mesma proporção nas demais subdivisões de folhas. As principais dimensões de folhas no formato B são (Tabela 2.2):

Denominação	Dimensões (mm)
B0	1000 x 1414
B1	707 x 1000
B2	500 x 707
B3	353 x 500
B4	250 x 353
B5	176 x 250
B6	125 x 176

Tabela 2.2: Dimensões das folhas tipo B

Folhas no formato C – Envelope

As folhas no tamanho C estão em uma dimensão intermediária entre o tamanho A e o tamanho B. São normatizadas pela norma ISO-216 (TURNER, 2017). Segue o mesmo padrão de classificação no formato A e B para as folhas menores, e possuem a mesma relação entre o lado maior (y) e o lado menor (x), que é $y=\sqrt{2}x$ (Figura 2.3).

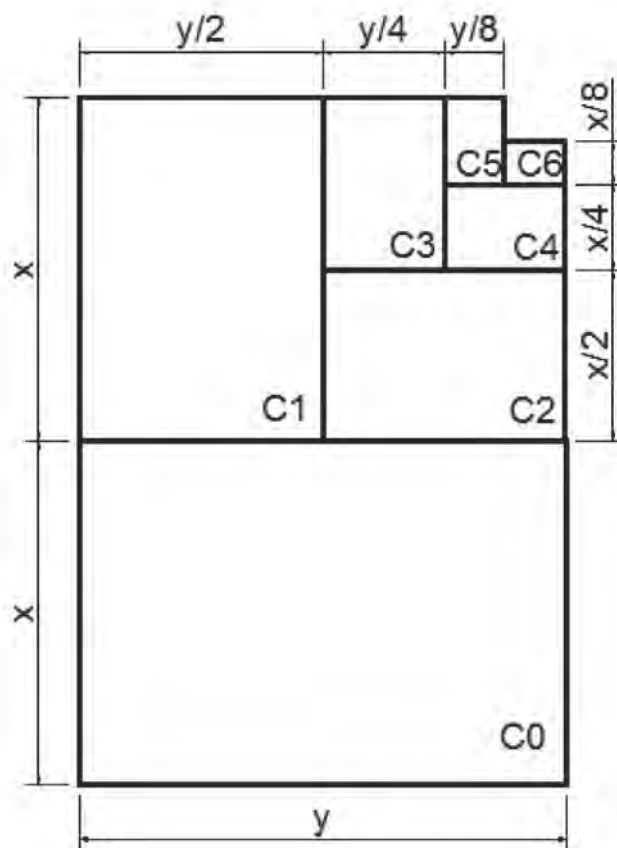


Figura 2.3: Subdivisões das folhas no formato C.

Neste formato, na folha C0, a menor dimensão vale 917mm, a maior dimensão é de 1297mm e possui uma área de 1,189 m². As principais dimensões de folhas no formato C são (Tabela 2.3):

Denominação	Dimensões (mm)
C0	917 x 1297
C1	648 x 917
C2	458 x 648
C3	324 x 458
C4	229 x 324
C5	162 x 229
C6	114 x 162

Tabela 2.3: Dimensões das folhas tipo C

Como possuem um tamanho um pouco maior que as folhas no formato A, e as mesmas proporções entre os lados y e x, são utilizados como envelopes para folhas no formato A (Figura 2.5). Um envelope no formato C0 abriga com uma pequena folga uma folha no formato A0 e assim sucessivamente para os outros tamanhos de folhas. Pode-se também notar que um envelope no formato C4 pode conter uma folha no formato A0, dobrada adequadamente até se chegar ao formato A4, conforme será visto na seção de Dobramento de folhas.

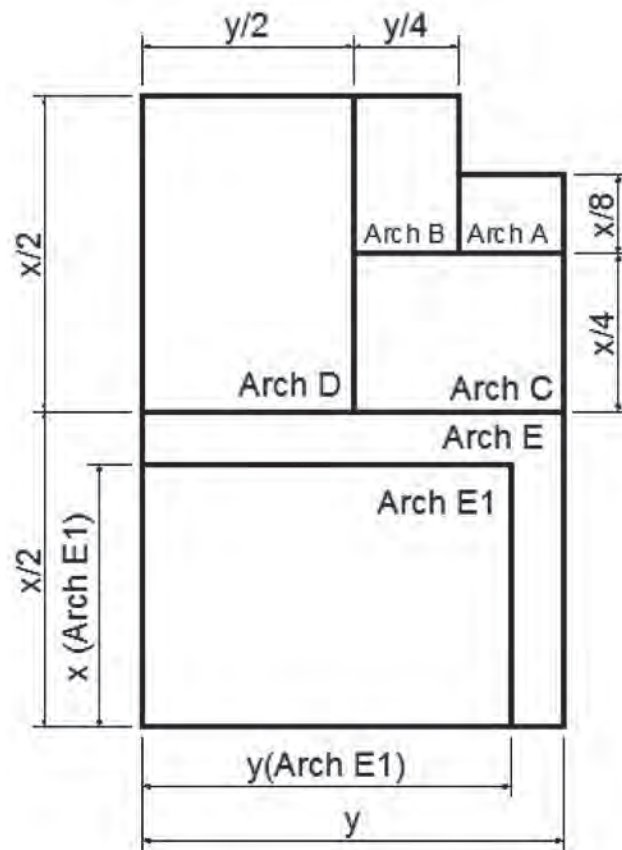


Figura 2.4: Subdivisões das folhas no formato Arch.

Muito utilizado nos Estados Unidos, Canadá e partes do México, os papéis da série Arch (Architecture) (Figura 2.4) (TURNER, 2017) são definidos especialmente para fins de projetos arquitetônicos. Diferentemente dos papéis das séries A, B e C, possuem uma relação de 4:3 ou 3:2 entre o maior lado e o menor, proporção esta similar às usadas nas telas de computadores. A relação entre os tamanhos é dada por (Tabela 2.4):

Denominação	Dimensões (mm)
Arch A	229 x 305
Arch B	305 x 457
Arch C	457 x 610
Arch D	610 x 914
Arch E	914 x 1219
Arch E1	762 x 1067

Tabela 2.4: Dimensões das folhas tipo Arch

Na figura (2.5) é ilustrada uma comparação do tamanho das folhas A, B, C e Arch no maior tamanho de cada formato, ou seja, as folhas A0, B0, C0 e Arch E:

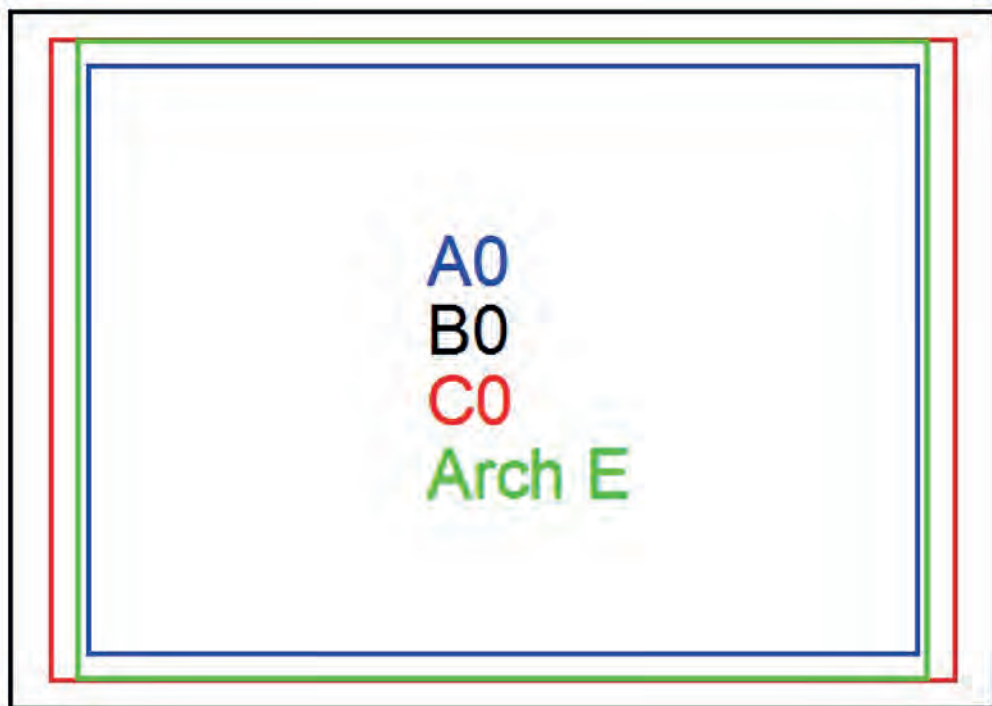


Figura 2.5: Comparação entre os tamanhos entre as folhas A0, B0, C0 e Arch.

Apesar de existir uma variedade muito grande de folhas e tamanhos, a maioria dos softwares CAD aceita para a impressão a maioria dos formatos.

2.4 Layout da folha

A folha de desenho no formato A4 deve apresentar margens em seu contorno, para evitar que o desenho fique muito próximo das bordas, evitando assim que um rasgo ou um dano nesta região faça com que uma parte do desenho se perca. A Figura (2.6) mostra as margens típicas das folhas de formato “A”.



Figura 2.6: Margens, legenda e área de desenho (Folha A4).

A margem esquerda das folhas do formato “A” possui dimensão maior em relação às outras margens, a fim de proporcionar um espaço adicional de perfuração das páginas para o arquivamento. A Tabela (2.5) mostra o tamanho normatizado (NBR10068:1987) (ABNT, 1987a) das margens das folhas e a largura das linhas para esta marcação.

Formato	Margem (mm)		Largura da linha do quadro conforme NBR 8003 (mm)
	Esquerda	Direita	
A0	25	10	1,4
A1	25	10	1,0
A2	25	7	0,7
A3	25	7	0,5
A4	25	7	0,5

Tabela 2.5: Largura das linhas e das margens.

2.4.1 Legenda

A legenda tem a função de identificar o desenho. Nela deve estar contido prioritariamente o número do desenho, título, nome do projetista ou responsável técnico, origem, finalidade, data, etc., enfim, todas as informações necessárias para a identificação do objeto representado no desenho. A Figura (2.7) ilustra um exemplo de legenda:

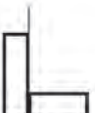
 ESTRUTURA EX ENGENHARIA CIVIL LTDA. PÇA. DA ARVORE, 000-SALA 000 CEP-00000-000-CENTRO-UBERABA-M.G. TEL:(0XX34) 0000-0000/e-mail: aaaaaa@bbb.com.br		
PROJETO ESTRUTURAL – RESIDÊNCIA X		
CONTEÚDO: FORMA DA COBERTURA 01		
PROPRIETÁRIO: Nome: FULANO DE TAL C.P.F.: 00000000000		
AUTOR DO PROJETO: Nome: Estrutura EX Ltda. CREA: 00.000/MG		
R.T. DA OBRA: Nome: CREA:		
OBSERVAÇÃO: ESTE PROJETO É DE AUTORIA DA FIRMA ESTRUTURA EX ENGENHARIA LTDA. FICA PROIBIDO QUALQUER ALTERAÇÃO OU REPRODUÇÃO SEM AUTORIZAÇÃO PRÉVIA. DIREITOS RESERVADOS LEI 9.610/19-FEV.-98.		DATA: JULHO/2011
		ESCALA: 1:50
		PROJETO Nº: 00
		FOLHA: 01

Figura 2.7: Exemplo de Legenda - Projeto Estrutural de Edifício

A legenda deve ficar dentro do quadro e localizada no canto inferior direito, tanto na orientação vertical ou horizontal da folha. A direção de leitura da legenda deve corresponder à do desenho. Quanto às dimensões, a norma NBR-10067:1995 (ABNT, 1995a) restringe apenas a dimensão horizontal, que deve ser de 178mm nos formatos A4, A3 e A2 e de 175mm nos formatos A1 e A0. A finalidade de se delimitar a dimensão horizontal das legendas deve-se ao fato de que todas as folhas do formato A serão dobradas para arquivamento no formato A4, e descontando-se as margens esquerda e direita destes formatos, sobram exatamente os espaços de 178mm nos formatos A4, A3 e A2 e 175mm nos formatos A1 e A0, para que a legenda se situe inteiramente na página de rosto no formato A4. Algumas normas especificam os conteúdos das legendas, como a norma ISO 7200:1984 (ISO, 2004).

2.5 Dobramento das folhas

A norma que determina o procedimento do dobramento das folhas é a ABNT/NBR13142:1999 - Desenho Técnico - Dobramento de cópia (ABNT, 1999a). O dobramento é essencial para o arquivamento dos projetos e para a sua utilização no local de produção, sendo que a folha dobrada deve ficar no tamanho de uma folha A4. Deve-se ter um cuidado especial no dobramento a fim de que a legenda fique inteiramente visível e na

página de “rosto”. As Figuras (2.8), (2.9), (2.10) e (2.11) mostram a divisão das dobras nos formatos A0, A1, A2 e A3 respectivamente, no formato paisagem.

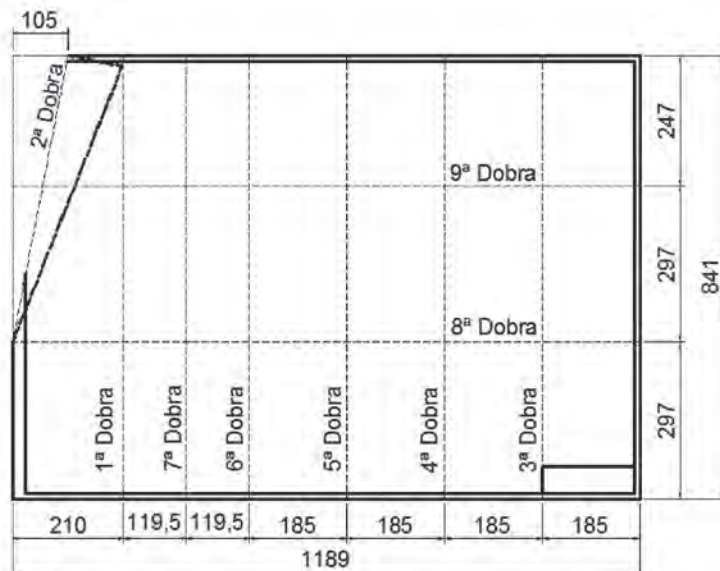


Figura 2.8: Dobramento folha A0 (folha na horizontal). Cotas em mm.

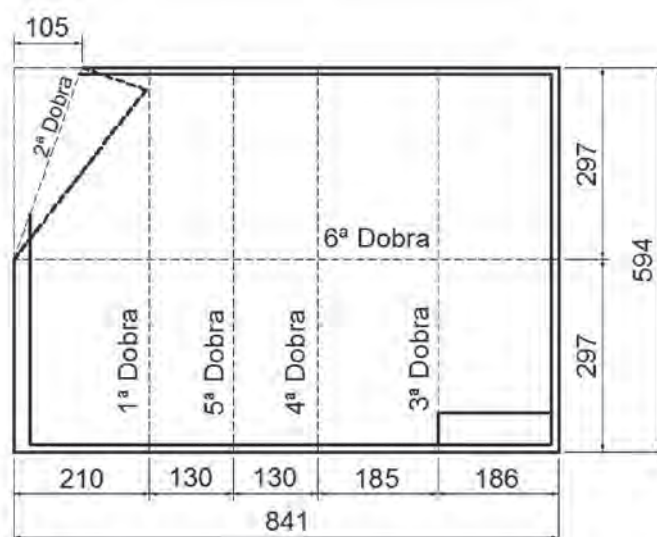


Figura 2.9: Dobramento folha A1 (folha na horizontal). Cotas em mm.

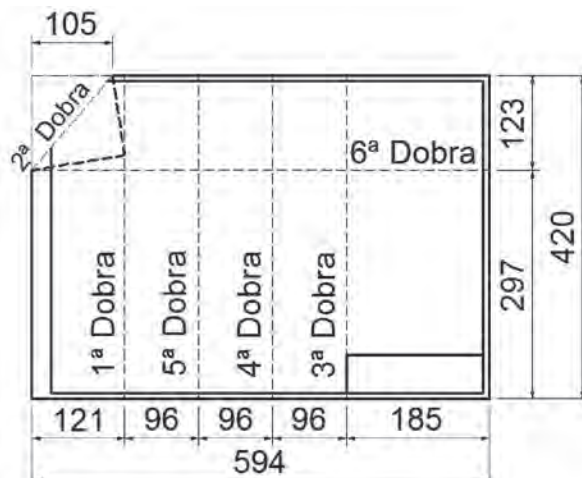


Figura 2.10: Dobramento folha A2 (folha na horizontal). Cotas em mm.

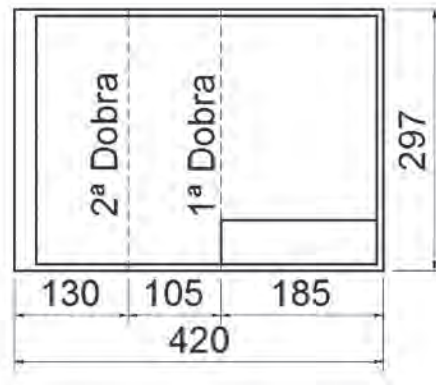


Figura 2.11: Dobramento folha A3 (folha na horizontal). Cotas em mm.

2.6 Tipos de linhas

Os tipos de linhas diferenciam os vários elementos representados no desenho. Por exemplo, há um tipo de linha utilizado para as arestas visíveis, para as arestas invisíveis, as linhas de centro e simetria, limites de vistas interrompidas, cortes, hachuras, etc. Também há o cuidado de se diferenciar as espessuras de certos tipos de linhas, a fim de evitar que o desenho fique muito “carregado” e que certas linhas não comprometam a visualização de elementos do desenho mais importantes, como as arestas visíveis de uma peça.

A norma ABNT/NBR 8403:1984 Aplicação de Linhas em Desenhos - Tipos de Linhas - Larguras das linhas (ABNT, 1984) define os tipos de linhas e em que situação serão utilizadas. Por esta norma, em um mesmo desenho, a linha grossa sempre terá uma espessura que seja no mínimo maior que o dobro da espessura da linha fina. Por exemplo, se a linha fina adotada tiver a espessura de 0,1mm, a linha grossa deverá ter no mínimo a espessura de 0,2mm. Se forem usados tipos de linhas diferentes ao da norma brasileira, os seus significados devem ser explicados no respectivo desenho ou por meio de referências às normas específicas correspondentes. A Tabela (2.6) juntamente com a Figura (2.12) ilustram os principais tipos de linhas e suas aplicações.

Tipos de linha	Descrição	Aplicações
A ———	Contínuo grosso	A1 - Áreas de contorno visível A2 - Arestas invisíveis
B ———	Contínuo fino	B1 - Linhas de intersecção imaginárias B2 - Linhas de cota B3 - Linhas auxiliares B4 - Linhas de chamada B5 - Hachuras B6 - Contornos de seções rebatidas na própria vista B7 - Linhas de centro curtas
C ——— D ———	Contínuo fino a mão livre	C1 - Limite de vistas ou cortes parciais ou interrompidas se o limite não coincidir com linhas traço e ponto
E ——— F ———	Contínuo fino em zigue-zague	D2 - Desenho confeccionado por máquinas
E ——— F ———	Interrompido grosso ¹	E1 - Contornos não visíveis E2 - Arestas não visíveis
E ——— F ———	Interrompido fino ¹	F1 - Contornos não visíveis F2 - Arestas não visíveis
G ———	Traço ponto estreita	G1 - Linhas de centro G2 - Linhas de simetria G3 - Trajetórias

⁽¹⁾ Se existirem duas alternativas em um mesmo desenho, só deve ser aplicada uma opção.

Tabela 2.6: Tipos de linhas e suas aplicações segundo a ABNT/NBR 8403:1984 (ABNT, 1984).

Tipos de linha	Descrição	Aplicações
H	Traço e ponto estreita, larga na extremidade e na mudança de direção	H1 - Mudança de direção
J	Traço ponto largo	J1 - Indicação das linhas ou superfície com indicações especiais
K	Traço dois pontos	K1 - Contorno de peças adjacentes K2 - Posição limite de peças móveis K3 - Linhas de centro de gravidade K4 - Cantos antes da conformação K5 - Detalhes situados antes da deformação

Tabela 2.6: Tipos de linhas e suas aplicações segundo a ABNT/NBR 8403:1984 (ABNT, 1984). (continuação)

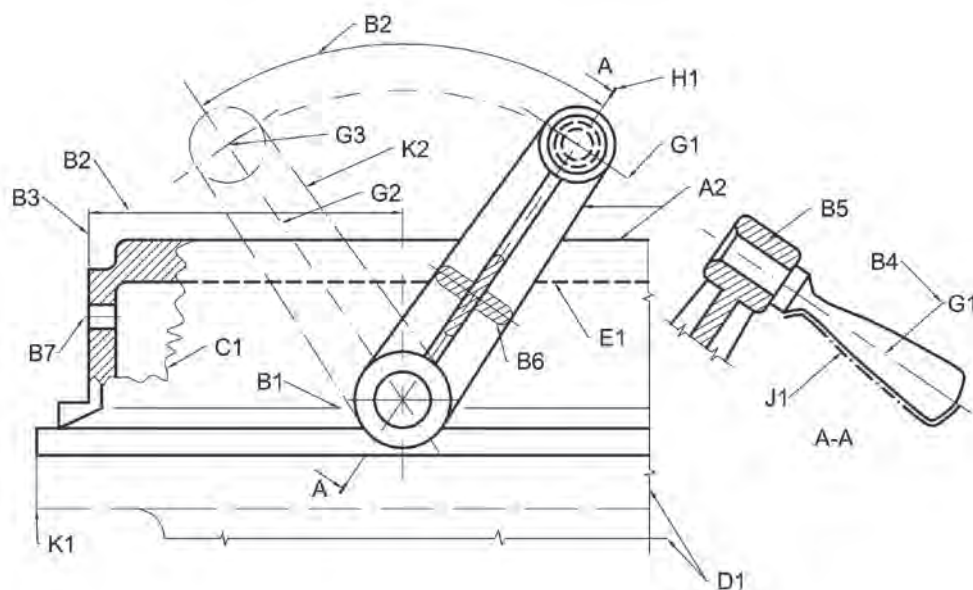


Figura 2.12: Tipos de linhas e suas aplicações - ABNT/NBR 8403:1984 (ABNT, 1984).

2.6.1 Precedência das linhas

Em um desenho pode acontecer de dois tipos de linhas estarem localizadas no mesmo espaço e alinhamento, onde haverá uma sobreposição de linhas, acarretando uma certa confusão na interpretação do desenho. Para evitar este problema, é necessário obedecer a uma prioridade de representação entre as linhas, em que um determinado tipo de linha terá precedência sobre o outro e assim sucessivamente, só se representando assim um tipo de linha neste local. A lista abaixo mostra uma classificação de prioridades de linhas a serem desenhadas em caso de sobreposição:

1. Prioridade: Arestas de contorno visíveis (Tipo A);
2. Prioridade: Arestas e linhas de contorno invisíveis (Tipo E ou F);
3. Prioridade: Planos de corte (Tipo H);
4. Prioridade: Linhas de eixo e simetria (Tipo G);
5. Prioridade: Linha de centróide (Tipo K);
6. Prioridade: Linha de chamada de cotas (Tipo B).

2.7 Escalas

As escalas são utilizadas para se desenhar uma peça em um tamanho maior que o tamanho natural (ampliação) ou para se desenhar em um tamanho menor que o tamanho real (redução). Quando o desenho apresenta as mesmas dimensões que o objeto, diz-se que é utilizada a escala natural, ou seja, o desenho terá as mesmas dimensões reais do objeto. Geralmente quando uma peça ou objeto possui um tamanho muito pequeno, como peças de um relógio de pulso, faz-se uma ampliação do seu desenho para um melhor entendimento. Por outro lado, em um desenho de grandes dimensões, como é o caso de residências, estradas e barragens, é necessário fazer uma redução para que o objeto possa ser desenhado no formato das folhas padrões. A nomenclatura das escalas em desenho técnico é a seguinte:

Escala de redução: $\frac{1}{X}$, onde $X > 1$

Escala de ampliação: $\frac{X}{1}$, onde $X > 1$

Escala natural: $\frac{1}{1}$

A norma brasileira que regulamenta a utilização das escalas em desenho técnico é a ABNT/NBR 8196:1999 Desenho Técnico - Emprego de Escalas (ABNT, 1999b). Segundo esta norma, as escalas utilizadas em desenho técnico são (Tabela 2.7):

Natural	Redução	Ampliação
1	1:2	2:1
	1:5	5:1
	1:10	10:1

Tabela 2.7: Largura das linhas e das margens.

Obs.: As escalas da Tabela (2.7) devem ser reduzidas ou ampliadas à razão de 10.

A escolha da escala deve priorizar uma interpretação fácil e clara da informação representada, e deve ser informada na legenda da folha. Quando for necessária a utilização de mais de uma escala na folha de desenho, esta escala deve ser informada abaixo do desenho ou do detalhe que necessitou desta diferença de escala em relação aos outros desenhos. Porém a escala geral, da maioria dos desenhos, deve ser informada na legenda da folha. Uma observação importante: as cotas (Capítulo 5) sempre demonstrarão o valor real das dimensões da peça, e somente as arestas do desenho devem ser corrigidas pelo fator de escala. A Figura (2.13) ilustra um exemplo da utilização de escalas de redução.

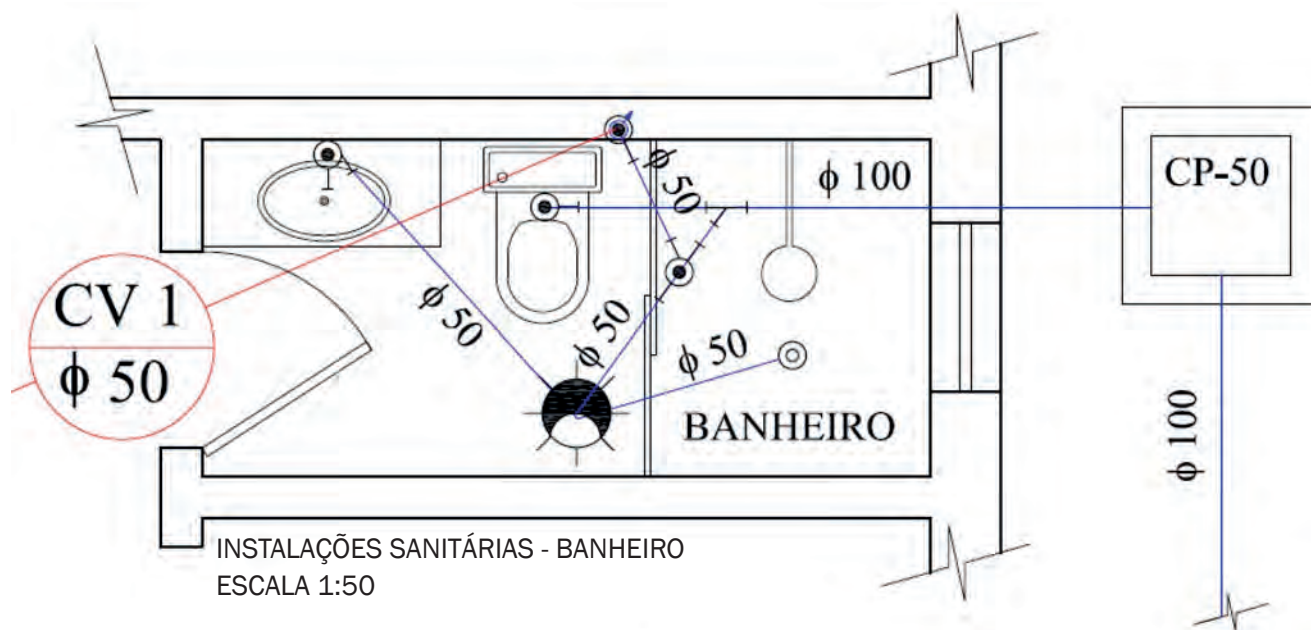


Figura 2.13: Exemplo de escala de redução (Escala 1:50)

E na figura (2.14) é ilustrado um desenho ampliado.

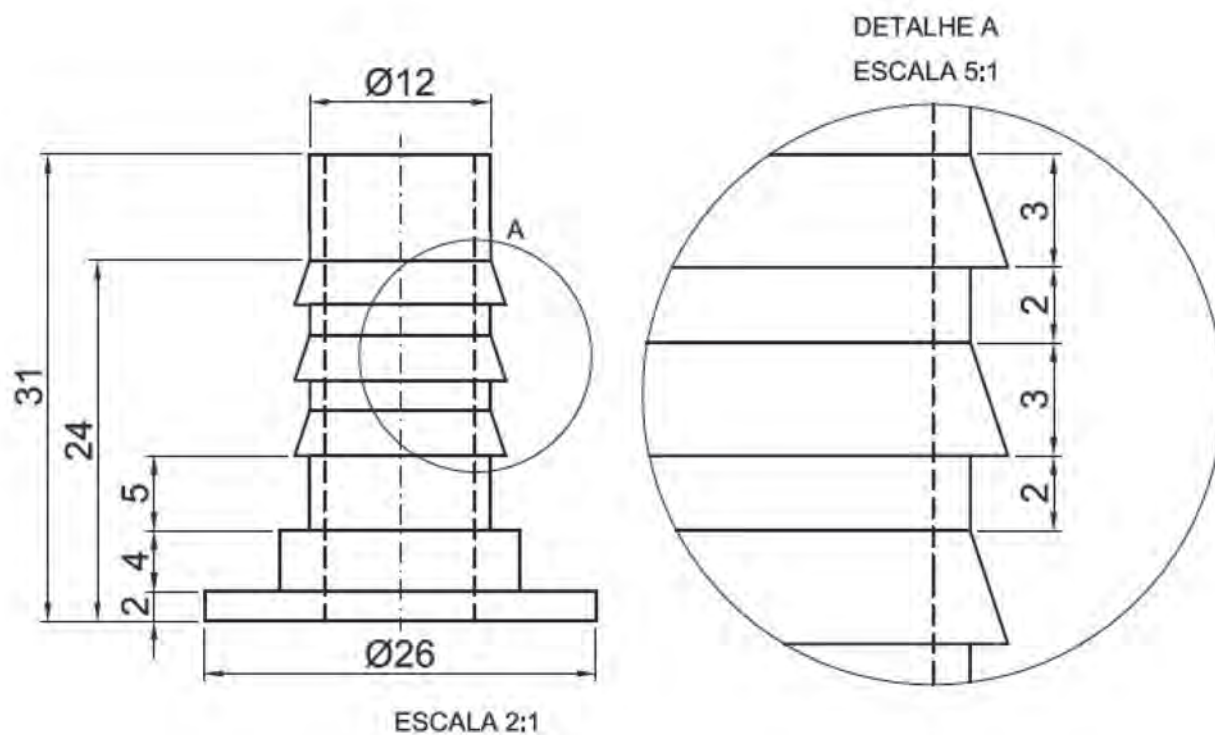
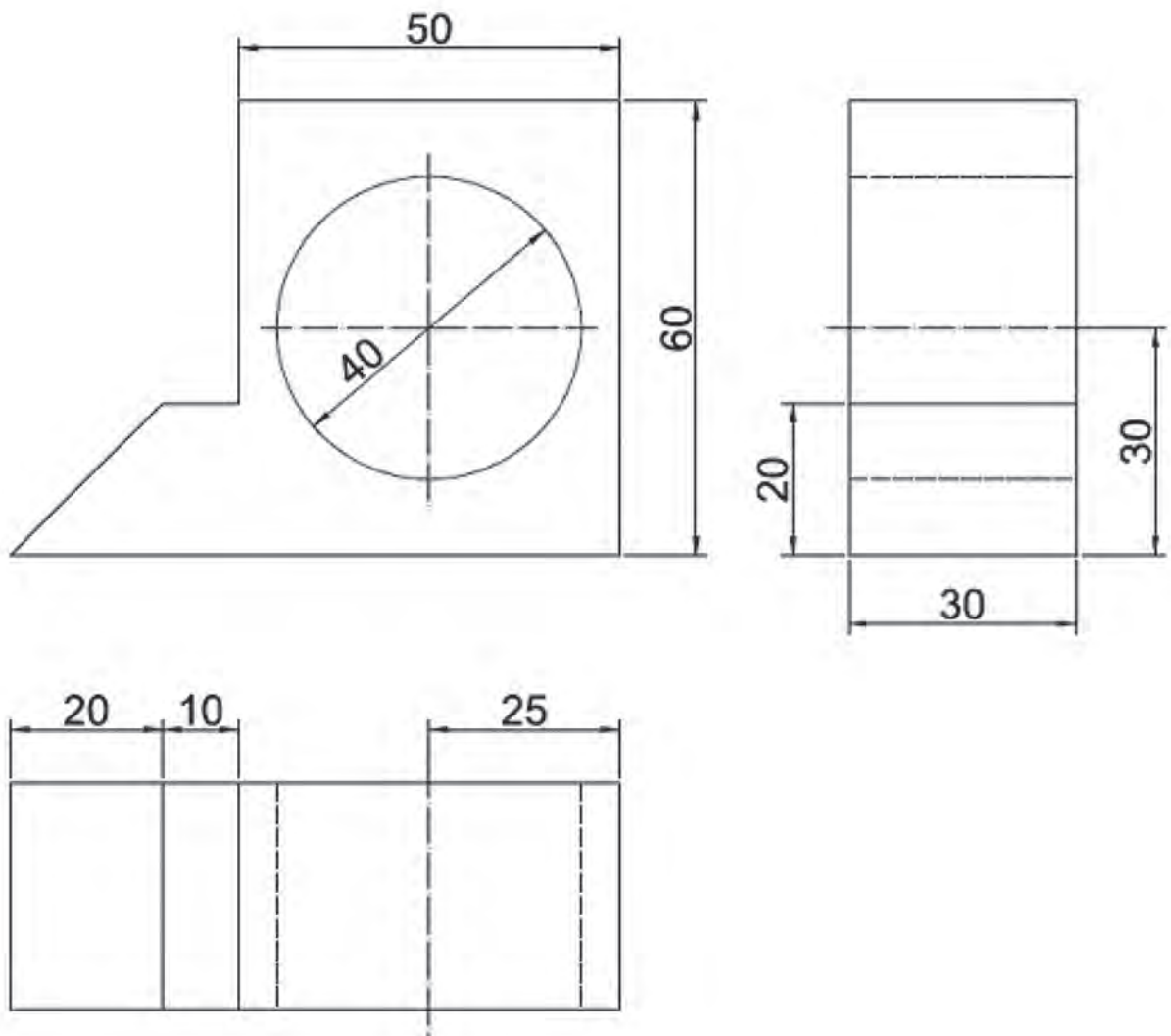


Figura 2.14: Exemplo de escala de ampliação (Escala 2:1)

2.8 Exercícios

- 2.1 Faça o layout com legenda das folhas tipo A0, A1, A2, A3 e A4, estando as folhas na posição de paisagem:
- 2.2 Com as folhas impressas do exercício 2.1, faça os dobramentos das folhas, segundo a ABNT/NBR 13142:1999.
- 2.3 Faça uma legenda de aprovação de projetos de algum órgão público da administração municipal, estadual ou federal.
- 2.4 Faça o desenho a seguir utilizando as espessuras corretas das linhas, segundo a ABNT/NBR 8403:1984.



CAPÍTULO 3

Projeções ortogonais

3.1 Introdução

Todo a visualização de qualquer objeto em uma superfície plana se dá por um sistema de projeção, e a ciência que estuda a projeção de pontos, retas e superfícies em anteparos planos é a Geometria Descritiva (MONGE; BRISSON, 1847). A projeção de um objeto em um anteparo plano, segundo a visão humana, apresenta-se da seguinte forma (Figura 3.1):

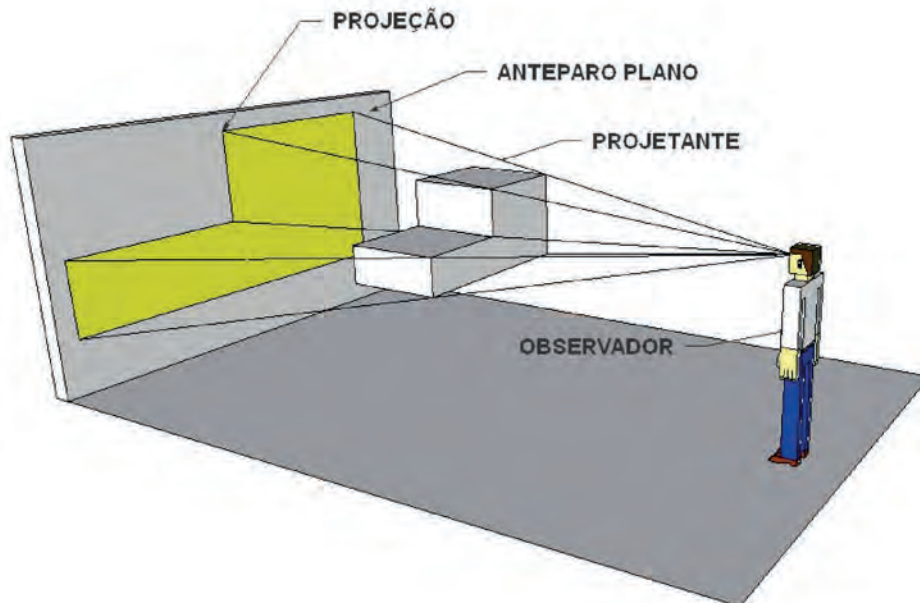


Figura 3.1: Principais componentes de um sistema de projeção.

O tipo de projeção da visão humana é denominado de “Projeção Cônica”, recebendo este nome devido ao formato do desenvolvimento das retas projetantes, que se assemelha ao um cone, tendo seu vértice no olho humano. Nota-se que dependendo da posição do observador, a projeção da figura no anteparo plano ficará maior ou então terá alguma deformação em suas arestas, a não ser em um ponto onde a reta projetante seja normal ao plano de projeção, ou seja, forme um ângulo de 90 graus entre esta reta e a direção horizontal e vertical do plano. As fotografias também apresentam as mesmas características da visão humana, pois as retas projetantes do objeto convergem para o pequeno orifício obturador da câmera fotográfica e, portanto, a fotografia impressa apresenta um objeto distorcido, a não ser em uma pequena superfície do objeto em que a reta projetante também seja normal a esta superfície. Por outro lado, tornando as projetantes paralelas entre si e normais ao plano de projeção, podem-se ter a seguinte situação (Figura 3.2):

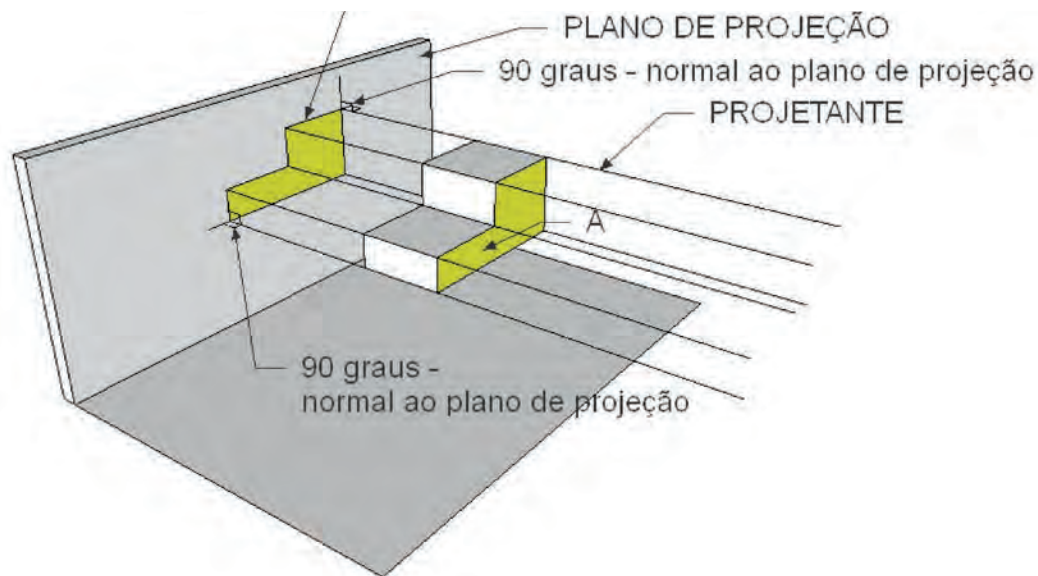


Figura 3.2: Direção das retas projetantes.

Neste caso, Figura 3.2, a parte projetada será igual à figura plana interceptada pelas projetantes. No desenho técnico, o que importa é uma representação real do objeto, portanto, o tipo de projeção a ser adotada é a projeção paralela, e que as projetantes sejam normais ao plano de projeção. Ao se colocar um indivíduo a uma distância muito grande do objeto, ao ponto de se considerar esta distância tendendo ao infinito, as projetantes cônicas serão consideradas como projetantes paralelas entre si (Figura 3.3).



Figura 3.3: Distância tendendo ao infinito para se considerar as retas projetantes paralelas entre si.

3.2 Geometria Descritiva - Plano de Épuras

A principal técnica para análise de projeções utilizada na Geometria Descritiva é a do Planos de Épuras. Épura significa um plano sobre o qual pode ser projetado em duas dimensões, coordenadas de objetos tridimensionais, através de retas projetantes. Utiliza-se, a princípio, um plano de épura horizontal (PH) e um plano de épura vertical (PV), sendo que estes planos se cruzam e esta intersecção é chamada de linha de terra (LT). Como efeito desta intersecção de planos, aparecerão quatro espaços vazios entre eles, que são chamados de diedros (Figura 3.4), e são numerados em ordem crescente no sentido anti-horário, com o primeiro diedro localizado acima e à direita da linha de terra.

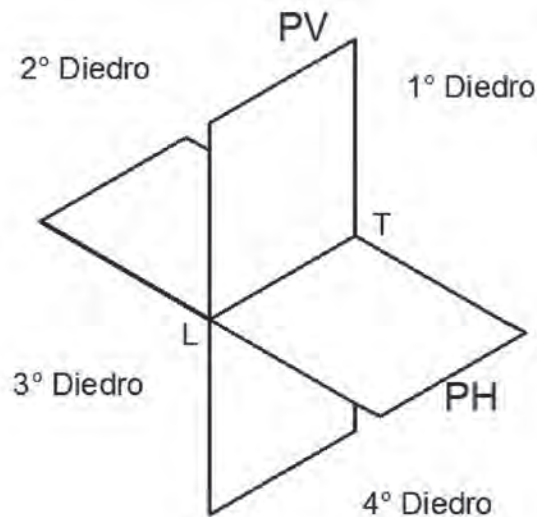


Figura 3.4: Plano de épuras.

Os pontos, segmentos de reta e objetos são projetados ortogonalmente nestes planos com nomenclatura específica para cada direção de projeção, como podem ser vistos na Figura (3.5). Neste caso, há a projeção do ponto P no plano PH denominado ponto P1, e a projeção no plano PV denominado ponto P2.

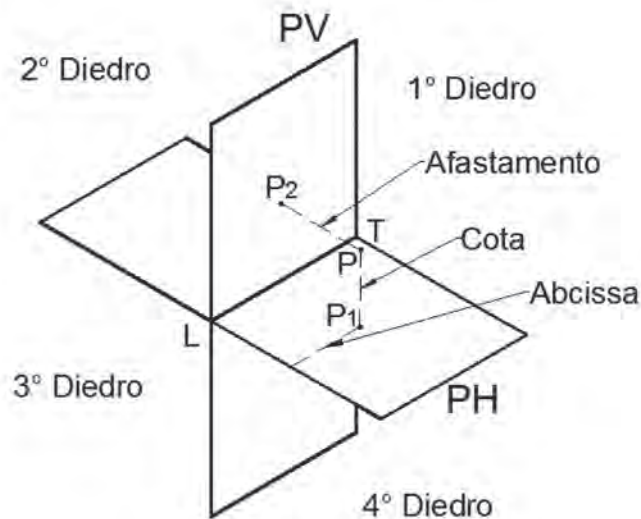


Figura 3.5: Plano de épuras, com divisão dos diedros e projeções de um ponto.

Pode-se rebater estes planos no sentido ilustrado na Figura (3.6), sendo que o plano horizontal gira no sentido horário até alinhar-se com o plano vertical.

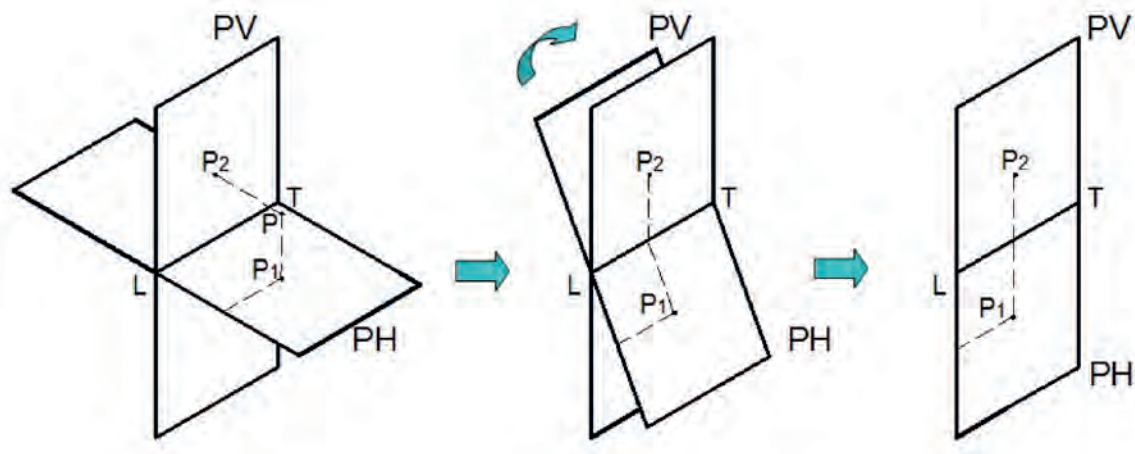


Figura 3.6: Rebatimento do plano de épuras.

Desta maneira, haverá uma única representação bidimensional dos planos, sobre o qual pode ser indicado a cota (distância vertical do ponto à linha de terra), o afastamento (distância horizontal do ponto até a linha de terra) e a abscissa do ponto, que é a distância horizontal do ponto em relação ao início do plano de épura, sendo esta direção ortogonal à direção do afastamento, o que define a posição deste ponto no espaço. (Figura 3.7).

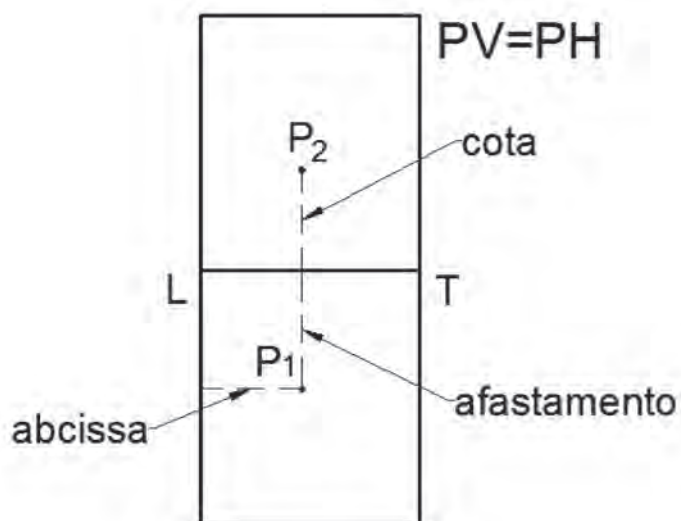


Figura 3.7: Plano de épuras rebatido.

O mesmo procedimento pode ser utilizado para a representação espacial de segmentos de retas, porém, para objetos mais complexos, de forma que uma de suas faces não aparecerão nos planos vertical e horizontal, há a necessidade de se criar um plano auxiliar (Paux) que seja ortogonal ao plano vertical e horizontal (Figura 3.8).

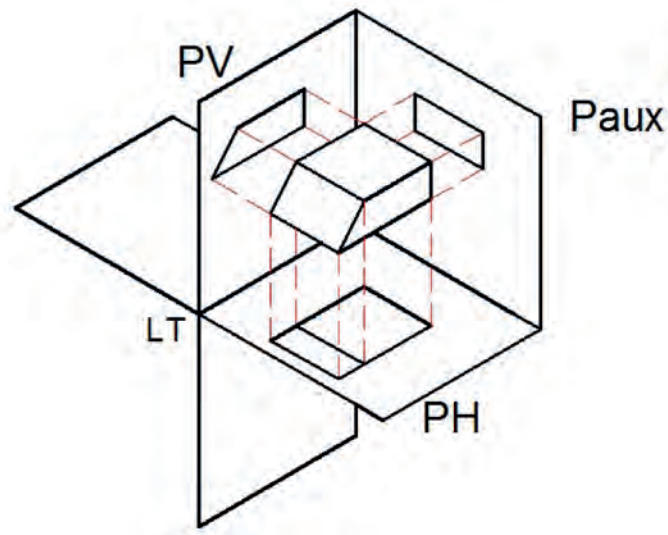


Figura 3.8: Plano de épuras adicionado de um plano auxiliar.

O rebatimento destes três planos ocorrerá da seguinte forma (Figura 3.9):

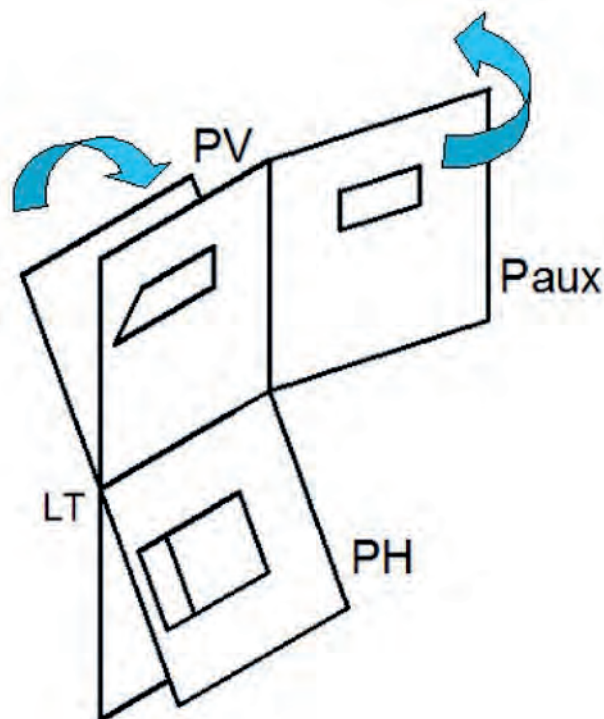


Figura 3.9: Rebatimento de três planos ortogonais entre si.

Com estas três vistas, todas as arestas do objeto estarão representadas (Figura 3.10). Este será o procedimento para análise de vistas ortogonais, que será visto detalhadamente nos itens subsequentes.

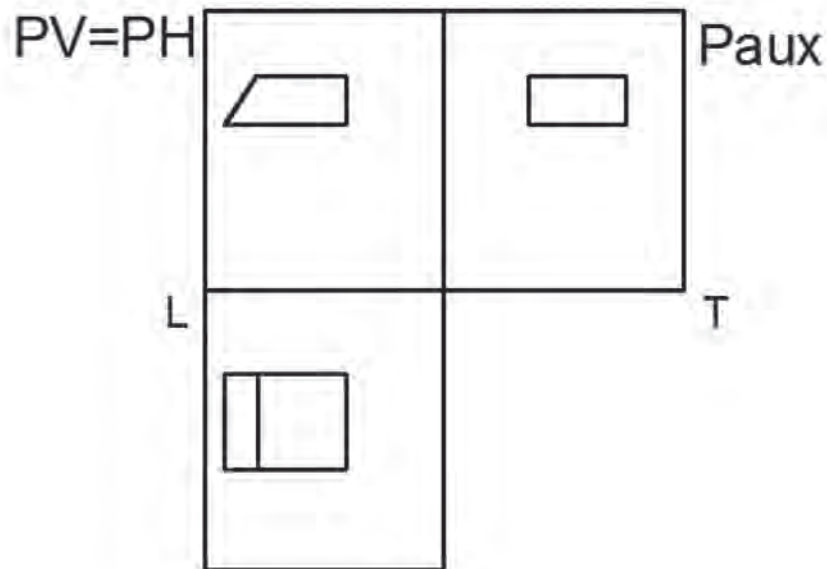


Figura 3.10: Planos de écura com os três planos rebatidos.

Como pode ser visto na Figura (3.8), o objeto está ocupando apenas um diedro e neste caso está no primeiro diedro, mas poderia ocupar qualquer um dos 4 diedros. Será escolhido, desta forma, apenas um diedro sobre o qual a peça será representada na quantidade de vistas necessárias para sua completa descrição. No Brasil e nos países que adotam o Sistema Internacional de Medidas (SI), a peça é representada no 1º Diedro, enquanto que nos Estados Unidos é utilizada a representação no 3º Diedro. Nos itens a seguir serão vistas as características e diferenças de cada representação, sendo introduzido para facilidade de entendimento um observador de referência, que fornecerá a direção de cada vista, e um observador de projetantes, que marcará a posição que as projetantes estão partindo (ponto de vista) até os planos de projeção. Nas ilustrações das projeções nos planos de écura, serão omitidas as retas projetantes que partem do observador e vão até o objeto, quando a peça estiver no 1º Diedro e quando partem do observador e vão até o plano de projeção, quando o objeto estiver no 3º Diedro. O motivo é deixar a figura menos carregada de linhas.

3.3 Vistas ortogonais no 1º Diedro

O objeto localizado no 1º Diedro estará entre o observador e o plano de projeção (anteparo plano). As retas projetantes partirão do observador, atingirão o objeto e em seguida o plano de projeção, ortogonal à direção das retas projetantes (Figura 3.11).

3.3.1 Vista Frontal - 1º Diedro

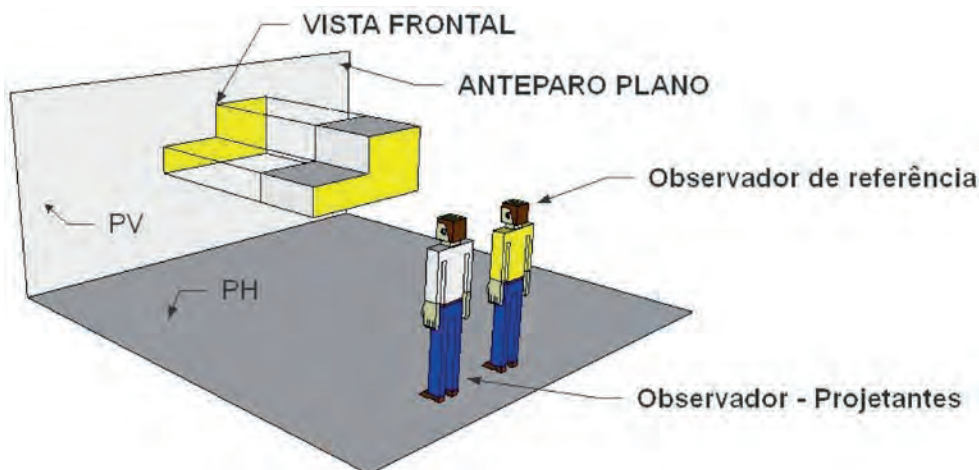


Figura 3.11: Projeção da vista frontal de um objeto - 1º Diedro.

O nome da vista da Figura (3.11) é denominado de “Vista Frontal”, pois é a vista à frente do observador de referência. No primeiro diedro a posição do observador de referência coincide com a posição do observador de onde partem as projetantes. A vista frontal deve ser a vista em que existam os maiores detalhes da peça. Pode-se também determinar esta vista levando-se em conta a posição final em que a peça se encontrará quando estiver em seu lugar definitivo ou de montagem. Nesta posição, as projetantes terão um sentido horizontal e a projeção se dará no plano vertical PV.

3.3.2 Vista Superior ou Planta - 1º Diedro

A vista frontal sozinha não dá uma descrição total do objeto, a não ser para alguns objetos que possuem geometria muito simples, como uma esfera ou um cubo. Partindo-se então de um ponto de vista em uma posição acima do observador de referência e do objeto, pode-se gerar uma projeção em um plano situado sob o objeto. Esta projeção se localizará no plano horizontal PH e projetará a parte superior do objeto, sendo chamada de vista superior ou em planta (Figura 3.12). As retas projetantes neste caso serão verticais, ortogonais ao plano de projeção horizontal (PH). Nota-se que esta parte do objeto está acima do observador de referência, mas a projeção do objeto nesta vista está abaixo dele.

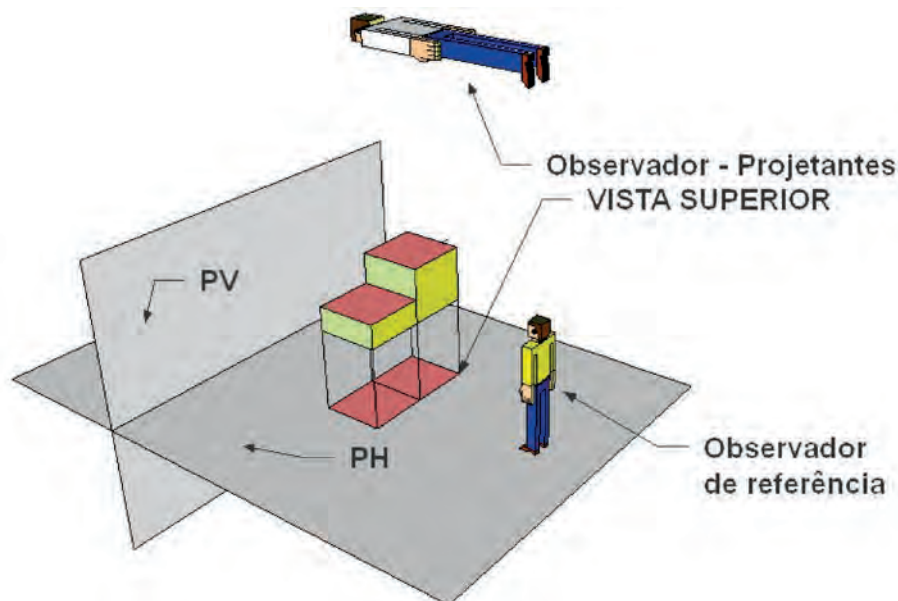


Figura 3.12: Projeção da vista superior de um objeto - 1º Diedro.

3.3.3 Vista Lateral Esquerda - 1º Diedro

Esta vista tem este nome porque as retas projetantes partem de uma posição à esquerda do observador de referência. Como está no 1º Diedro, o objeto situa-se entre o plano de projeção e o observador de projetantes, sendo necessária então a construção de um plano de projeção auxiliar (vertical) à direita do observador de referência (Figura 3.13). O objeto projetado ficará à direita do observador de referência.

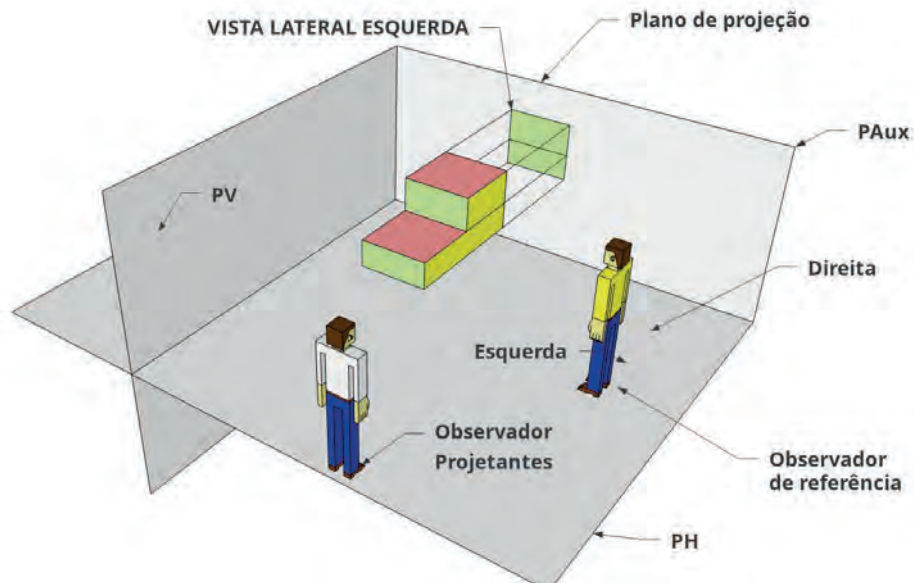


Figura 3.13: Projeção lateral esquerda de um objeto - 1º Diedro.

Geralmente, com a utilização de linhas de arestas invisíveis, as três vistas ortogonais descritas anteriormente são suficientes para descrever totalmente o objeto em um desenho plano. Mas se for necessário, pode-se desenhar em outras vistas ortogonais e em vistas não ortogonais, para a total descrição do objeto.

3.3.4 Vista Lateral Direita - 1º Diedro

Nesta vista, o observador de origem das projetantes situa-se em uma posição à direita do observador de referência, e o objeto será projetado em um plano que esteja à esquerda deste observador. Para isto é necessário a construção de um plano auxiliar vertical, perpendicular ao plano vertical (PV) e ao plano horizontal (PH) (Figura 3.14).

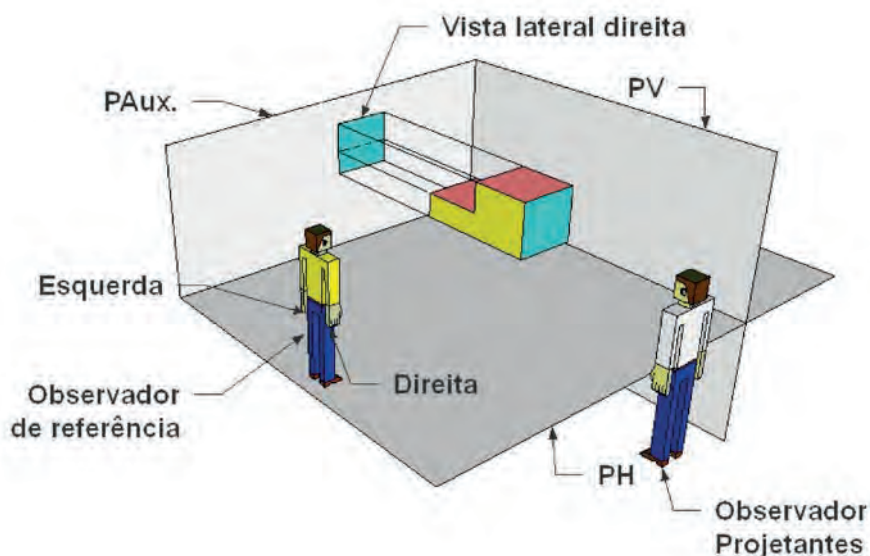


Figura 3.14: Projeção lateral direita de um objeto - 1º Diedro.

Neste caso, por causa das particularidades geométricas da peça, foi necessária a introdução de linhas tracejadas, pois uma das arestas não é atravessada diretamente pelas retas projetantes.

3.3.5 Vista Inferior - 1º Diedro

A projeção da parte inferior do objeto, como o próprio nome indica, é chamada de vista inferior, sendo necessária a introdução de um plano auxiliar, paralelo ao plano horizontal (PH) para sua projeção. A localização deste plano, segundo a projeção no 1º Diedro, deve ser acima do objeto e do observador de referência. O observador de onde partem as projetantes ficará uma posição abaixo do observador de referência e do objeto. Nesta vista (Figura 3.15), há a necessidade também da utilização de linhas tracejadas, pelo mesmo motivo já descrito na vista lateral direita.

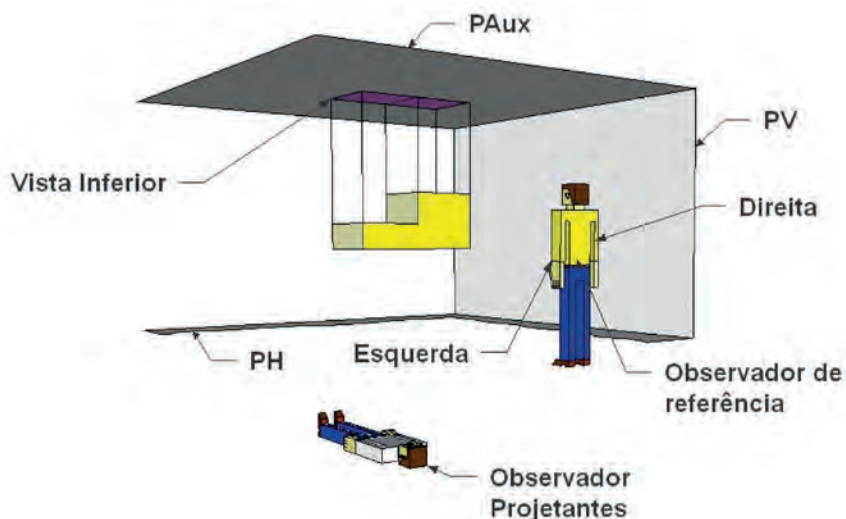


Figura 3.15: Projeção da vista inferior de um objeto - 1º Diedro.

3.3.6 Vista Posterior - 1º Diedro

A vista posterior está localizada na direção oposta horizontalmente à vista frontal ou nas “costas” do observador de referência. Há então a necessidade da construção de um plano auxiliar paralelo ao plano vertical (PV) à frente do objeto. O observador de projetantes está alinhado na direção contrária à do observador de referência. Neste caso, optou-se por deslocar a posição do observador de referência para um melhor entendimento da ilustração (Figura 3.16).

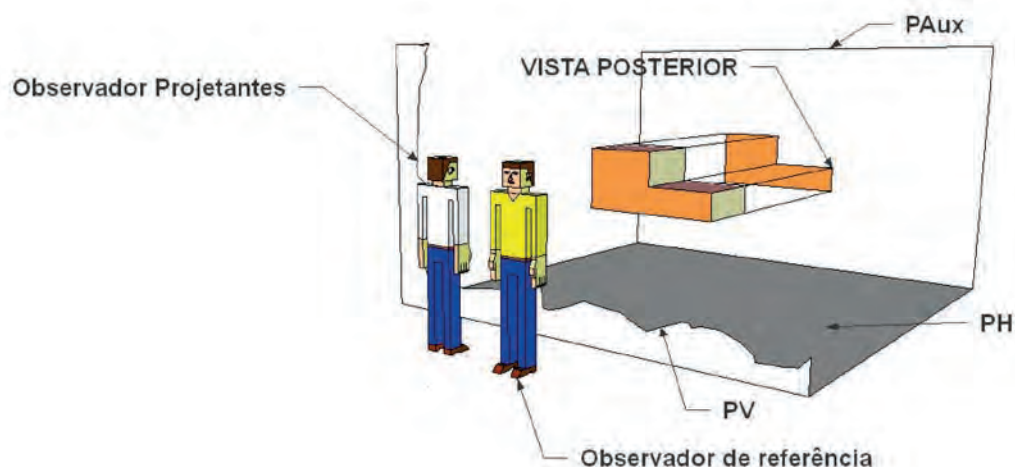


Figura 3.16: Projeção da vista posterior de um objeto - 1º Diedro.

3.3.7 Conjunto de vistas no 1º Diedro

Reunindo o conjunto de planos que contém as vistas ortogonais do objeto, descritos nas figuras anteriores, tem-se (Figura 3.17):

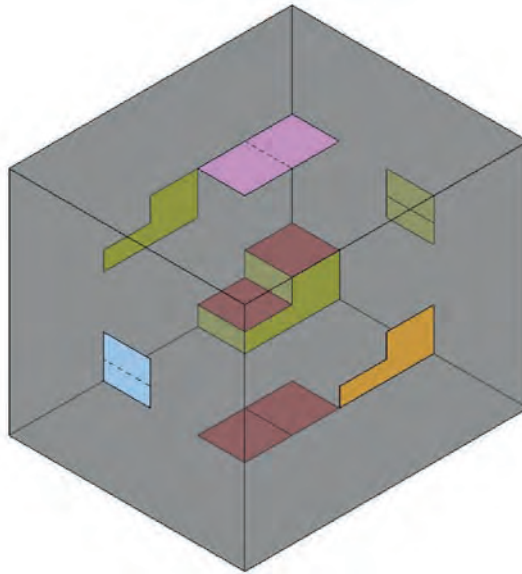


Figura 3.17: Vistas ortogonais do objeto - 1º Diedro.

Abrindo os planos da Figura (3.17), obtém-se o rebatimento de cada plano de projeção (Figura 3.18):

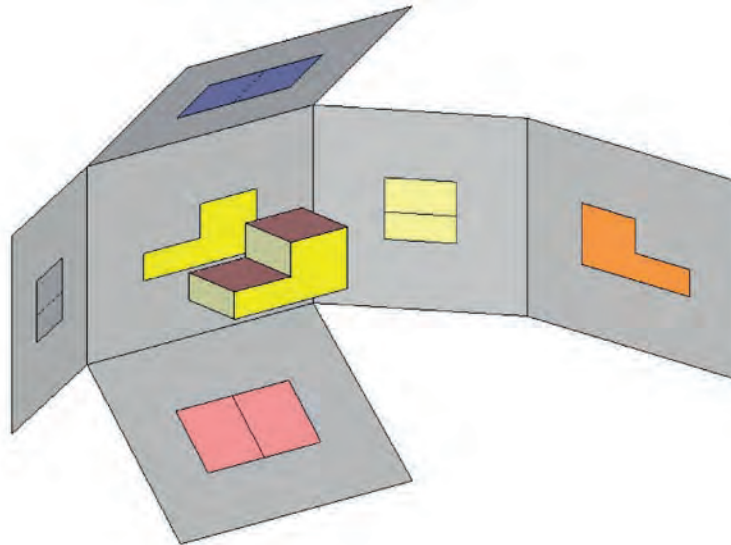


Figura 3.18: Sentido do rebatimento dos planos de projeção - 1º Diedro.

Com os planos de projeção totalmente abertos, pode-se observar os seis planos de projeção ortogonais do objeto colocado no 1º Diedro (Figura 3.19):

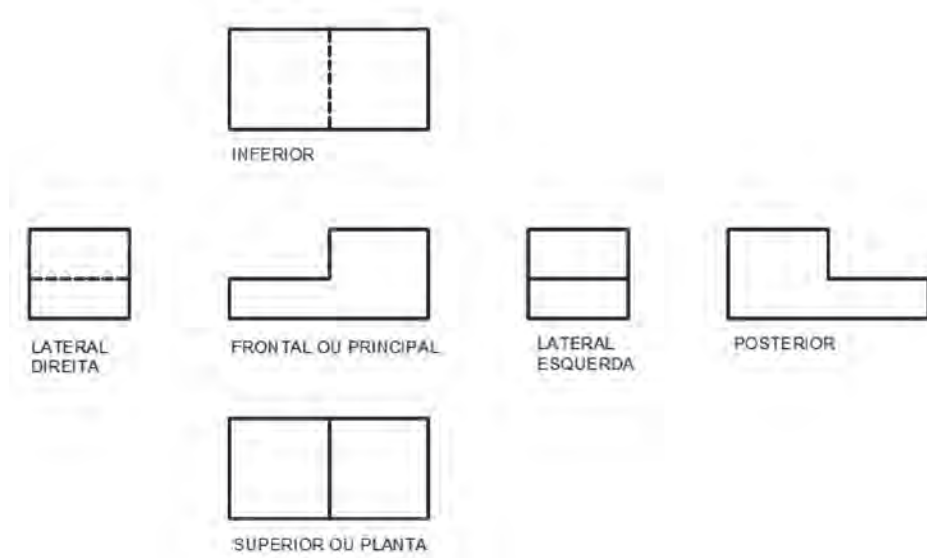


Figura 3.19: Vistas ortogonais no 1º Diedro - Nomenclatura.

3.4 Vistas ortogonais no 3º Diedro

O objeto a ser visualizado encontra-se no 3º Diedro. As projetantes partem do observador, interceptam primeiro o plano de projeção e depois o objeto. Portanto, no sistema de projeção adotado no 3º Diedro, o plano de projeção está entre o observador e o objeto (Figura 3.20).

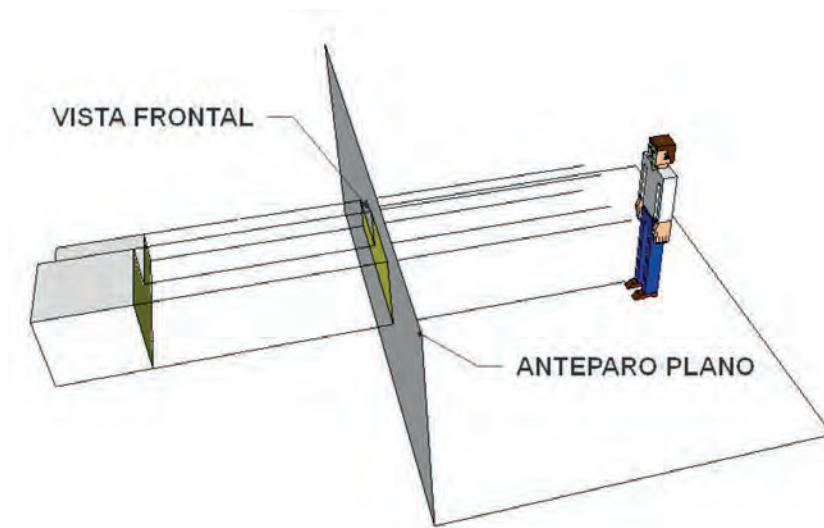


Figura 3.20: Sistema de projeção 3º Diedro.

3.4.1 Vista Frontal - 3º Diedro

A Figura (3.21) mostra a projeção da vista frontal no 3º Diedro. Nesta vista, a posição do observador de onde partem as projetantes é a mesma do observador de referência. A projeção do objeto situa-se no plano vertical.

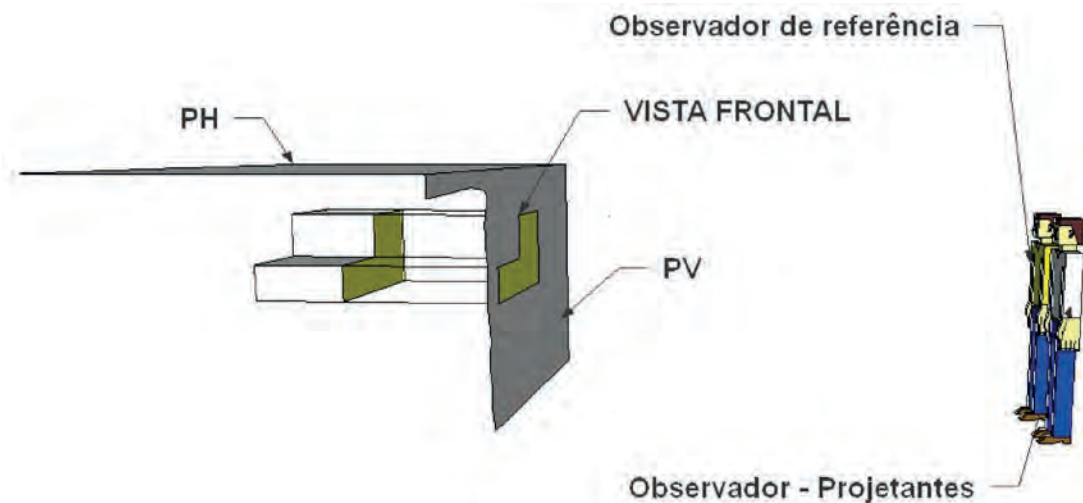


Figura 3.21: Projeção da vista frontal de um objeto - 3º Diedro.

3.4.2 Vista Superior ou Planta - 3º Diedro

A vista superior é mostrada na Figura (3.22).

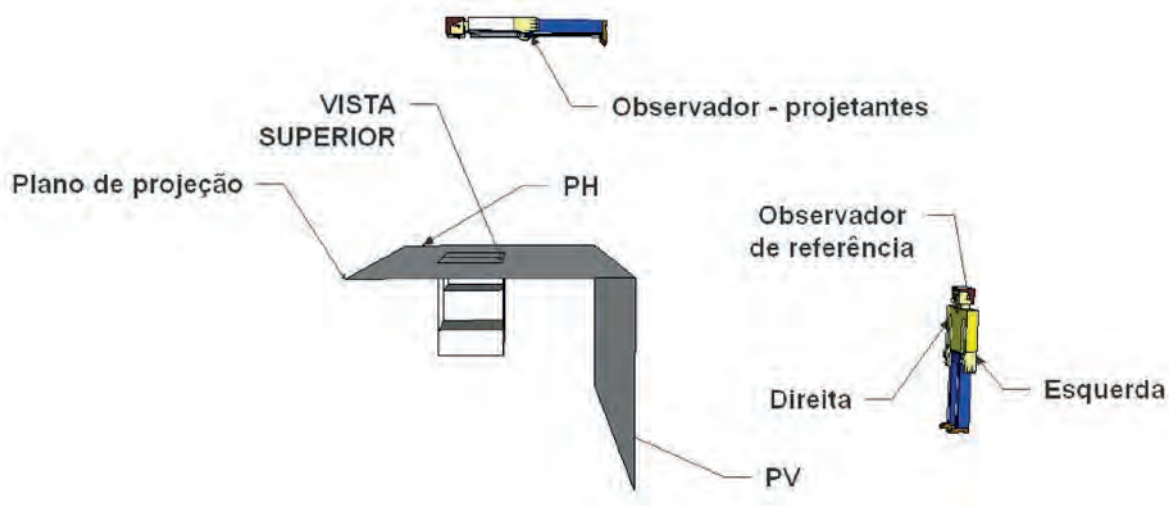


Figura 3.22: Projeção superior de um objeto - 3º Diedro.

Nesta vista, o observador de projetantes encontra-se acima do observador de referência e do objeto, e a projeção do objeto se dá no plano horizontal (PH).

3.4.3 Vista Lateral Esquerda - 3º Diedro

A Figura (3.23) mostra a projeção da vista lateral esquerda no 3º Diedro. Deve ser colocado um plano auxiliar à esquerda do observador de referência, no mesmo sentido estará o observador de origem das projetantes.

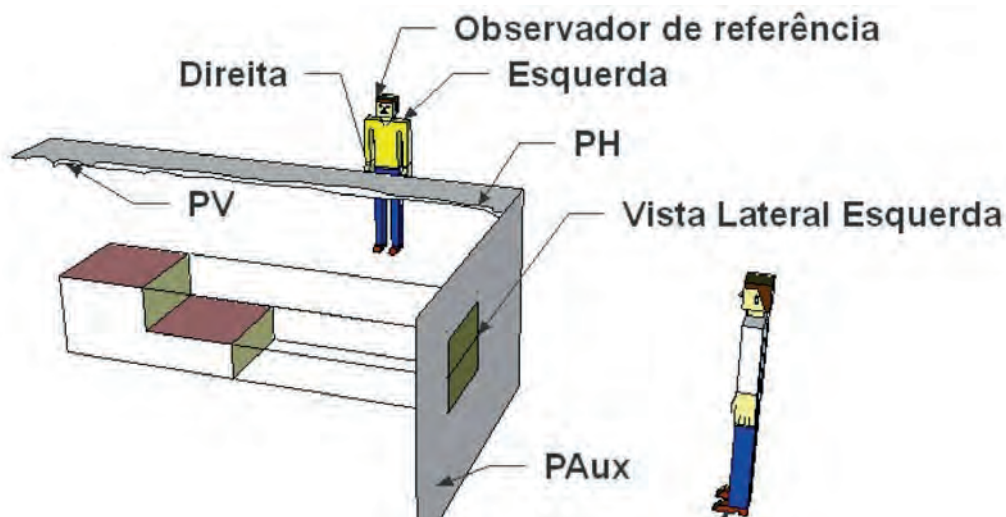


Figura 3.23: Projeção lateral esquerda de um objeto - 3º Diedro.

3.4.4 Vista Lateral Direita - 3º Diedro

A figura (3.24) mostra projeção da vista da lateral direita da peça. Neste caso é necessária a introdução de mais um plano auxiliar (PAux) aos planos de é pura. O observador de origem das projetantes localiza-se à direita do observador de referência, onde também se localizará o plano de projeção.

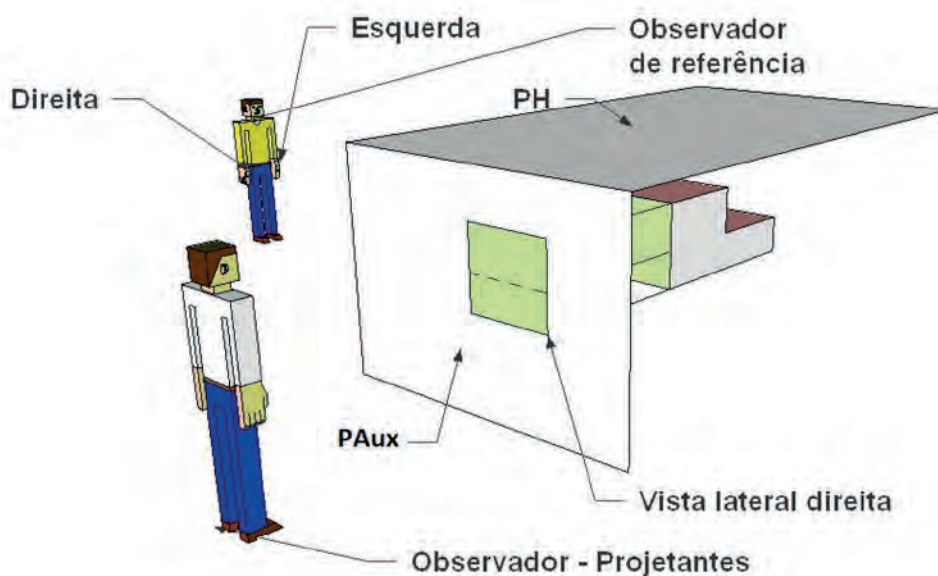


Figura 3.24: Projeção lateral direita de um objeto - 3º Diedro.

3.4.5 Vista Inferior - 3º Diedro

Na Figura (3.25) está representada a vista inferior do objeto. Para tanto, foi necessária a inclusão nos planos de é pura de um novo plano auxiliar (PAux), paralelo ao plano horizontal (PH), abaixo do objeto. O observador de origem das projetantes se localizará em uma posição abaixo do observador de referência.

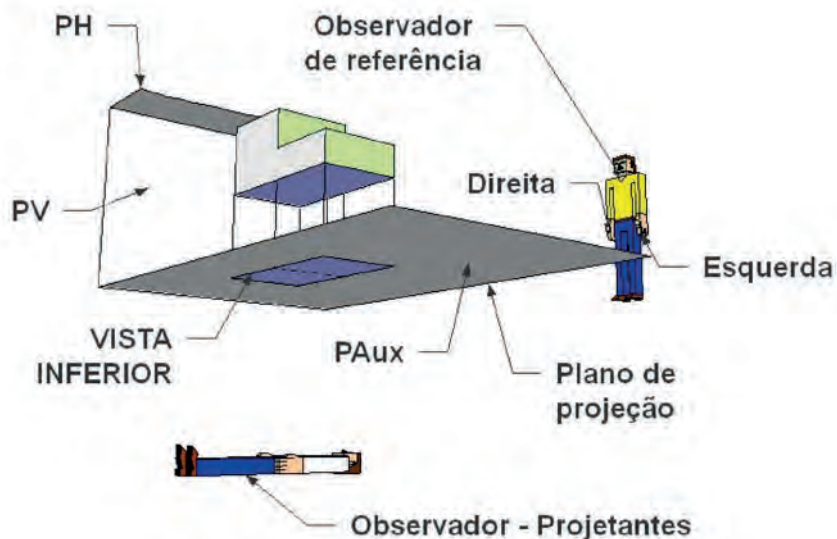


Figura 3.25: Projeção da vista inferior de um objeto - 3º Diedro.

3.4.6 Vista Posterior - 3º Diedro

A última vista a ser comentada é a vista posterior. Neste caso há a necessidade da inclusão de mais um plano auxiliar (PAux), paralelo ao plano vertical (PV). O observador de referência fica de “costas” para a vista posterior da peça, enquanto que o observador de projetante fica defrente (Figura 3.26).

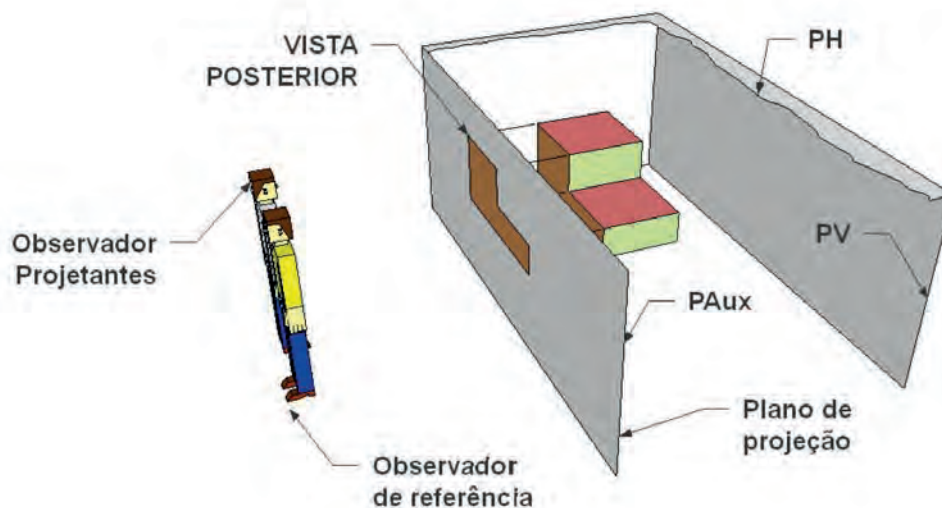


Figura 3.26: Projeção da vista posterior de um objeto - 3º Diedro.

3.4.7 Conjunto de vistas no 3º Diedro

Reunindo o conjunto de planos que contém as vistas ortogonais do objeto, descritos nas vistas ortogonais do 3º Diedro, tem-se (Figura 3.27):

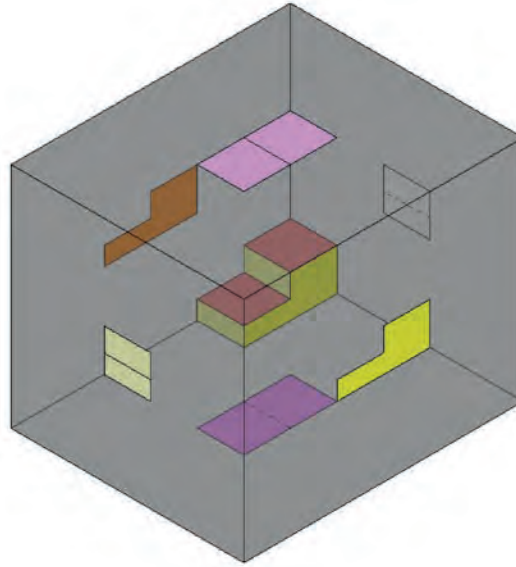


Figura 3.27: Vistas ortogonais do objeto - 3º Diedro.

Abrindo-se os planos da Figura (3.27), no sentido que mostra a Figura (3.28), tem-se o conjunto das seis vistas ortogonais de um objeto localizado no 3º Diedro (Figura 3.29).

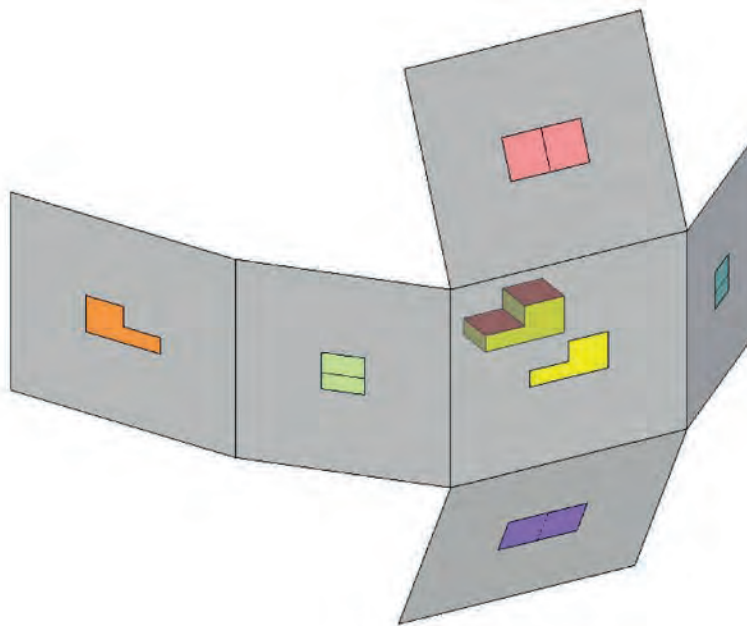


Figura 3.28: Sentido do rebatimento dos planos de projeção - 3º Diedro.

O conjunto de vistas ortogonais desenhada no plano, com o objeto localizado no 3º Diedro, está ilustrado na Figura (3.29), com os planos de épora completamente abertos:

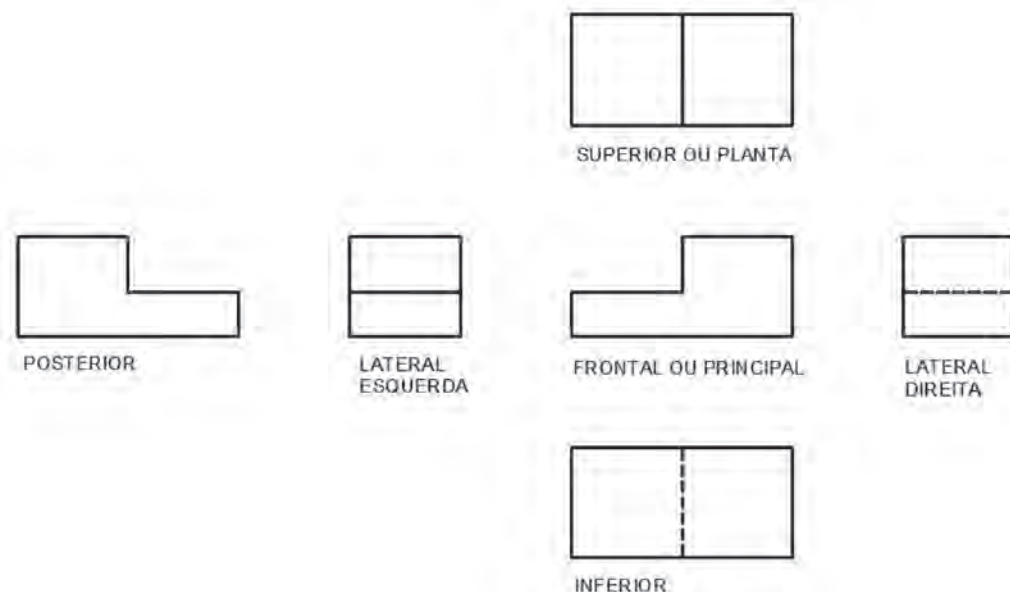


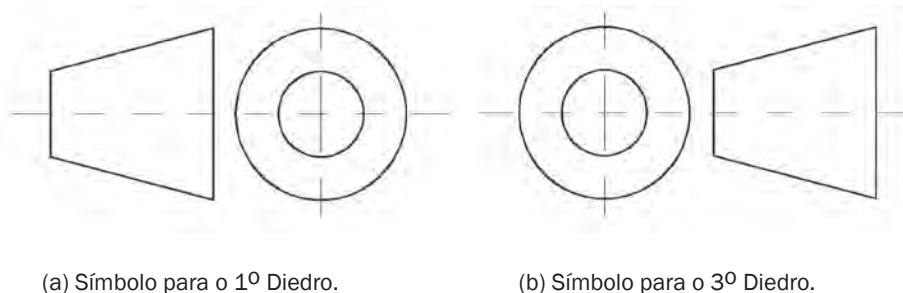
Figura 3.29: Vistas ortogonais no 3º Diedro - Nomenclatura.

3.5 Diferenças entre o 1º e o 3º Diedros

Como pode ser notada, a grande diferença das vistas do 1º e do 3º diedro diz respeito ao referencial das vistas na representação gráfica. No 1º Diedro, a vista da lateral esquerda, considerando um sistema referencial em que o observador fique de frente para a vista principal, aparece à direita do observador, enquanto a vista da lateral direita aparece à esquerda do observador. Situação semelhante acontece com a vista superior e a vista inferior, pois no 1º Diedro, a projeção da vista superior aparece em uma posição inferior em relação ao observador e a projeção da vista inferior aparece em uma posição superior ao mesmo observador. Estando o objeto no 3º Diedro, o nome das vistas coincide com o referencial do observador, considerando-o em uma posição de frente à vista principal. A vista ortogonal no 1º Diedro é mais utilizada nos países europeus e no Brasil, enquanto a vista no 3º Diedro é mais utilizada nos Estados Unidos. A norma brasileira sobre o assunto aceita tanto desenhos feitos no primeiro diedro quanto desenhos feitos no terceiro diedro.

3.6 Simbologia para o diedro adotado

Em um desenho, utilizando-se a técnica da projeção ortogonal, é essencial que se informe qual o diedro a peça está localizada. A norma NBR 10067-1995 (ABNT, 1995a) na seção 3.1 indica a simbologia adotada para os diedros. No primeiro diedro, o símbolo que deve ser adotado é a Figura 3.30(a) e no terceiro diedro, o símbolo será a Figura 3.30(b):

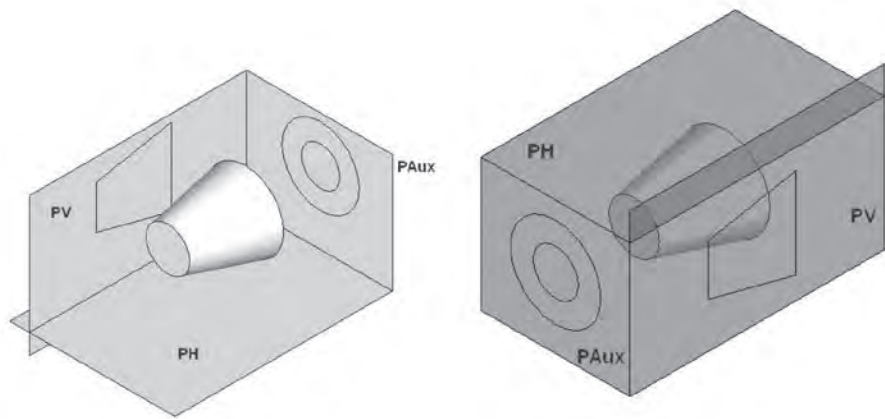


(a) Símbolo para o 1º Diedro.

(b) Símbolo para o 3º Diedro.

Figura 3.30: Simbologia para posição do objeto nos diedros.

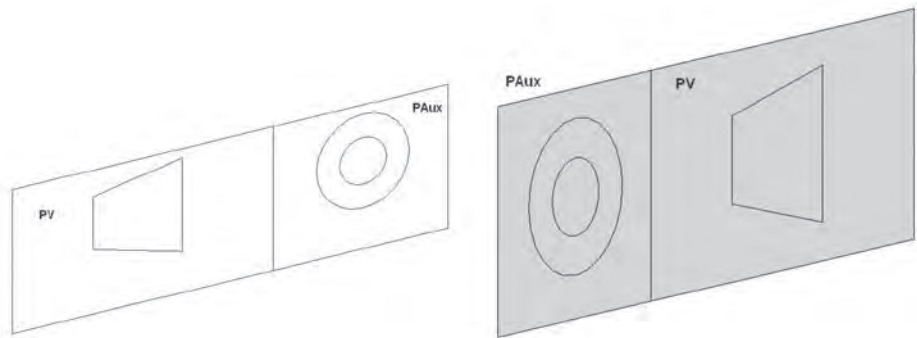
Estes símbolos devem ser impressos na legenda da folha, indicando de forma rápida em qual diedro as vistas foram executadas, e representam as projeções ortogonais de um tronco de cone, que pode estar no primeiro ou no terceiro diedro, como ilustra a Figura 3.31(a) e a Figura 3.31(b).



(a) Objeto no 1º Diedro (b) Objeto no 3º Diedro.

Figura 3.31: Projeções ortogonais do tronco de cone.

Ao abrir-se os planos de é pura, tem-se a vista frontal e lateral esquerda da peça, que são as mesmas vistas da simbologia descrita para os respectivos diedros.

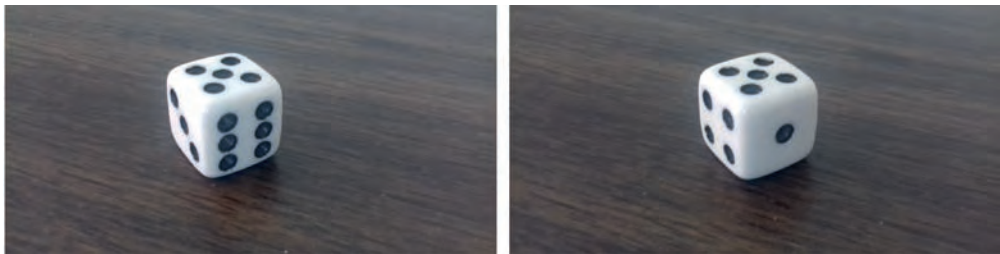


(a) Vistas rebatidas no 1º Diedro (b) Vista rebatidas no 3º Diedro.

Figura 3.32: Rebatimento dos planos da vista frontal e lateral esquerda.

3.7 Exercício:

3.1 Considere um dado de jogar, sendo que a face de 6 pontos (Figura 3.33) está “de frente” para você (observador de referência). Considerando as projetantes ortogonais aos planos de projeção (sistema de épuras), desenhe todas as seis faces do dado, estando ele: a) no primeiro diedro; b) no terceiro diedro.



(a) Vista frontal do dado (b) Vista posterior do dado.

Figura 3.33: Vistas de um cubo com arestas numeradas por pontos (dado de jogo)

CAPÍTULO 4

Vistas ortogonais

4.1 Introdução

Neste capítulo, serão estudadas as principais técnicas e normatizações para o desenho de vistas ortogonais de objetos. No capítulo 3 as vistas ortogonais foram descritas amplamente, com várias ilustrações que demonstram como é a visualização das projeções no primeiro e no terceiro diedro. A norma brasileira que regulamenta este assunto é a ABNT/NBR 10067:1995(ABNT, 1995a) Princípio gerais de representação em desenho técnico. Os desenhos serão representados no 1º Diedro, que é a mais comum no país, sendo que as vistas ortogonais utilizadas serão a Vista Principal, Lateral Esquerda e a Superior. Isto não significa que não se possam utilizar as outras vistas, mas deve-se ter o cuidado de não se usar vistas redundantes ou utilizar um número de vistas insuficientes para a representação de todos os detalhes dos objetos. Alguns objetos possuem uma geometria bastante simples, como podem ser vistos no item 4.4, portanto, é necessária apenas uma ou duas vistas para uma completa descrição geométrica. Serão estudadas as linhas que compõem as arestas visíveis e invisíveis, simetria, eixo, centro de circunferências e arcos de circunferência. No item 4.5 serão vistos alguns detalhes adicionais das vistas ortogonais como, por exemplo, situações em que as arestas do objeto não são ortogonais aos planos de épura, sendo necessária a criação de planos de projeção paralelos a estas arestas. Algumas peças contêm um ou mais planos de simetria, tornando desnecessário o desenho da peça toda: pode-se então desenhar apenas a metade da peça (um plano de simetria) ou um quarto da peça (dois planos de simetria). Outras peças têm uma das dimensões muito maior do que as outras duas e na direção desta dimensão não há variação em sua geometria, sendo preferível, para uma boa visualização da peça, fazer uma interrupção neste alinhamento.

4.2 Nomenclatura e posição das vistas

A nomenclatura e a posição das vistas no 1º Diedro estão descritas no item 3.3.7 e na Figura(3.19) do capítulo 3, respectivamente. No item 3.3, estão descritos os pormenores de cada vista. Cada vista deve ter o mesmo afastamento entre elas, isto é, estando em uma posição equidistante aos três planos do diedro, como pode ser demonstrado na Figura (4.1).

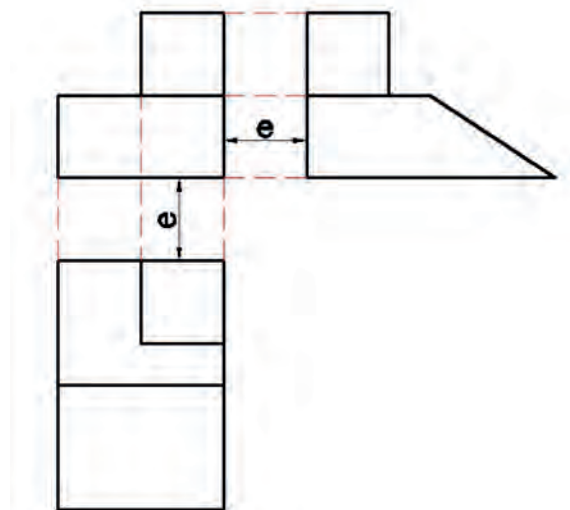


Figura 4.1: Equidistância no afastamento das vistas.

Esse procedimento auxilia no traçado das arestas, pois basta "puxar" algumas arestas que coincidam em uma outra vista, como podem ser notadas na Figura (4.1), na qual a linha tracejada vermelha mostra as arestas que podem ser "puxadas" de uma vista para outra. Um outro detalhe muito importante é que não se deve nomear cada vista, como mostra a Figura(4.2), bastando somente colocar as vistas no seu devido lugar.

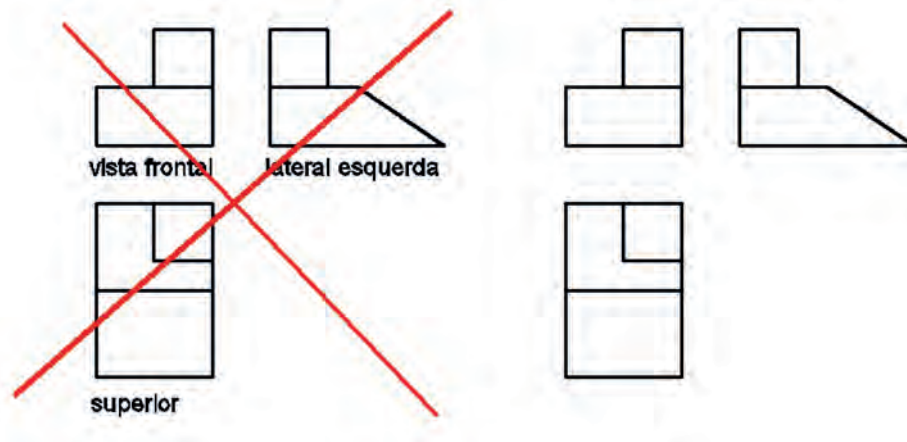


Figura 4.2: Nomenclatura das vistas.

Observação Importante: O posicionamento das vistas, tanto no 1º quanto no 3º Diedro, em hipótese alguma pode ser alterado.

4.2.1 Escolha da vista principal

A vista principal será aquela que chama mais a atenção do observador, portanto, sua face deve conter a maior quantidade de detalhes que possam ser representados com arestas visíveis no desenho. Pode influir também nesta escolha a posição de utilização e/ou de montagem da peça em seu lugar definitivo, pois esta visualização ajudará os operários na montagem de uma máquina ou equipamento. A posição da vista principal será na vista frontal, não importando se o objeto estiver no primeiro ou no terceiro diedro.

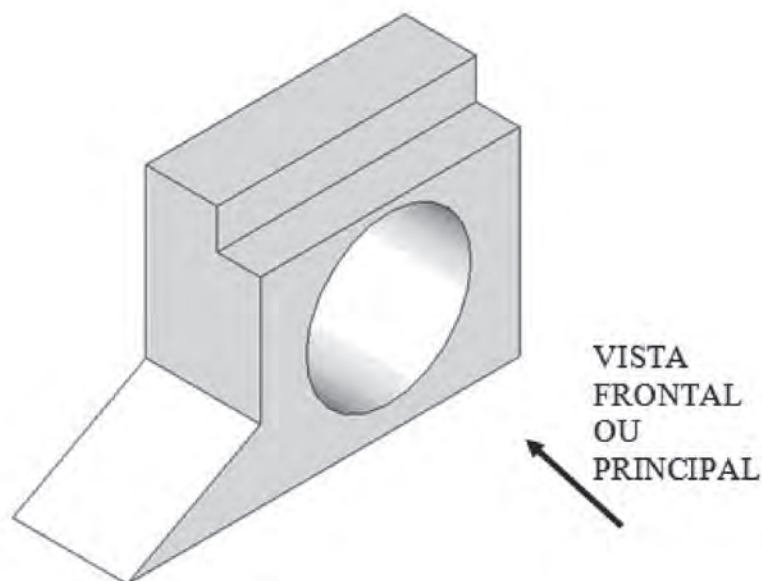


Figura 4.3: Escolha da vista principal.

Como pode ser notado na Figura (4.3), na vista escolhida como vista principal, todos os detalhes podem ser observados e representados por linha contínua grossa, portanto, esta será a vista frontal do objeto. Se a vista lateral esquerda fosse escolhida, não seria possível ver a circunferência, o que aconteceria também no caso da vista superior.

4.3 Representação das arestas

4.3.1 Arestas visíveis

As arestas visíveis, como mostram a Tabela 2.6 do capítulo 2, são representadas por linhas contínuas grossas. A vista principal da peça da Figura (4.3) só apresenta arestas visíveis, pois as arestas invisíveis coincidem com as visíveis e, pela prioridade de linhas (Item 2.6.1, Capítulo 2), as arestas visíveis têm precedência sobre as invisíveis. Na Figura (4.4) faltam as linhas traço e ponto que caracterizam a circunferência. Essas linhas foram omitidas no momento por motivos de simplificação e para que o desenho se apresente mais claro, sem muitos elementos que possam confundir o leitor. Elas serão introduzidas no momento oportuno.

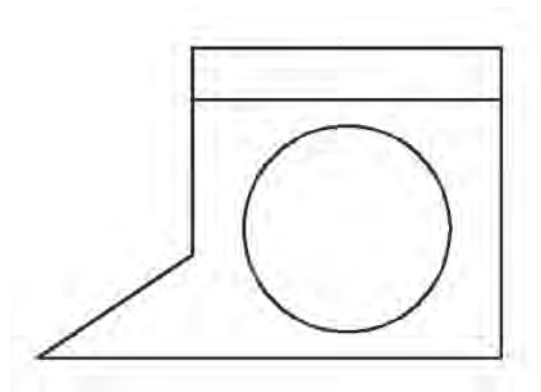


Figura 4.4: Vista Frontal da peça.

4.3.2 Arestas invisíveis

Chamam-se de arestas invisíveis as que não são vistas diretamente em uma determinada vista, pois há partes da peça que impedem esta visualização. Estas arestas devem ser representadas por linhas tracejadas grossa ou fina (Norma ABNT NBR 8403:1984 Aplicação de linhas em desenho) (ABNT, 1984). Pode-se utilizar linha grossa ou fina, porém, se for escolhida em um desenho a linha tracejada grossa, por exemplo, todas as linhas tracejadas no mesmo desenho devem ser grossas, valendo o mesmo raciocínio para a linha tracejada fina. A Figura(4.5) mostra as vistas lateral esquerda e superior, onde aparecem as extremidades laterais do "furo" cilíndrico, representadas como arestas invisíveis.

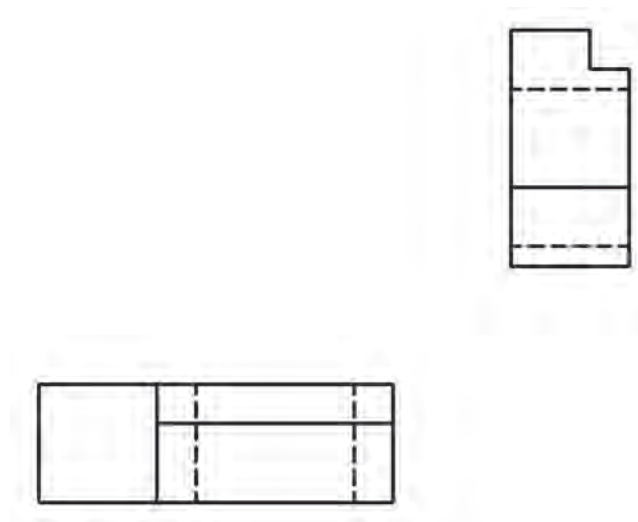


Figura 4.5: Vista Lateral esquerda e superior da peça.

Neste caso, como também no exemplo da vista principal, foram omitidas as linhas que caracterizam os "furos passantes" para um melhor entendimento deste item e uma melhor clareza do desenho.

4.3.3 Linhas de eixo

Essas linhas são utilizadas para indicar o sentido longitudinal dos furos e arcos e demarcar o centro das circunferências de círculos e arcos. O tipo de linha utilizado é a linha traço-ponto (Tabela 2.6 do capítulo 2), linha fina. A Figura (4.6) mostra as vistas ortogonais e os tipos de linhas necessárias para o completo entendimento da peça.

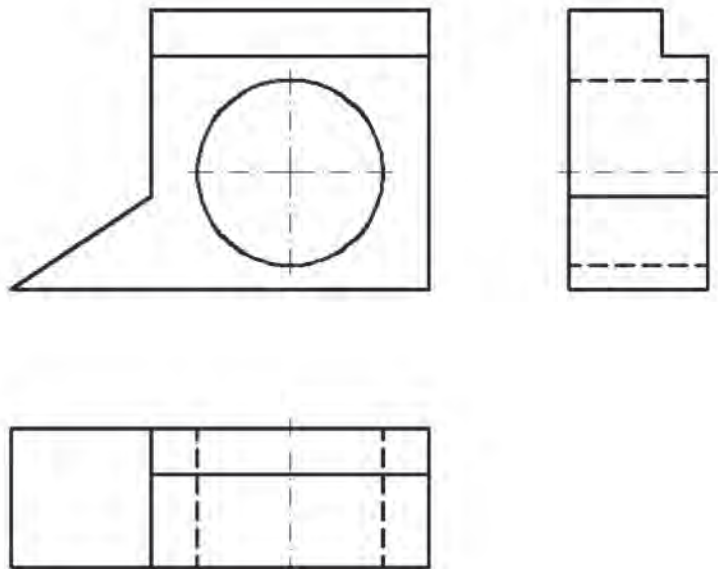


Figura 4.6: Vista frontal, lateral esquerda e superior da peça.

Na vista frontal, as linhas de eixo cruzam no centro da circunferência, cuja principal função neste caso é demarcar o centro da circunferência, e passam um pouco para fora de suas arestas, como podem ser notadas no detalhe da Figura (4.7).

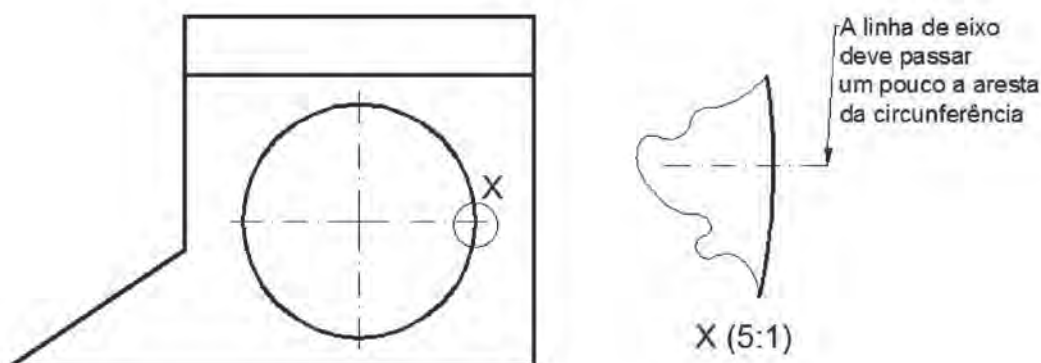


Figura 4.7: Detalhe da linha de eixo junto à aresta da circunferência.

Neste exemplo, na vista lateral esquerda e superior, a linha de eixo serve para mostrar o sentido do comprimento do furo. Esta linha se situa na direção longitudinal do furo à altura do centro da circunferência, devendo também, a exemplo da Figura (4.7), ultrapassar um pouco o comprimento do furo (Figura 4.8).

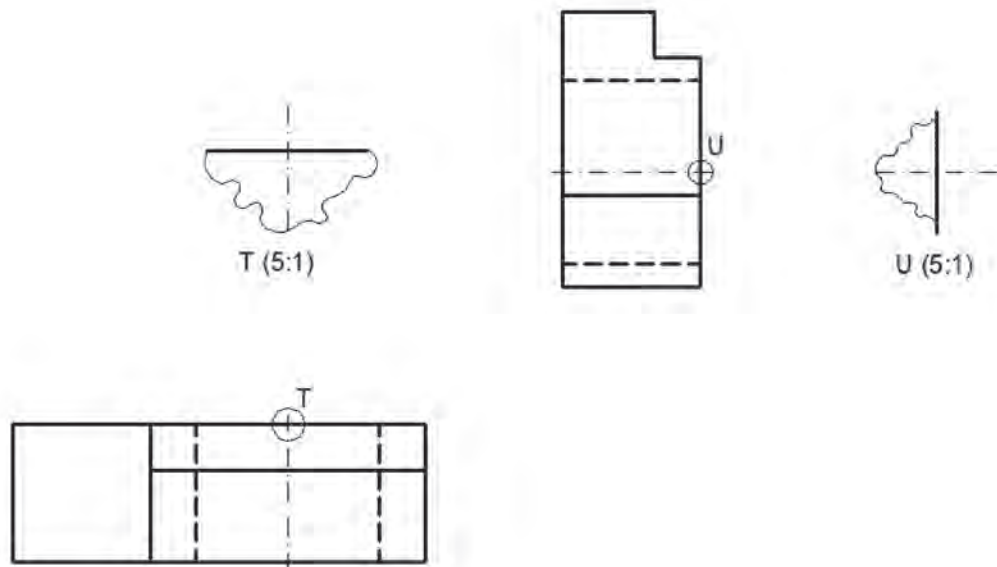


Figura 4.8: Detalhe da linha de eixo junto às extremidades do furo.

Um segmento de circunferência, cujo ângulo entre os segmentos inicial e final sejam menores ou iguais a 180° , recebe o nome de arco (Figura 4.9).



Figura 4.9: Figura com segmentos em arco.

Este segmento deve conter linhas de eixo para demarcar a origem do raio e o comprimento no sentido ortogonal ao arco, como mostra a Figura (4.10). É importante frisar (Figura 4.10) que no encontro das linhas de eixo para se determinar o centro do raio dos arcos, cada linha deve ultrapassar um pouco o centro do raio. Outra situação que pode ocorrer é quando uma peça possui um furo circular concêntrico a um segmento de arco, como pode ser visto nas Figuras (4.11). Neste caso, deve-se aproveitar a linha demarcação de centro da circunferência e estender esta linha até passar pelas bordas do segmento de arco. No exemplo mostrado, as linhas de comprimento do furo com o do segmento de arco são concêntricas e por isso aproveita-se a mesma linha, como pode ser vista na Figura 4.11(b) - vista superior.

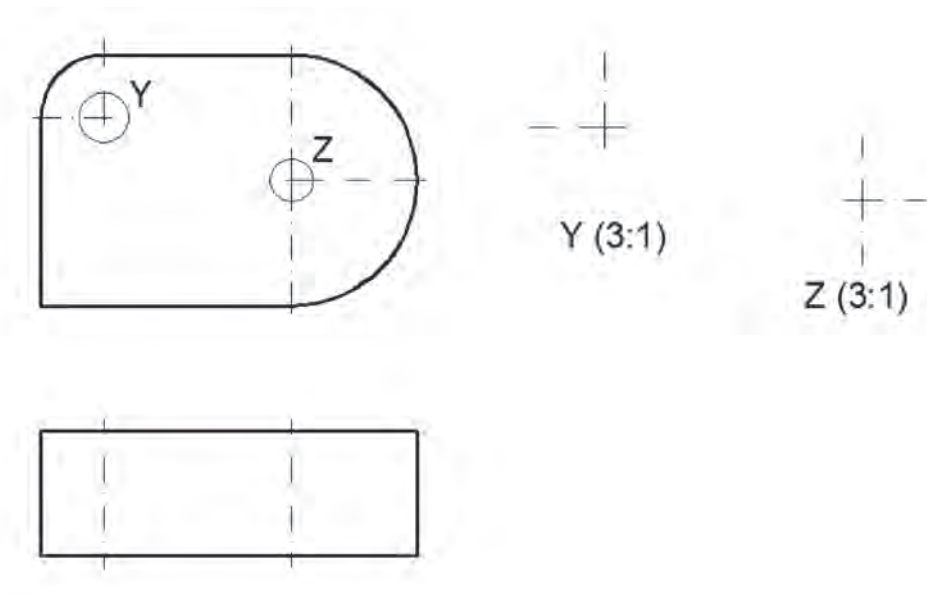
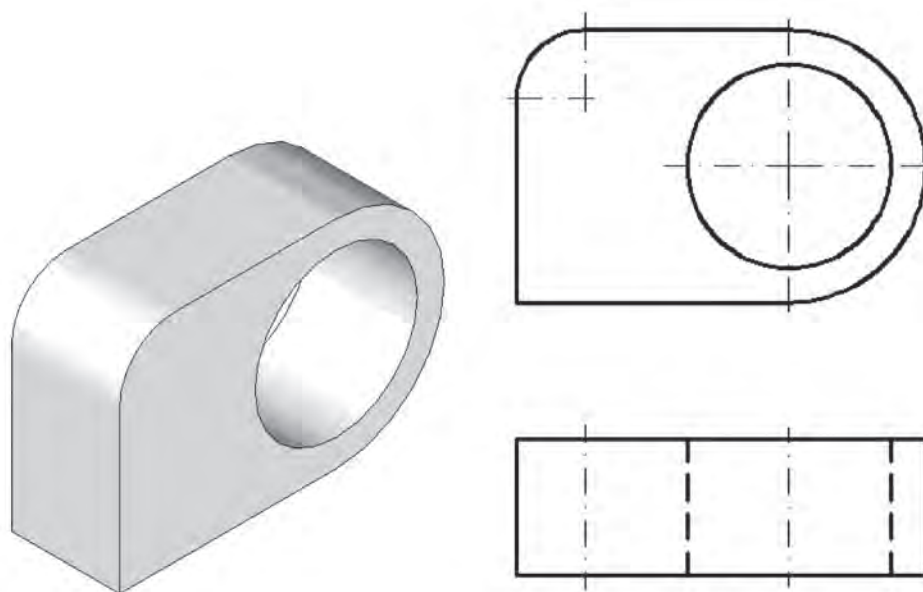


Figura 4.10: Vista frontal e superior com detalhes do encontro das linhas de eixo em segmentos de arcos.



(a) Perspectiva Isométrica

(b) Vista frontal e superior.

Figura 4.11: Peça com furo concêntrico a um segmento de arco.

Uma outra utilidade da linha traço-ponto é na determinação da simetria das peças. As peças podem ser simétricas em um plano (Figura 4.12) ou em mais de um plano.

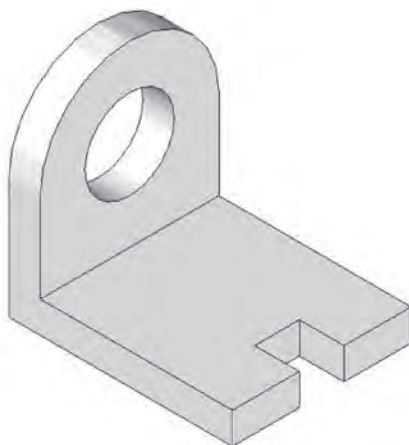


Figura 4.12: Peça contendo um eixo de simetria.

No caso do exemplo da Figura (4.12), a peça é simétrica em apenas um plano, portanto, alinha de eixo deve marcar esta simetria, como pode ser observada na Figura(4.13).

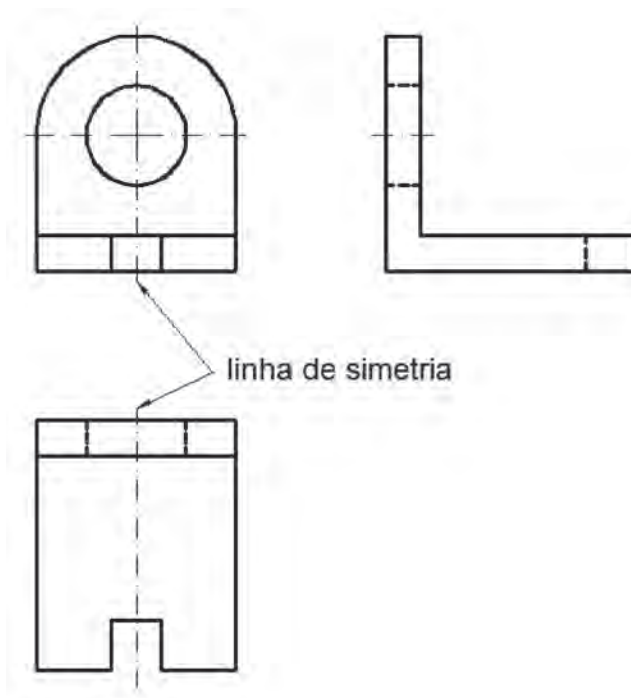


Figura 4.13: Vistas frontal, lateral esquerda e superior de peça com um plano de simetria.

A linha de simetria deve atravessar todo o centro da parte simétrica da peça, estendendo-se um pouco além da borda, como no caso das linhas de centro e de comprimento de furo. Na Figura (4.13), a linha de simetria, em certos pontos, coincide com as linhas de centro da circunferência e de arco, portanto, nesta direção utiliza-se apenas uma linha traço-ponto.

4.4 Vistas necessárias e suficientes

Segundo a NBR 10067:1995 (ABNT, 1995a), devem ser desenhadas apenas as vistas necessárias para se descrever por completo uma peça. Só se acrescentam vistas se estas descreverem algum detalhe que as outras vistas não mostram. Usualmente, são utilizadas apenas 3 vistas, sendo as mais comuns a Frontal, Lateral Esquerda e Superior. Mas existem casos, devido à simplicidade da peça e a planos de simetria que ela contém, em que são necessárias menos vistas que as três habituais (Figura 4.14).

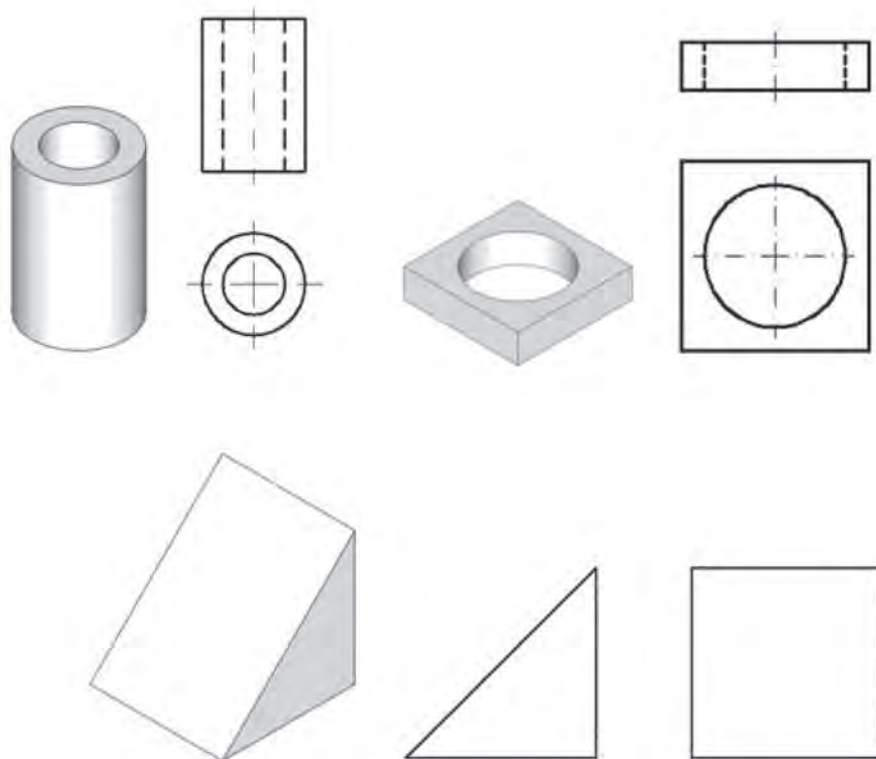


Figura 4.14: Vistas necessárias para descrever as peças.

4.5 Vistas auxiliares, simetria e interrupções

4.5.1 Vistas auxiliares

No sistema de projeção ortogonal, todas as arestas que estão na direção dos planos ortogonais aparecem nos desenhos com seu comprimento real. Por outro lado, se uma aresta não está alinhada com algum plano ortogonal, sua dimensão será distorcida no desenho. Para contornar este problema, pode-se fazer uma indicação neste detalhe da peça e fazer uma vista em um plano paralelo a esta parte da peça. A Figura (4.15) exemplifica o caso:

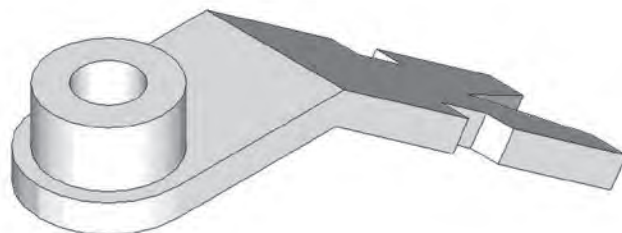


Figura 4.15: Peça com detalhes não paralelos aos planos ortogonais.

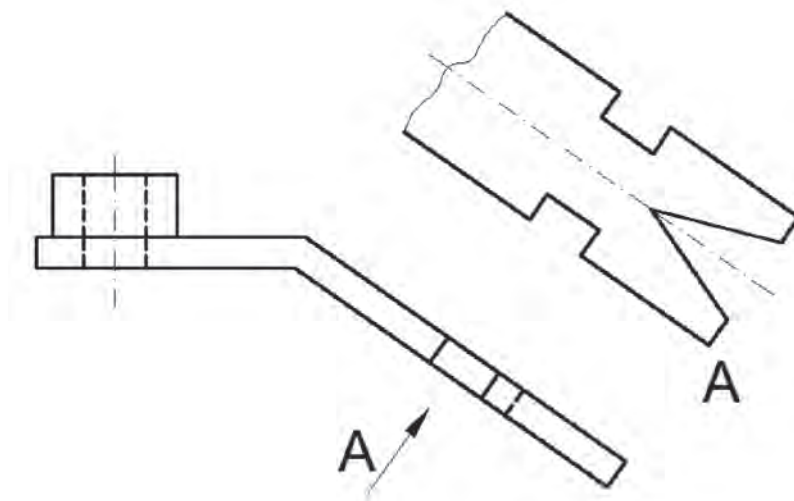
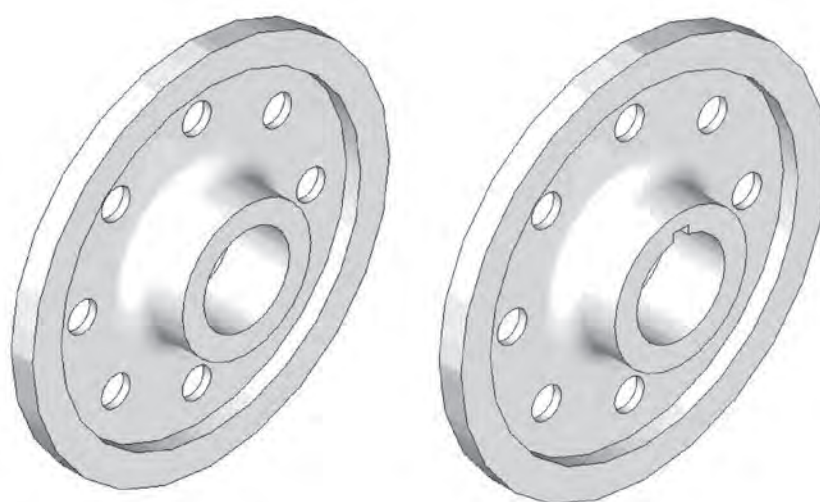


Figura 4.16: Vista principal e vista auxiliar do detalhe A.

A vista A mostrada na Figura (4.16) (indicada por uma seta) não está alinhada com nenhum plano ortogonal demonstrado no capítulo 3. Para se demonstrar as dimensões reais desta parte da peça, basta mostrá-la em uma vista que melhor a descreva e fazer uma projeção segundo o plano em que este detalhe está alinhado. Por outro lado, se o restante da peça for representado neste plano, ficará com suas dimensões no desenho alteradas. Para evitar este problema, basta fazer uma interrupção na parte da peça que não está alinhada com este novo plano. Esta interrupção da peça é feita com linha sinuosa fina ou com linha fina com alguns segmentos em ziguezague (ABNT/NBR 8403:1984) (ABNT, 1984). As outras partes da peça que estão alinhadas nas direções ortogonais são desenhadas nas vistas ortogonais correspondentes, não incluindo a parte não ortogonal que foi desenhada em um plano específico.

4.5.2 Peças com simetria e muitos detalhes

Há peças que contêm um ou mais planos de simetria e possuem vários detalhes em sua construção, como podem ser vistas nas Figuras (4.17).



(a) Dois planos de simetria

(b) Um plano de simetria

Figura 4.17: Peça com simetria e vários detalhes.

Ao se desenhar a peça toda, gasta-se muito tempo com detalhes que se repetem nos planos de simetria, podendo até ocasionar um erro em algum detalhe: que seja desenhado ou cotado com dimensões diferen-

tes, ou que sua posição seja alterada. Com o intuito de simplificar o desenho e torná-lo mais "limpo", pode-se apenas representar a "metade" ou parte da peça no plano que apresenta simetria (Figura 4.18).

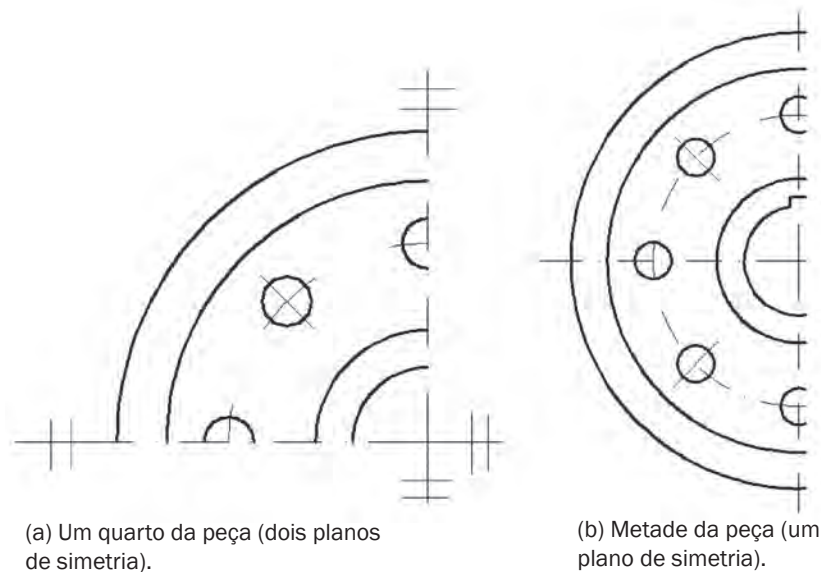


Figura 4.18: Representação de peças simétricas.

Pode-se representar a simetria por meio de dois pequenos traços finos contínuos, paralelos e ortogonais às linhas de simetria, descrito na Figura 4.18(a), mas neste caso o desenho da figura não pode ultrapassar as linhas de simetria. Outra opção é só utilizar as linhas de simetria e o desenho ultrapassar um pouco estas linhas, como ilustra a Figura 4.18(b).

4.5.3 Peças encurtadas

Algumas peças apresentam em uma direção um comprimento muito maior que o das outras direções, sendo que nesta direção possui uma geometria constante.

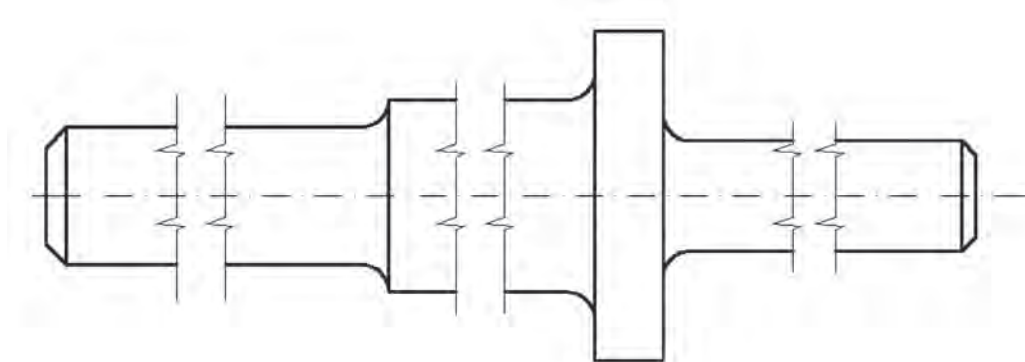


Figura 4.19: Peça encurtada.

Para evitar que o desenho fique com um comprimento demasiado grande, prejudicando a visualização de detalhes nas outras direções, faz-se uma interrupção na peça. Este tipo de técnica é utilizada frequentemente em eixos de transmissão. As linhas que simbolizam interrupções são as do tipo C e D descritas na Tabela 2.6 (Capítulo 2). Outro detalhe que merece ser comentado na Figura (4.19) é a construção da linha de eixo. Essa linha é do tipo traço ponto fina (tipo G, Tabela 2.6) e mostra que, neste caso, o eixo da peça tem a seção transversal circular. Essa linha deve ser traçada ao longo de todo o comprimento do eixo circular, mesmo que o desenho esteja interrompido, até passando um pouco de seus limites, sempre na direção axial do eixo.

4.5.4 Elementos repetitivos

No caso de peças que contêm vários elementos de uma mesma geometria, como furos por exemplo, pode-se apenas desenhar poucos elementos e no local dos outros apenas detalhar as linhas de centro, ou seja, as linhas que determinam a posição do centro desses furos onde sua geometria foi omitida (Figura 4.20). A ideia neste caso é a produtividade do desenho, pois estes detalhes seriam repetidos e bastaria somente indicar sua posição. Vale destacar também que o desenho se apresentaria com uma visualização mais "limpa".

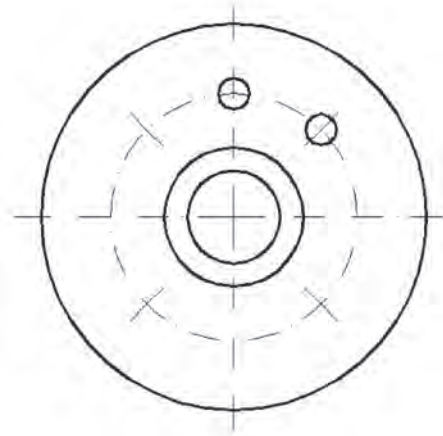


Figura 4.20: Desenho de peça com detalhes repetitivos.

4.5.5 Arestas fictícias

As arestas fictícias são utilizadas para demarcar uma mudança de plano no desenho quando esta variação não é abrupta. Acontecem em cantos arredondados de peças para se evitar "cantos vivos", ou na junção de peças (soldagem) e também ocorrem principalmente em peças circulares. Pela representação habitual do desenho de projeção ortogonal, somente as arestas de canto (com mudança brusca de direção) são representadas, o que pode causar certa confusão quanto à mudança de direção na forma suave, podendo a representação desta mudança não ser assimilada e o objeto nesta região ser interpretado em apenas um plano. Para representar esta mudança de plano, utiliza-se uma linha contínua fina, que não chega a tocar as extremidades da ligação entre os planos (2.6, Capítulo 2). A Figura (4.21) mostra a utilização destas linhas.

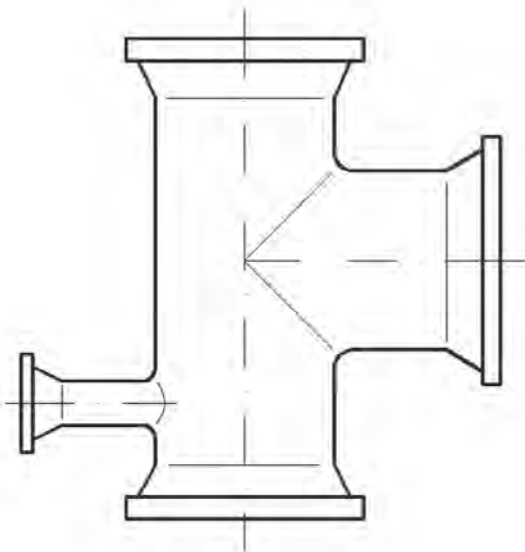


Figura 4.21: Peça com arestas fictícias.

4.5.6 Ampliação de detalhes

Em algumas peças, existem detalhes muito pequenos em relação às outras arestas da peça que não são bem representados nas vistas ortogonais. É necessário então demarcá-los (chamar a atenção para estes detalhes) e representá-los de forma a se ter uma ideia exata de sua geometria, ampliando-se este detalhe. Pode-se então demarcá-los com um círculo de linha contínua fina, escrevendo ao lado uma denominação para este detalhe (geralmente se utiliza uma letra). Em outro local, escreve-se o nome deste detalhe, juntamente com a escala de ampliação escolhida, e sobre esta denominação, o desenho ampliado. No detalhe ampliado, traça-se uma linha sinuosa fina que simboliza a interrupção desta parte do desenho (Figura 4.22).

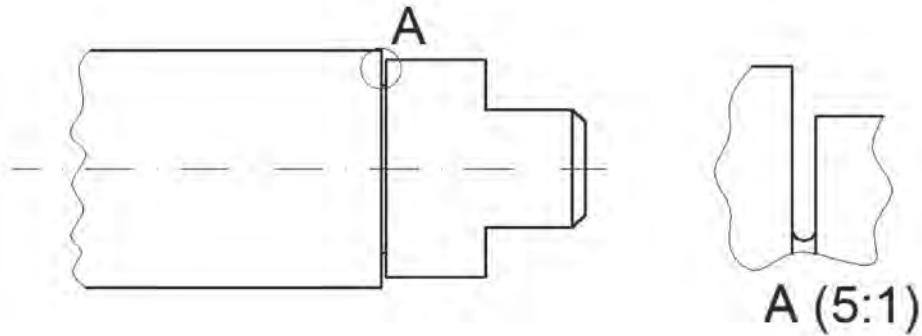
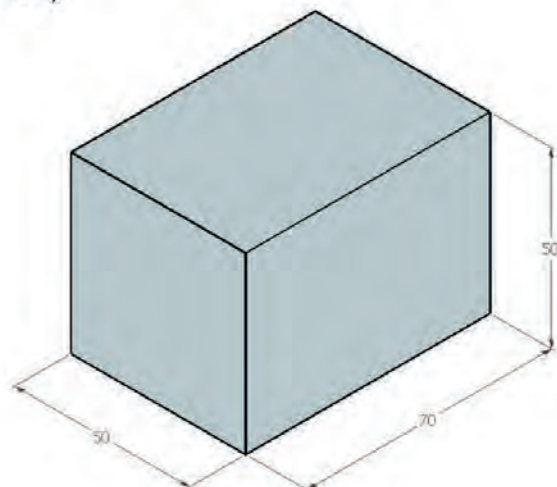


Figura 4.22: Vista de um detalhe ampliado de uma peça.

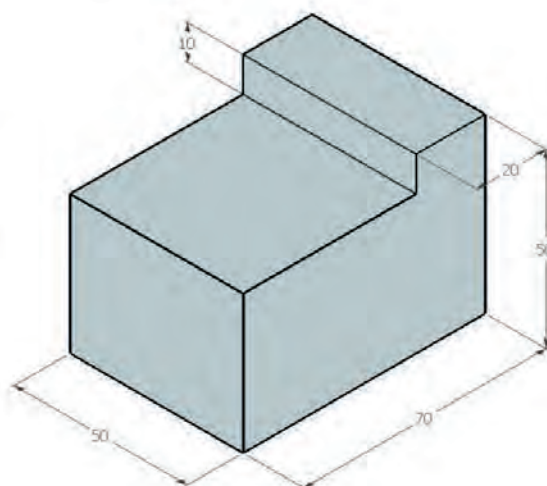
4.6 Exercícios

Faça as vistas principais e auxiliares, quando for o caso.

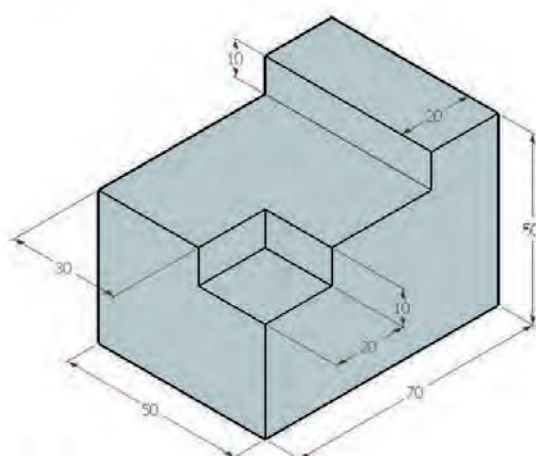
4.1)



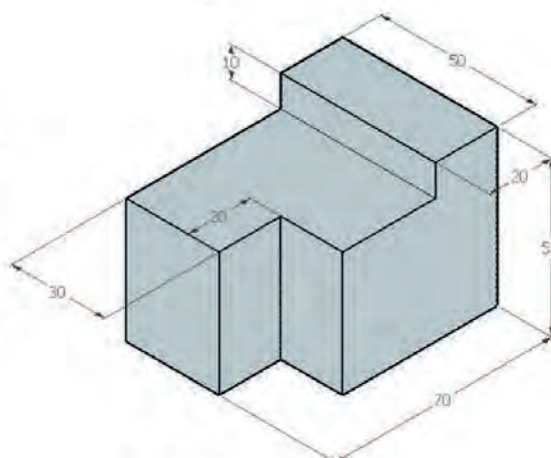
4.2)



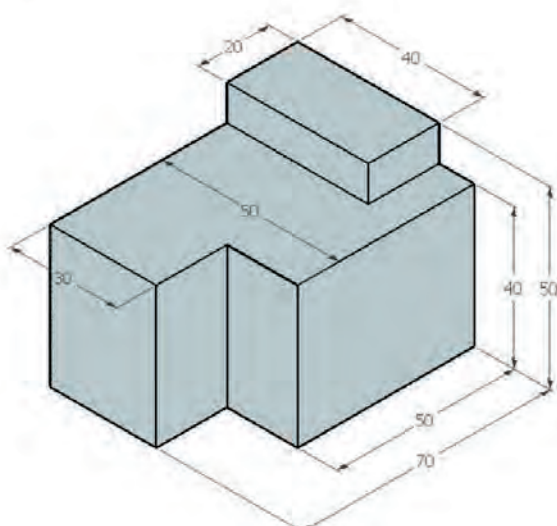
4.3)



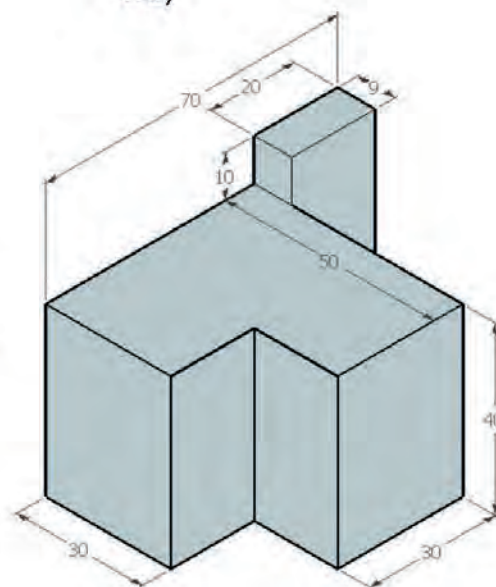
4.4)



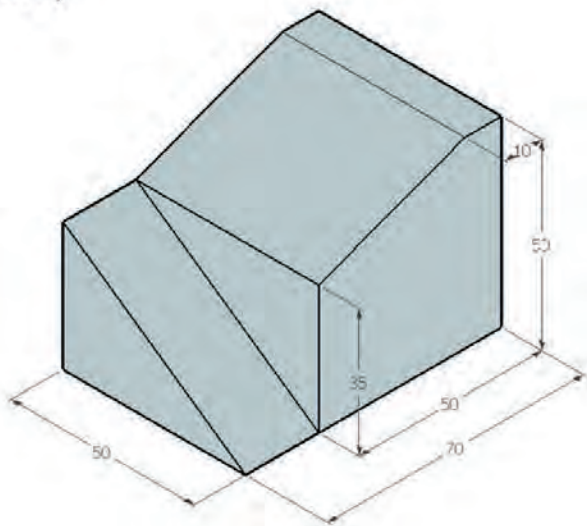
4.5)



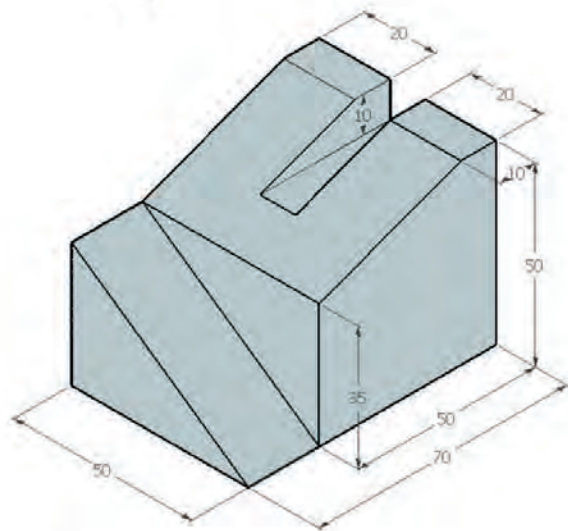
4.6)



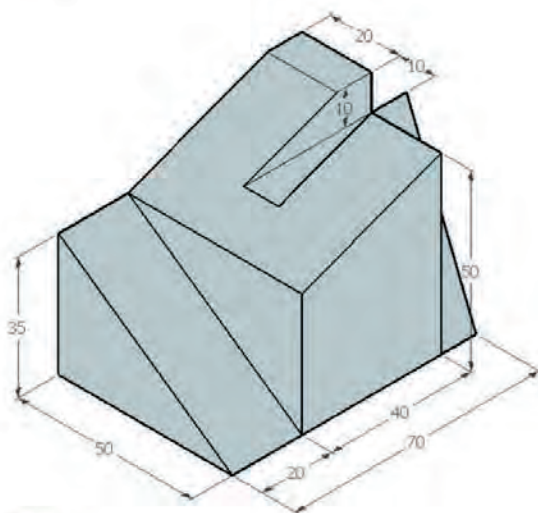
4.7)



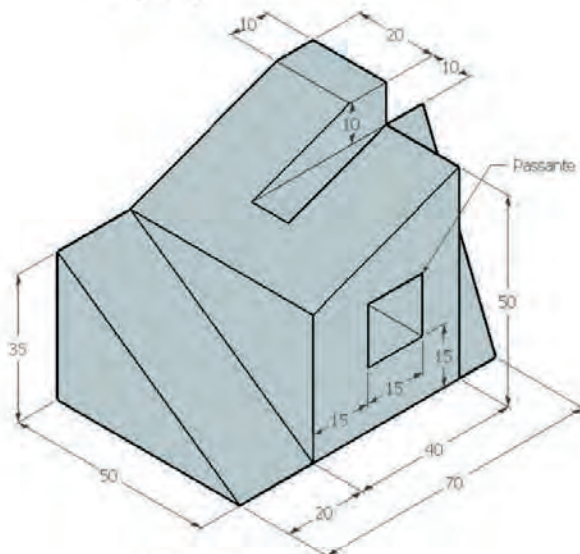
4.8)



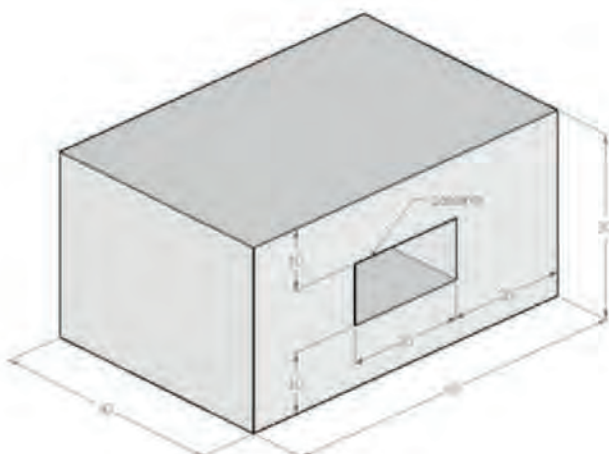
4.9)



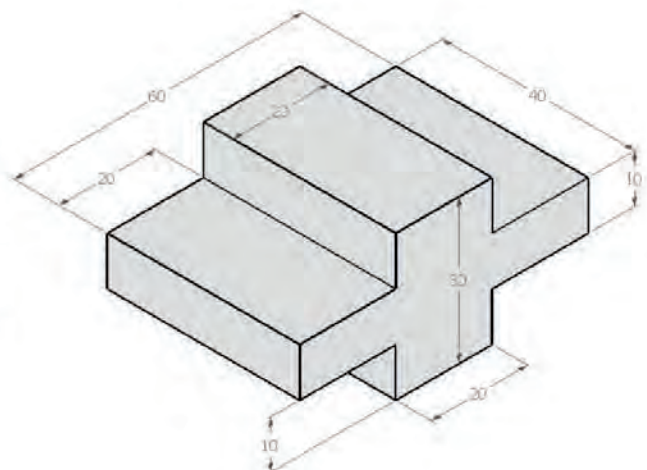
4.10)



4.11)



4.12)



CAPÍTULO 5

Cotagem

5.1 Introdução

Nos desenhos dos projetos de Engenharia, é de suma importância que as peças sejam representadas em suas reais dimensões, ou então, para ser apresentada adequadamente, que os desenhos sejam aumentados ou reduzidos por um fator de escala. Este procedimento facilita no caso de dúvidas sobre alguma dimensão, pois pode-se com um aparelho apropriado (régua ou escalímetro) medir esta dimensão no projeto. Porém, para se evitar este procedimento que pode se tornar bastante oneroso, escreve-se a dimensão de uma determinada parte da peça, indicando que esta dimensão se refere àquela parte. Dá-se o nome deste procedimento de cotagem. A norma brasileira que trata do assunto é a ABNT/NBR 10126:1987 - Cotagem em desenho técnico (ABNT, 1987b), que padroniza a cotagem dos diversos tipos de geometria de arestas, produzindo informações de fácil interpretação e que sejam precisas na indicação do local a que se refere. Neste capítulo serão descritas as principais regras de cotagem e suas aplicações.

5.2 Elementos de cotagem

Os elementos principais na cotagem de uma aresta estão ilustrados na Figura (5.1):

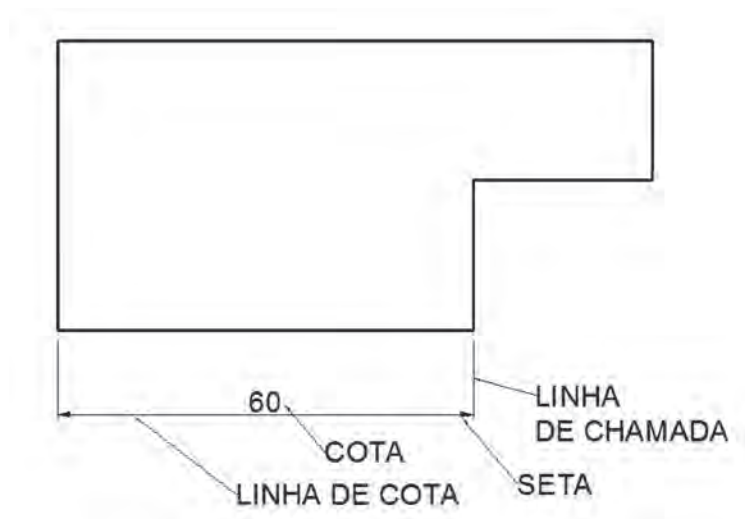


Figura 5.1: Elementos de cotagem.

A cota é a representação numérica da dimensão de uma aresta, ângulo, diâmetro ou raio de uma peça. Tem por finalidade a descrição da dimensão exata (real) à que se refere da peça, mesmo que a escala do desenho não seja a escala natural. A fim de se evitar que a cota gere mais congestionamento no desenho da peça, deve estar deslocada do objeto a que se refere, utilizando-se, para este fim, da linha de cota, deslocada por linhas de chamada, que não tocam o objeto referido pela cota. A linha de cota representa graficamente a dimensão da peça descrita. Esta linha deve ser contínua fina (Tabela 2.6) e deve ficar deslocada da dimensão descrita, a cota. Deve ter o comprimento da parte do objeto a ser medido e pode ser interrompida (caso de dimensões muito grandes em que o desenho seja também interrompido) ou não.

As linhas de chamada ligam à linha de cota a parte da peça que está sendo descrita. Esta linha deve ser uma linha contínua fina (Tabela 2.6) , não deve tocar na peça, com o intuito de não ser confundida com uma extensão de alguma aresta colinear, e deve passar um pouco da linha de cota, com a finalidade de evitar a formação de uma figura fechada com a linha de cota. A utilização de linha fina nas linhas de cota e de chamada serve para diferenciar com a espessura das linhas das arestas, a fim de não serem confundidas com estas. As setas delimitam o comprimento da linha de cota (Figura 5.2). Em desenhos de peças mecânicas são utilizadas principalmente as setas, enquanto em desenhos arquitetônicos são utilizados traços inclinados (45°) ou pontos, mas há ainda vários outros tipos de delimitadores, como setas abertas, setas finas etc., mas neste capítulo serão vistos apenas os tipos de setas fechadas e o ponto. Todos os parâmetros de cotação estão presentes em comandos dos softwares com plataforma CAD, podendo-se configurar as espessuras de linhas de cota e de chamada, os delimitadores, as cotas e o espaçamento entre as linhas de chamada e a aresta e muito mais.

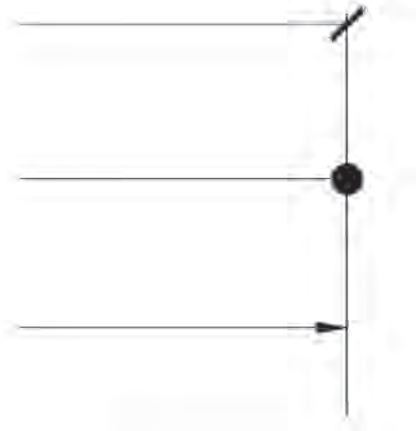
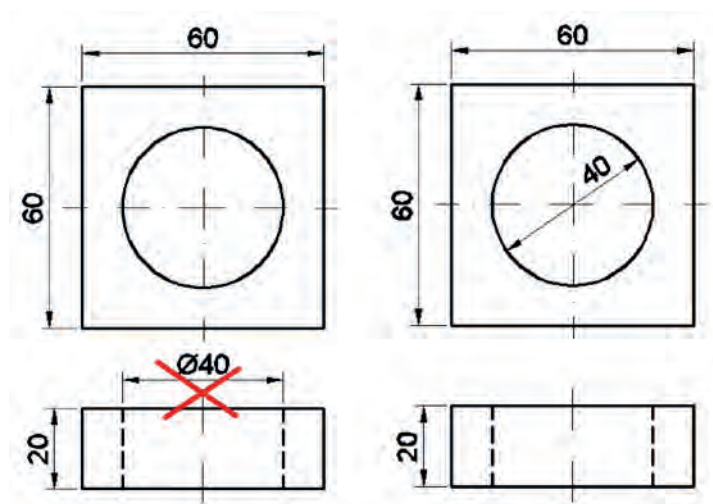


Figura 5.2: Principais tipos de delimitadores da linha de cota.

5.3 Regras básicas de cotação

Como em toda normatização de desenho técnico, há certas regras básicas de cotação para que o desenho se apresente limpo e não haja conflito nas informações. Algumas regras devem ser seguidas à risca enquanto que em outras há apenas uma recomendação de sua utilização. A seguir serão observadas as regras mais importantes e básicas de cotação no desenho técnico.

- Regra Geral: Só podem ser cotadas arestas visíveis (Figura 5.3).



(a) Cotação de aresta invisível.

(b) Cotação de aresta visível.

Figura 5.3: Cotação de arestas visíveis.

Em qualquer vista ortogonal, só podem ser cotadas as arestas visíveis. Na Figura 5.3(a) o diâmetro do objeto está cotado de maneira incorreta, pois estão cotadas as linhas invisíveis (tracejadas) que aparecem na vista superior. A maneira correta de cotar este elemento é descrita na Figura 5.3(b), pois na vista frontal o círculo aparece visível. Deve-se sempre procurar uma vista em que o elemento apareça visível para ser cotado. Se não for possível, deve-se lançar mão das técnicas de corte e seção (Capítulo 6).

5.3.1 Cotagem de elementos lineares

- As linhas de cota não podem se sobrepor à aresta que está descrevendo (Figura 5.4).



Figura 5.4: Posição da linha de cota.

As arestas não podem nunca servirem como linhas de cota. A recomendação é que se “puxe” uma linha de cota para o exterior da peça, com a utilização das linhas de chamada, deixando a peça livre de cotas. Algumas vezes, por falta de espaço ou para propiciar uma maior visibilidade no desenho, opta-se por colocar a linha de cota “dentro” da peça. Nestes casos, como mostra a Figura (5.4), as próprias arestas da peça devem servir de linha de chamada, pois a prioridade de linhas é da linha grossa em detrimento da linha fina, quando estas duas linhas estejam em um mesmo espaço físico (Item 2.6.1).

- Deve-se evitar sempre que possível o cruzamento de linhas (Figura 5.5).

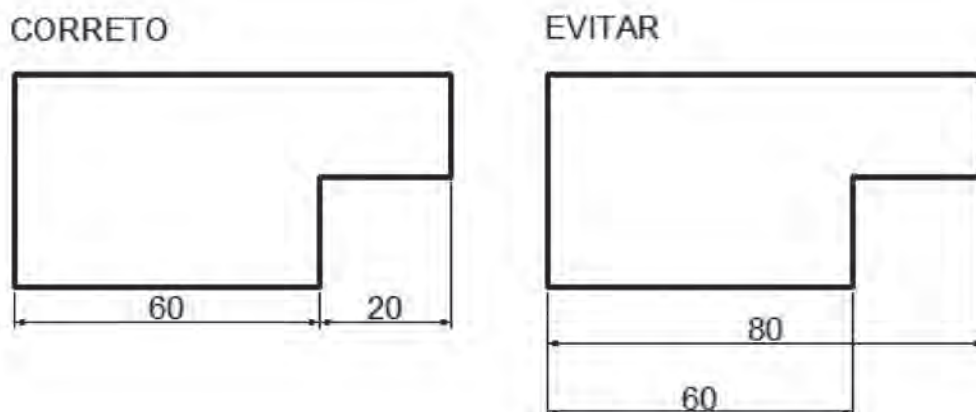


Figura 5.5: Cruzamento de linhas.

O cruzamento de linhas de cota e/ou de linhas de chamada deve ser evitado ao máximo sob pena de se produzir um desenho confuso, em que não se tem certeza do local que termina uma certa cota; e também de se produzir alguns elementos fechados que podem ser confundidos com elementos do desenho, mesmo que

as linhas de cotação sejam finas. Algumas vezes, por ter a vista muitas cotas, é impossível que não haja algum cruzamento de linhas utilizadas na cotação, mas este cruzamento de linhas deve ser evitado ao máximo. Se as linhas se cruzarem em um desenho, nenhuma das linhas deve ser interrompida na região de cruzamento.

- Orientação das cotas: A orientação de cotas diz respeito ao seu posicionamento no desenho.

As cotas devem ser orientadas no sentido tradicional da escrita, ou seja, da esquerda para a direita e de “cabeça para cima”, para que não haja necessidade de “virar” o desenho para poder ler as cotas. Porém, dependendo da posição da aresta, torna-se complicado atender a este requisito. Para contornar este problema, a norma NBR 10126:1987 (ABNT,1987b) apresenta dois métodos que regem a orientação das cotas: um dos métodos, chamado de Método 1, que é muito utilizado no Brasil, diz que as cotas devem ser orientadas acompanhando a linha de chamada de acordo com o esquema mostrado na Figura (5.6).

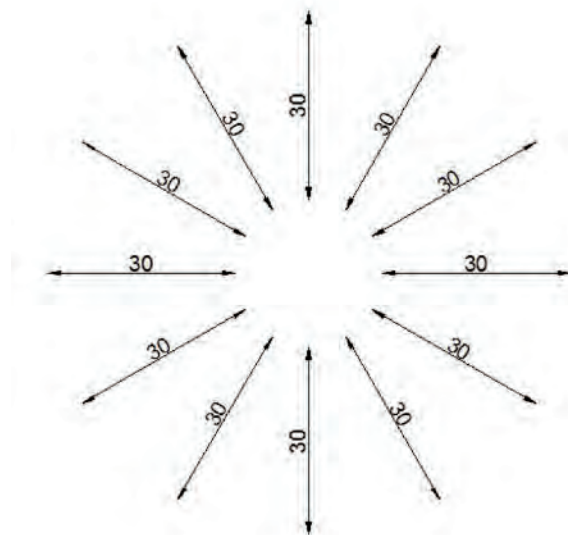


Figura 5.6: Orientação das cotas - Método 1 (NBR 10126:1987) (ABNT, 1987b).

Neste esquema, as cotas são orientadas segundo a direção das linhas de cota e estão sempre acima desta linha. No outro método, as cotas estão sempre na horizontal e no centro das linhas de cota, sendo estas interrompidas no local da cota (Figura 5.7). É chamado de Método 2.

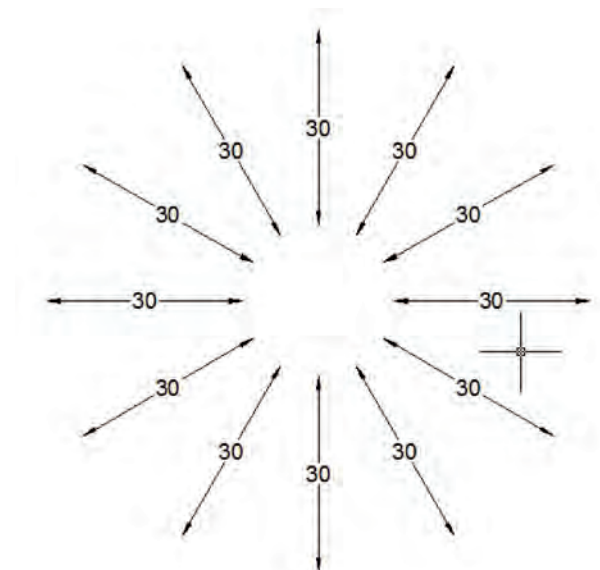


Figura 5.7: Orientação das cotas - Método 2 (NBR 10126:1987) (ABNT, 1987b).

Este método é mais utilizado em países como os Estados Unidos. Visualmente, a orientação das cotas do método 2 é mais agradável que a do método 1, pois neste caso, as cotas estarão sempre na horizontal.

Obs.: Pode-se utilizar qualquer um dos métodos descritos acima, porém, em um desenho só se pode utilizar um dos métodos.

- A linha de cota deve ser paralela à aresta que está dimensionando (Figura 5.8).

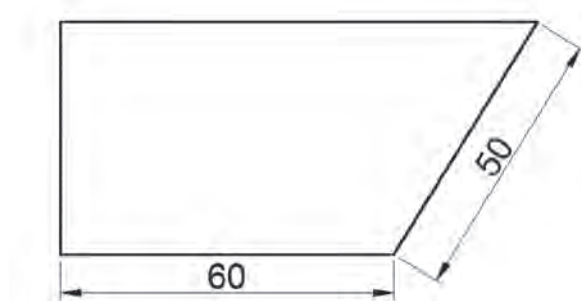


Figura 5.8: Linha de cota paralela às arestas.

Para que a linha de cota tenha o mesmo comprimento de uma aresta linear e indique a direção desta aresta, deve estar afastada e ser paralela a esta aresta. O que muda neste caso é a posição da cota segundo o método em que se está trabalhando. Ao se utilizar o método 1 (Figura 5.6), a orientação da cota deve acompanhar a orientação da linha de cota, o que ajuda a visualizar a inclinação da aresta. Lembrando que a cota nunca deve ficar de cabeça para baixo e, para tal, deve-se seguir as orientações da Figura (5.6). Utilizando-se do método 2, a posição da cota deve ser sempre na horizontal e deve haver uma interrupção da linha de cota onde a cota estiver localizada. Novamente vale a ressalva: - em um mesmo desenho, só podem ser utilizadas cotas do método 1 ou do método 2.

- Uma vez um elemento cotado em uma vista não se pode cotá-lo em uma outra vista (Figura 5.9).

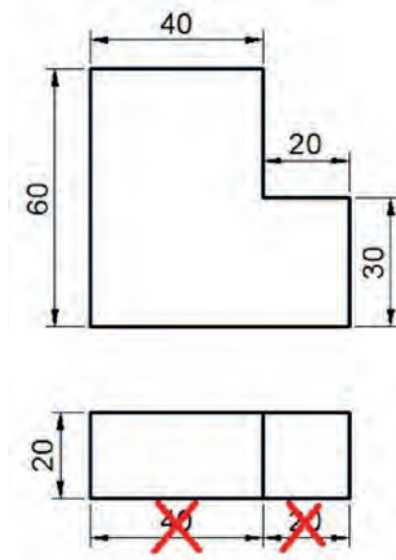


Figura 5.9: Repetição de cotas.

Estes procedimentos servem para evitar confusão na interpretação do desenho. Pode acontecer de um elemento ser cotado em diferentes vistas e uma das cotas ser marcada com um valor diferente do valor real. Se a pessoa que estiver interpretando o desenho não souber qual a dimensão está correta, poderá haver uma falha na produção desta peça. Este procedimento evita ambiguidade de valores, pois um determinado elemento

da peça só pode ser representado por cota uma única vez no desenho. Para um elemento que não seja cotado, pode-se efetuar operações aritméticas simples com cotas adjacentes para encontrar a sua dimensão. Não é permitido nem mesmo a repetição de uma cota, que embora diferente de uma vista para outra, diz respeito ao mesmo elemento da peça (Figura 5.10).

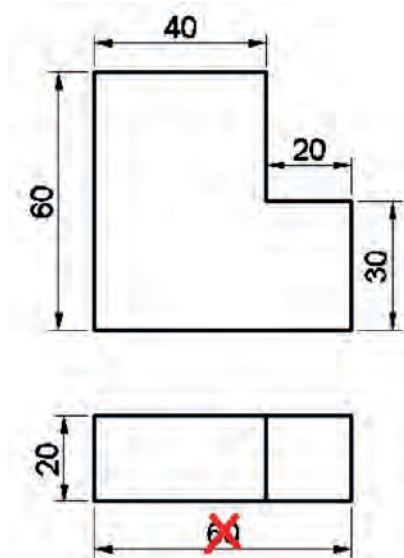


Figura 5.10: Repetição de cotas diferentes de um mesmo elemento.

Neste caso (Figura 5.10), a cota horizontal de valor 60 na vista superior é dispensável, pois já se tem as cotas horizontais de valor 40 e 20 na vista frontal, que se somadas dão a mesma cota horizontal na vista superior. Outra alternativa é a de manter esta cota horizontal de 60 na vista superior e retirar ou a cota horizontal de 20, ou a de 40 na vista frontal. Para encontrar a cota faltante na vista frontal, basta subtrair da cota horizontal de 60 na vista superior do valor da cota horizontal que ficou descrita na vista frontal.

- Nenhum tipo de linha pode cruzar com a cota (Figura 5.11).

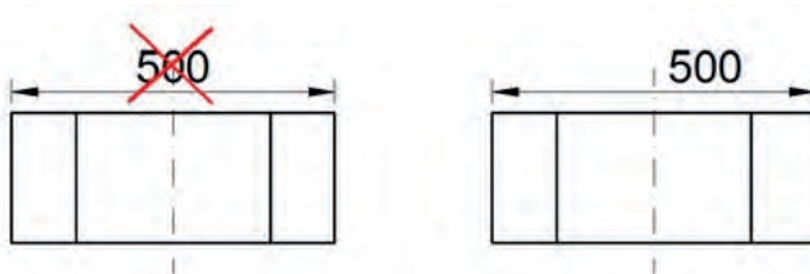


Figura 5.11: Cruzamento de linhas com a cota.

O intuito desta recomendação é evitar que haja confusão da leitura da cota com alguma linha como, por exemplo, uma cota com valor numérico “3” pode, com a intersecção de uma linha vertical, ter seu valor entendido como “8”, e assim pode acontecer também com outros valores. Neste caso esta recomendação deve ser seguida à risca, o valor da cota deve estar sempre em uma posição clara e sem sobreposição de linhas. Para evitar este problema basta somente deslocar a cota de sua posição central para o lado (Figura 5.11). Este problema ocorre bastante no caso de cotagem de diâmetros, pois a cota pode cruzar com as linhas de centro.

- Mesmo que o elemento seja interrompido, a linha de cota não deve ser interrompida e a cota deve descrever o comprimento total da peça (Figura 5.12).

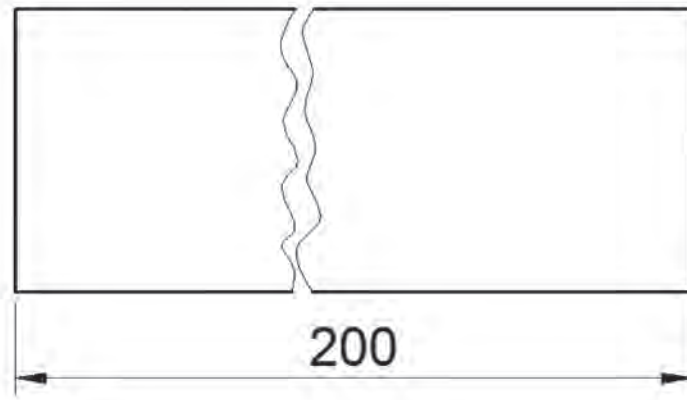


Figura 5.12: Cotagem de peças interrompidas.

Nesse caso, como o desenho é muito grande e sua geometria não muda neste comprimento, interrompe-se o desenho. A linha de cota deve ir até a extremidade do desenho interrompido e sem sofrer cortes (Figura 5.12). A cota deve representar o comprimento total da peça, e o elemento deve ser interrompido com as linhas de interrupção descritas no item 2.6 do Capítulo 2.

5.3.2 Cotagem de elementos curvos

Os elementos curvos a serem cotados aqui são os círculos, comprimentos de arco e esferas. Há outras formas de segmentos curvos, tais como elementos na forma elíptica ou parabólica, mas, por simplificação, não serão descritas neste texto.

Cotagem de círculos.

Os elementos circulares aparecem com frequência em desenhos técnicos, pois propiciam uma aresta sem cantos “vivos”, o que traz um certo conforto e segurança no manuseio destas peças pelo homem. Outro motivo é que apresentam uma excelente geometria para os elementos de ligação, como pinos, rebites, pregos e parafusos. Os dutos e vasos de pressão apresentam esta geometria, pois propiciam uma distribuição homogênea da pressão dos fluidos nas paredes da tubulação. Os elementos circulares em uma peça devem ser cotados em relação ao seu diâmetro. A convenção de cotagem deste elemento no modo como aparecem nas vistas está descrito na Figura (5.13):

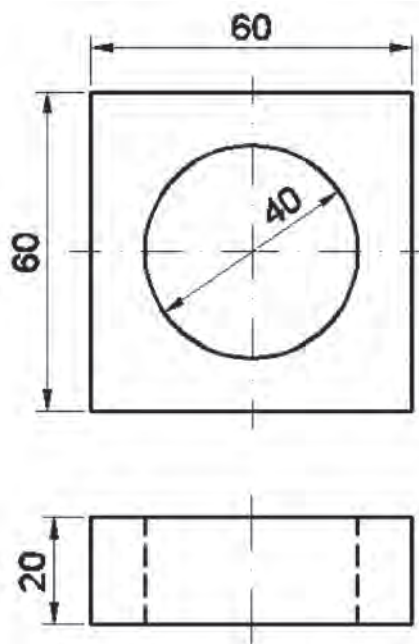


Figura 5.13: Cotagem direta de circunferência.

Neste tipo de cotação, a linha de cota deve tocar os extremos da circunferência, passando pelo centro desta. Deve-se tomar o cuidado para que a cota não toque as linhas de centro. Quando a vista mostra a forma da circunferência (o desenho de um círculo), pode-se mostrar apenas a medida do diâmetro do círculo (valor numérico), não havendo necessidade de se utilizar símbolo, pois o próprio desenho já informa que se trata de uma circunferência (Figura 5.13), deixando assim o desenho mais “limpo”. Por outro lado, quando não há uma noção clara de que se trata de uma geometria circular, como no caso de uma vista de um furo em que haja só a representação do comprimento e não da seção transversal circular, por exemplo, deve-se fazer uso de convenção (Figura 5.14).

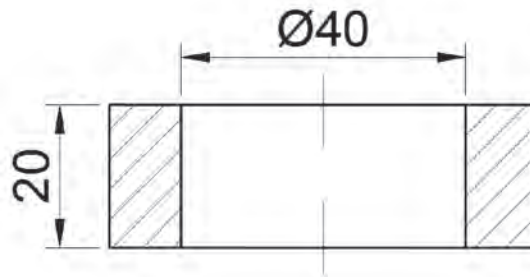


Figura 5.14: Cotação de circunferências - Convenção.

A convenção utilizada na cota para referir-se ao diâmetro de uma circunferência é a letra grega Φ . Em caso de peças simétricas, estas podem ser representadas apenas por um seccionamento na direção de simetria, cotando-se apenas esta parte, sendo que a linha de cota se iniciará na posição da linha de simetria, não havendo seta neste local, e irá até outra extremidade do círculo. A cota ficará no centro da circunferência. (Figura 5.15).

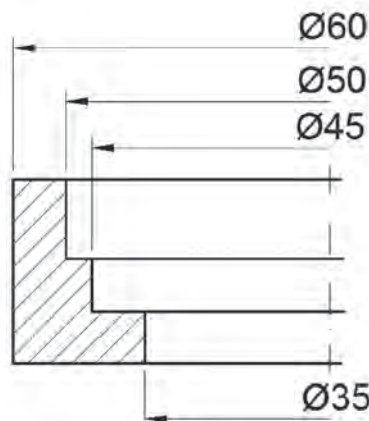


Figura 5.15: Cotação em meia peça.

Obs.: Sempre que possível, deve-se preferir a representação de elementos com geometria circular como descrito na (Figura 5.13), isto é, a cotação na vista que mostra a geometria circular do elemento.

Cotação de arcos de circunferência

A cotação de arcos de circunferência se dá pela cotação de seu raio, quando o ângulo entre a origem (ponto inicial) e o ponto final do arco for inferior ou igual a 180° , caso contrário deve ser cotado como diâmetro. A cota deve partir da origem do raio e tocar o arco. Deve-se ter apenas uma seta sendo que esta tocará o arco. Se estiver demarcada no desenho a origem do raio (linhas de centro), pode-se colocar apenas a cota, porém, se o centro não está definido, deve-se colocar o prefixo R (raio) na cota (Figura 5.16).

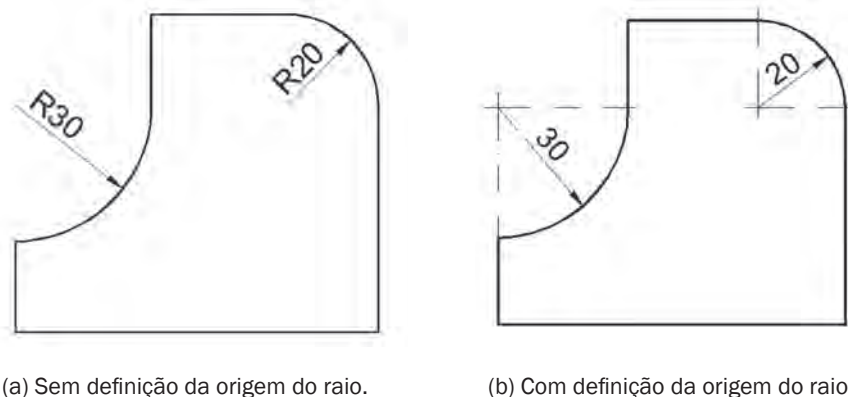


Figura 5.16: Cotação de arco.

Em arcos muito fechados, não havendo espaço para colocar a cota, pode-se cotar externamente ao arco, mas estendendo a linha de cota até o centro do raio (Figura 5.17). Não havendo a demarcação do centro do arco por linhas de centro, deve-se então colocar o prefixo R (raio) na cota das Figuras 5.17 e 5.16(b).

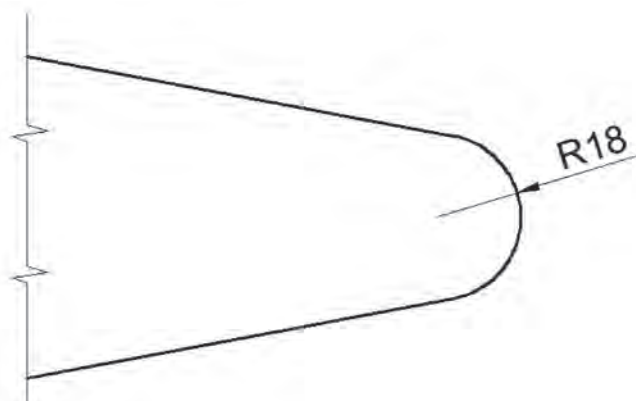


Figura 5.17: Cotação pelo lado externo do arco.

Cotação de arco interrompida

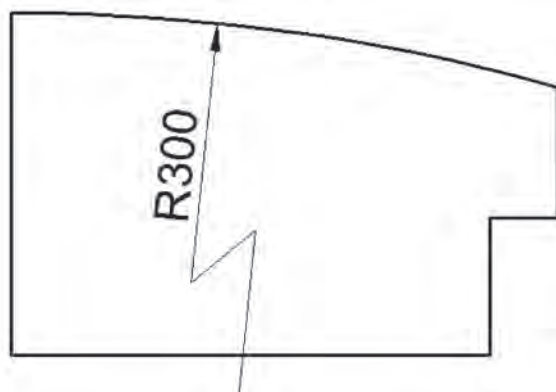


Figura 5.18: Cota interrompida de arco.

Em algumas situações, há alguns elementos de arco em que o centro do raio está a uma grande distância do comprimento de arco, pois neste caso o comprimento de arco é muito suave em uma determinada região. Nessa situação, é impossível que a linha de cota tenha origem no centro e toque o arco, pois necessitaria de uma escala muito pequena para mostrar toda esta cota, fazendo com que o desenho total da peça se torne muito pequeno, prejudicando sua interpretação. Neste caso, deve-se fazer uma interrupção da cota do raio, como mostra a Figura(5.18). A interrupção serve para mostrar que o centro está a uma distância

considerável deste segmento de arco. Seguindo a direção da linha de cota que toca o segmento de arco e utilizando o valor da cota, pode-se chegar ao centro do raio. A simbologia de interrupção é uma linha fina em ziguezague (item 2.6).

Definição da cotagem do raio por uma cota de elementos lineares

Se o raio for definido por uma outra cota, deve-se utilizar a linha de cota de raio no centro do arco, devendo-se permanecer na cota apenas a letra R (Figura 5.19). Esta disposição de cotagem é muito interessante quando há uma região estreita que termina com um arco. A medida da largura desta região pode indiretamente indicar o valor do raio, o que evita que se cote o raio e se crie um congestionamento de linhas e cotas nesta região. As linhas de centro indicam os locais que começam e terminam o arco.

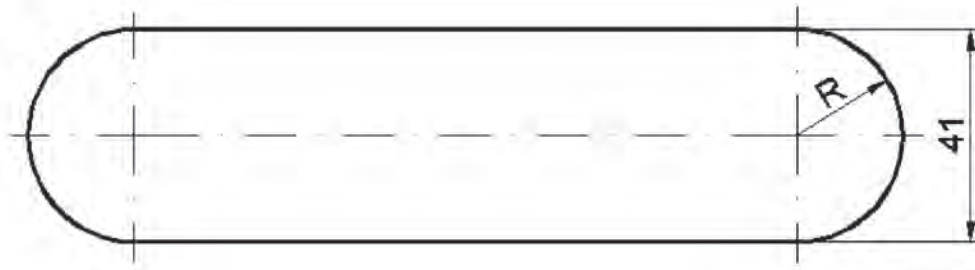


Figura 5.19: Cotagem de raio por outro elemento.

Cotagem de esferas

Geometricamente, as esferas podem ser definidas como um sólido formado por uma superfície curva contínua, cujos pontos estão equidistantes a um ponto central no interior, denominado de centro, ou seja, é uma superfície fechada em que todos os pontos da superfície se ligam ao centro com a mesma distância (Figura 5.20).

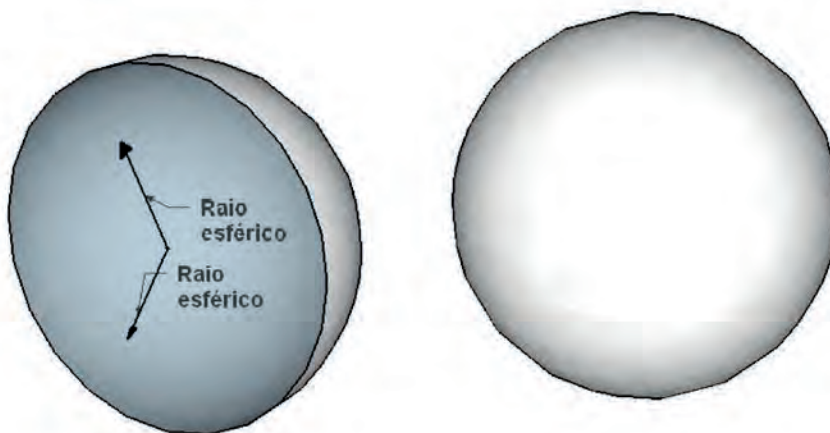


Figura 5.20: Esfera e raio esférico.

Um sólido esférico pode ser maciço ou pode haver um espaço vazio que se inicia no centro e se propaga em todas as direções. Se esse espaço vazio for muito grande e a superfície possuir uma espessura muito pequena, dá-se o nome de casca para esta superfície. Assim como o círculo, um sólido esférico possui a vantagem de não apresentar cantos, tornando seu manuseio agradável. As cascas são muito utilizadas como vaso de pressão, para o confinamento de gases, pois a pressão exercida nas paredes da casca será uniforme. São muito utilizadas também em vários tipos de coberturas de obras civis, devido a uma boa rigidez que esta geometria propicia e também por produzir um agradável efeito estético, podendo cobrir vãos consideráveis.

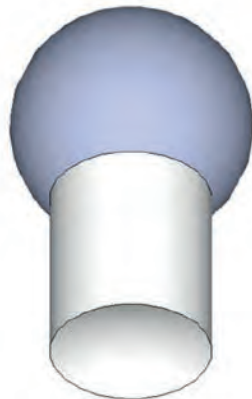


Figura 5.21: Peça com elemento em formato de esfera.

Em desenhos de projeção ortogonal, as esferas aparecem como circunferências em todos os planos possíveis de projeção. Para diferenciá-las, utiliza-se na cota o prefixo Φ ESF (Figura 5.22), referindo-se ao diâmetro da esfera e R ESF referindo-se ao seu raio.

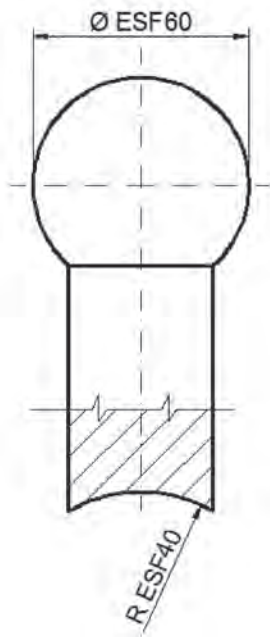


Figura 5.22: Vista de peça composta com elementos esféricos.

Vale também para as esferas a recomendação da nomenclatura da cotação de elementos curvos. Se o ângulo do comprimento de arco esférico for menor ou igual a 180° (Figura 5.22), deve-se utilizar o prefixo de raio esférico R ESF na cota. Se for maior que 180° , o prefixo será de diâmetro esférico, Φ ESF.

5.3.3 Cotação de ângulos.

Em alguns casos, a cotação do ângulo formado entre duas arestas torna-se interessante na visualização de certos detalhes da peça. As cotas angulares devem estar orientadas como mostram a Figura (5.23) no método 1 e a Figura (5.24) no método 2. Esses dois métodos estão descritos na norma NBR 10126:1987 - Cotação em desenho técnico (ABNT, 1987b). No método 1, há duas maneiras de representar a cota. A cota deve estar sempre acima da linha de cota e orientada segundo a direção desta linha. Outra maneira é a cota permanecer sempre na horizontal e estar fora do segmento de arco da linha de cota, sendo que a linha decota não pode estar interrompida (Figura 5.23).

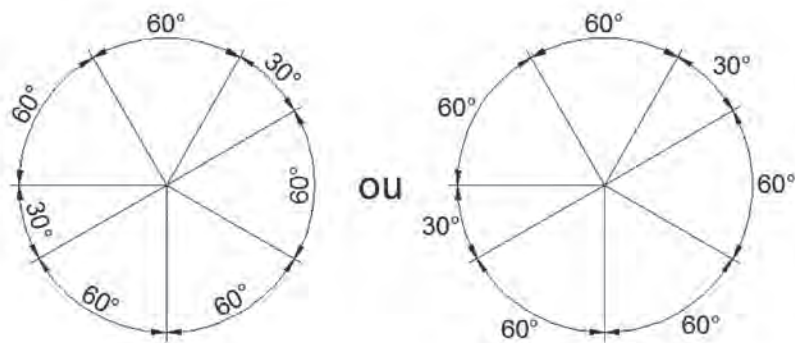


Figura 5.23: Orientação das cotas angulares - Método 1(NBR 10126:1987).

No método 2, mais utilizada nos Estados Unidos, a cota está sempre na horizontal e atravessando a linha de cota, devendo esta linha ser interrompida no espaço que está localizada a cota (Figura 5.24).



Figura 5.24: Orientação das cotas angulares - Método 2 (NBR 10126:1987).

Obs.: Sempre é bom frisar que, se em um desenho for escolhido um método, todas as cotagens de ângulo devem seguir este método.

5.3.4 Cotagem de posição

Comumente ocorre que certos elementos se localizam internamente na peça. Mesmo tendo suas arestas cotadas, ainda falta um referencial, isto é, falta informar a que distância este elemento está de um outro com posição já descrita. Tem-se então a necessidade de se cotar um ponto deste elemento interno em relação a um ponto já referenciado. Esta cota recebe então o nome de cota de posição.

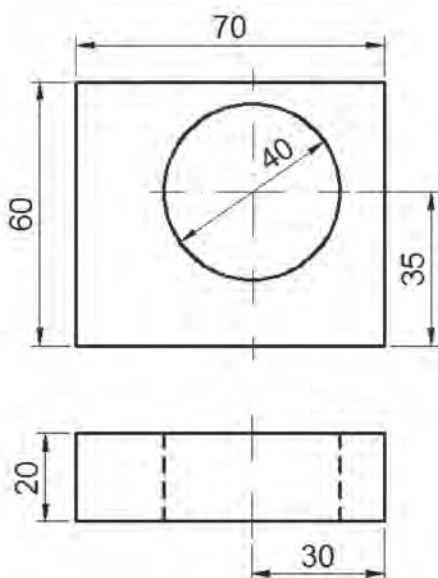


Figura 5.25: Cotagem de posição.

No exemplo da Figura (5.25), pode-se desenhar a circunferência, a partir da informação que o seu centro está a uma distância de 30 da face lateral direita e à distância de 35 a partir da aresta inferior ou da base da peça. A cota de posição é utilizada para elementos curvos e também para os que possuem arestas retas. Nos elementos curvos, o ponto a se utilizar como referência para cota de posição é, na maioria das vezes, o centro do arco ou da circunferência.

5.3.5 Cotagem de elementos equidistantes

A simples cotagem de elementos equidistantes, isto é, que apresentam uma mesma distância entre si, geraria no desenho muitas linhas e cotas, colaborando para deixar o desenho “congestionado”. Uma das técnicas para resolver o problema é a de utilizar uma cota de posição para apenas um elemento e fazer uma cota geral de posição para todos os demais elementos, sendo que nesta cota se especifique a quantidade de cotas entre um elemento e outro, multiplicado pela cota entre cada elemento e, por fim, apresenta-se o somatório das cotas de posição entre os elementos.

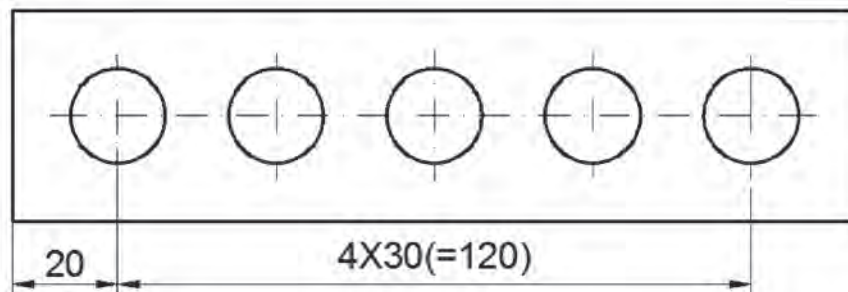


Figura 5.26: Cotagem de elementos equidistantes linearmente com uma cota de posição.

No exemplo da Figura (5.26), há uma cota de posição para a circunferência mais à esquerda do desenho. Esta cota indica a posição do centro desta circunferência em relação à aresta vertical da esquerda. Como no desenho há 5 circunferências e a distância entre os centros de seus furos é a mesma há, portanto, 4 cotas de posição entre os centros de seus furos. Neste caso, pode-se escrever uma única cota de posição que indica o número de cotas de posição entre estes furos (4), e a distância entre eles (30), sendo que o produto ($\times$) entre o número dos furos (4) e a distância entre eles (30) é igual a 120 ($4 \times 30 = 120$). Se a peça apresentar muitos elementos, pode-se fazer uma interrupção na peça. Para maior facilidade de interpretação, pode-se cotar a distância apenas entre dois elementos. Neste caso foi utilizada uma linha sinuosa fina interrompendo a peça (item 2.6). (Figura 5.27).

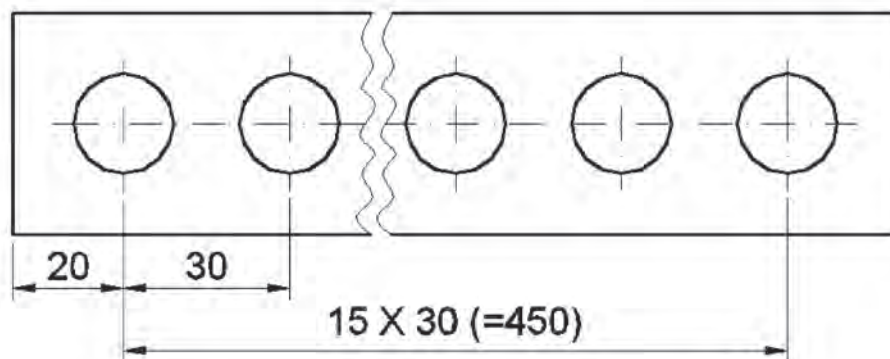


Figura 5.27: Cotagem de elementos equidistantes linearmente com interrupção da peça e cotagem de distância entre dois elementos repetidos.

Da mesma forma, pode-se utilizar este procedimento para elementos equidistantes angularmente (Figura 5.28):

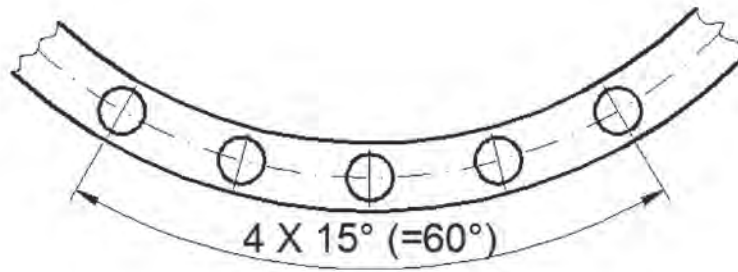


Figura 5.28: Cotação de elementos equidistantes angularmente.

Neste caso, a distância angular entre os círculos em relação ao centro do raio é de 15° . Pode-se então colocar a quantidade desta cota relativa de posição (4), multiplicado pelo ângulo entre elas 15° e por fim igualar o somatório destas cotas ($= 60^\circ$).

Em alguns desenhos é nítido o espaçamento angular entre os elementos, então esta cota de posição pode ser omitida. Como no exemplo da Figura (5.29), os quatro círculos estão a um afastamento angular de 90° entre si, o que pode ser constatado pelas linhas de centro da circunferência maior e pela linha traço-ponto circular, pois ambas atravessam o centro das circunferências menores. As únicas cotas necessárias para os elementos equidistantes são:

- a cotação do diâmetro das circunferências menores, que neste caso por serem iguais, basta apenas cotar uma delas, informando o número de cotas repetidas neste desenho (4x) e a cotação da distância entre o centro da circunferência maior e o centro das circunferências menores.

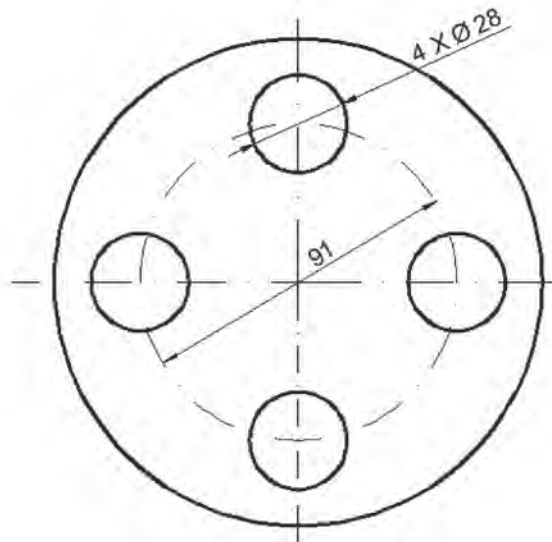


Figura 5.29: Cotação simplificada de elementos equidistantes angularmente.

5.3.6 Cotação de elementos com a mesma dimensão

Neste caso, apenas a própria geometria dos elementos contidos em um elemento principal é igual, sendo que os afastamentos são diferentes entre eles. Novamente, para deixar o desenho mais “limpo”, basta cotar a dimensão de um elemento e cotar as cotas de posição entre os elementos.

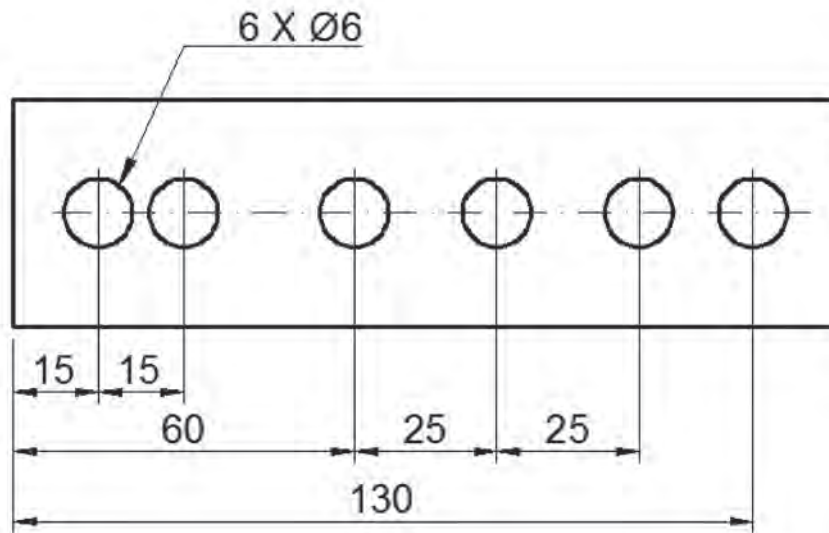


Figura 5.30: Cotação de elementos repetidos.

No exemplo da Figura (5.30), como os círculos são iguais, basta apenas colocar o valor da quantidade de círculos (6) vezes (x) o diâmetro de cada um ($\Phi 6$). Sendo as cotas de posição diferentes, devem ser utilizadas cotas de posição suficientes para a representação de todos os elementos circulares. É importante salientar a não repetição de cotas neste desenho, por exemplo:

- Com a cota de valor 60, não será necessário colocar uma cota de posição entre o segundo e o terceiro círculo, pois ao se subtrair da cota de 60 o valor de 30 (cota de posição do primeiro círculo em relação a aresta vertical à esquerda mais a cota de posição entre o primeiro e o segundo círculo) se encontra o valor de 30 ($60 - 2 \times 15 = 30$).

Uma outra situação são elementos repetidos dispostos radialmente, mas com as distâncias angulares entre eles diferentes e o afastamento de todos os elementos em relação ao centro da circunferência central sendo os mesmos, como podem ser vistos na Figura (5.31). Neste caso, deve-se cotar o afastamento angular entre eles, ou em relação a alguma linha de centro vertical ou horizontal, e cotar apenas um elemento, indicando a quantidade de círculos (6) vezes (x), o diâmetro de cada um $\Phi 28$.

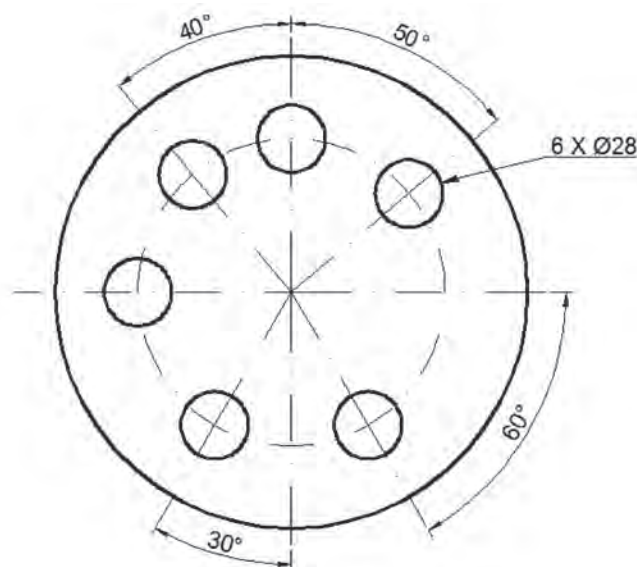


Figura 5.31: Cotação de elementos repetidos dispostos radialmente.

Por outro lado, havendo elementos diferentes, pode-se fazer uma referência a cada tipo de elemento (Figura 5.32).

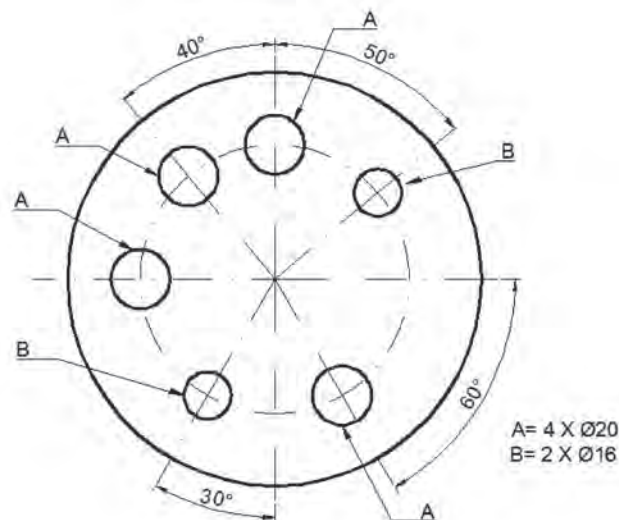


Figura 5.32: Cotação de elementos repetitivos por referência.

A representação por letras ou outra convenção evita que o desenho fique muito carregado .A linha de chamada também tem esta finalidade, levando para fora do desenho as informações dos elementos. Em peças simétricas com elementos repetitivos e equidistantes pode-se cotar apenas um lado da simetria (Figura 5.33).

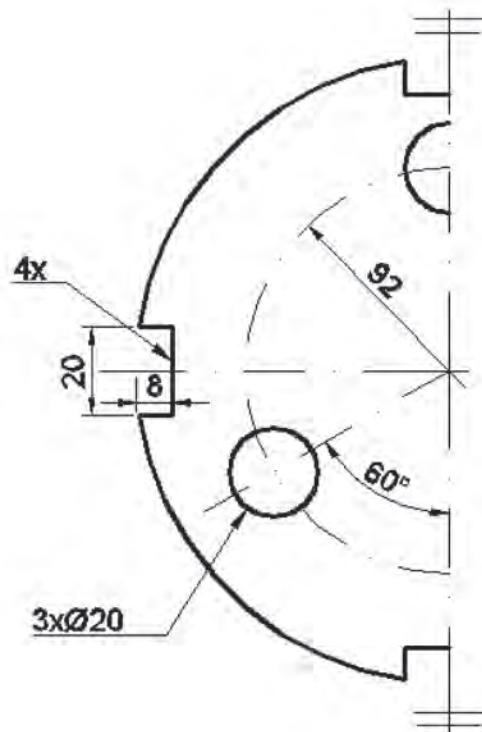


Figura 5.33: Cotação de elementos repetitivos em peças simétricas.

Para os elementos que irão se repetir, basta cotar sua geometria e a cota de posição. No exemplo da Figura (5.33), para o dente, deve ser indicada a quantidade de dentes (4) que irá se repetir (x) e as cotas de sua geometria. A cota de posição já está bem clara, portanto, não deve aparecer. Já para a circunferência, deve ser cotada o número de elementos (3) que irão se repetir (x) o diâmetro da circunferência ($\Phi 20$) e uma cota de posição indicando o ângulo entre o centro do elemento e a linha de centro vertical, e a distância entre o centro da circunferência maior e o centro dos círculos menores.

5.3.7 Cotação de chanfros e escareados

Normalmente as peças cilíndricas, desbastadas em um torno, apresentam as extremidades com uma inclinação muito abrupta, o que pode ocasionar “cantos vivos”, podendo causar um certo incômodo às pessoas que manuseiam esta peça. Para amenizar este problema, é feito um corte reto oblíquo (geralmente a 45 graus), para suavizar estas arestas. Este corte recebe o nome de chanfro. Na cotação de chanfros pode-se cotar como descreve a Figura (5.34). Neste caso, há a indicação da inclinação do chanfro (30°) e também o comprimento linear deste chanfro (3).

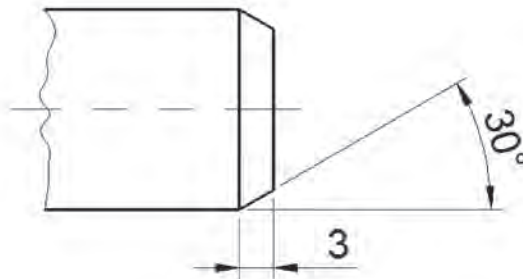


Figura 5.34: Cotação de chanfros.

Na cotação de chanfros a 45°, pode-se adotar a seguinte alternativa (Figura 5.35):

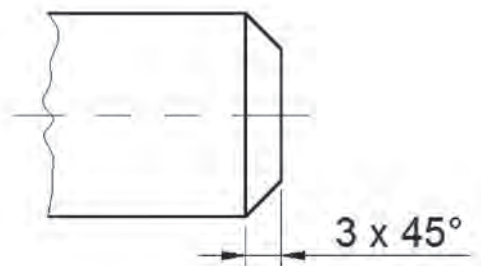


Figura 5.35: Cotação de chanfro inclinado a 45°.

Entende-se por escareado o aumento das dimensões de um furo (ou cavidade) ou abertura em que geralmente se introduzirá um parafuso, com o objetivo de que a extremidade externa deste fique no mesmo nível da peça a qual se encaixa. Normalmente os escareados estão inclinados a 45°, podendo ser cotado da seguinte forma (Figura 5.36):

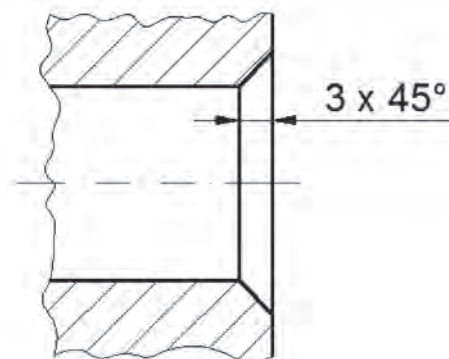


Figura 5.36: Cotação do comprimento do escareado, indicando a inclinação do mesmo em relação ao furo.

Outra alternativa de cotação pode ser vista na Figura (5.37):

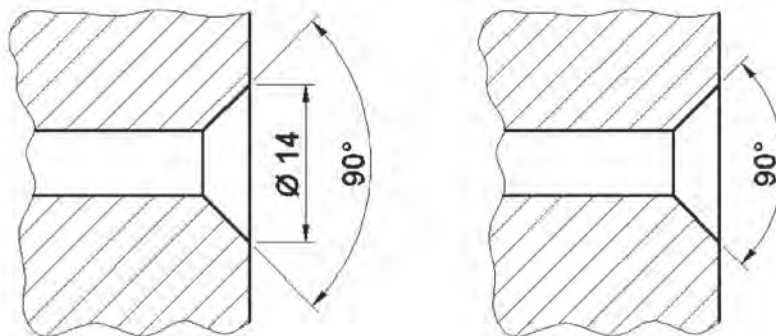


Figura 5.37: Cotação do escareado pela dimensão angular da abertura e diâmetro externo do furo.

5.3.8 Cotação de cordas e segmentos de arcos

Entende-se por corda o segmento reto que une dois extremos de um arco. No caso de se desejar cotar somente a corda, o procedimento é idêntico à cotação linear (Figura 5.38).

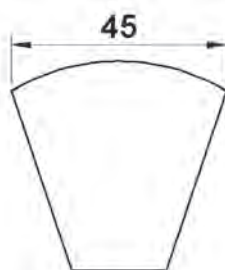


Figura 5.38: Cotação de corda.

Pode-se também cotar o comprimento do arco (Figura 5.39):

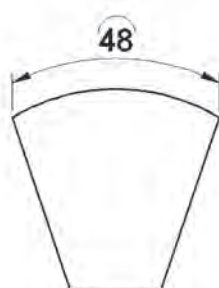


Figura 5.39: Cotação do comprimento do arco.

em que o símbolo sobre a cota na Figura (5.39) indica que se trata de um comprimento de um arco. Ou então cotar o ângulo do segmento curvo (Figura 5.40).



Figura 5.40: Cotação do ângulo formado entre as componentes retas da peça que se dirigem ao centro de origem do comprimento de arco.

5.3.9 Cotagem de elementos por referência

Em certas peças, há uma repetição muito grande de cotas em uma mesma direção. Para facilitar o trabalho do desenhista e tornar o desenho mais claro e conciso, determina-se um ponto ao qual todas as cotas dos outros elementos se referenciarão a ele. Desta maneira, as cotas se referem a distância entre o elemento a este ponto específico. Pode-se fazer uma linha de chamada e colocar a cota simplesmente, como mostra a Figura (5.41).

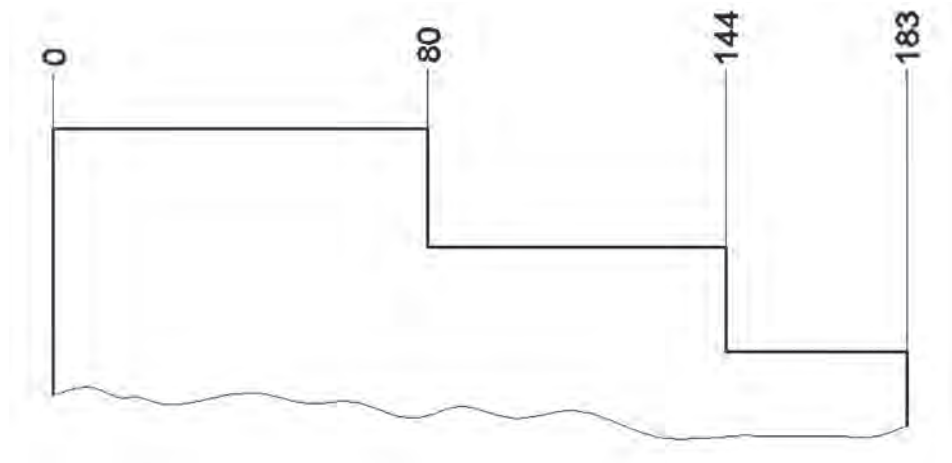


Figura 5.41: Cotagem por referência utilizando apenas a linha de chamada.

Ou pode-se utilizar a cotagem por referência no modo tradicional, isto é, com a utilização de linhas de chamada, linhas de cota com setas ou um outro delimitador do comprimento da linha de cota, e a posição da cota sobre a linha de chamada, Figura (5.42).

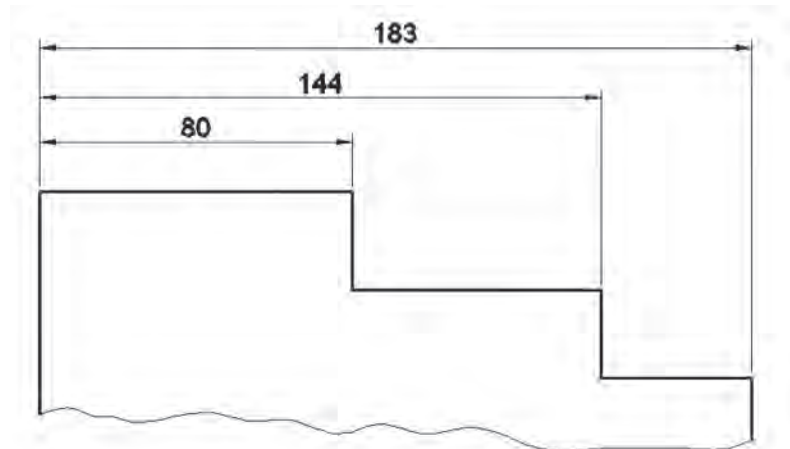


Figura 5.42: Cotagem de elemento de referência. Método tradicional.

5.3.10 Cotagem por coordenadas

Existem desenhos com uma geometria muito irregular, em que a utilização de linhas de chamada causaria uma certa “poluição” no desenho, ocasionando possíveis erros de leitura do projeto. Nestes casos, é vantajoso trabalhar com um sistema de coordenadas cartesianas. Basicamente, adota-se um ponto que não esteja nos limites do desenho e zera-se as coordenadas deste ponto ($x = 0$, $y = 0$), que será o ponto inicial do sistema de referência cartesiana do desenho. Para os outros pontos (vértices entre linhas retas) basta informar no próprio vértice às coordenadas cartesianas em relação ao ponto inicial. Com este procedimento o desenho torna-se bastante “limpo” e para se conhecer o comprimento entre certos pontos, basta utilizar um somatório vetorial entre os pontos (Figura 5.43).

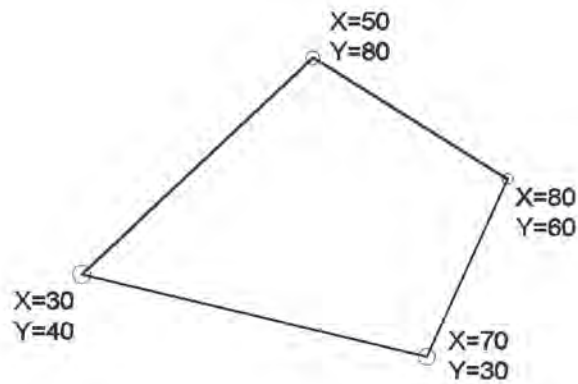


Figura 5.43: Cotagem por coordenadas.

Para deixar o desenho ainda mais “limpo”, pode-se, ao invés de se colocar as coordenadas nos vértices, enumerá-los e colocar suas coordenadas em uma tabela (Figura 5.44):

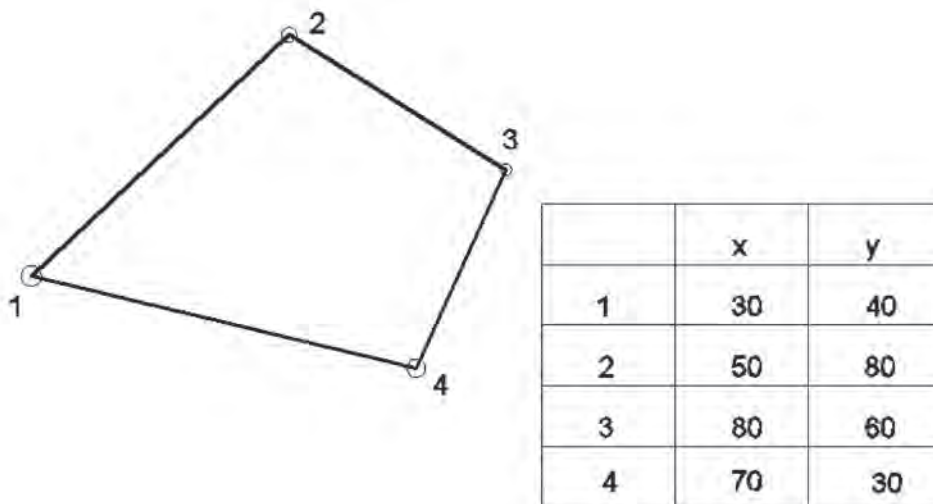


Figura 5.44: Cotagem por coordenadas com utilização de tabela.

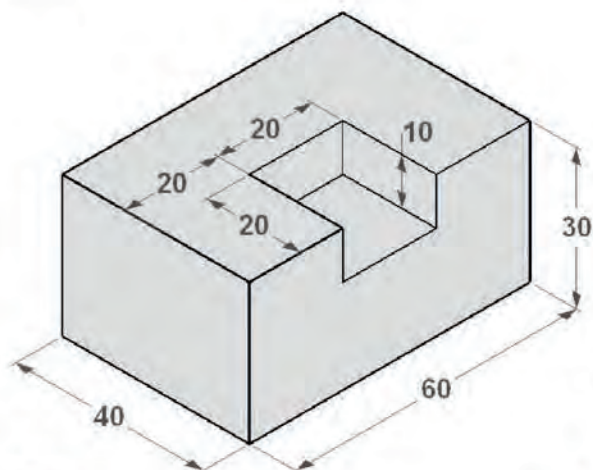
Este procedimento é muito utilizado em plantas topográficas, cujas áreas a serem desenhadas possuem geralmente geometrias bastante irregulares, há muitos vértices no objeto de desenho e as cotas, dependendo das unidades de medida, têm valores muito altos. Em um desenho topográfico, praticamente é impossível a cotagem tradicional com a utilização de linhas decota. A utilização de coordenadas cartesianas também ajuda no cálculo da área da figura, sendo necessário, para isso, apenas a multiplicação algébrica de uma matriz contendo todas as coordenadas dos vértices.

Obs.: Deve-se, de preferência, escolher um ponto inicial de tal forma que as coordenadas dos outros vértices sejam sempre positivas, pois auxiliam no bom entendimento do desenho e evitam possíveis erros.

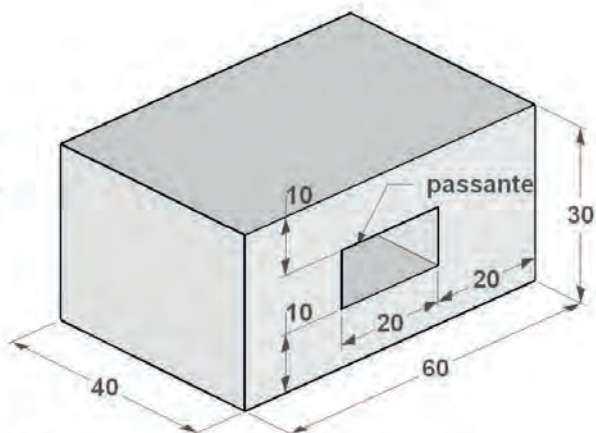
5.5 Exercícios

Desenhe as vistas ortogonais principais da peça e faça a cotação.

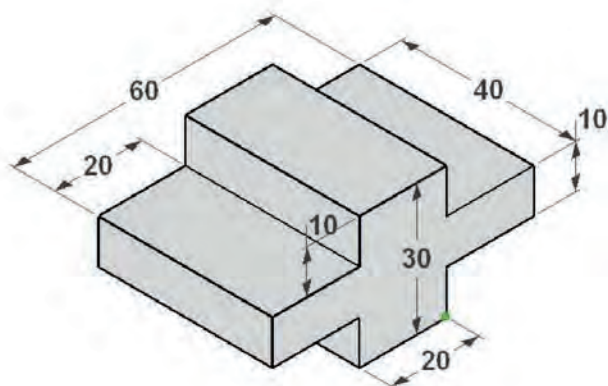
5.1)



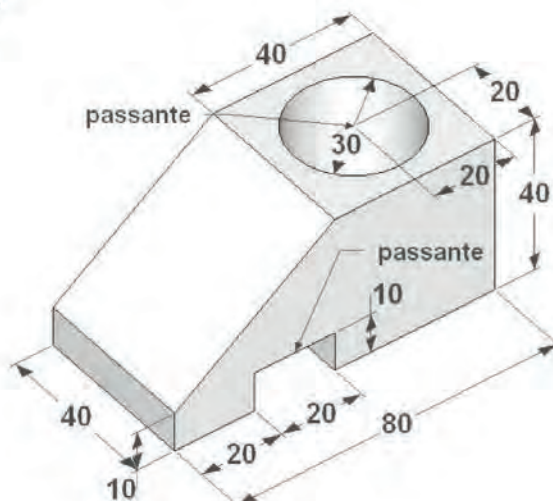
5.2)



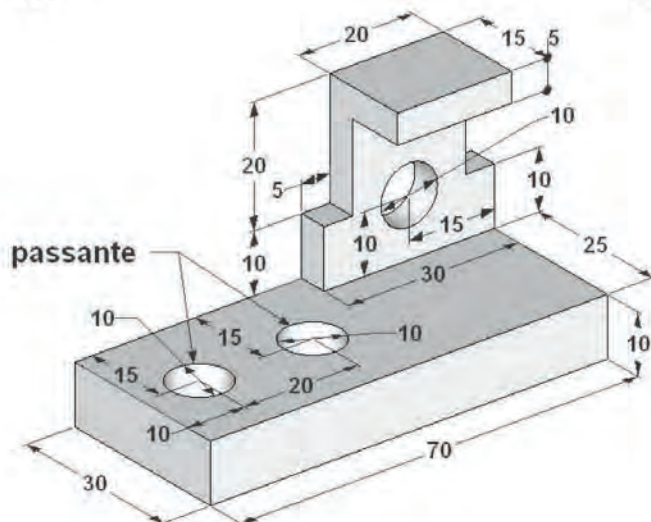
5.3)



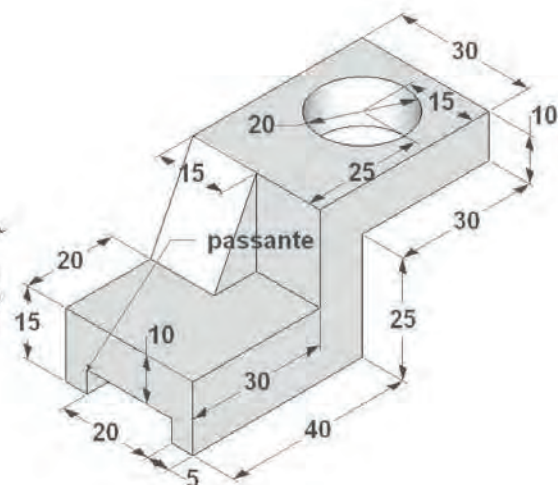
5.4)



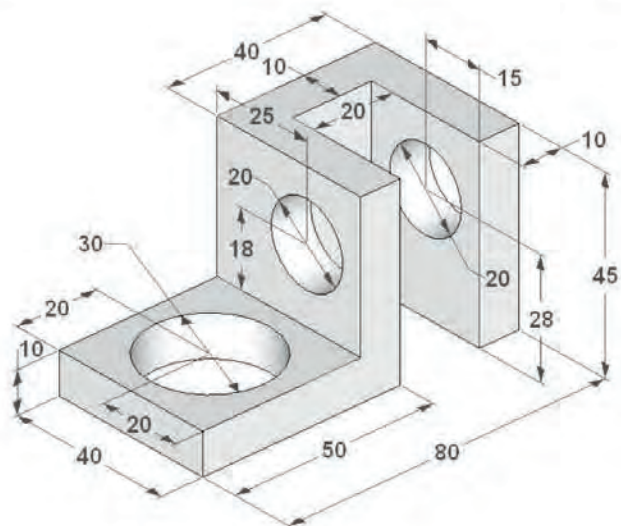
5.5)



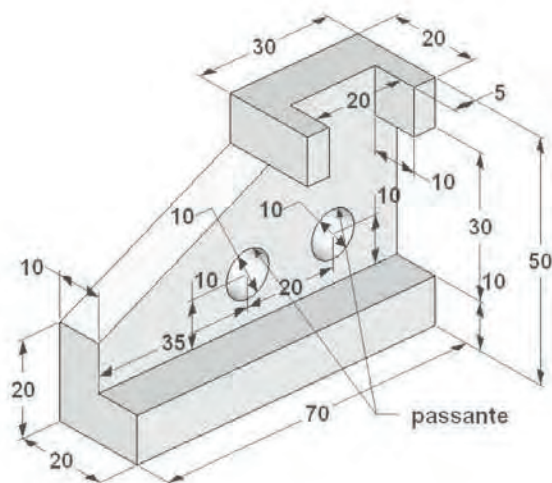
5.6)



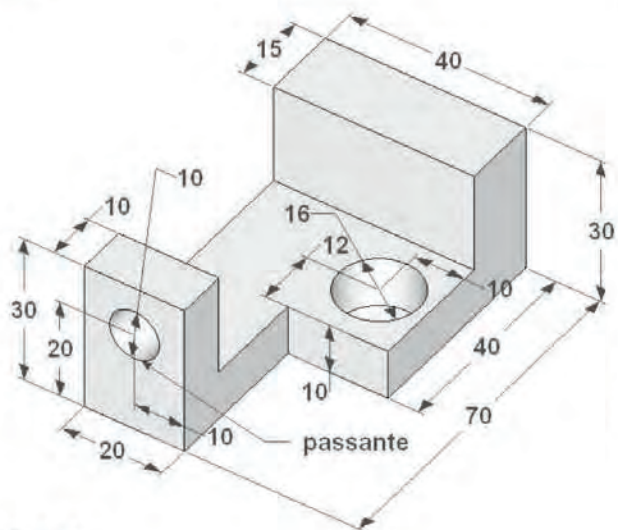
5.7)



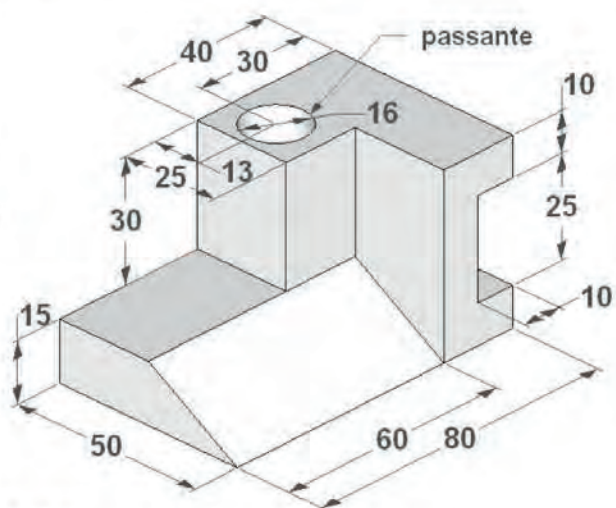
5.8)



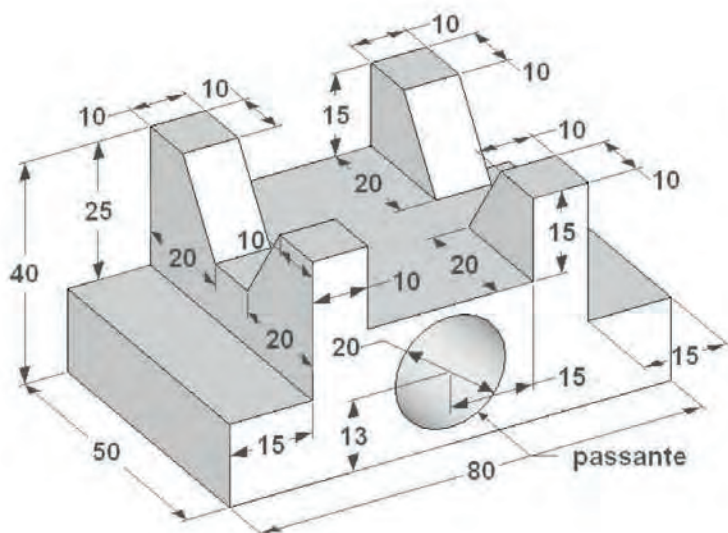
5.9)



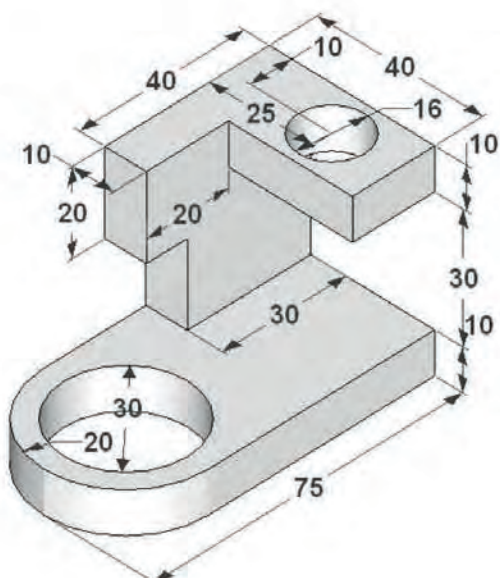
5.10)



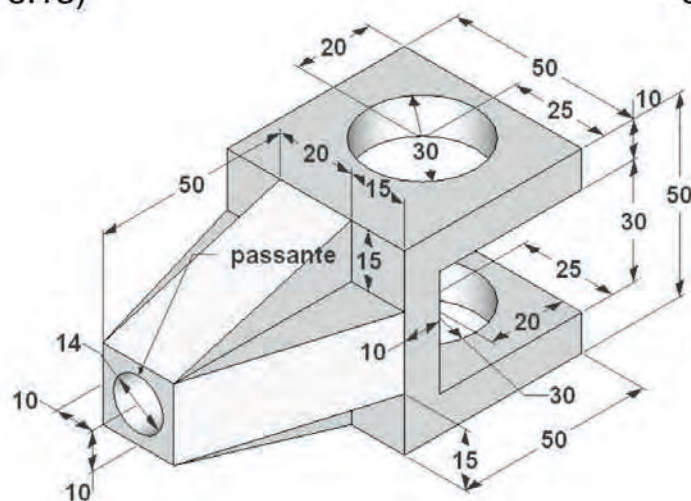
5.11)



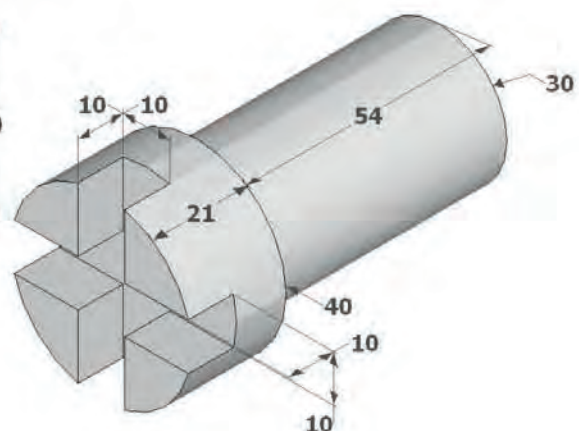
5.12)



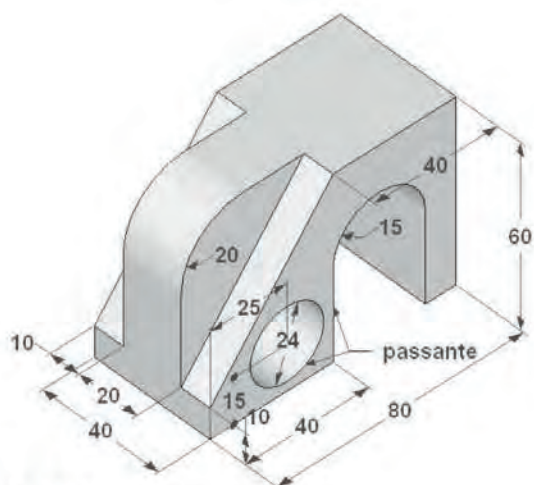
5.13)



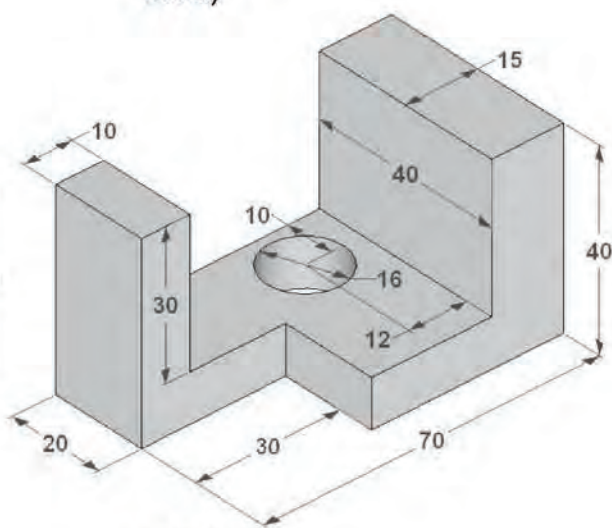
5.14)



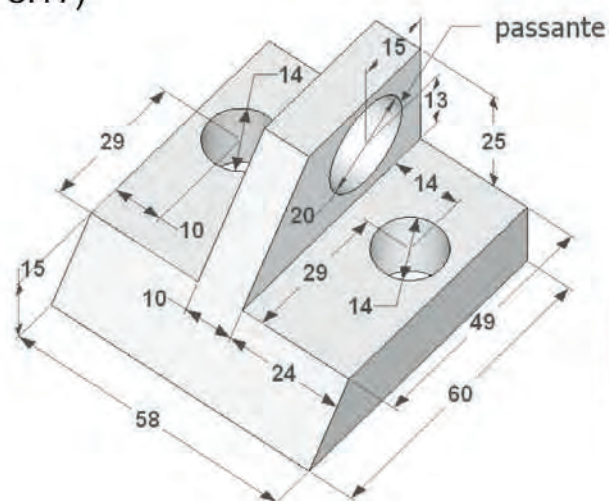
5.15)



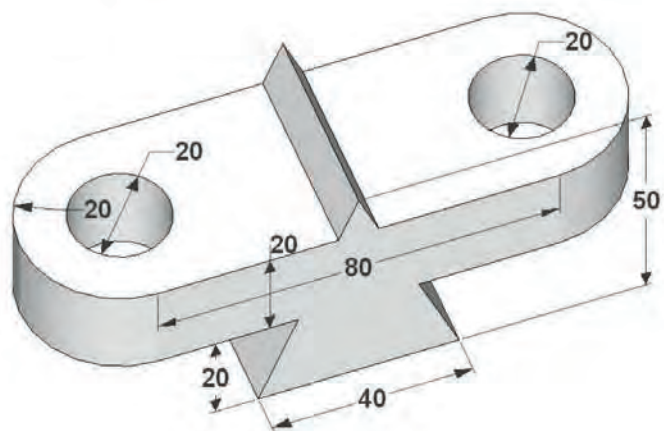
5.16)



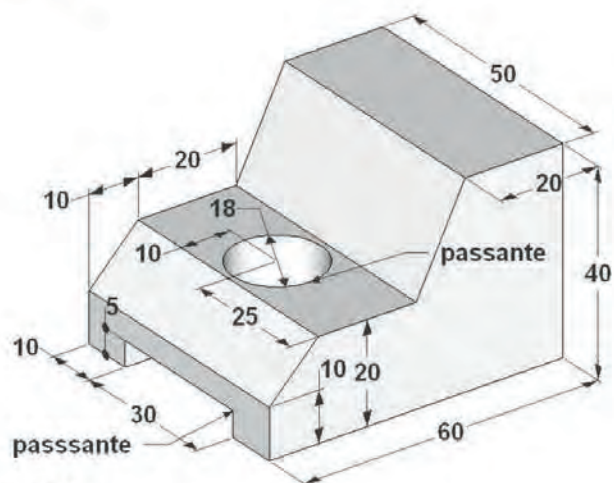
5.17)



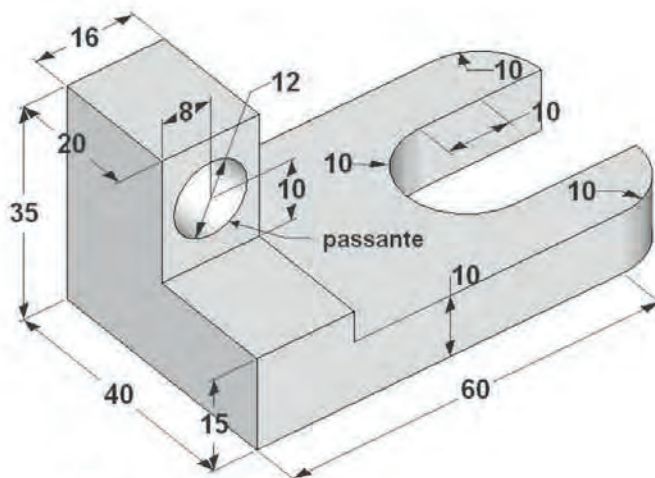
5.18)



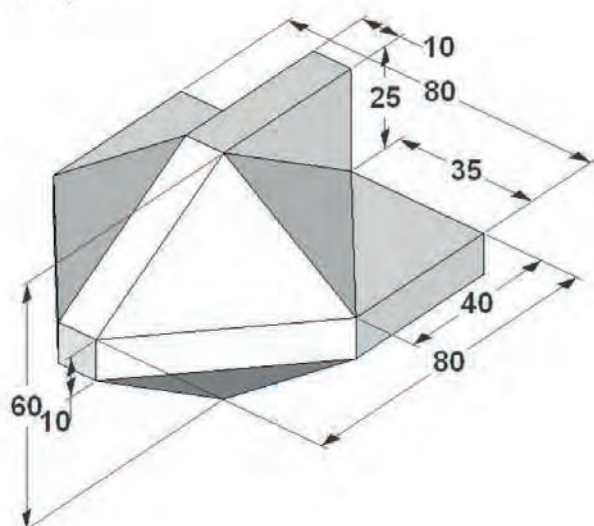
5.19)



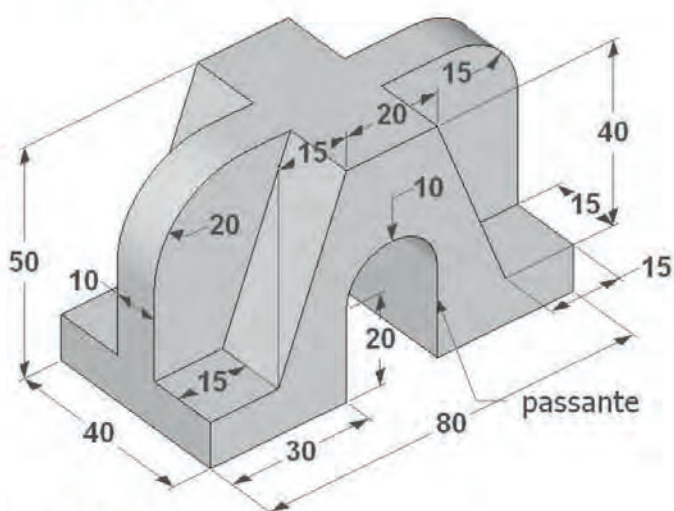
5.20)



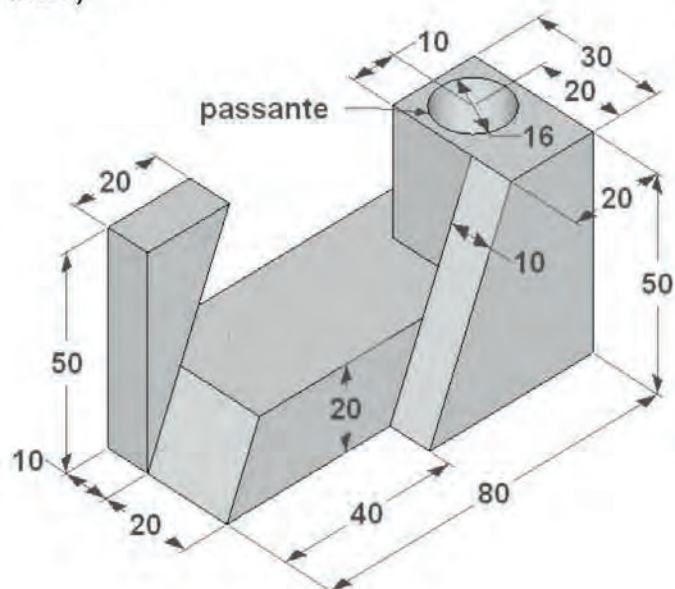
5.21)



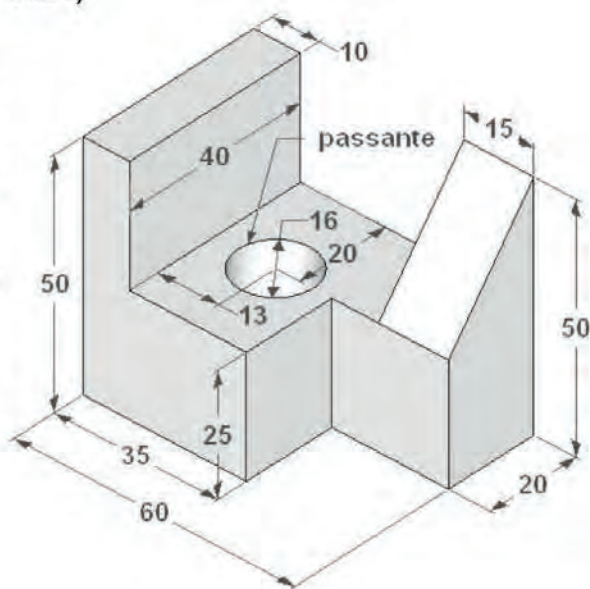
5.22)



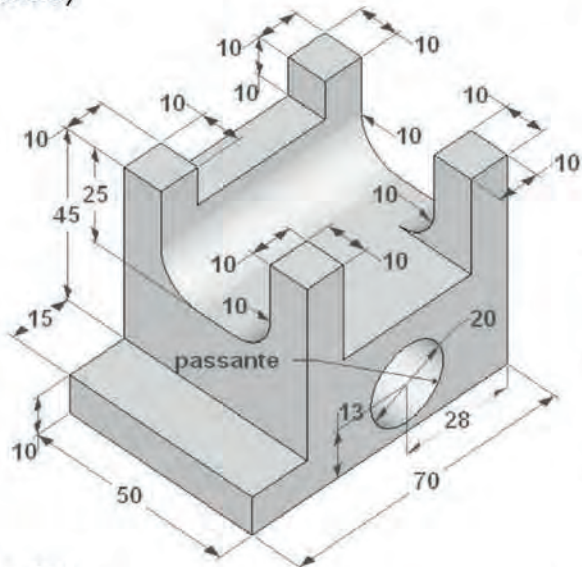
5.23)



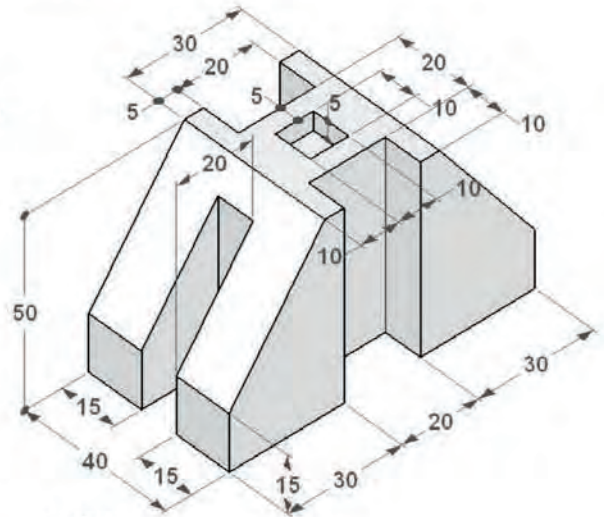
5.24)



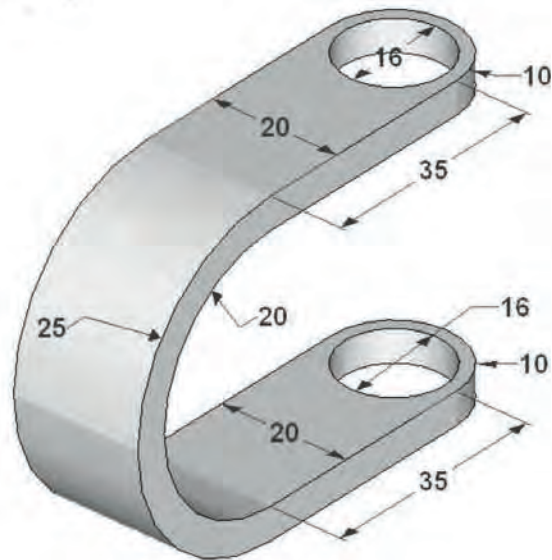
5.25)



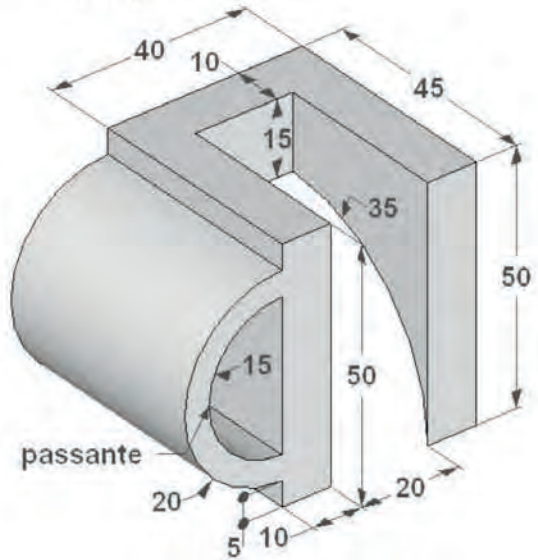
5.26)



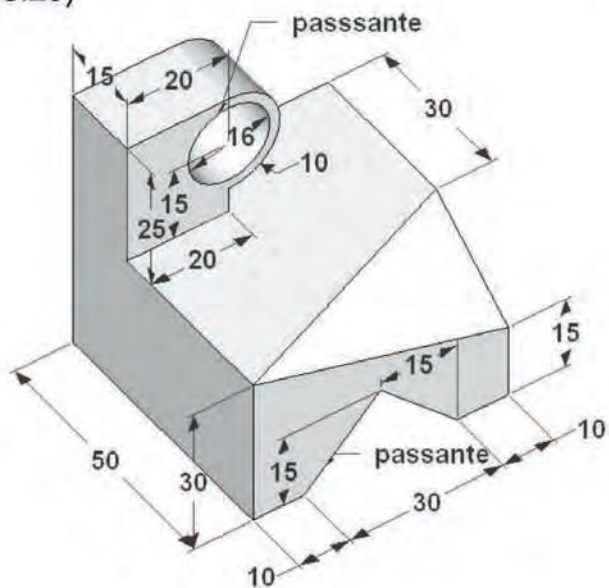
5.27)



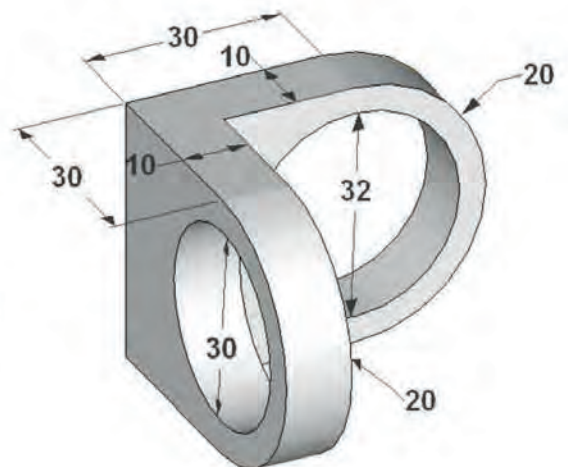
5.28)



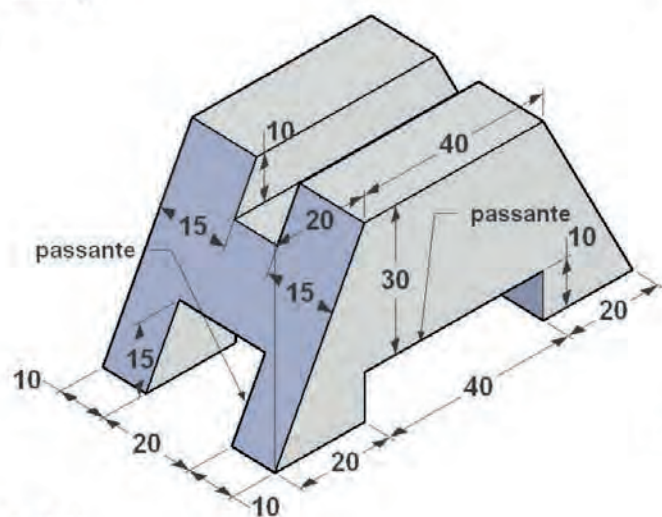
5.29)



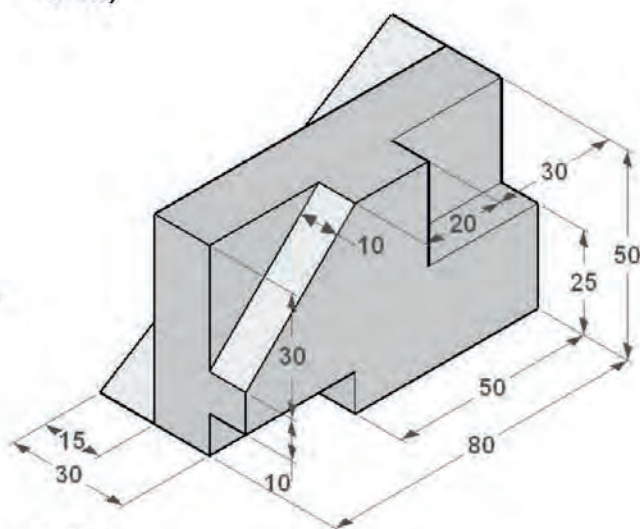
5.30)



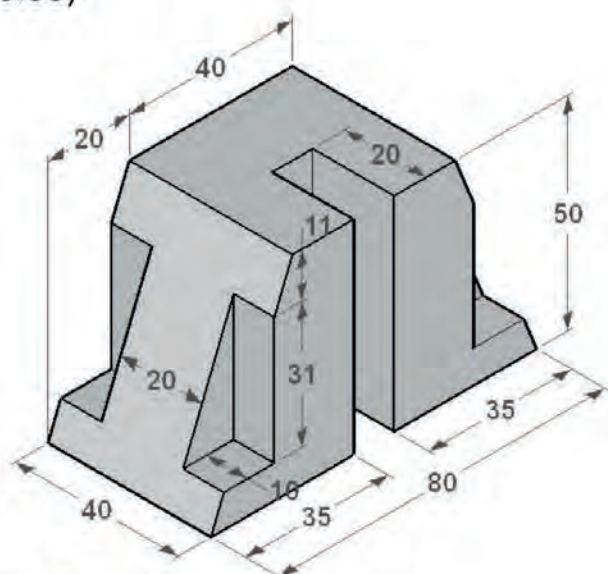
5.31)



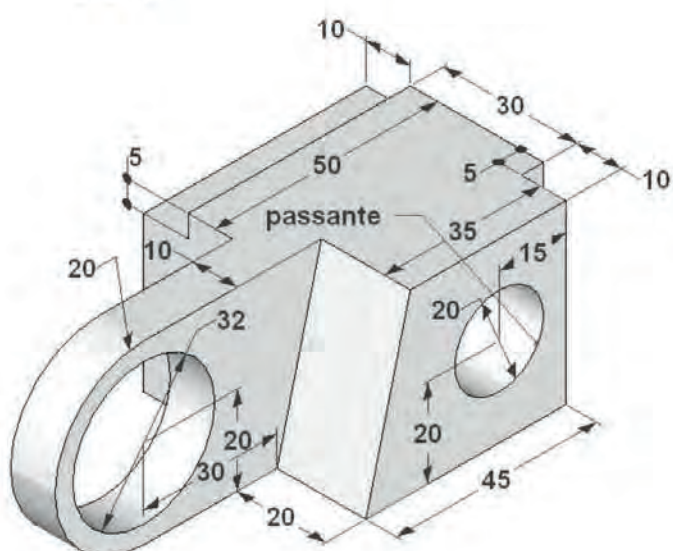
5.32)



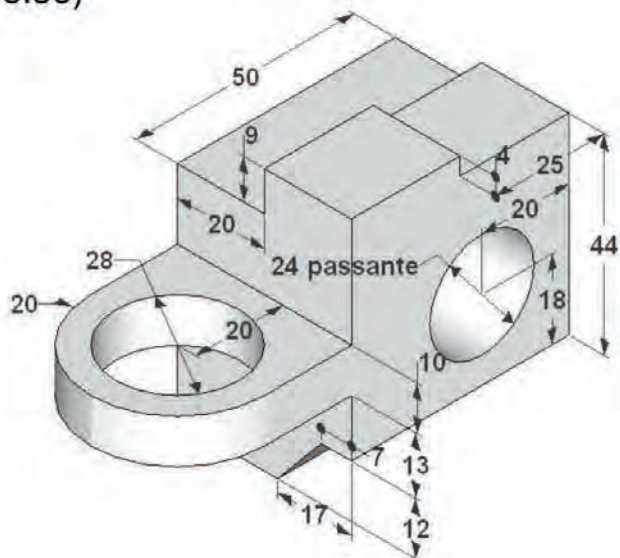
5.33)



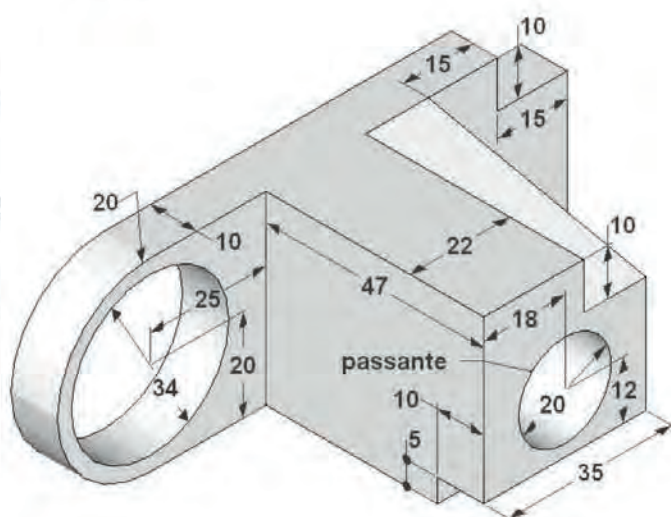
5.34)



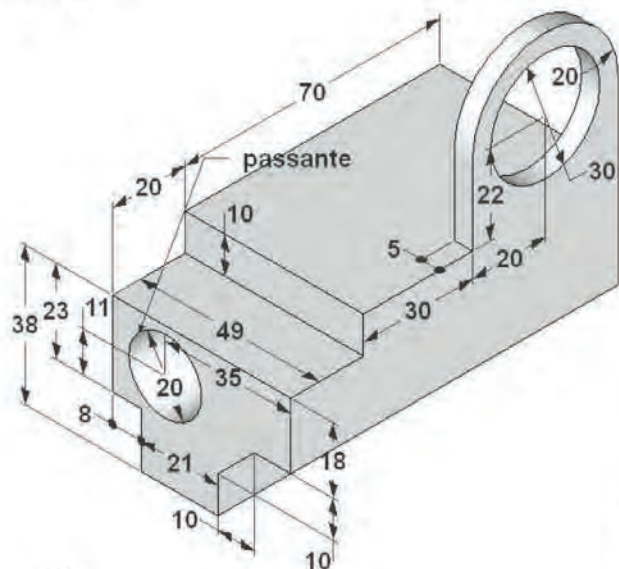
5.35)



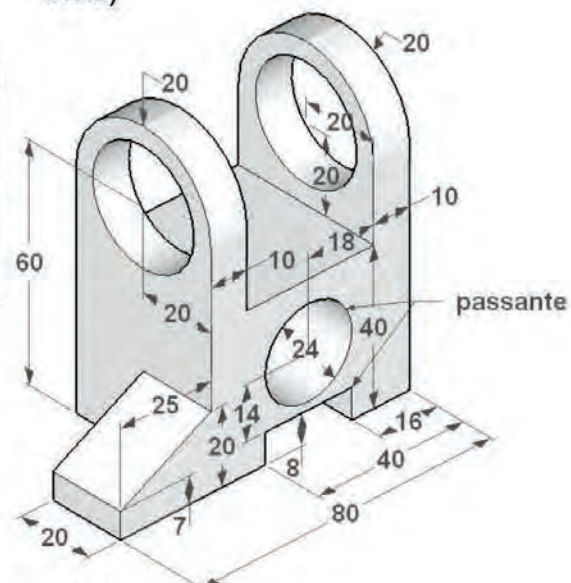
5.36)



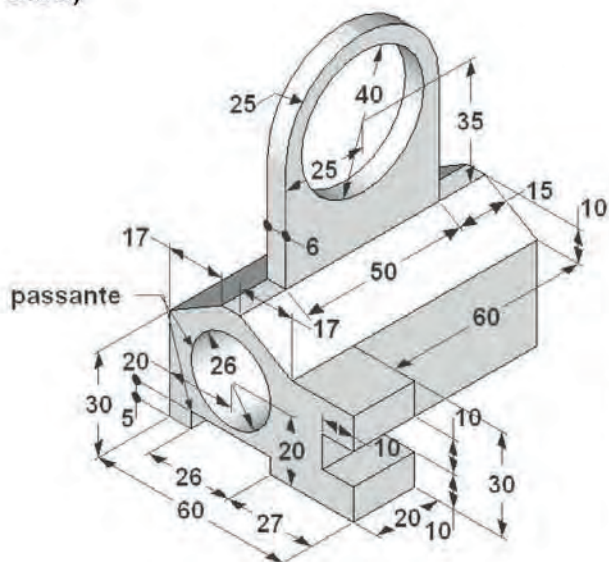
5.37)



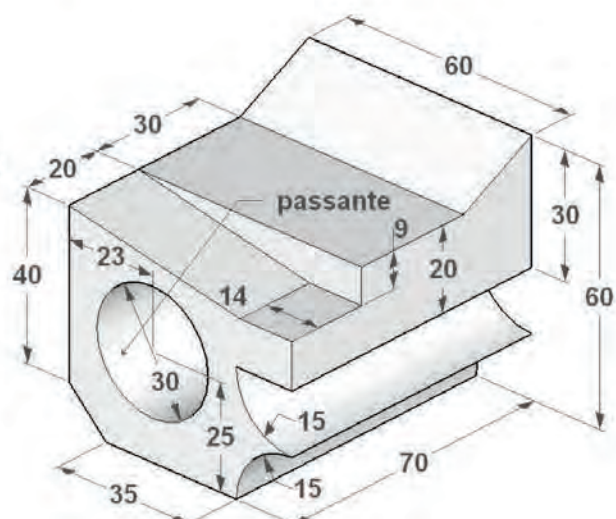
5.38)



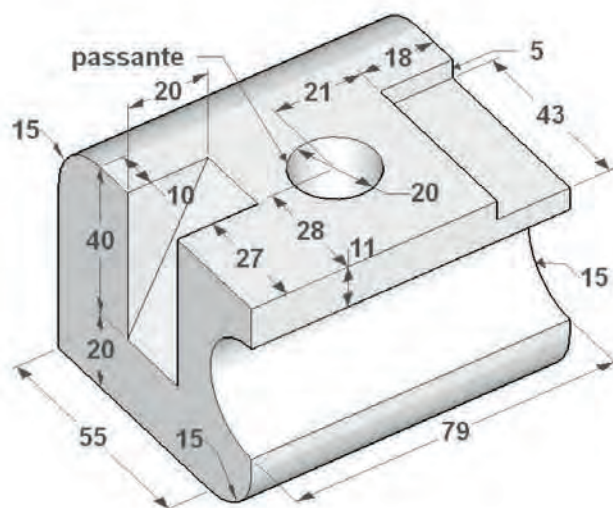
5.39)



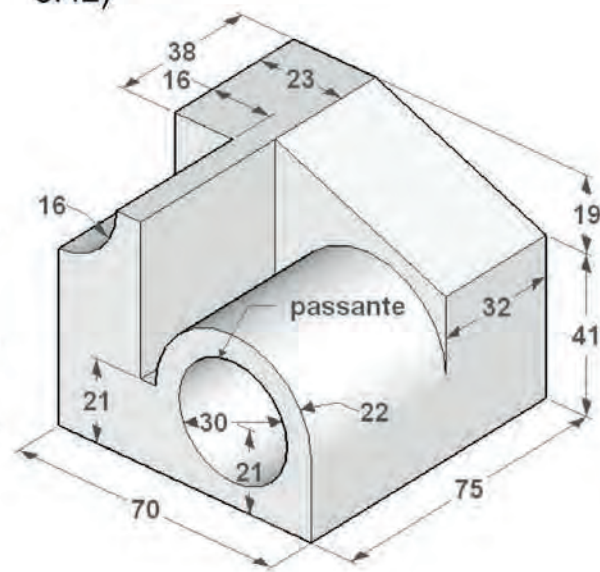
5.40)



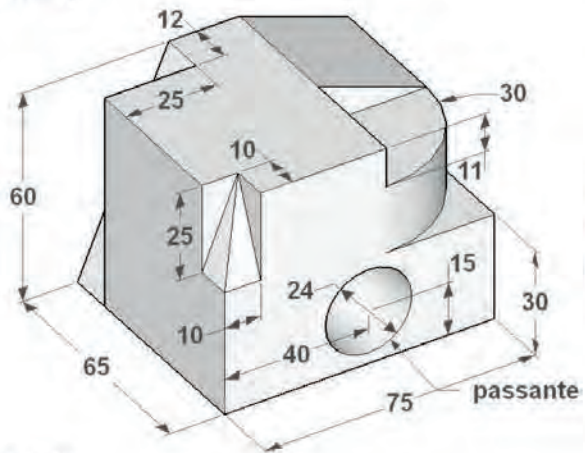
5.41)



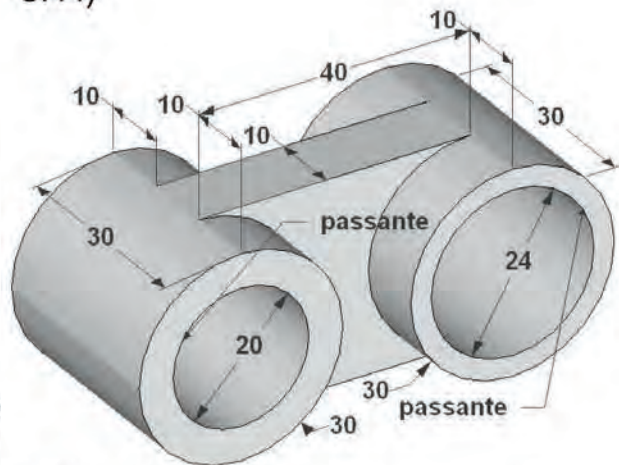
5.42)



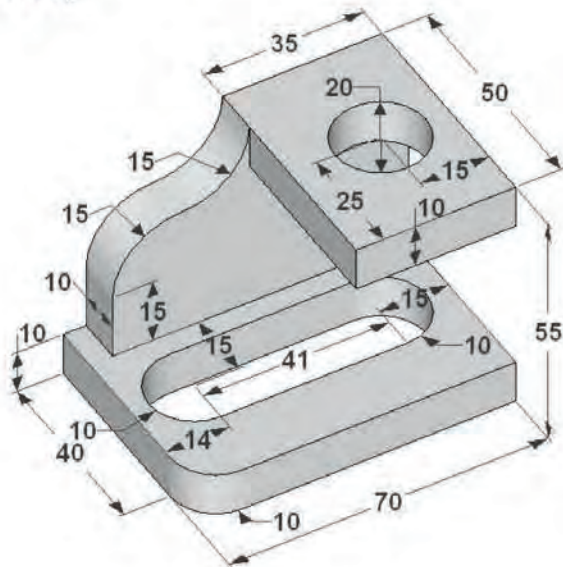
5.43)



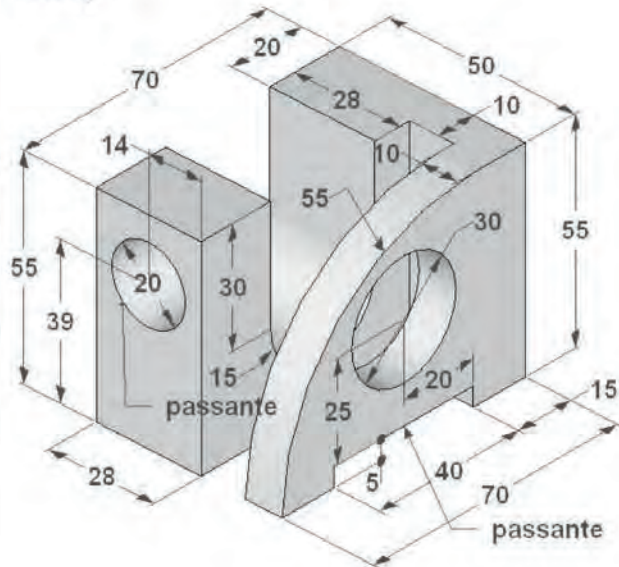
5.44)



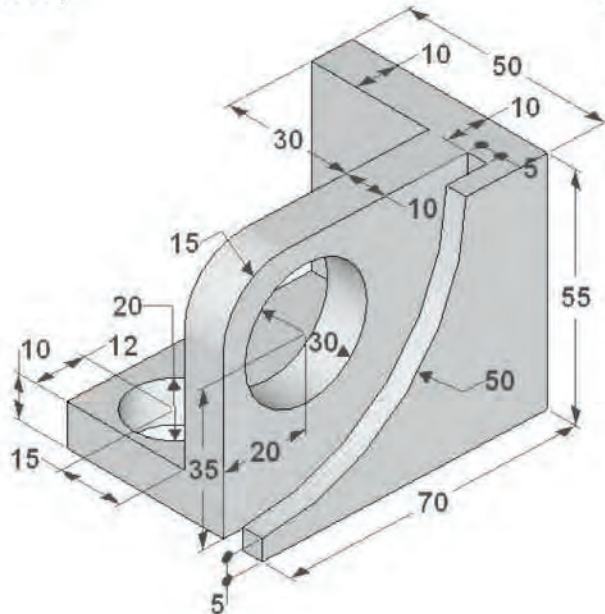
5.45)



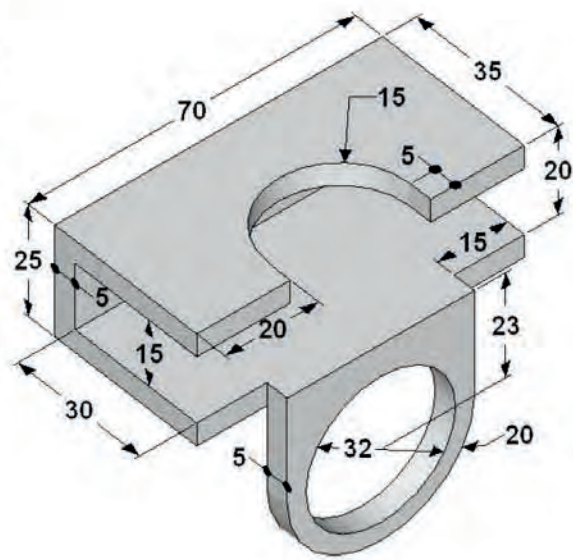
5.46)



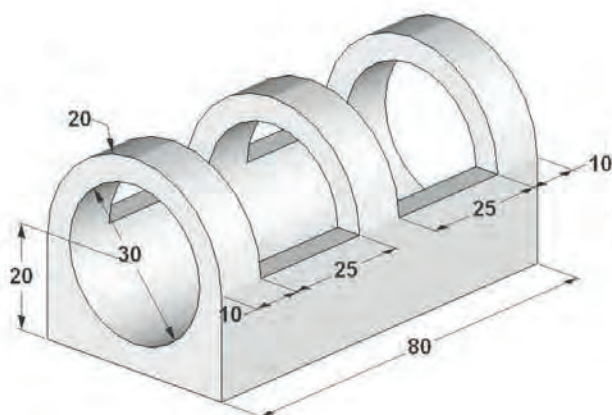
5.47)



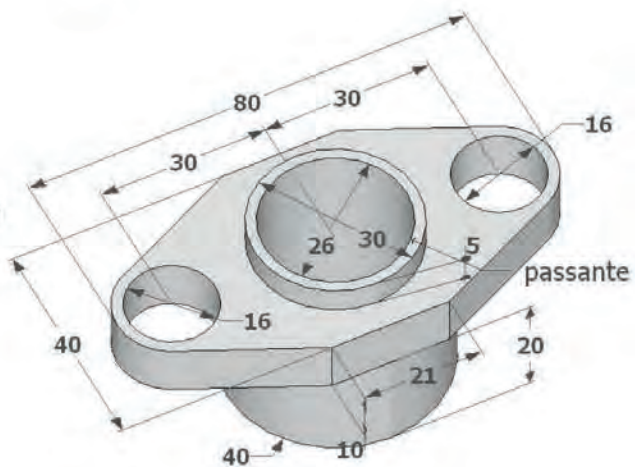
5.48)



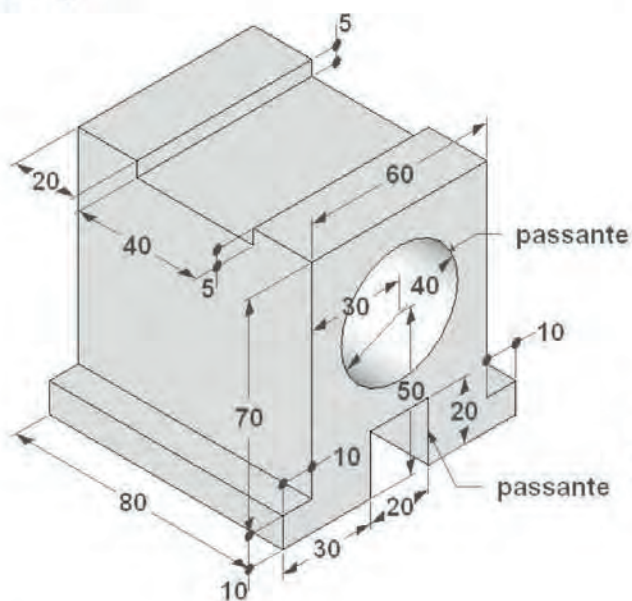
5.49)



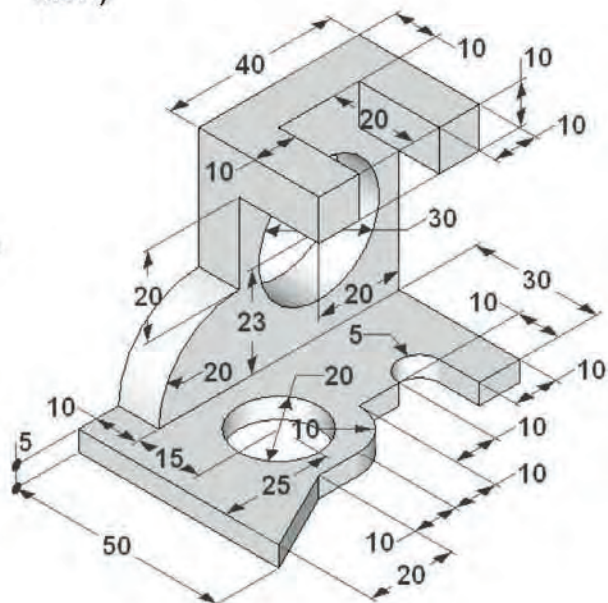
5.50)



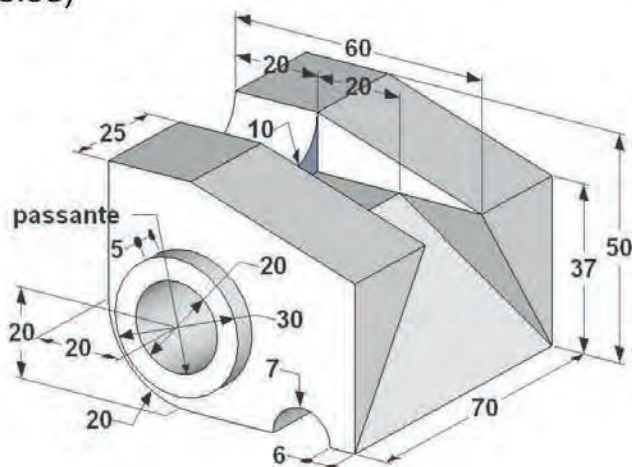
5.51)



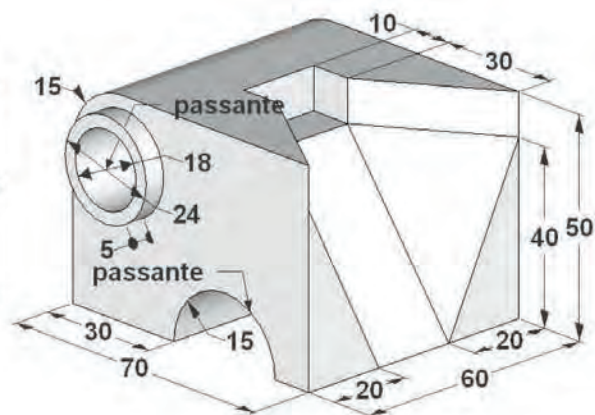
5.52)



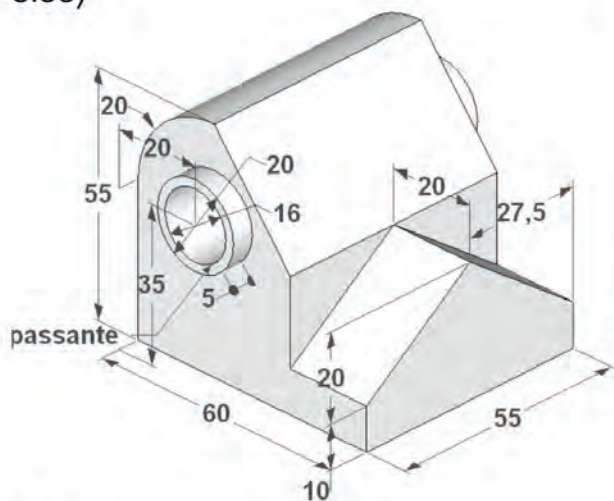
5.53)



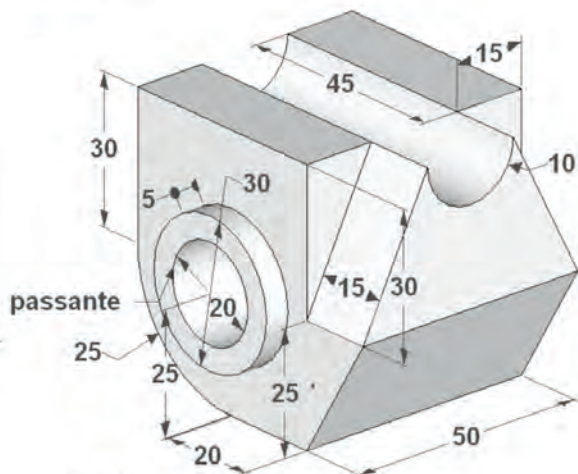
5.54)



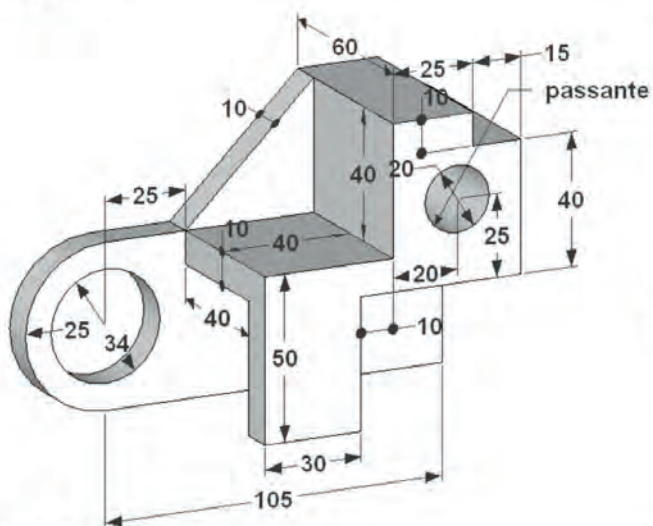
5.55)



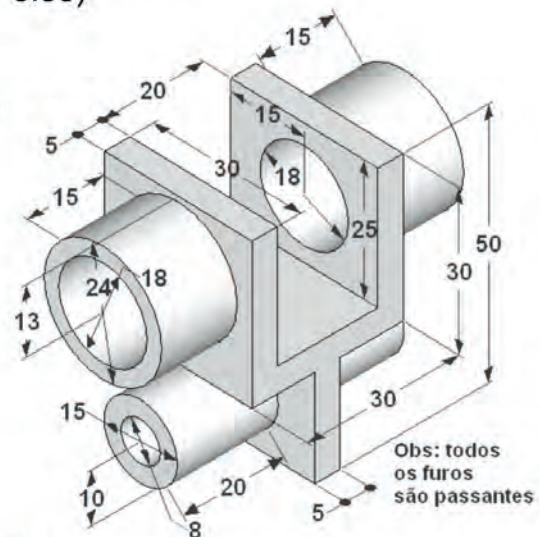
5.56)



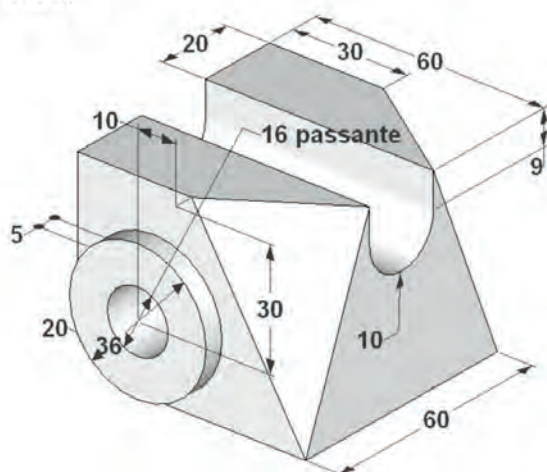
5.57)



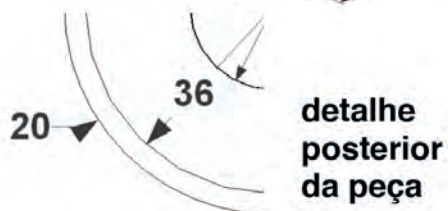
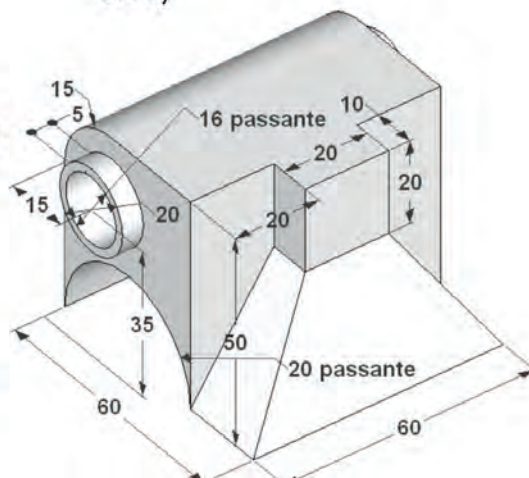
5.58)



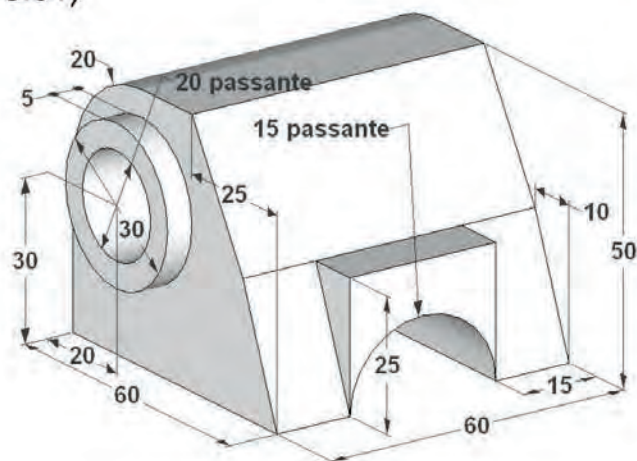
5.59)



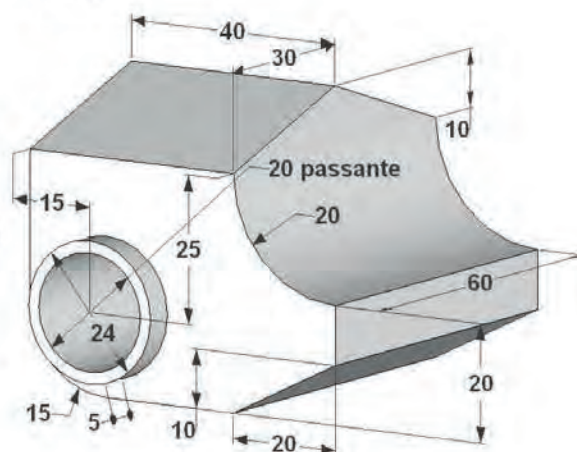
5.60)



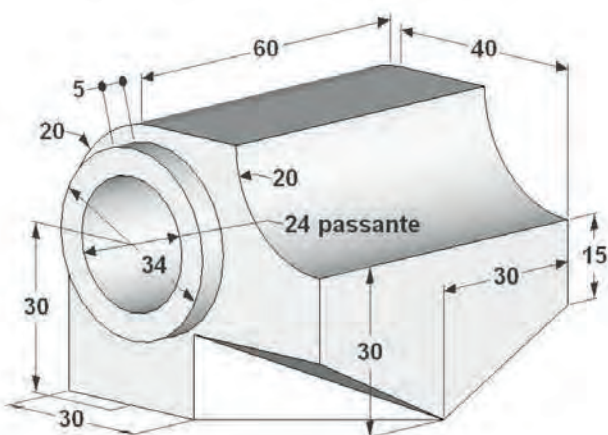
5.61)



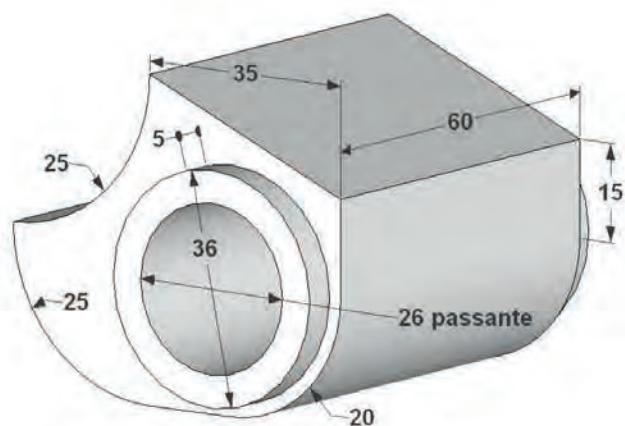
5.62)



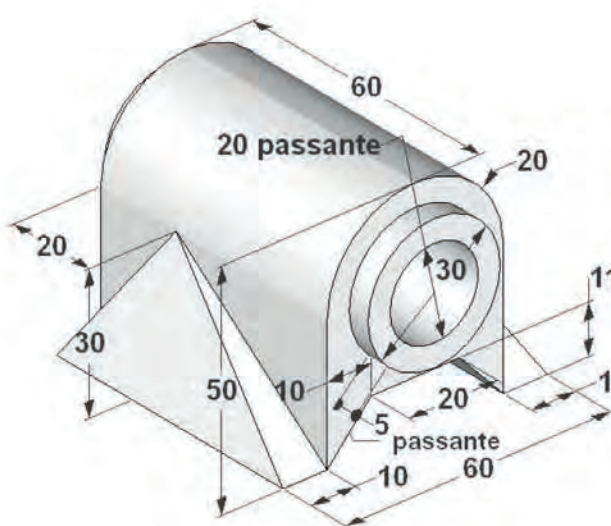
5.63)



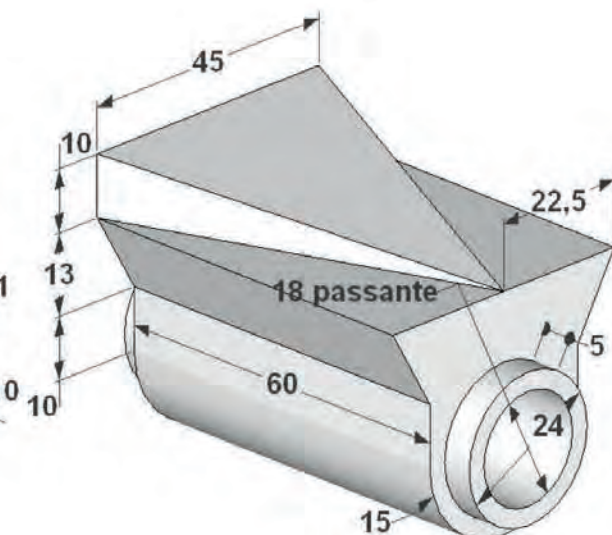
5.64)



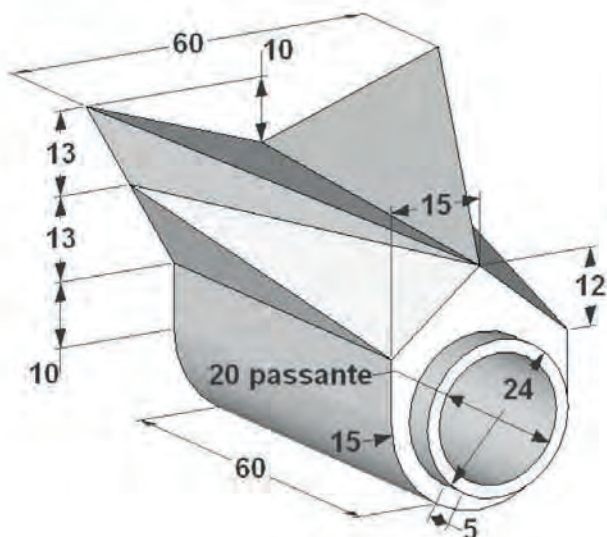
5.65)



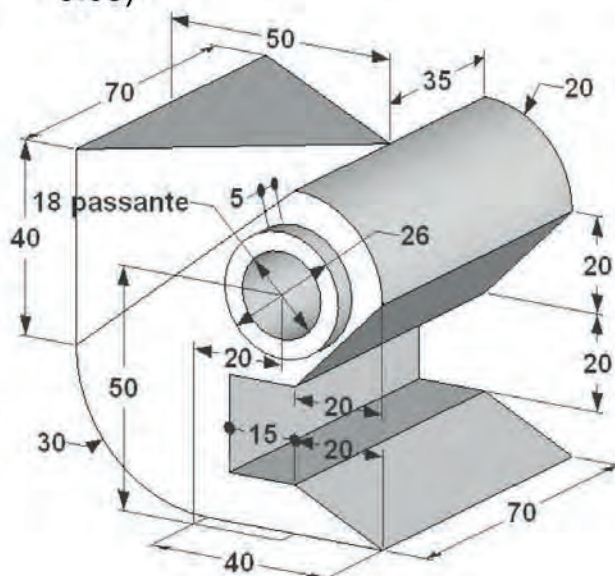
5.66)



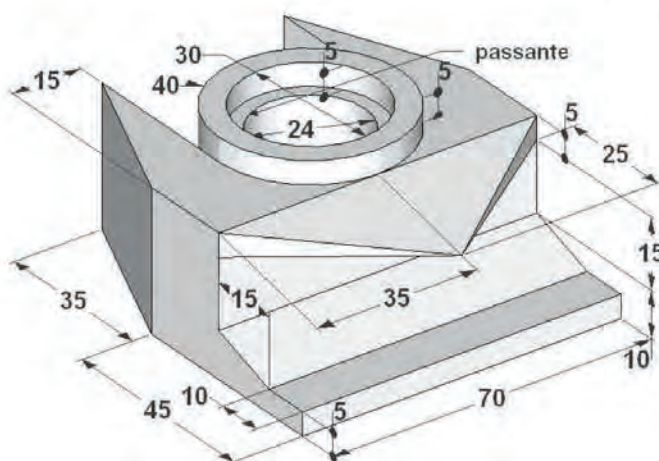
5.67)



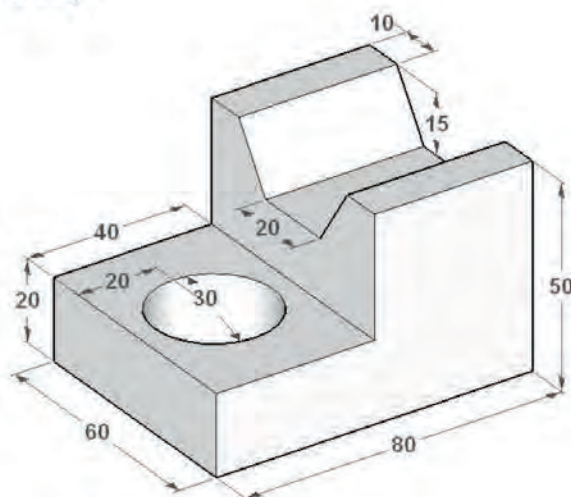
5.68)



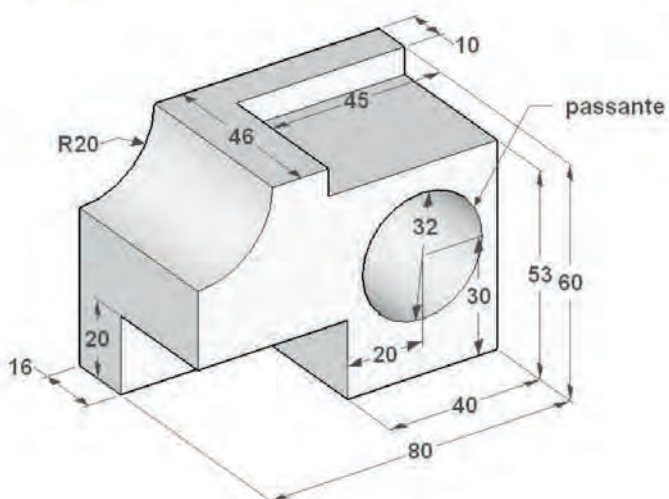
5.69)



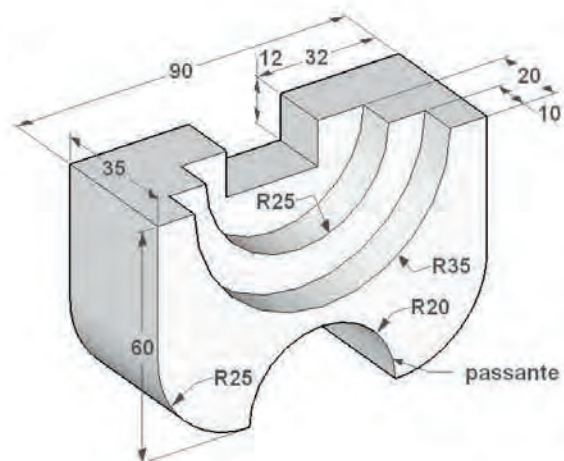
5.70)



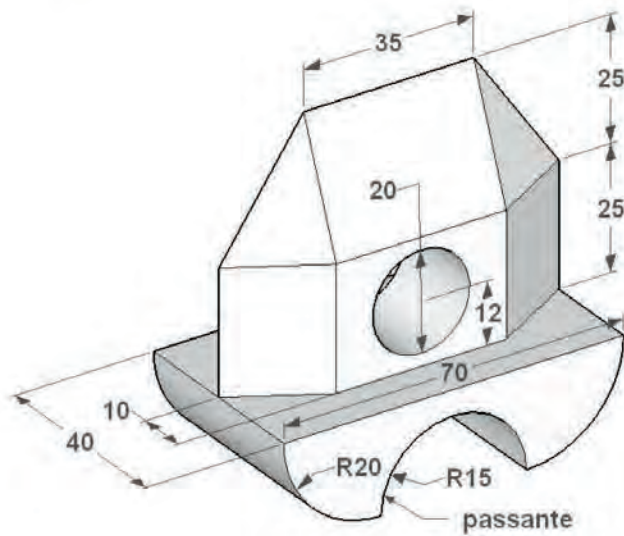
5.71)



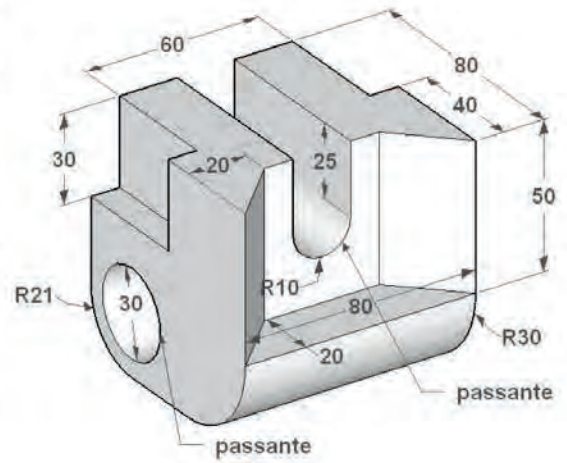
5.72)



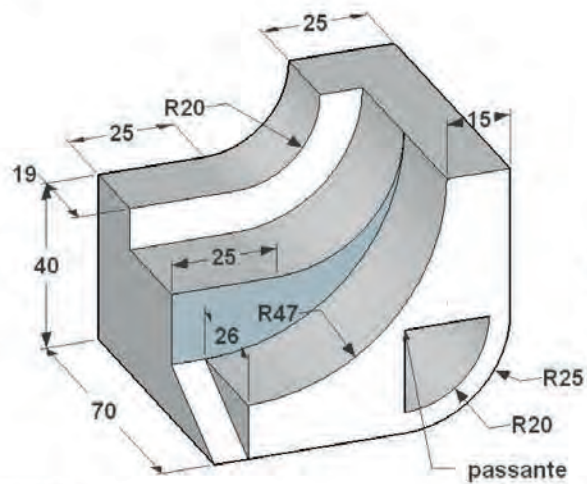
5.73)



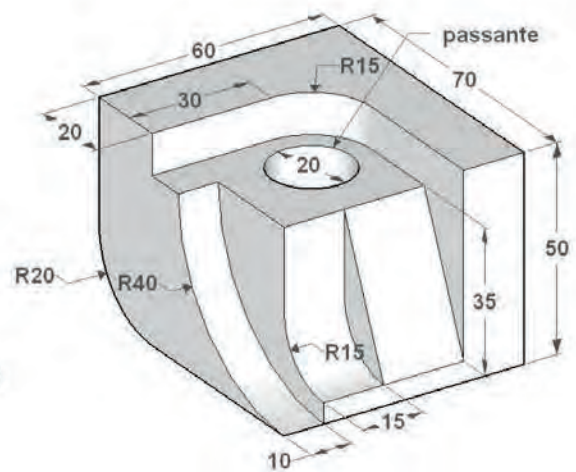
5.74)



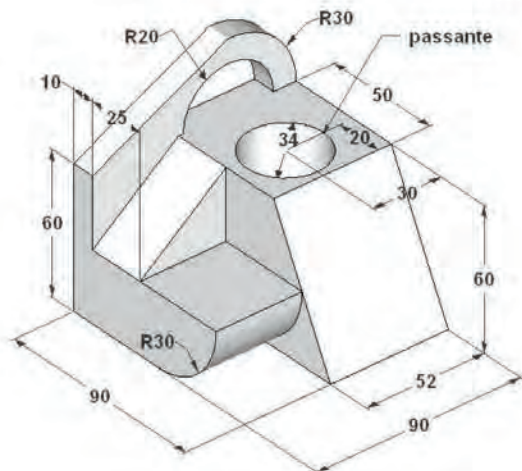
5.75)



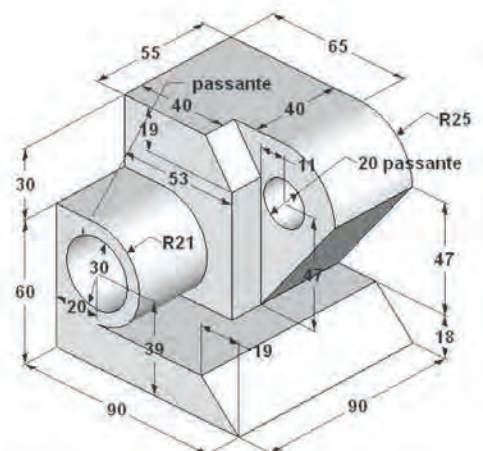
5.76)



5.77)



5.78)



CAPÍTULO 6

Cortes e seções

6.1 Introdução

De modo geral, os objetos são descritos totalmente pelas vistas principais ortogonais, ou com a adição de mais uma vista ortogonal e até mesmo com o auxílio de uma vista não ortogonal ao plano de épuras, mas paralela à face do objeto a que se quer representar. Porém, existem casos em que algumas arestas não podem ser vistas por nenhuma das vistas ortogonais e tampouco pelas vistas auxiliares, o que torna impossível a cotação destes elementos, pois só podem ser cotadas arestas visíveis na vista representada. Outro aspecto a se considerar são os objetos que apresentam muitas arestas invisíveis em uma vista, o que pode acarretar um congestionamento de linhas. Para contornar este problema é utilizada a técnica de corte ou seção, que nada mais é do que a secção de um objeto em um local onde se torna possível a visualização deste detalhe oculto em uma vista ortogonal ou auxiliar, ou a simplificação de detalhes. Como o objeto foi seccionado, há a necessidade de se diferenciar a seção cortada das partes intactas e também de se indicar a posição e a direção deste corte. Para isto, há tipos de linhas específicas para a indicação dos planos de corte e também a necessidade de uma marcação das arestas cortadas (hachuras). Deve-se salientar que a utilização dos cortes é muito útil também na representação de vários objetos ligados entre si, pois podem ser vistas com mais detalhes as ligações entre eles. A norma brasileira que regulamenta o assunto é a NBR:10067:1995 - Princípios Gerais de Representação em Desenho técnico (ABNT, 1995a) e as informações pertinentes a este capítulo estão no item 4.7 da referida norma.

6.2 Cortes e Seções

Para entender a técnica de corte, nada melhor que o exemplo da Figura (6.1). Nesta figura, a peça possui dois furos com um alargamento no topo de cada um:

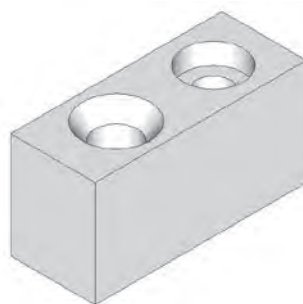


Figura 6.1: Peça com dois furos.

Representando esta peça com a utilização de projeções ortogonais, basta desenhar apenas a vista frontal e a vista superior (Figura 6.2). A vista da lateral esquerda tem pouco a acrescentar à interpretação do desenho, pois os detalhes nesta vista são os mesmos da vista frontal e superior.

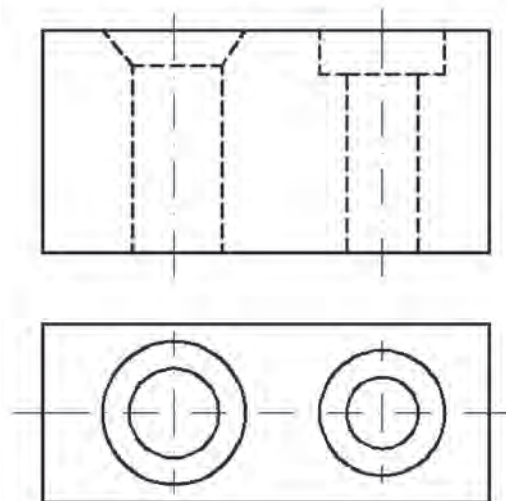


Figura 6.2: Vista frontal e superior, peça com dois furos.

Como podem ser notados, os furos na vista frontal aparecem tracejados e há uma variação do diâmetro perto do topo da peça. O comprimento vertical deste trecho não pode ser cotado, pois não é permitida a cotação de arestas “invisíveis”, ou seja, das linhas tracejadas. Uma alternativa de representação seria o de se “cortar” a peça no plano de simetria descrito na vista superior, no sentido vertical. Este plano de corte pode ser visualizado na representação da Figura (6.3) em três dimensões (3D).

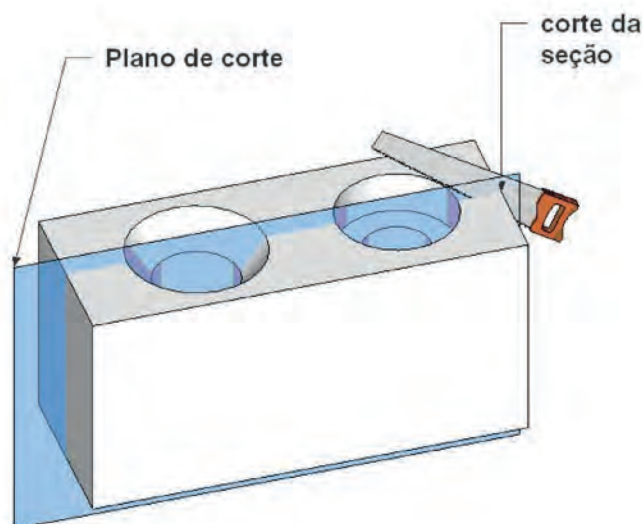


Figura 6.3: Plano de corte escolhido e corte da peça.

Terminado o corte, retira-se a parte frontal da peça que estava obstruindo a visão dos detalhes do alargamento dos furos e, em seguida, desenha-se a vista ortogonal frontal desta nova peça. Em suma, para poder cotar os detalhes que não aparecem nas vistas ortogonais, “corta-se” o objeto em um plano que passa por estes detalhes, de tal forma que, após a retirada da parte da peça que estava obstruindo esta visão, estes detalhes possam ser representados como arestas visíveis em uma vista ortogonal. Este processo pode ser ilustrado na Figura (6.4).

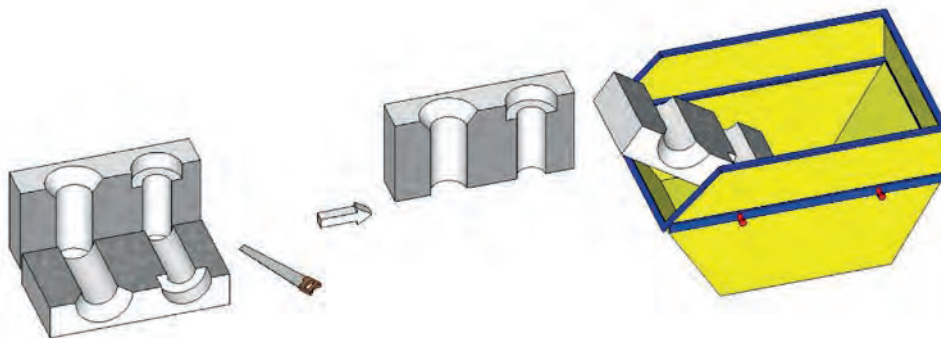


Figura 6.4: Corte da peça na direção do plano de corte estipulado e “descarte” da peça que não será desenhada nas vistas ortogonais.

O plano de corte deve ser representado em uma vista, se estiver localizado em uma direção ortogonal: sua localização será perpendicular à vista que mostra o plano do objeto cortado. No exemplo da Figura (6.1), a vista onde é marcada a direção e a posição do plano de corte é a vista superior (Figura 6.5) e a peça cortada aparecerá na vista frontal.

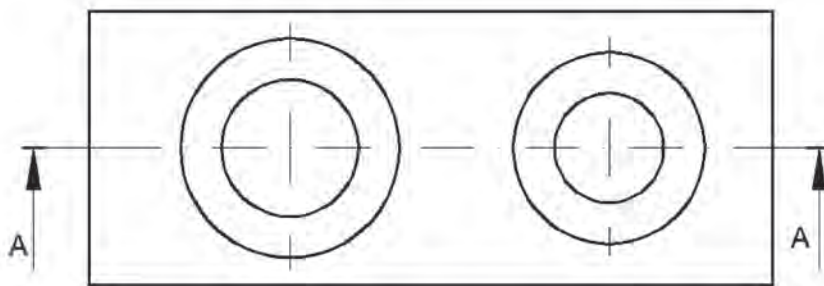


Figura 6.5: Indicação do plano de corte AA.

A indicação do plano de corte é feita com linha traço e ponto fina, sendo que nas extremidades há uma pequena linha contínua grossa (Tabela 2.6). As setas indicam qual a parte da peça será observada. Deve-se marcar esta vista com letras maiúsculas, ao lado das setas (Figura 6.5). Observando-se a Figura (6.5), a parte a ser observada em corte será a parte acima da linha de simetria, e será observada na vista frontal (Figura 6.6).

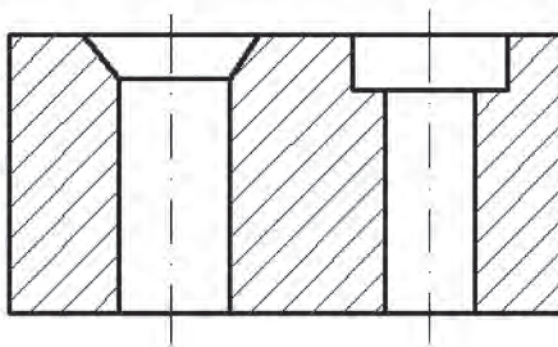


Figura 6.6: Vista da peça cortada (Vista Frontal).

É interessante frisar que as posições das vistas ortogonais nunca mudam. Se há um plano de corte em uma vista que remete ao corte em outra, tanto a vista que apresenta o plano de corte quanto a vista que apresenta a peça cortada devem aparecer em suas posições definidas nos respectivos diedros, como ilustra a Figura (6.7), salvo em condições de vistas auxiliares, sendo definida a posição desta vista. Outra observação pertinente é a identificação do corte na vista que este aparece. Pode-se indicar com a palavra “CORTE”

e escrevendo as letras indicativas da posição de corte, separadas por um hífen, ou basta escrever as letras separadas pelo hífen. A Figura (6.7) ilustra a posição da linha de corte, juntamente com a peça cortada, mostradas em suas respectivas vistas ortogonais, com a identificação do corte.

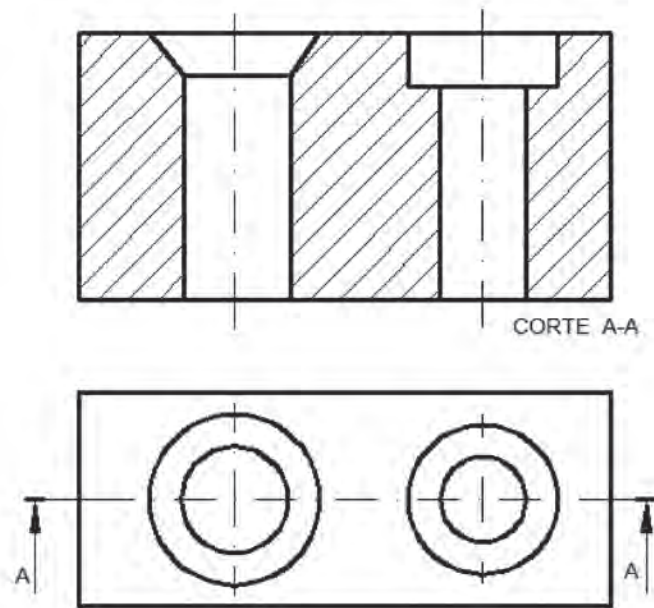


Figura 6.7: Vistas completas da peça, com corte e hachura.

Há casos em que a localização do plano de corte está muito clara no desenho e não há a necessidade de se indicar a sua direção (Figura 6.8):

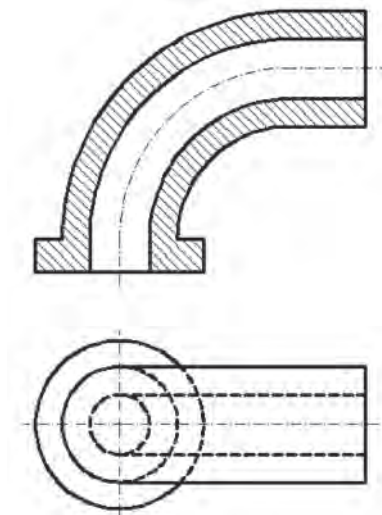


Figura 6.8: Vista simples em que é dispensada a indicação do plano de corte.

Estes casos ocorrem geralmente quando a geometria da peça é muito simples, e o plano de corte é encontrado sem nenhuma dificuldade. Para se diferenciar a parte cortada das arestas que permanecem íntegras, utiliza-se a técnica da hachura, que consiste em “marcar” a parte que foi cortada, deixando a parte do desenho que não sofreu cortes sem nenhum preenchimento. A norma brasileira que trata do assunto é a ABNT/NBR 12298:1995 - Representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico (ABNT, 1995b). A hachura mais utilizada são linhas finas paralelas umas às outras e com inclinação de 45° em relação às linhas principais ou às linhas de simetria (Figura 6.9). O objetivo principal da inclinação das linhas de hachura é o de diferenciar a direção das linhas de simetria e de cota, pois ambas as linhas são finas e estas últimas são geralmente paralelas às arestas.

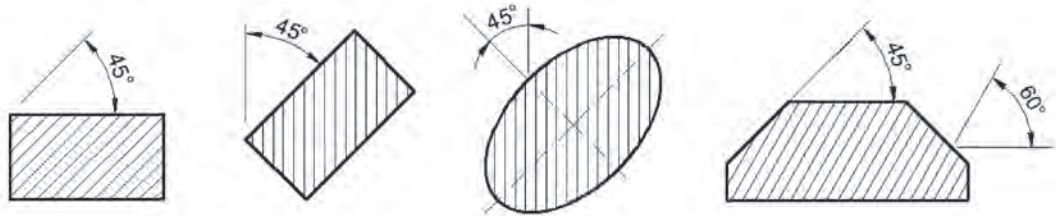


Figura 6.9: Direção das linhas da hachura.

No exemplo da Figura (6.7), na vista frontal, a parte que foi cortada aparece hachurada, enquanto que o centro do furo e sua parte alargada não, pois não sofreram cortes, por conseguinte, suas arestas permanecem intactas. A convenção deste tipo de hachura se deve ao fato de que se uma peça, (de madeira ou metálica) for cortada, geralmente a superfície seccionada apresenta deformações sobre a forma de estrias, como ilustra a Figura (6.10).



Figura 6.10: Linhas que indicam o sentido do corte em um tronco de uma árvore.

Há também hachuras normatizadas para cada tipo de material, geralmente simbolizando alguma característica do corte de materiais (Ex.:aço) ou simplesmente do material íntegro (Ex.:concreto, água). Os softwares com tecnologia CAD possuem várias bibliotecas de símbolos de cortes, facilitando muito o trabalho do desenhista, pois basta que a área fechada de uma figura seja demarcada para que, com um simples comando, se insira uma hachura neste local. Na Figura (6.11) é ilustrado a biblioteca de hachuras do software CAD.

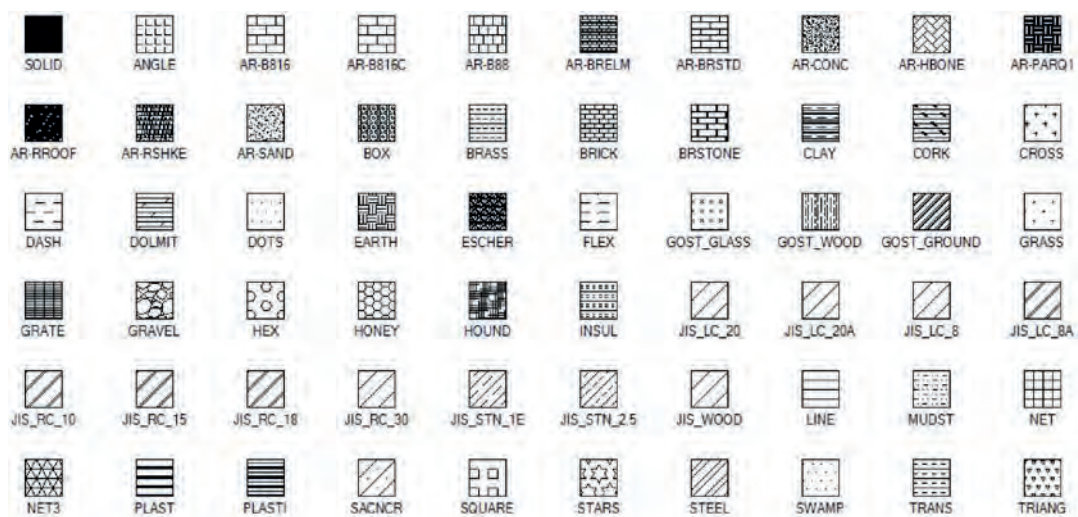


Figura 6.11: Hachuras segundo tipo de material.

As linhas das arestas antes do corte que eram invisíveis e representadas por linha tracejada, agora são visíveis e, portanto, são representadas por linha contínua grossa (Tabela 2.6, Capítulo2). Em uma peça cortada, não se mostra os detalhes (com arestas invisíveis) que estão atrás do plano de corte, pois isso tornaria o desenho carregado de linhas (linhas de arestas invisíveis se misturando com a hachura), dificultando sua interpretação e anulando os efeitos benéficos da utilização do corte. Na Figura (6.12), é ilustrado um plano de corte ortogonal que intercepta a peça nos detalhes principais:

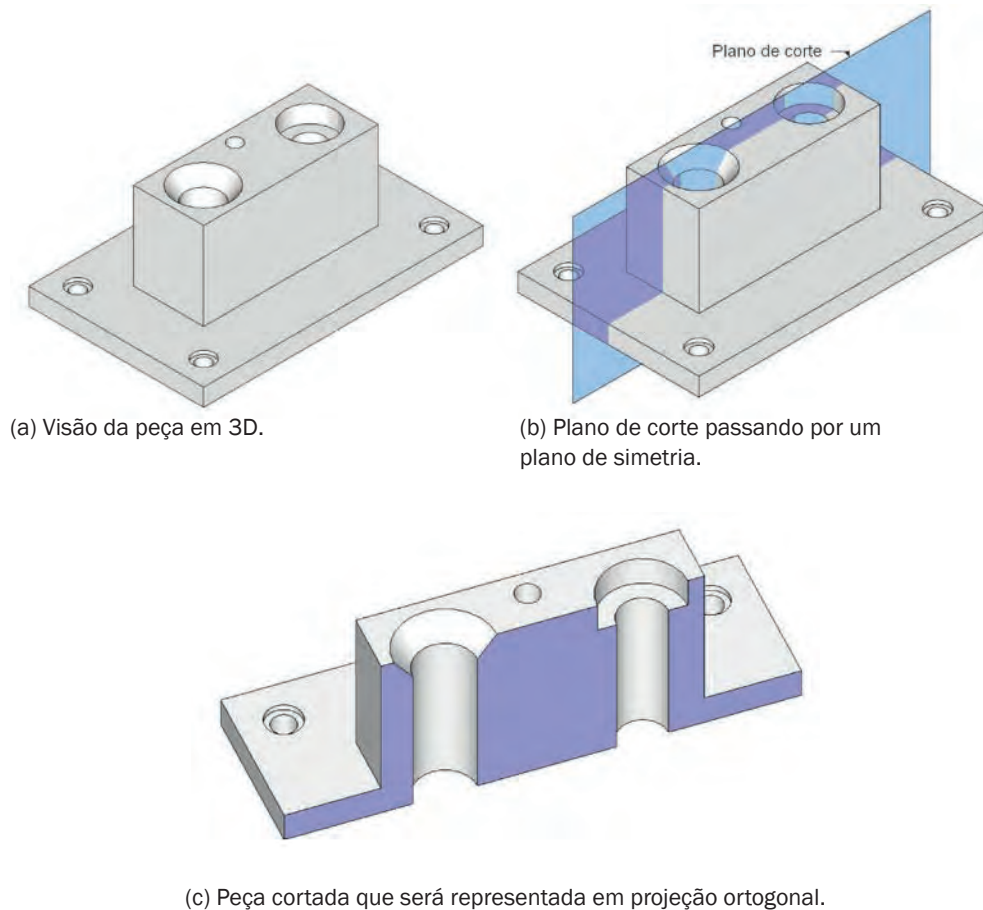


Figura 6.12: Corte de peça com vários furos

Neste exemplo, o plano de corte passa na linha de simetria longitudinal da peça (Figura6.12(b)), acarretando que os furos posteriores (na região acima da linha de simetria, na vista superior) serão omitidos na vista frontal com a peça cortada (Figura 6.12(c)). Se fossem visualizados os furos posteriores, com linha tracejada, haveria uma confusão com as linhas da hachura e além do mais, não se poderia cotar os alargamentos dos pequenos furos da base (Figura 6.13).

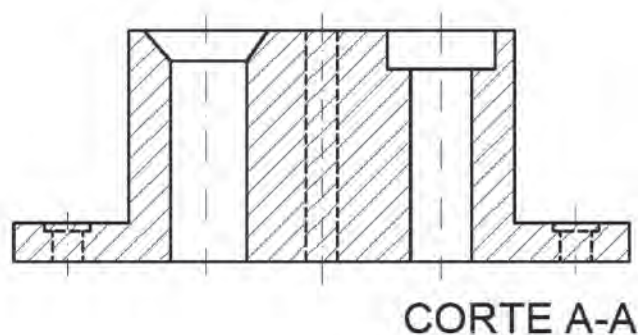


Figura 6.13: Vista frontal cortada e arestas posteriores ao plano de corte.

Por outro lado, representando a figura cortada com a omissão das arestas posteriores, como ditado em norma, não apareceriam os dois furos posteriores da base e um furo logo atrás dos furos maiores, necessitando de uma outra vista cortada para a cotação dos furos menores (Figura 6.14):

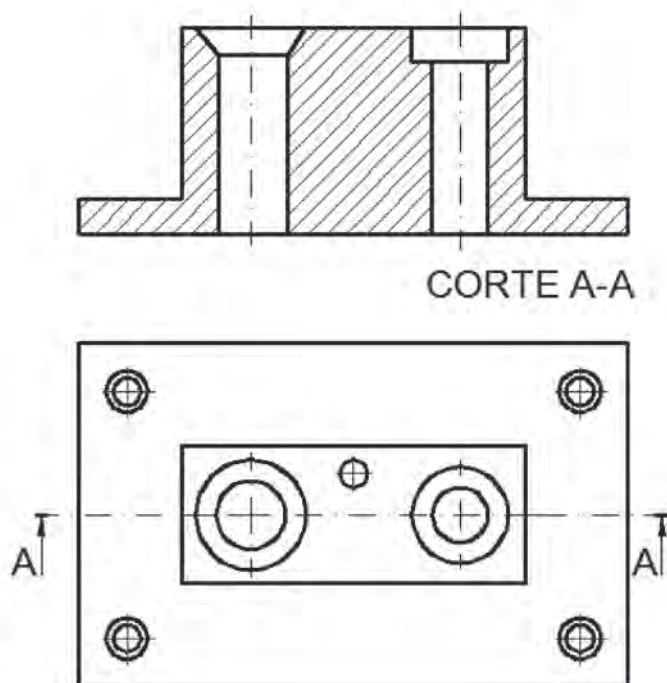
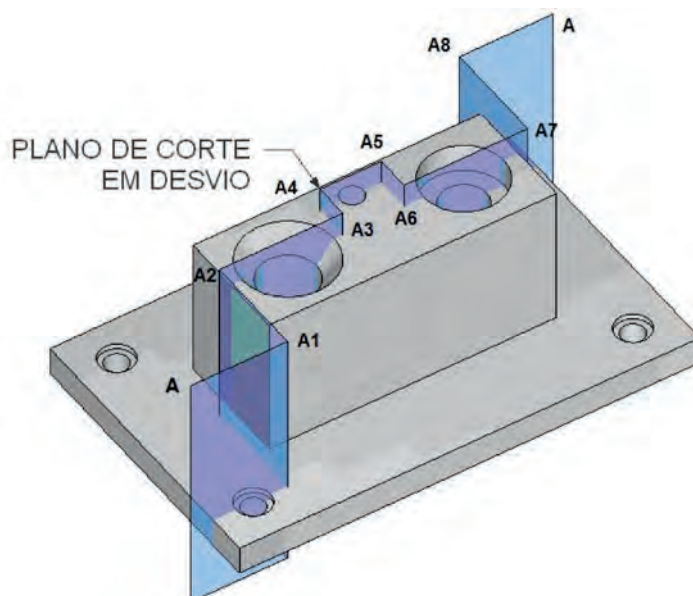


Figura 6.14: Vista superior e frontal em corte.

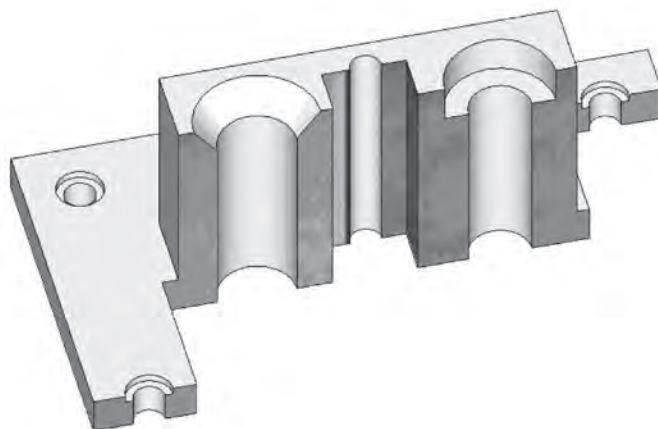
Uma alternativa seria traçar vários planos que contemplem a maioria dos detalhes, como serão vistos no próximo item.

6.2.1 Cortes em desvio

Como foi visto no item anterior, há certos detalhes na peça que não podem ser visualizado sem corte com a utilização de um só plano de corte ortogonal. Uma solução interessante é a de traçar planos, perpendiculares ou paralelos entre si, que contemplem todos os detalhes que sequeira visualizar, como demonstra a Figura (6.15).



(a) Visão do plano de corte em desvio.



(b) Parte remanescente da peça cortada que será vista em projeção ortogonal.

Figura 6.15: Corte em desvio.

Este tipo de corte é denominado “Corte em desvio”, pois no traçado do plano de corte, sua direção pode ser desviada para que possam ser visualizados outros detalhes da peça que não estejam na direção inicial do plano de corte.

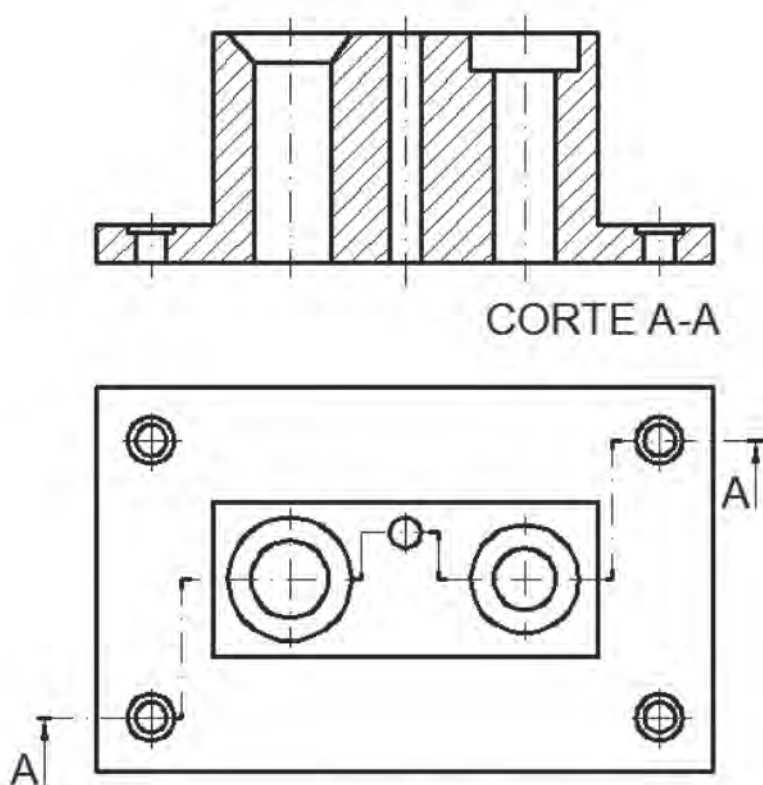


Figura 6.16: Vista superior e frontal em corte.

Na representação do plano de corte, Figura (6.16), as setas continuam a indicar a vista da peça que será mostrada em corte. Quando o plano de corte muda de direção, devem ser marcadas duas linhas pequenas e grossas na intersecção dos planos (2.6, Capítulo 2). Aparecerá em vista somente o plano que for perpendicular à linha de corte e na direção normal à vista em que aparece. Por exemplo, na vista frontal da peça da Figura (6.16), serão vistos somente os pontos na direção de AA1, A2A3, A4A5, A6A7 e A8A (Figura 6.15(a)). Os pontos intermediários são meramente ilustrativos e foram marcados somente para fins didáticos, portanto, não devem ser escrito sem projeto, apenas devem ser representadas as letras da extremidade do plano de corte, neste exemplo, as letras AA.

É importante notar na Figura (6.16) que, apesar do plano de corte sofrer várias modificações de direção, a hachura que ilustra o plano em corte é a mesma e, neste caso, é constituída de linhas paralelas com a mesma inclinação e o mesmo espaço entre elas. Mas quando o plano de corte ilustra dois furos adjacentes que estão em outro plano, a utilização de uma mesma hachura pode indicar a falsa ideia que estes furos estão em um mesmo plano. Neste caso, onde há “furos” concomitantes em planos diferentes, pode-se fazer o uso de hachuras inclinadas com a mesma inclinação e distância entre as linhas, porém, estas linhas devem estar desencontradas na divisa entre os furos (Figura 6.17).

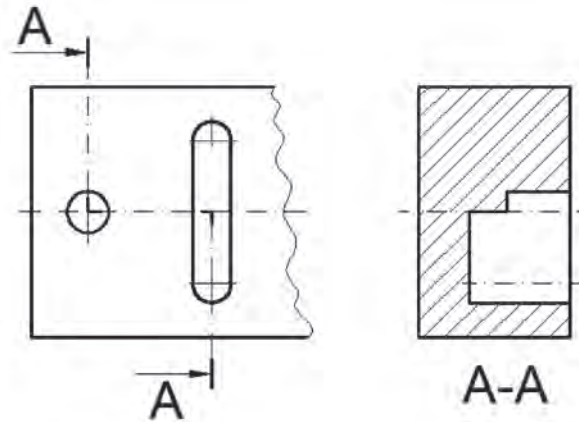


Figura 6.17: Corte de furos adjacentes em planos diferentes.

6.2.2 Rebatimento de plano

Na representação de objetos em corte, pode ocorrer que certas partes da peça não estejam alinhadas com os planos principais de projeção (6.18).

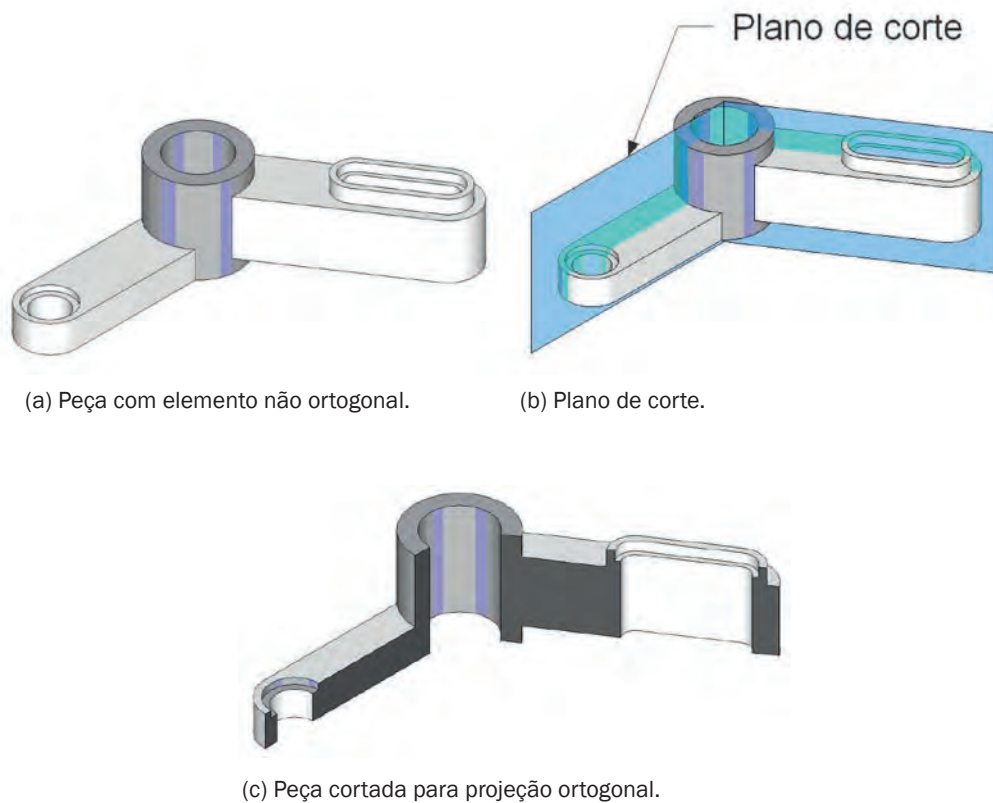


Figura 6.18: Rebatimento de plano.

Como foi visto no Capítulo 4, quando as projetantes interceptam o objeto em uma direção não perpendicular ao plano de projeção, haverá uma distorção das dimensões do objeto neste plano. Desta forma, o desenho destas peças com a utilização de planos ortogonais torna-se inócuo, pois algumas partes da peça serão representadas nos planos ortogonais com dimensões diferentes da real, o que inviabilizaria a produção industrial deste objeto. Para evitar este problema, utiliza-se a técnica de rebatimento de plano, que consiste na rotação do plano de corte inclinado até uma posição em que este plano seja paralelo a algum dos planos de projeções principais, podendo agora esta parte da peça ser representada nas vistas ortogonais com suas dimensões reais, como pode ser visualizado na Figura (6.19).

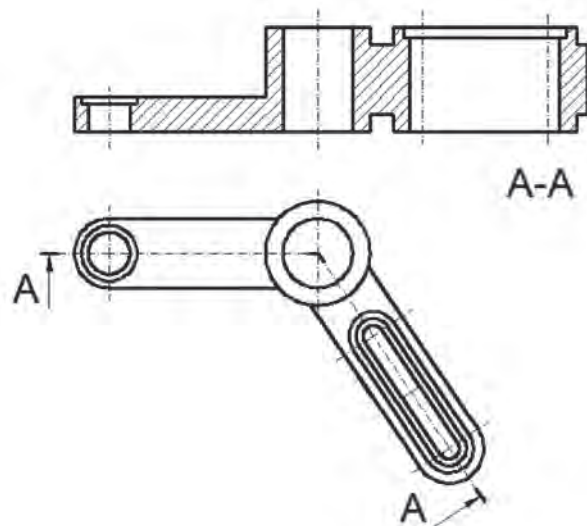


Figura 6.19: Vista superior e vista frontal rebatida.

No exemplo das Figuras (6.18), a peça pode ser dividida em duas partes: uma primeira parte da peça que pode ser representada nas vistas ortogonais com suas dimensões reais, e uma segunda que seria desenhada com distorções nos planos ortogonais principais. Para evitar o problema da segunda parte, o plano de corte nesta região é rotacionado até se tornar alinhado com a primeira parte. A Figura (6.19) mostra o rebatimento do plano e nota-se a introdução de pequenas linhas grossas na região de desvio do plano de corte, indicando assim que o plano de corte neste ponto se dirige a direção da segunda parte da peça, o que é demonstrado pela direção na seta no final deste plano. Não há necessidade de mais nenhuma notação especial, pois a direção da seta do plano inclinado em relação às vistas principais já demonstra qual parte da peça será descrita em corte. A Figura (6.22) ilustra também esta técnica de rebatimento do plano de corte.

6.2.3 Elementos que não são cortados

Em uma vista que apresenta cortes, a parte seccionada pelo plano de corte deve ser representada por meio de hachuras. Entretanto, alguns elementos não devem ser hachurados. Estes elementos são geralmente elementos de ligação e elementos que dão rigidez às peças. Isto se deve ao fato de que, se um elemento de ligação ou enrijecimento for hachurado, na falta de uma vista que mostre sua espessura real, a pessoa que interpreta o desenho pode entender que esse elemento é maciço, ou seja, circunscreve toda a peça. A Figura (6.20) mostra um volante com 3 raios, sendo feito um corte na direção de 2 raios.

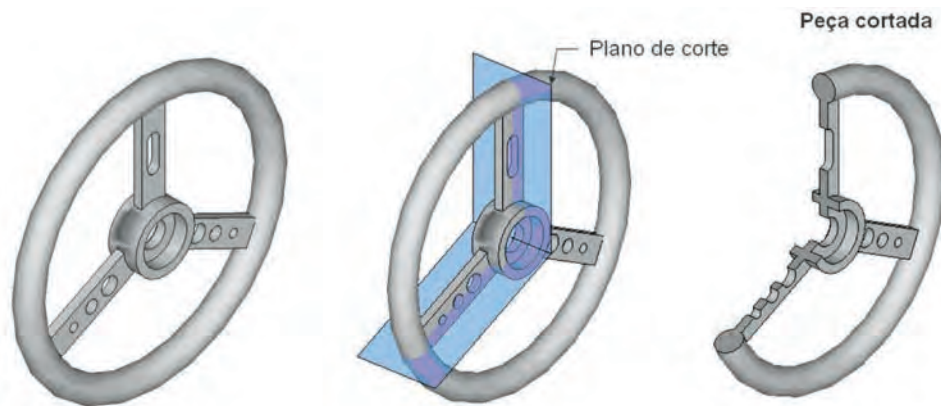
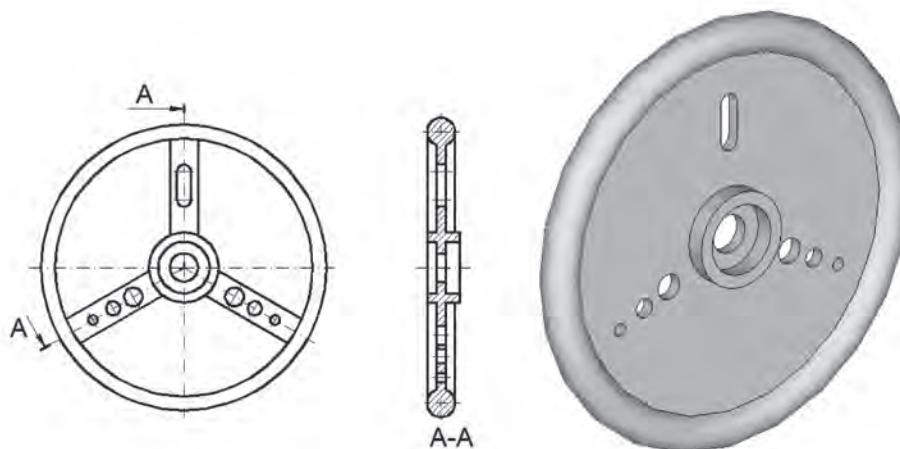


Figura 6.20: Corte em um volante.

Na representação da vista em corte, se os raios forem desenhados na vista cortada com hachuras, como mostra a Figura (6.21), os operários poderiam interpretar este desenho como se os raios circundassem todo o volante:



(a) Vista cortada com raios hachurados. (b) Interpretação do desenho.

Figura 6.21: Interpretação de desenhos com raios hachurados.

O desenho em projeção ortogonal correto do volante é mostrado na Figura (6.22), ficando desde já subentendido que os raios não circundam todo o volante.

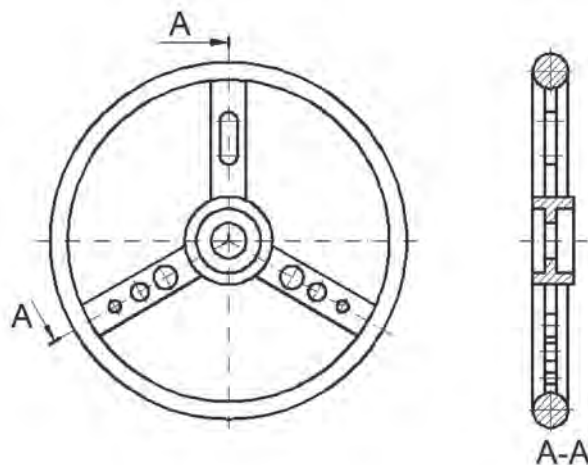


Figura 6.22: Vistas Principais e corte - Volante.

Nota-se também neste exemplo a necessidade de se utilizar a técnica de rebatimento de plano, pois dois raios do volante têm direção não ortogonal com os planos principais, como foi visto no item anterior. Os elementos de ligação como pinos, parafusos, porcas, arruelas e rebites, têm por finalidade unir peças isoladas para a formação de uma peça mais complexa. São extensamente utilizadas em todas as áreas da Engenharia, pois a maioria dos equipamentos são uma reunião de várias peças que devem ser unidas de alguma forma. A não utilização de hachura neste elemento em um corte mostra uma diferença entre as peças cortadas, dando sentido de ligação entre elas. A Figura (6.23) mostra uma vista em corte com a utilização de um rebite como elemento de ligação:

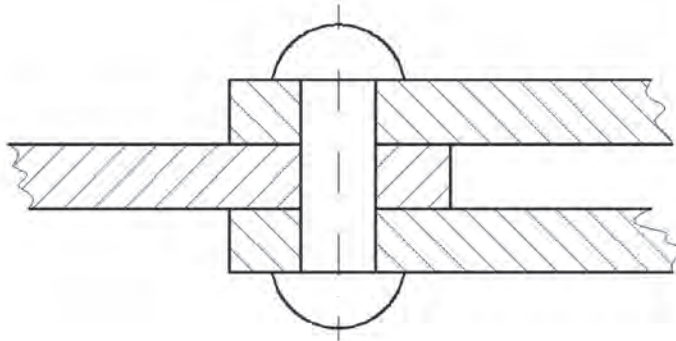


Figura 6.23: Representação em corte de elemento de ligação.

As nervuras, também chamadas de enrijecedores, são elementos que dão rigidez a certas regiões das peças que são solicitadas por grandes esforços ou possuem uma seção muito esbelta, garantindo a estabilidade estrutural da peça e impedindo grandes deformações. São muito utilizadas na engenharia pois há uma economia de material, ao invés de se utilizar uma seção toda maciça. A Figura (6.24) mostra uma peça com nervuras e o sentido do plano de corte que as atravessa. Caso as nervuras fossem hachuradas, esta parte poderia ser entendida como maciça, ou seja, circunscrevendo toda a peça, considerando a leitura do corte que aparece na vista frontal (Figura 6.25):

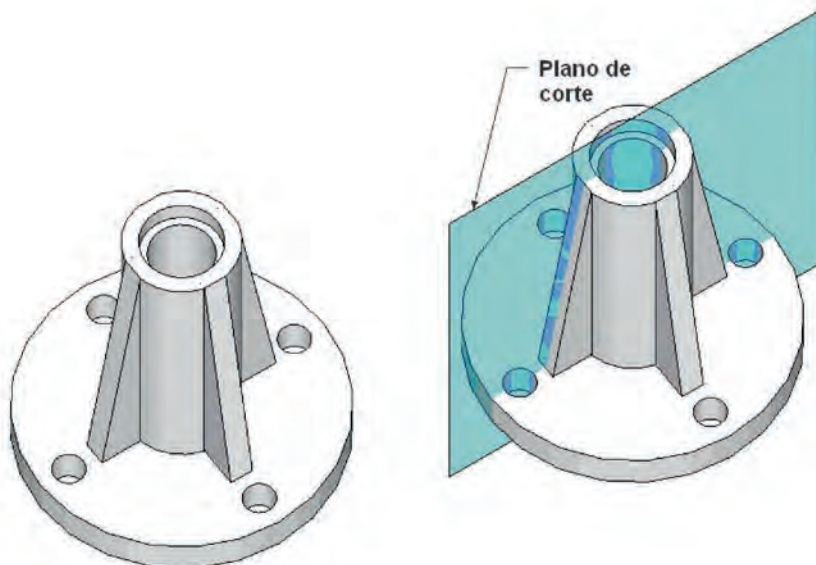


Figura 6.24: Peça com nervuras e sentido do plano de corte.

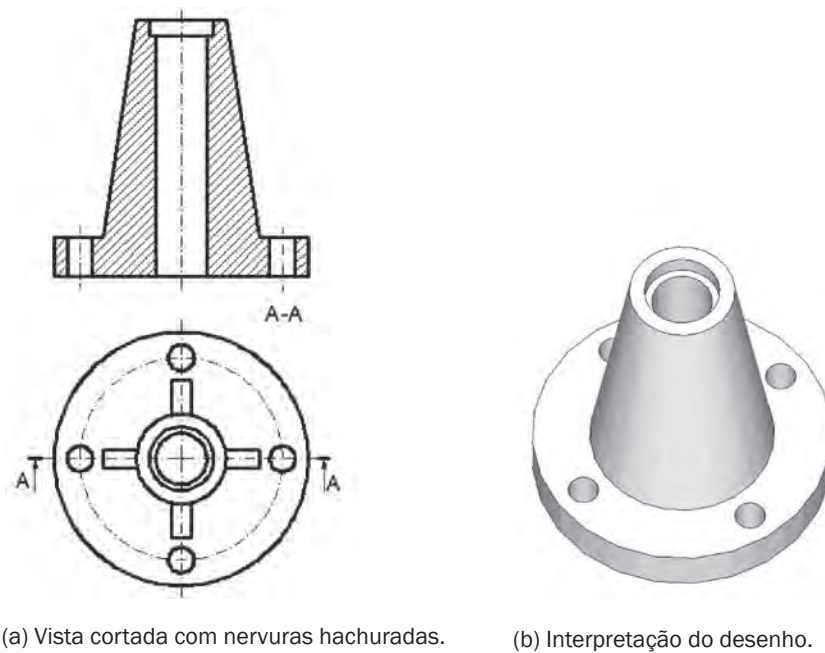


Figura 6.25: Interpretação do desenho com nervuras hachuradas.

O desenho correto, com as nervuras não hachuradas, é descrito na Figura (6.26):

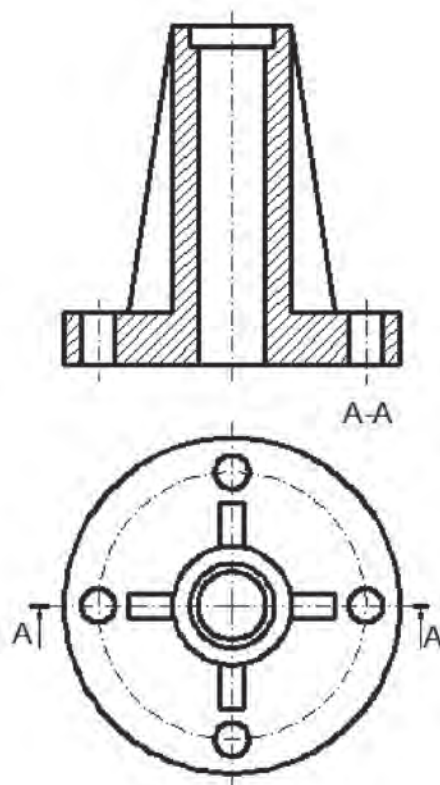


Figura 6.26: Vistas principais de peça com nervuras.

Segundo a NBR 10067:1995 (ABNT, 1995a), os elementos que não são hachurados, quando avista mostra sua direção longitudinal, são:

- Dentes de engrenagem;
- Parafusos;
- Porcas;

- Eixos;
- Raios de roda;
- Nervuras;
- Pinos;
- Arruelas;
- Contrapinos;
- Rebites;
- Chavetas;
- Volantes;
- Manípulos.

6.2.4 Meio corte

Em algumas peças é interessante mostrá-las cortadas, para que se tenha uma ideia de sua geometria interna, do tipo de material com que é fabricada e também de alguns detalhes que ficariam ocultos, e por isso não poderiam ser cotados nos planos principais de projeções. Além disso, é interessante também mostrar o lado externo da peça, para que se possam ser visualizadas alguns detalhes para sua montagem ou conexão com outra peça. Se a peça for simétrica, pode-se atender aos dois requisitos listados acima, pois a partir da linha de simetria, podem ser visualizadas uma parte da peça cortada e a outra íntegra.

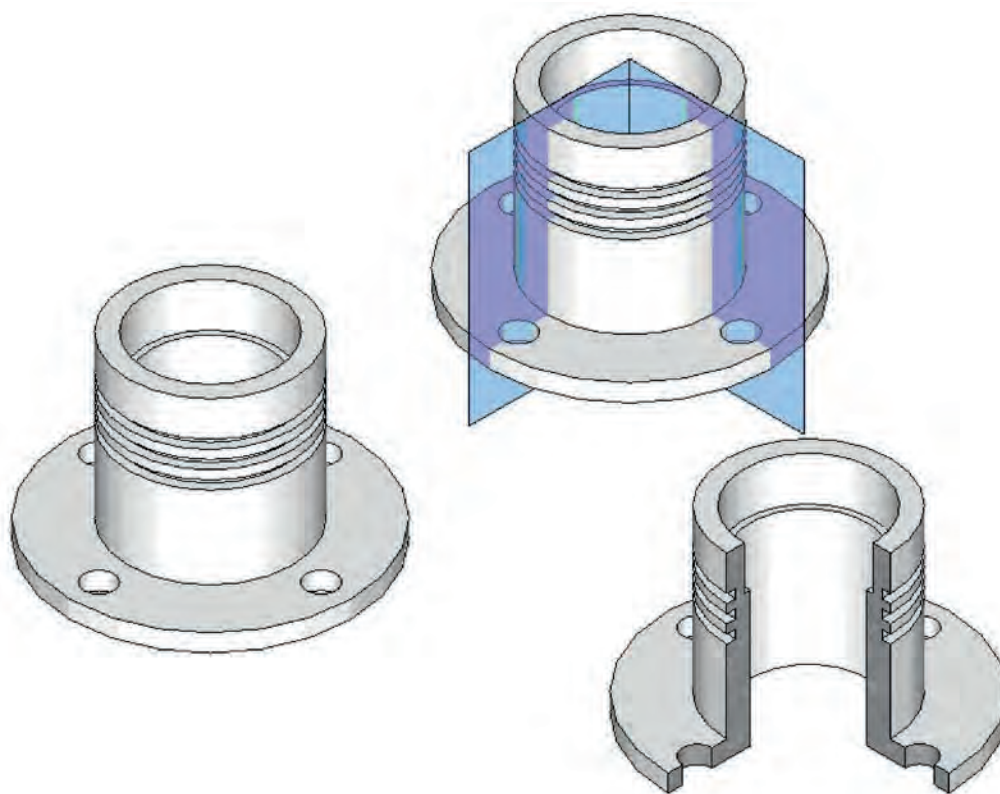


Figura 6.27: Peça simétrica, plano de corte (meio corte) e peça cortada.

No caso da Figura (6.27) na vista superior, o plano de corte segue reto, saindo da esquerda em direção à direita, até chegar ao centro da peça. No centro da peça, e neste caso a peça possui dupla simetria, a direção do plano é alterada de forma abrupta, indo em direção a parte de baixo da peça. Retira-se então a parte que não será visível, que neste caso é exatamente um quarto da peça e pode-se avistar na vista frontal, metade da peça em corte e a outra metade intacta (Figura 6.28):

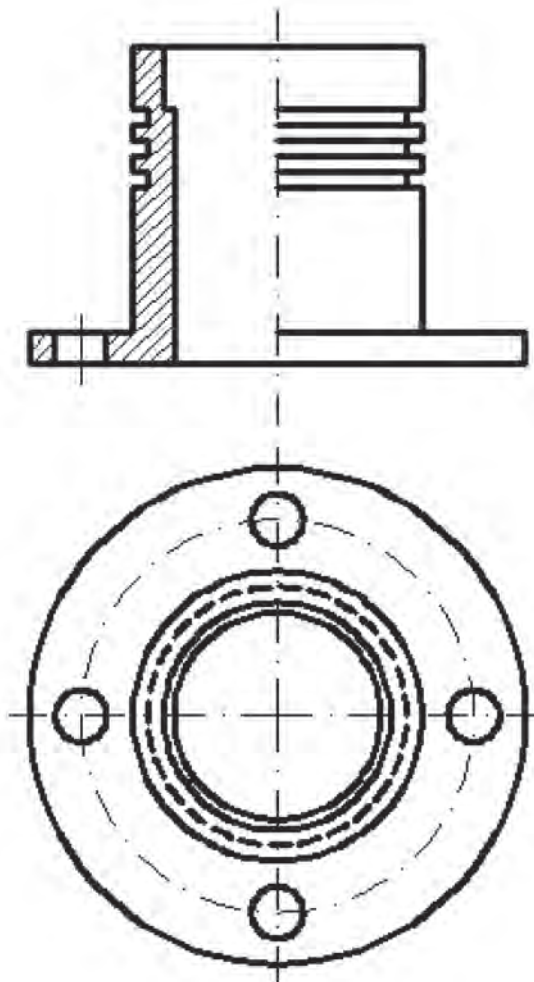


Figura 6.28: Meio corte da peça na vista frontal.

Neste exemplo, pela geometria simples da peça, pode-se dispensar a indicação do plano de corte na vista superior, pois não há dificuldade em se visualizar sua posição. Porém, se o desenhista deseja indicar o plano de corte, o mesmo deve ser feito da seguinte maneira (Figura 6.29). Neste caso, tanto a vista frontal quanto a vista lateral esquerda aparecerão com a aparência de meio corte.

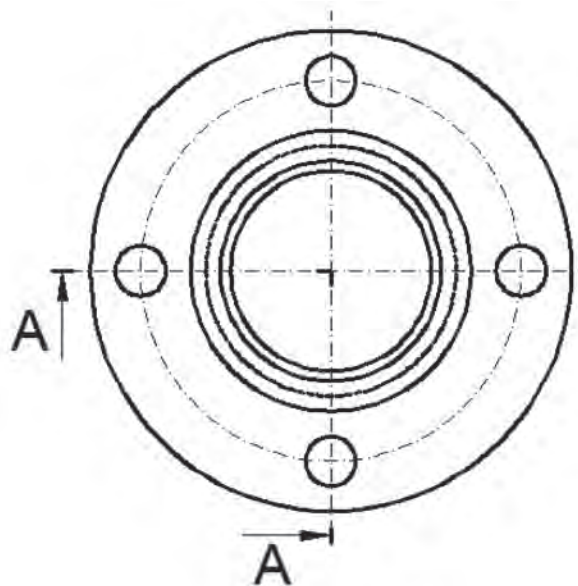


Figura 6.29: Indicação do plano em meio corte.

6.2.5 Corte em peças com seção delgada

Em peças cuja seção transversal é muito delgada, como perfis metálicos (Figura 6.30) e tubulações com espessura fina das paredes, a representação do corte com a utilização de hachura tradicional (linhas finas com inclinação a 45° do plano principal) não produz uma boa visualização. Nestes casos, a NBR 12298:1995 (ABNT, 1995b) recomenda que se preencha totalmente a seção na cor preta.



Figura 6.30: Corte de seções metálicas. Perfil L, 2L e U.

6.2.6 Corte parcial

Há situações em que se deseja conhecer pequenos detalhes da peça que não aparecem nas vistas, o que tornaria oneroso o corte em toda uma seção da peça para só esta finalidade (Figura 6.31). Para resolver este problema, basta-se fazer um corte apenas nesta região de interesse e mostrá-la na vista apropriada. Este corte é feito com uma linha sinuosa fina (Tabela: 2.6) e esta região agora que aparece em corte deve ser hachurada. Não há a necessidade de se indicar o corte, pois fica implícito no desenho que esta região foi seccionada e o que está sendo observado faz parte da região interna da peça (Figura 6.32).

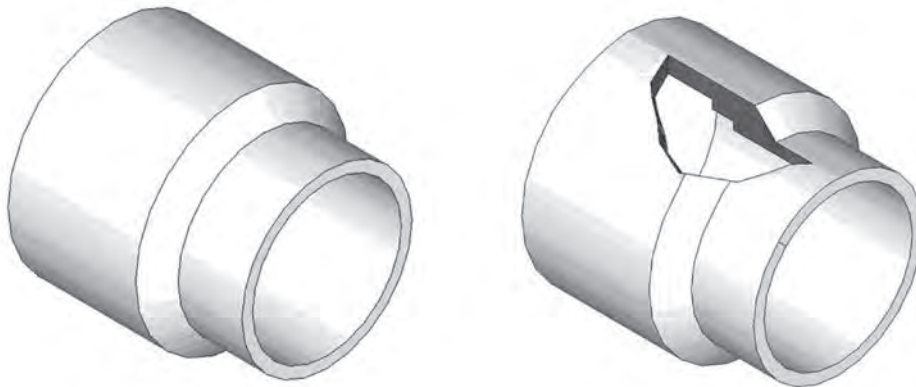


Figura 6.31: Vista em perspectiva de peça e região do corte parcial.

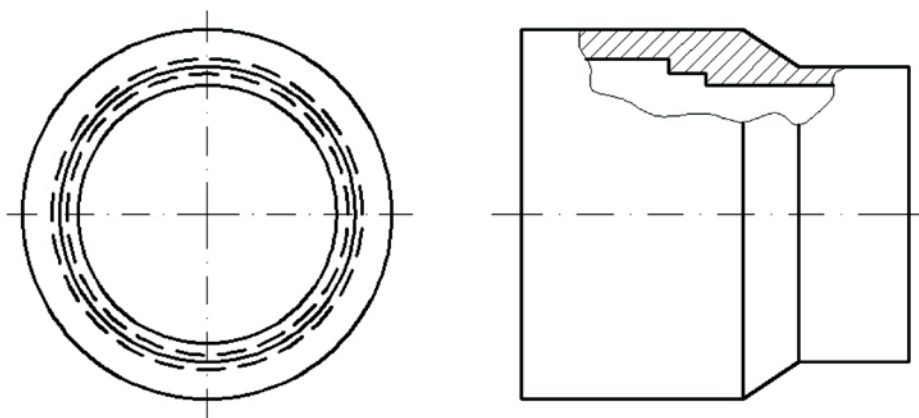


Figura 6.32: Vistas principais de peça com corte parcial.

6.2.7 Corte em conjunto de peças

A vista em corte de um conjunto de peças é muito interessante para que se possa visualizar a posição relativa entre as peças, evitando assim possíveis interferências entre os elementos, inviabilizando a montagem final do conjunto (Figura 6.33).

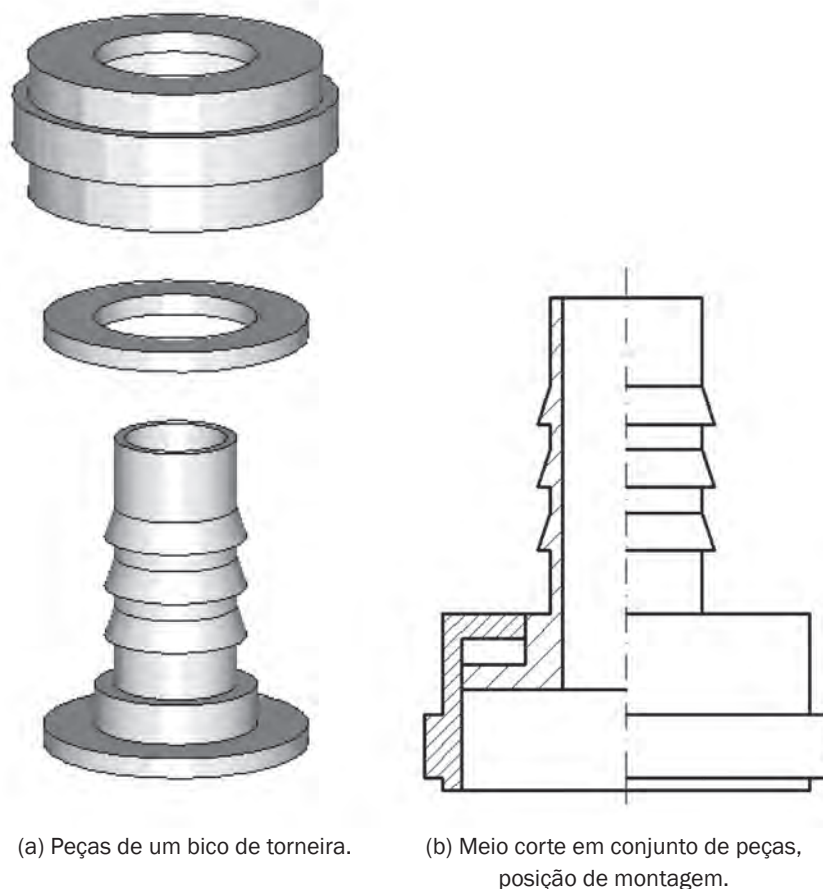


Figura 6.33: Corte em conjunto de peças.

Deve-se ter o cuidado no corte em diferenciar cada uma das peças, quando essas estão unidas na posição final de montagem, para que se evite que elementos distintos sejam confundidos como um elemento contínuo. A técnica utilizada é a de diferenciar as hachuras e a norma NBR 12298-1995 - Representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico (ABNT, 1995b) determina que “as hachuras em desenhos de conjunto, em peças adjacentes, devem ser feitas em direções opostas e/ou espaçamentos diferentes” (item 5.4). Para ilustrar esta recomendação, tem-se a montagem de um bico de mangueira composta por três peças distintas (Figura 6.33). Neste conjunto, em uma peça foi utilizada uma hachura a 45° com a horizontal no sentido anti-horário (conexão rosqueada com a torneira). Em outra peça não foi utilizada hachura, pois trata-se de um elemento de ligação (arruela). E por último foi utilizada uma hachura de inclinação igual em direção à primeira peça, porém, com um espaçamento maior entre linhas (bico conector com a mangueira). Neste exemplo também foi utilizada a técnica do meio corte, mostrando a partir do plano de simetria a peça em corte, com as peças que compõem o conjunto na posição de uso e uma parte sem cortes, que ilustra a aparência externa do conjunto. Uma observação importante a fazer, que será tratada com mais detalhes no capítulo posterior, é que o corte de conjunto de peça não deve ser cotado, pois geraria uma certa confusão do início e do fim das dimensões de cada uma das peças. Portanto, o corte em conjunto só deve ser utilizado para ilustrar a relação entre os componentes do conjunto.

Em conjunto de peça, é comum observar que certos componentes têm dimensões muito maiores que as outras peças do conjunto. Neste caso, há necessidade de ser feita uma interrupção nestas peças, e por possuir uma dimensão muito maior que as outras, pode-se efetuar a hachura somente em seu contorno adjacente às outras peças, deixando o interior da peça em branco, como mostra a Figura (6.34):

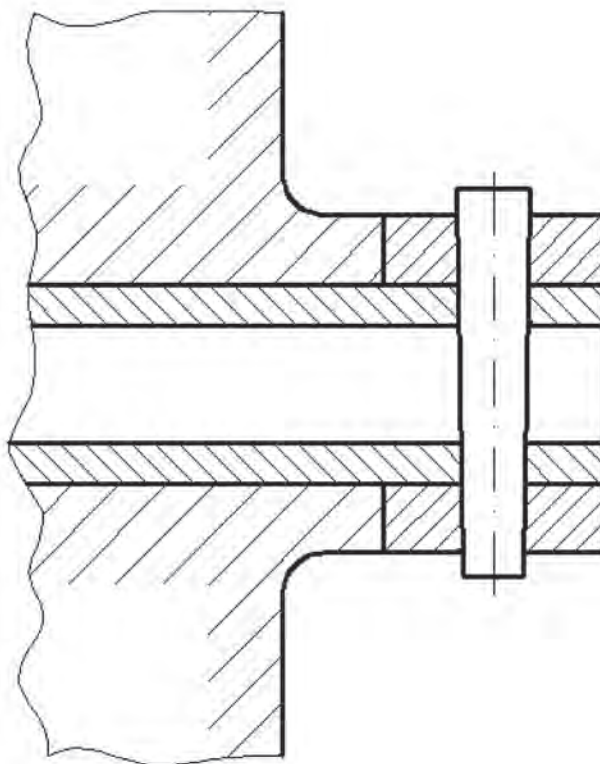


Figura 6.34: Hachura em uma área de corte muito grande.

Outro ponto relevante sobre o corte de conjunto de peças é a consideração de peças soldadas ou coladas (Figura 6.35). Em uma análise visual, pode-se confundir este conjunto de peças como sendo uma peça monolítica, diferentemente das ligações aparafusadas, rebitadas e feitas por pinos. Para evitar este problema, deve-se representar por hachuras diferentes as peças unidas por solda ou coladas.

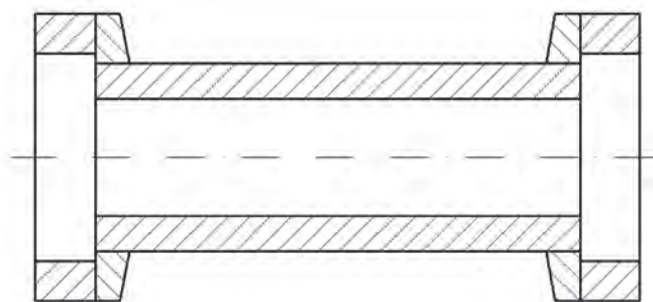


Figura 6.35: Hachura em um conjunto de peças ligadas por solda.

6.3 Seções

Diferentemente da técnica de corte, nas seções aparecerá na vista apenas a parte que foi seccionada, não havendo a necessidade de ilustrar a parte do desenho que não é cortada. É utilizada no caso em que só se tem interesse na parte que foi seccionada, como no caso de eixos com seções constantes, em alguns entalhes destes mesmos eixos, e também onde a geometria da seção transversal varia constantemente ao longo do comprimento da peça, como é o caso de pás de hélices e ganchos. Ou, por fim, tem-se apenas o interesse em detalhar uma determinada seção da peça. A Figura (6.36) mostra o caso de eixos com entalhes.

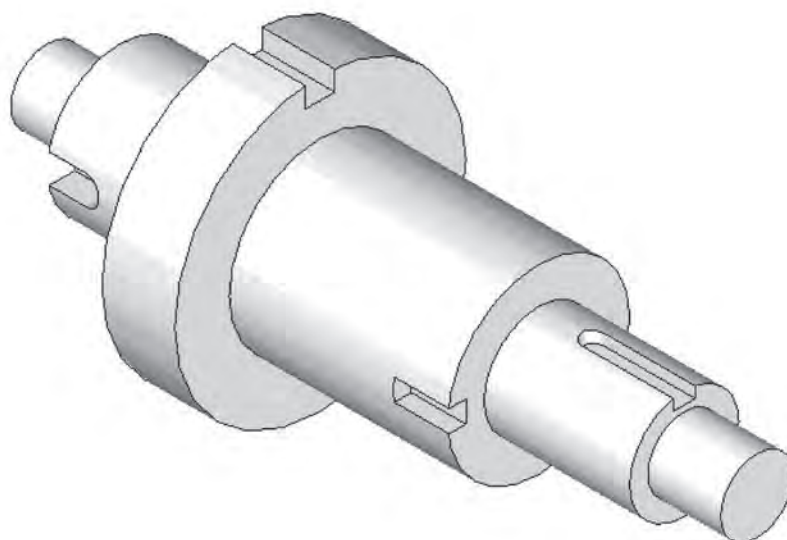


Figura 6.36: Eixo com reentrâncias.

Há 3 tipos principais de representação das seções ao longo de um objeto. Podem-se colocar as seções ao longo da linha de eixo, no caso da Figura (6.37).

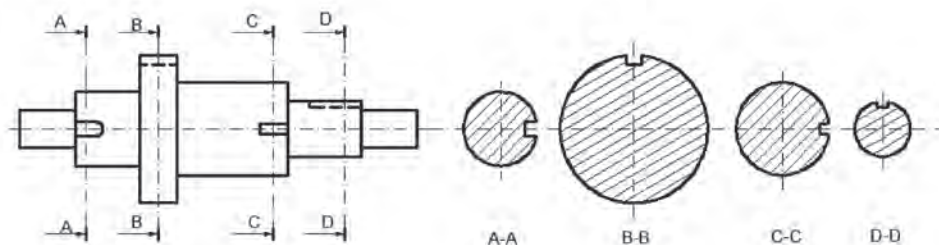


Figura 6.37: Vistas principais e seções da peça.

Com esta representação, tem-se a vantagem das seções ficarem mais deslocadas da vista principal. É necessário, neste caso, identificar o plano da seção e a própria seção, pois estas ficam deslocadas de sua posição original. Neste caso de peça com uma linha de centro ao longo da seção transversal, torna-se interessante representar as seções na continuidade desta linha, reforçando ainda mais o sentido de eixo deste tipo de peça. Na identificação das seções, utiliza-se setas que indicam a direção da vista seccionada e também da linha traço ponto (Tabela 2.6) para mostrar a seção que está sendo cortada. A extremidade da linha de corte deve ser traçada com linha grossa. Na seção cortada deve haver uma identificação, feita geralmente com letras repetidas (ABNT-NBR 12298:1995) (ABNT, 1995b). Uma segunda representação mostra as seções orientadas segundo a posição em que aparecem na peça (6.38).

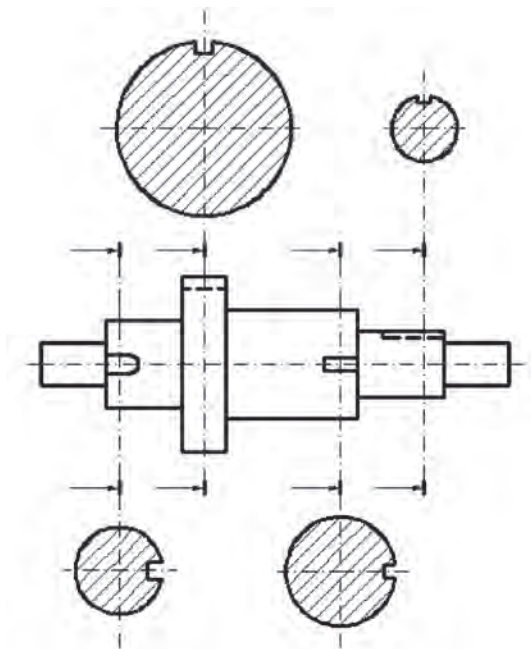


Figura 6.38: Vistas principais e seções orientadas na direção que aparecem na vista principal.

Neste caso, há a vantagem de que a representação da seção fica na direção que se localizam na peça, facilitando sua visualização. Como desvantagem, se a peça apresentar muitos detalhes, o desenho pode ficar congestionado. Neste caso não há necessidade de se identificar as linhas de chamada dos planos e as seções, pois já está implícito a localização de cada seção. Esta representação também é muito utilizada quando há uma grande variação de formas e de dimensões das seções transversais de uma peça (Figura 6.39):

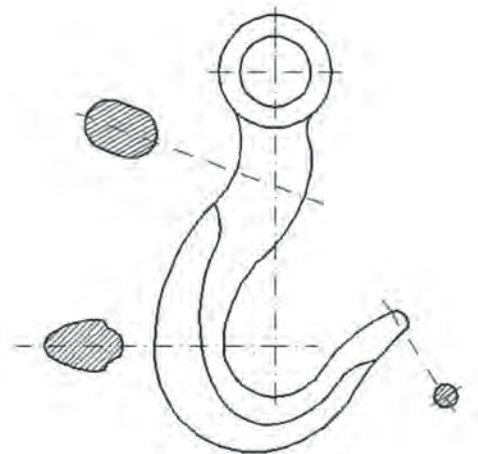


Figura 6.39: Vistas principais e seções orientadas na direção que aparecem na vista principal.

Pode-se também representar a seção no próprio local (Figura 6.40), sendo que nestes casos, a linha de contorno da seção deve ser linha contínua fina (Tabela 2.6).

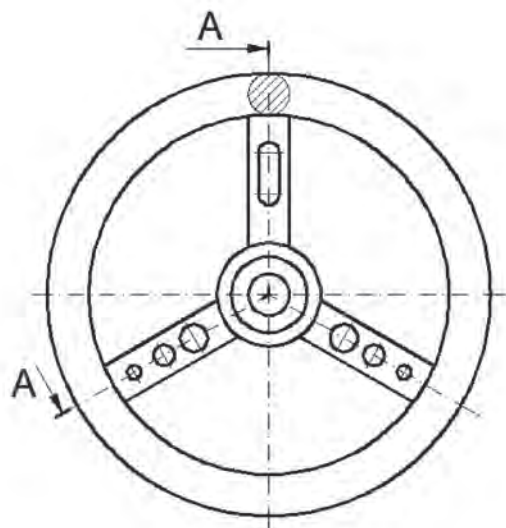
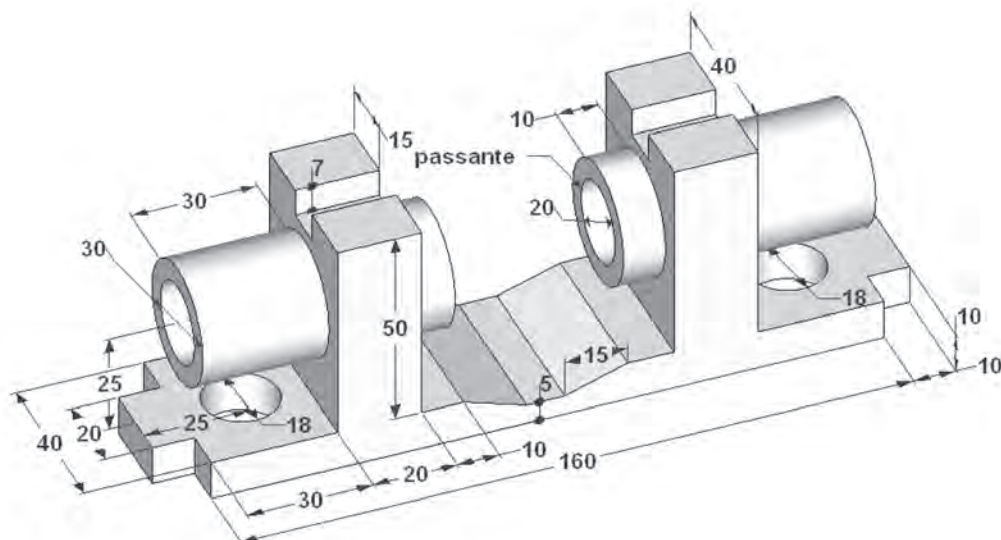


Figura 6.40: Seção representada na própria vista.

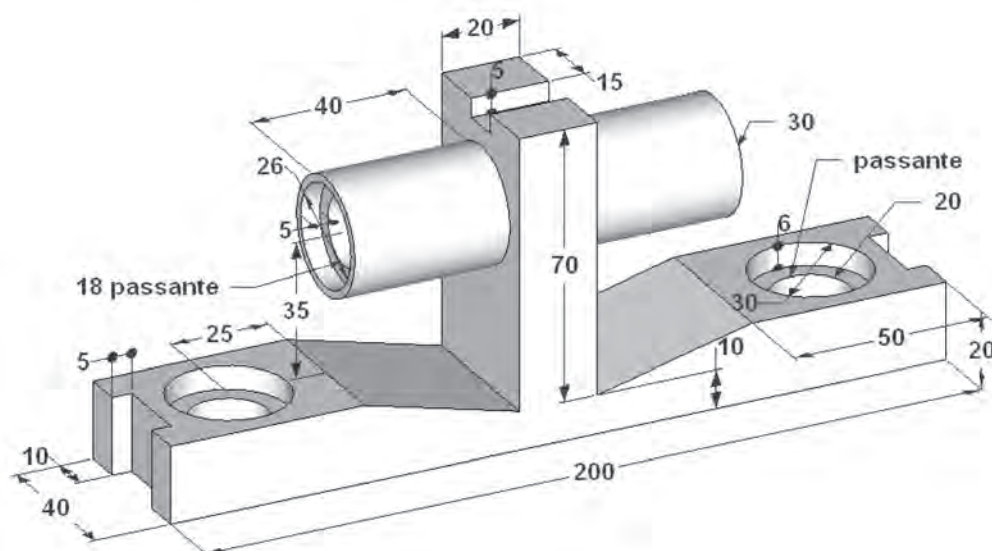
6.4 Exercícios

Faça as vistas ortogonais e a cotação das figuras a seguir. Utilize a técnica de corte ou seção quando for necessário.

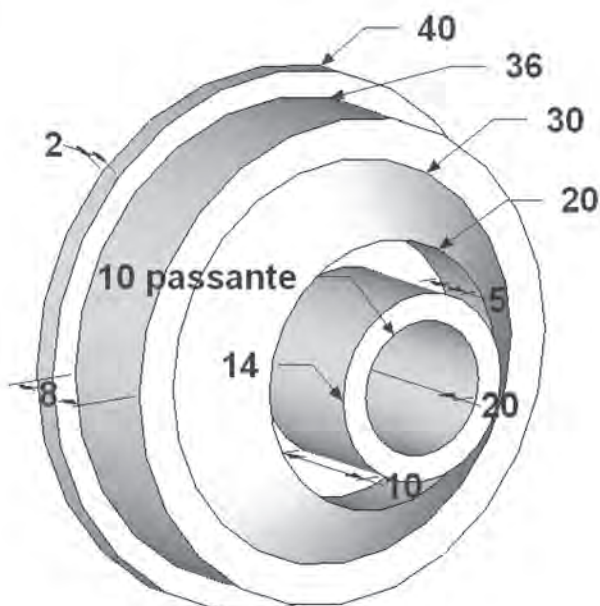
6.1)



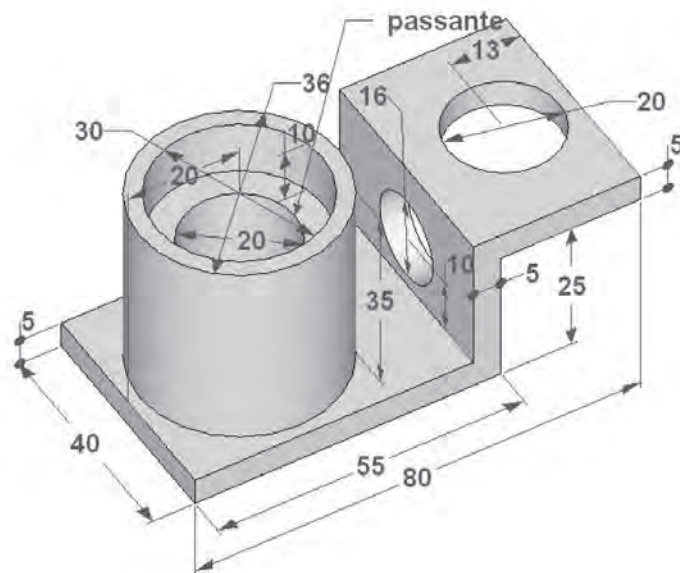
6.2)



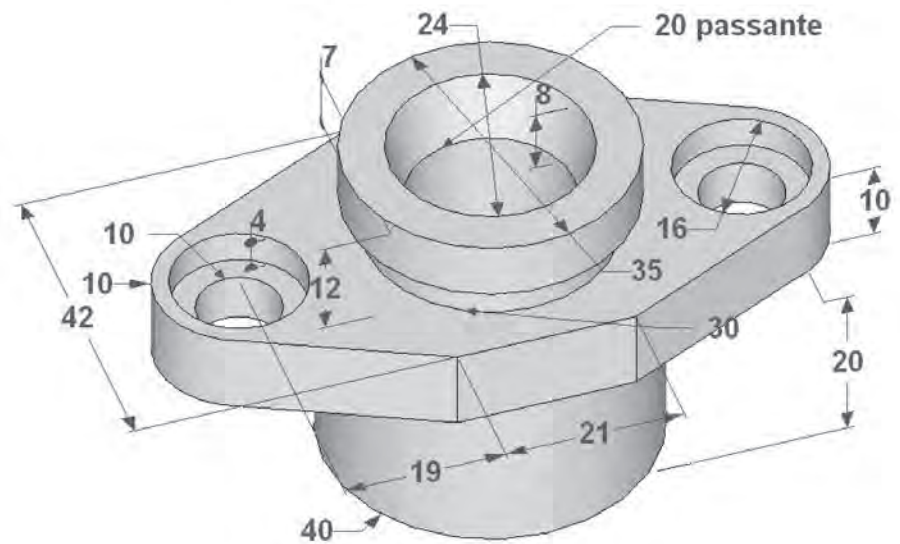
6.3)



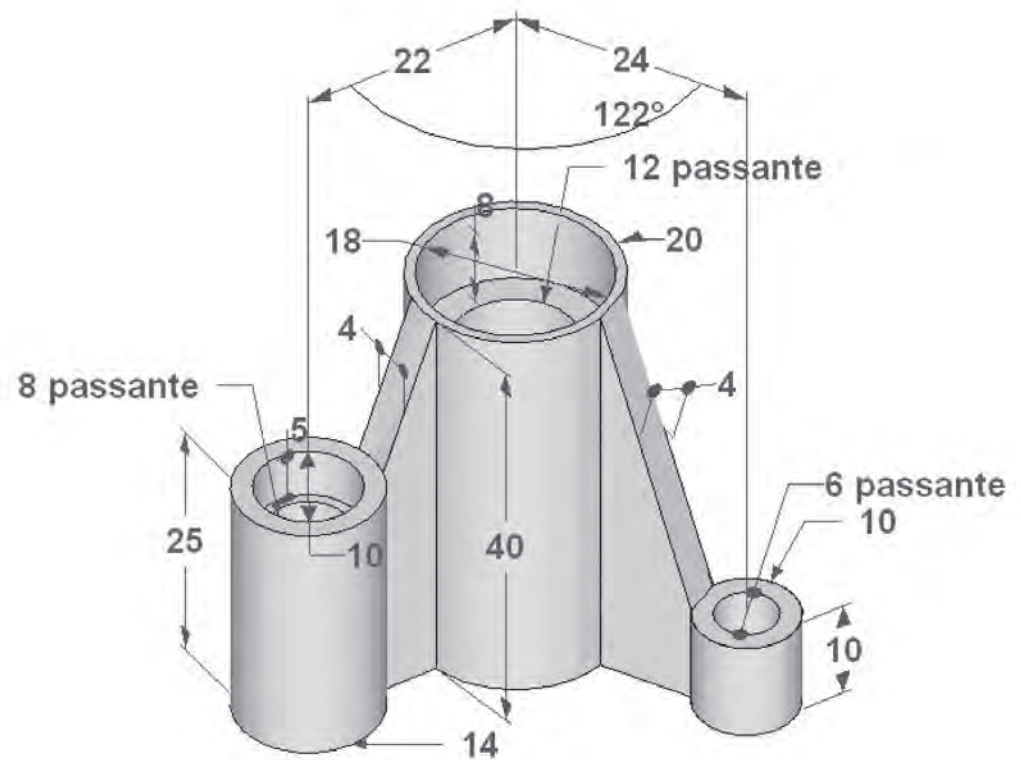
6.4)



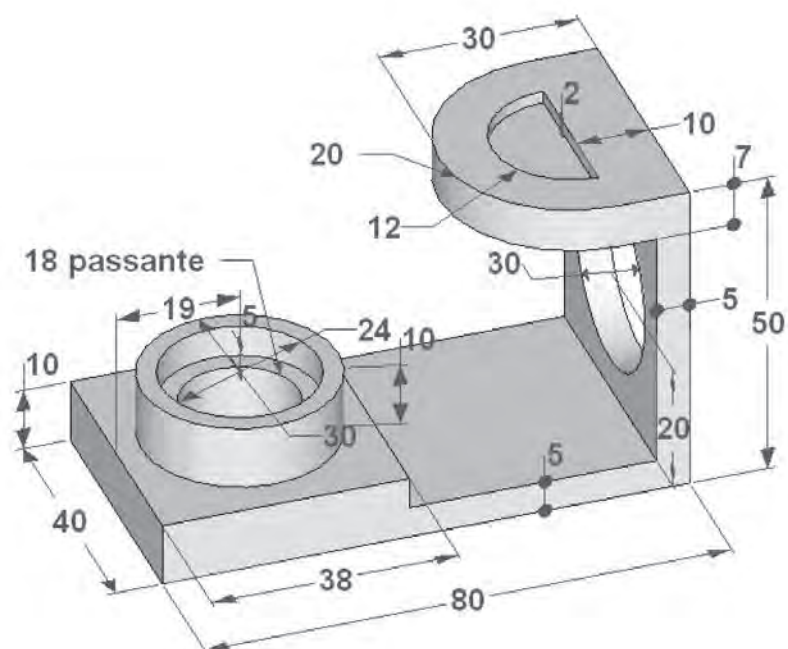
6.5)



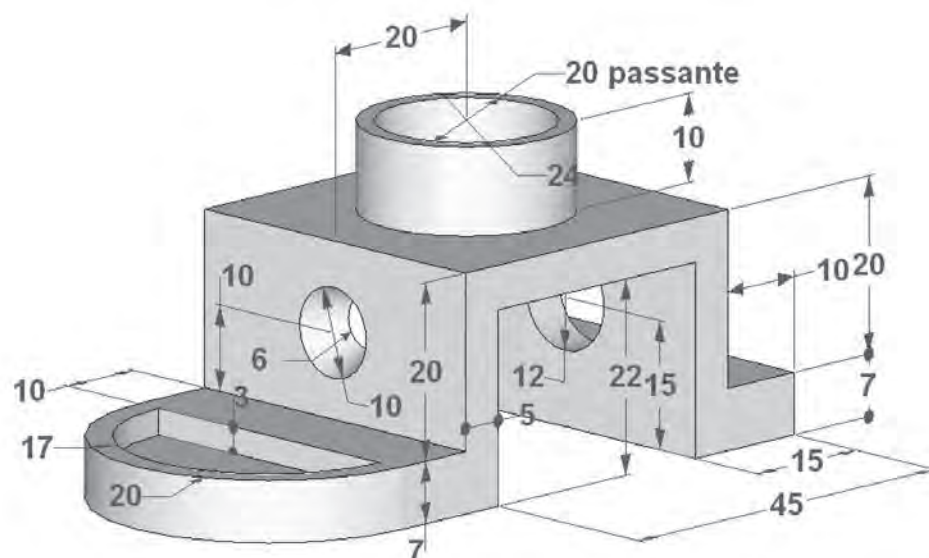
6.6)



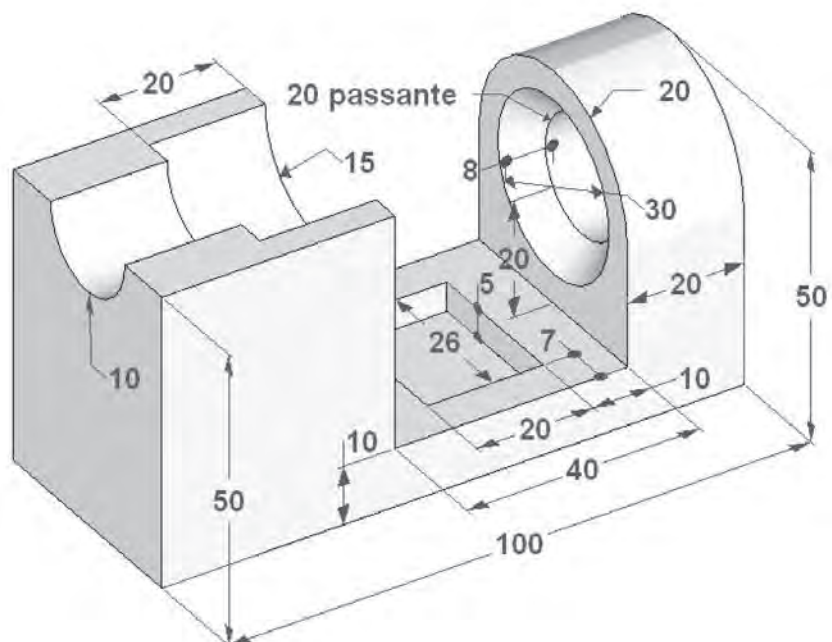
6.7)



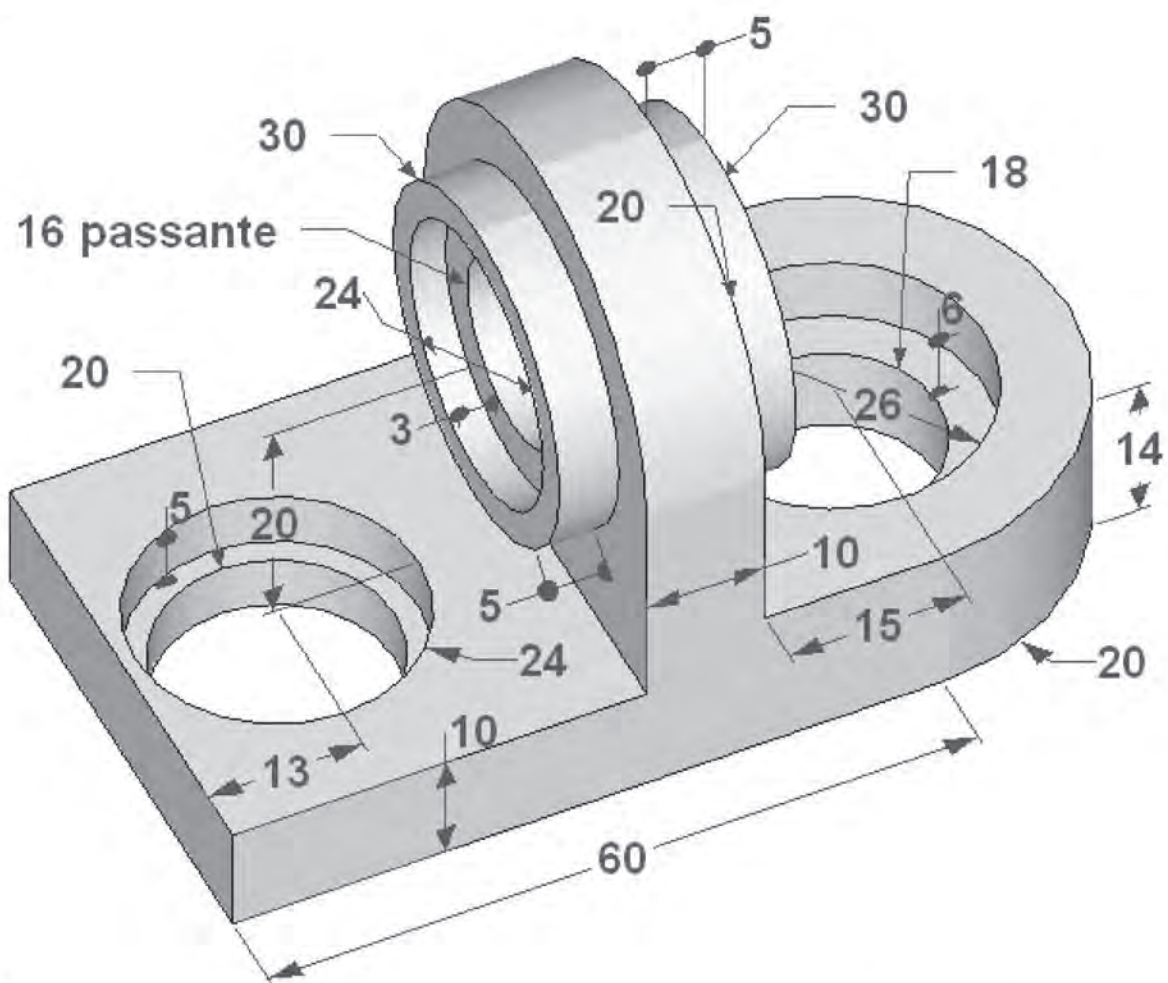
6.8)



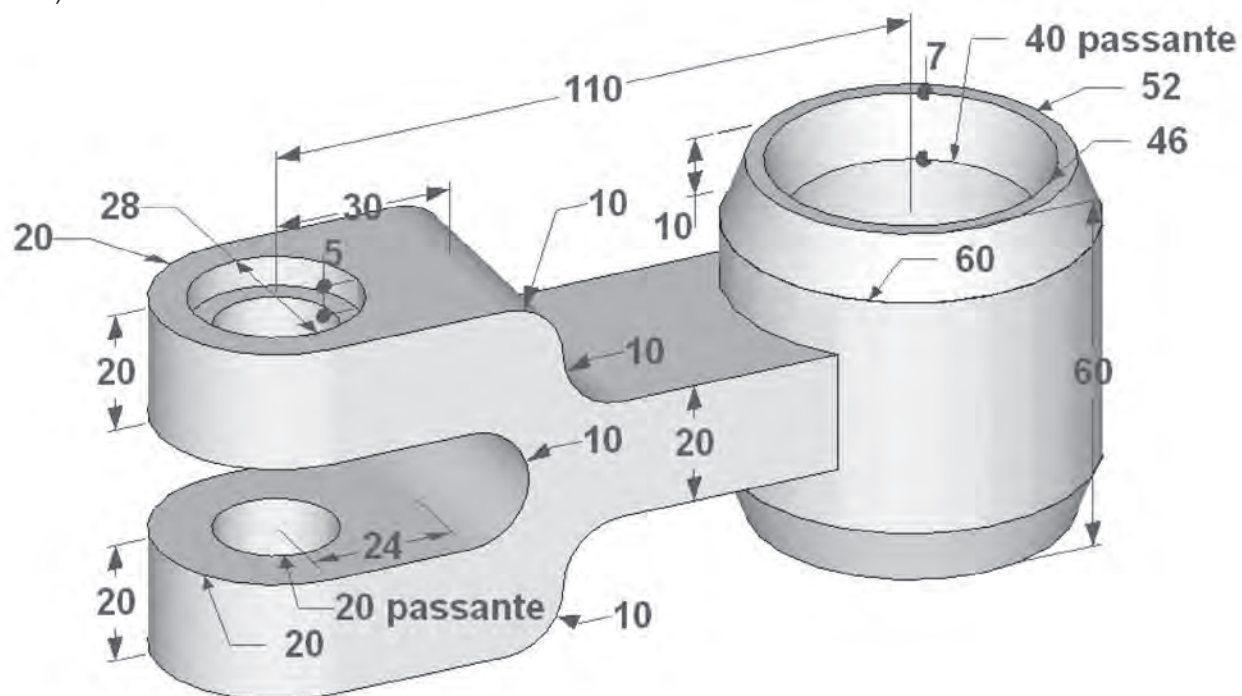
6.9)

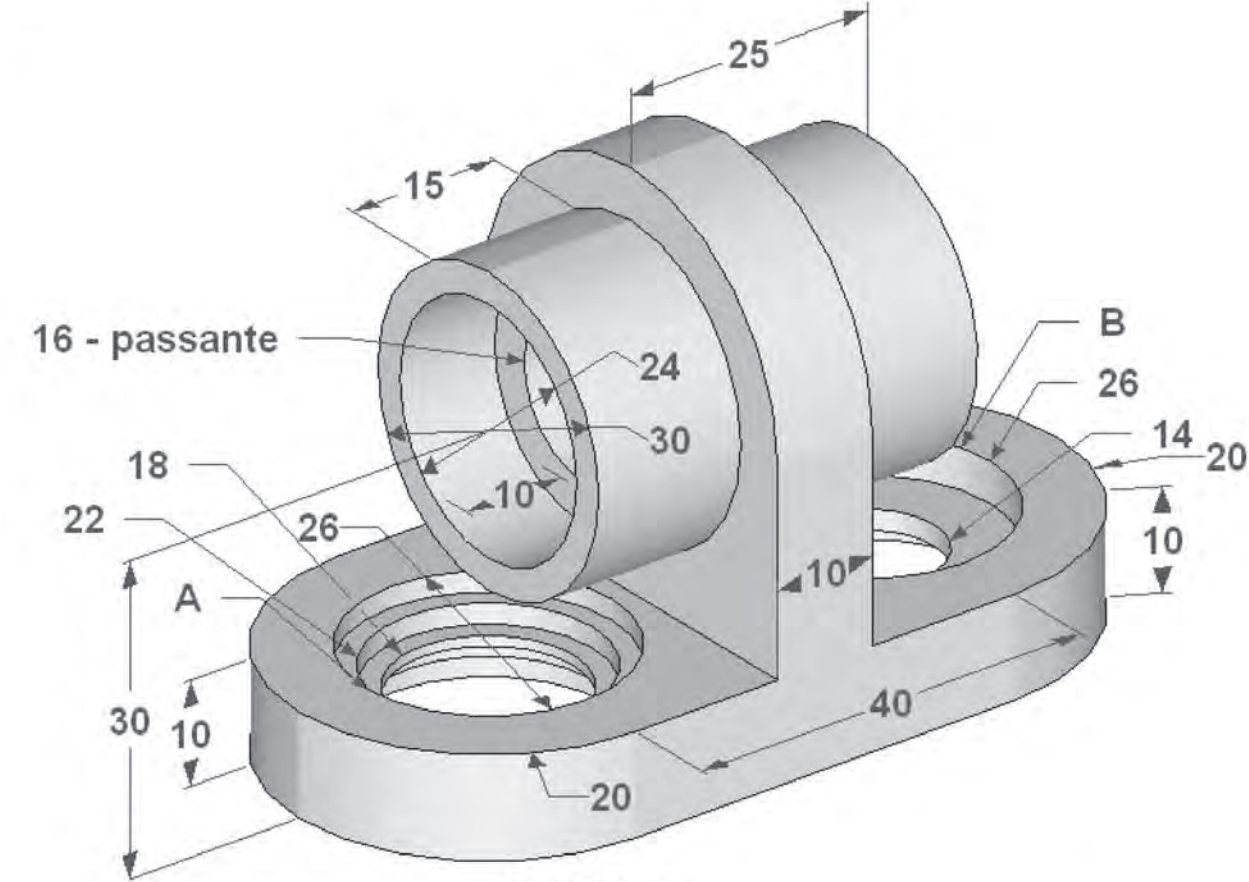


6.10)

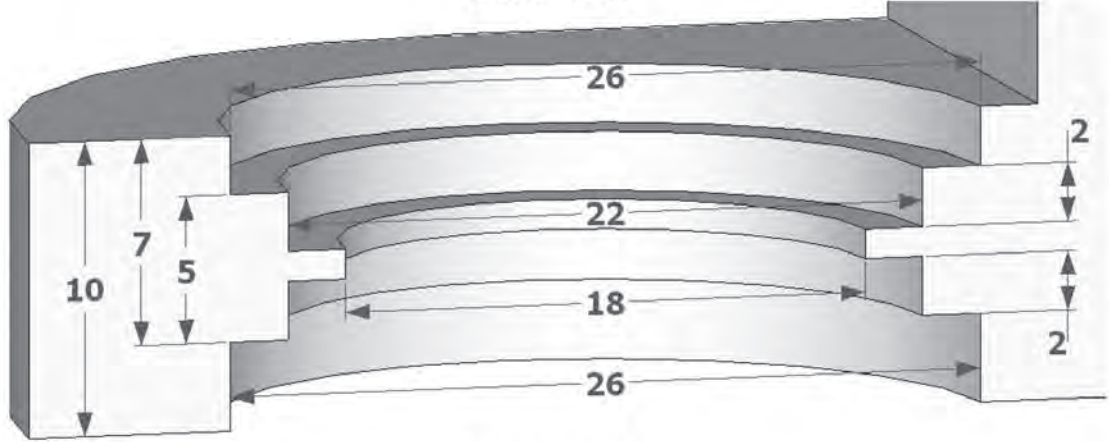


6.11)

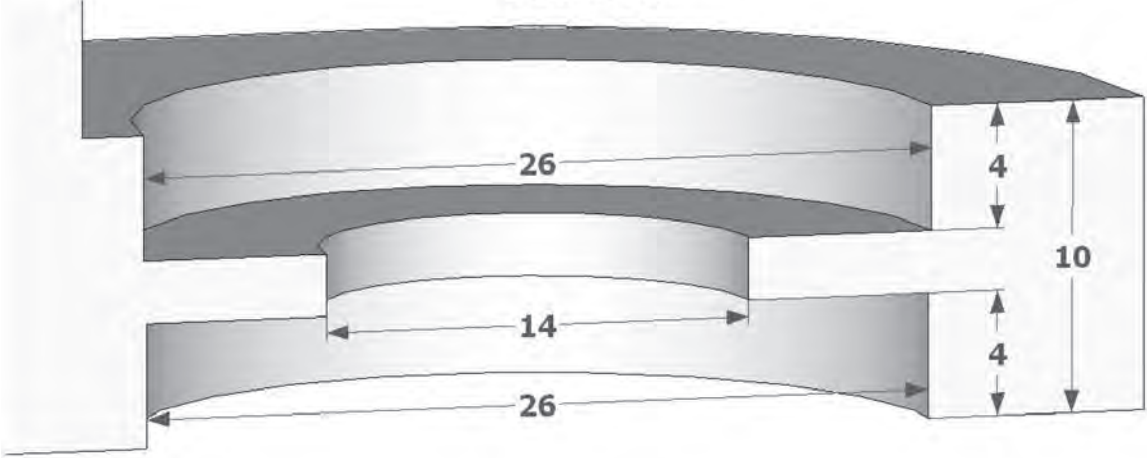




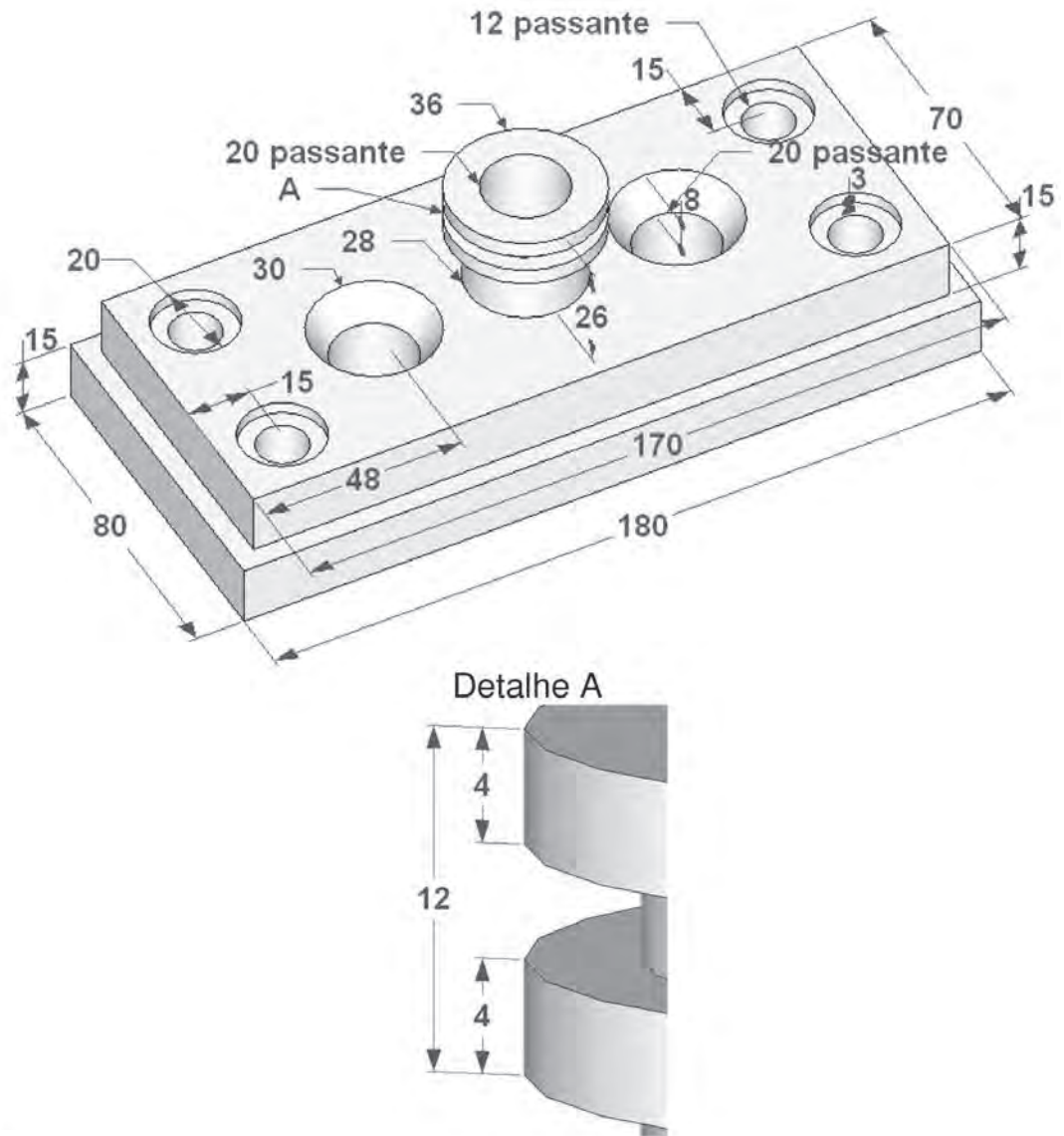
Detalhe: A



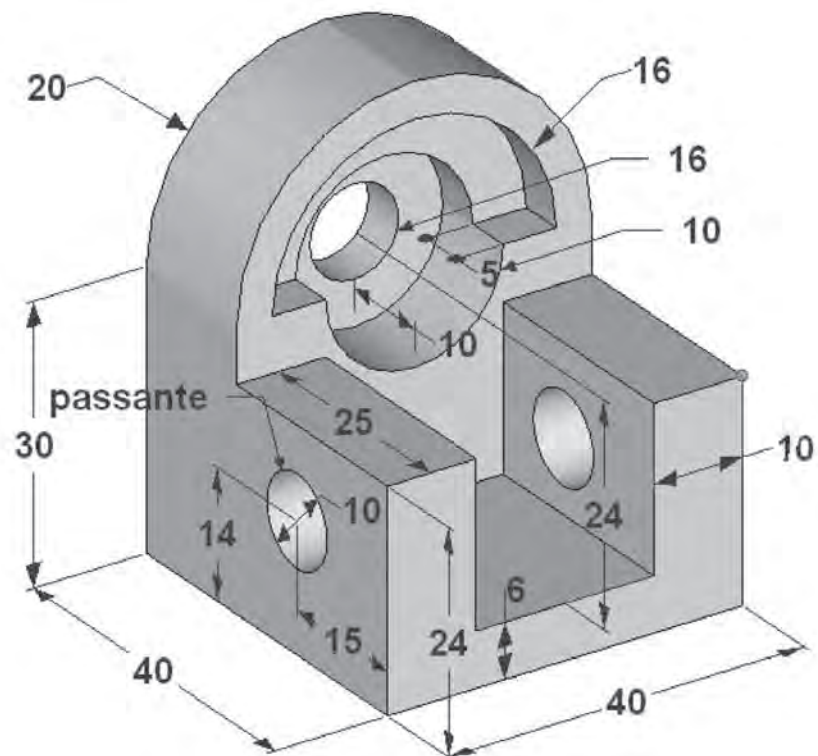
Detalhe: B



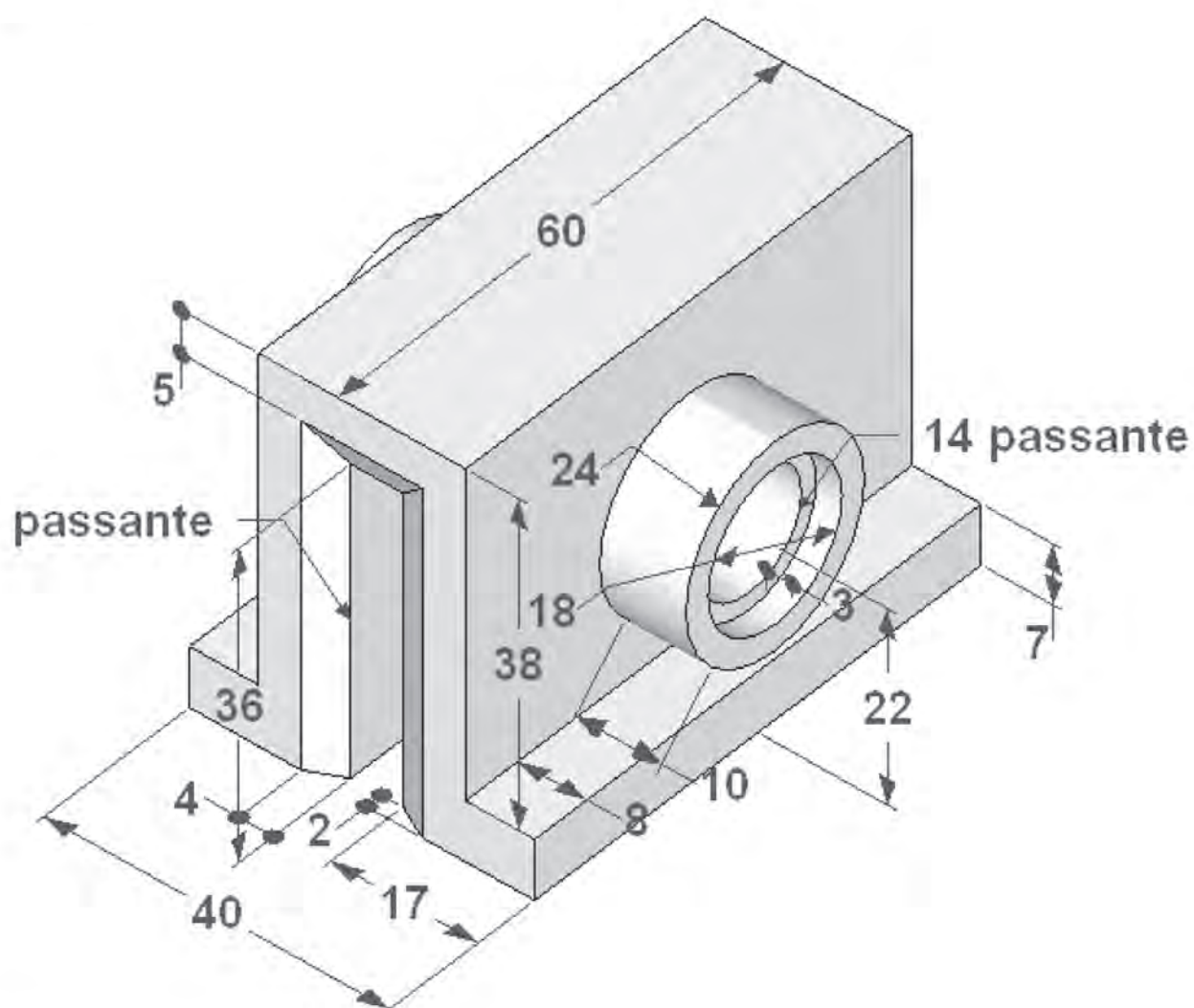
6.13)



6.14)



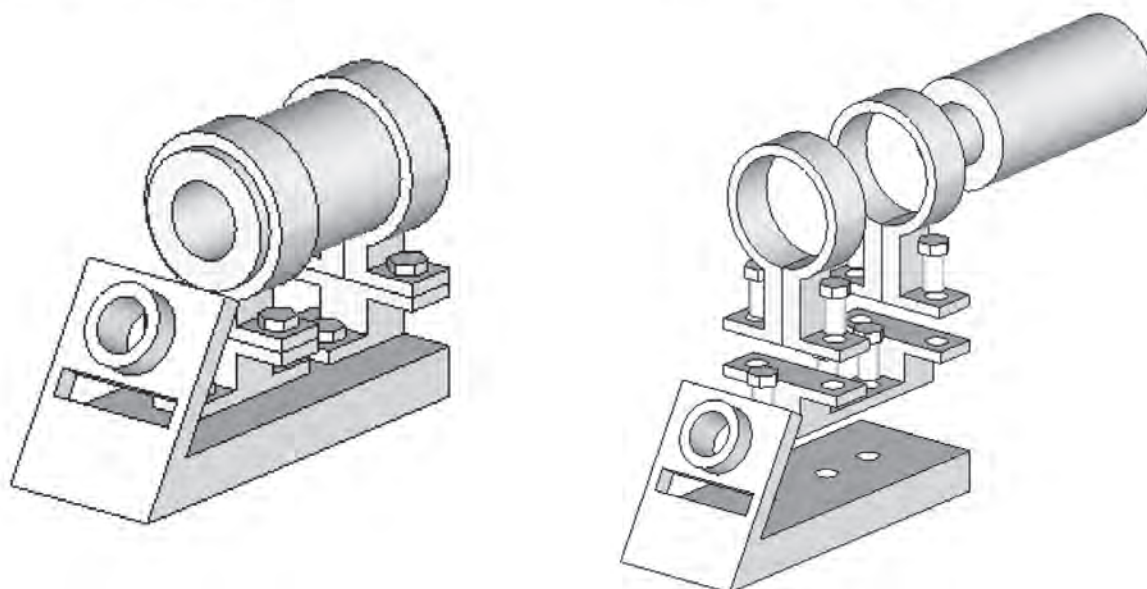
6.15)



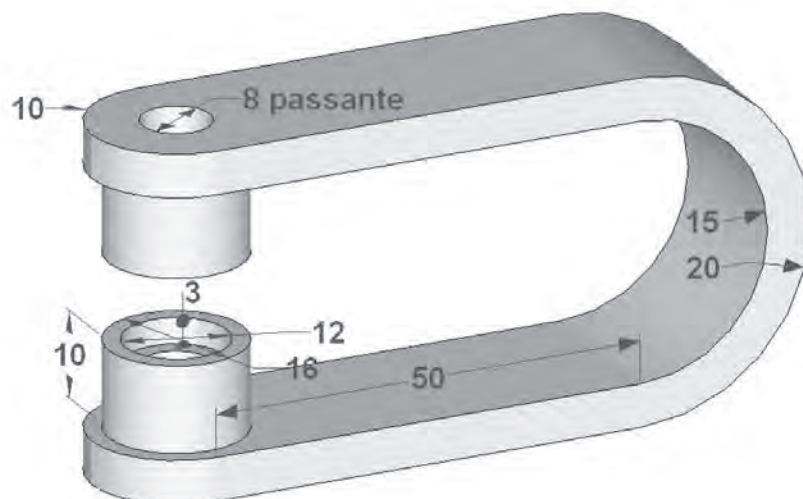
6.16)

Montagem completa

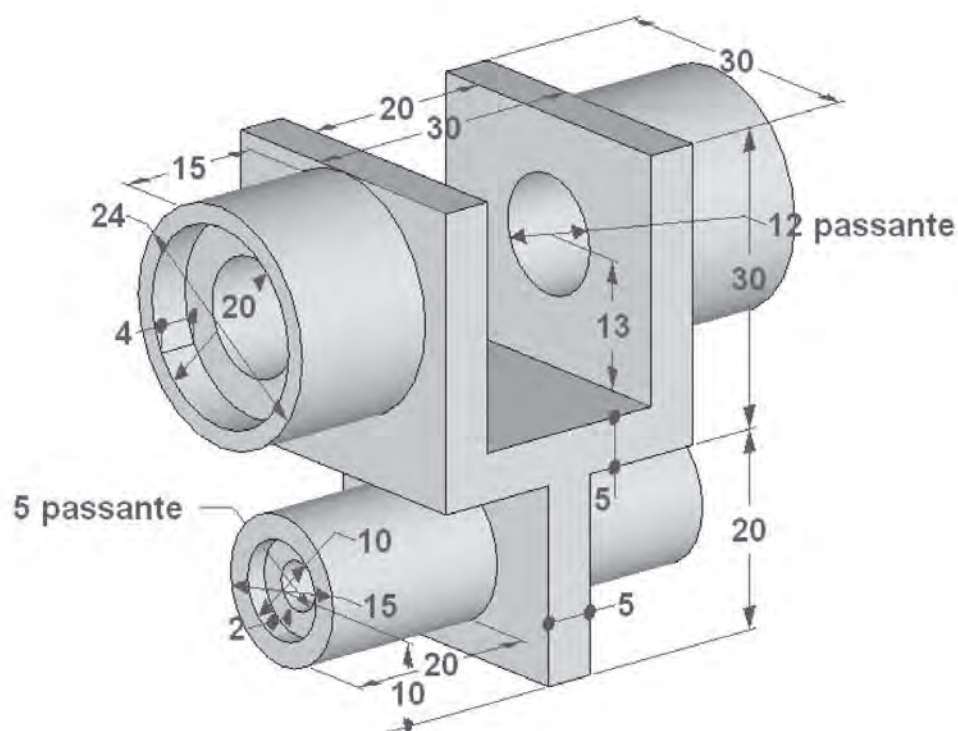
Processo de montagem



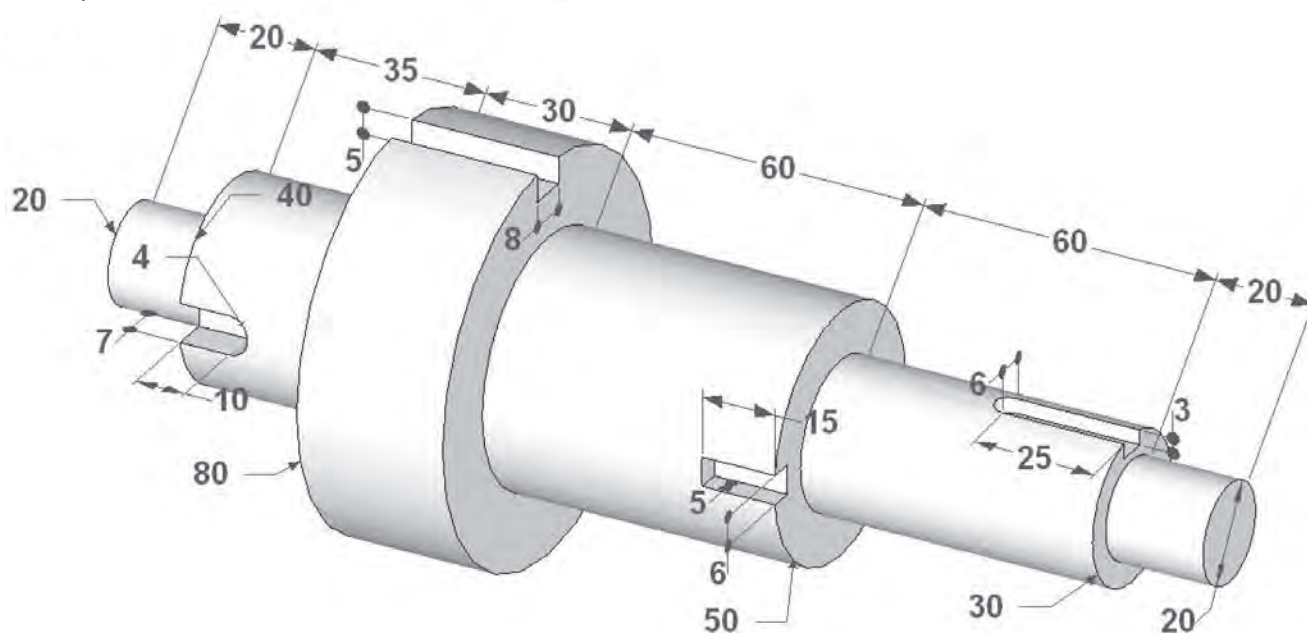
6.17)



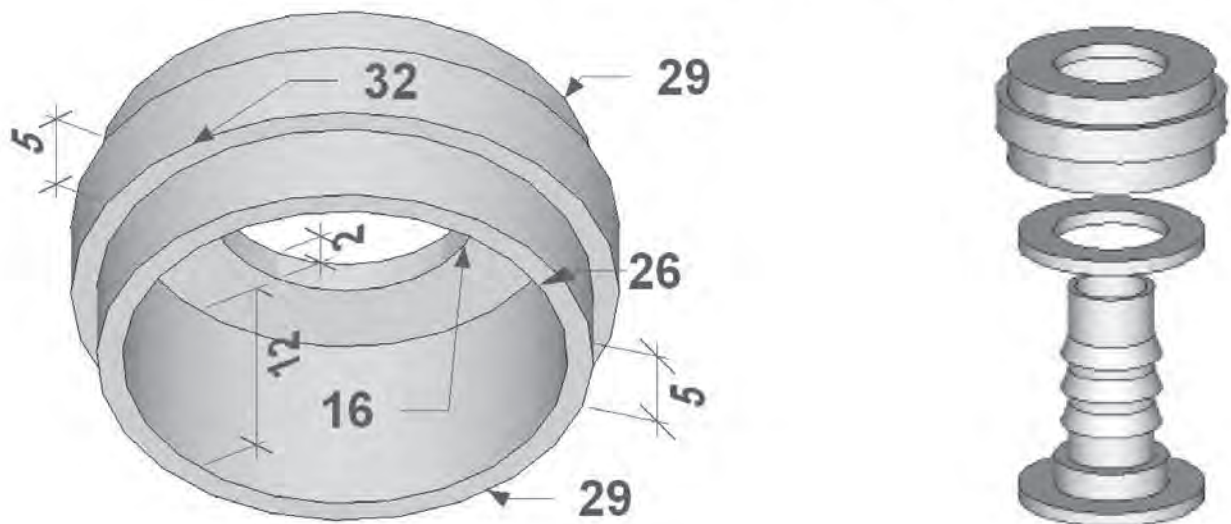
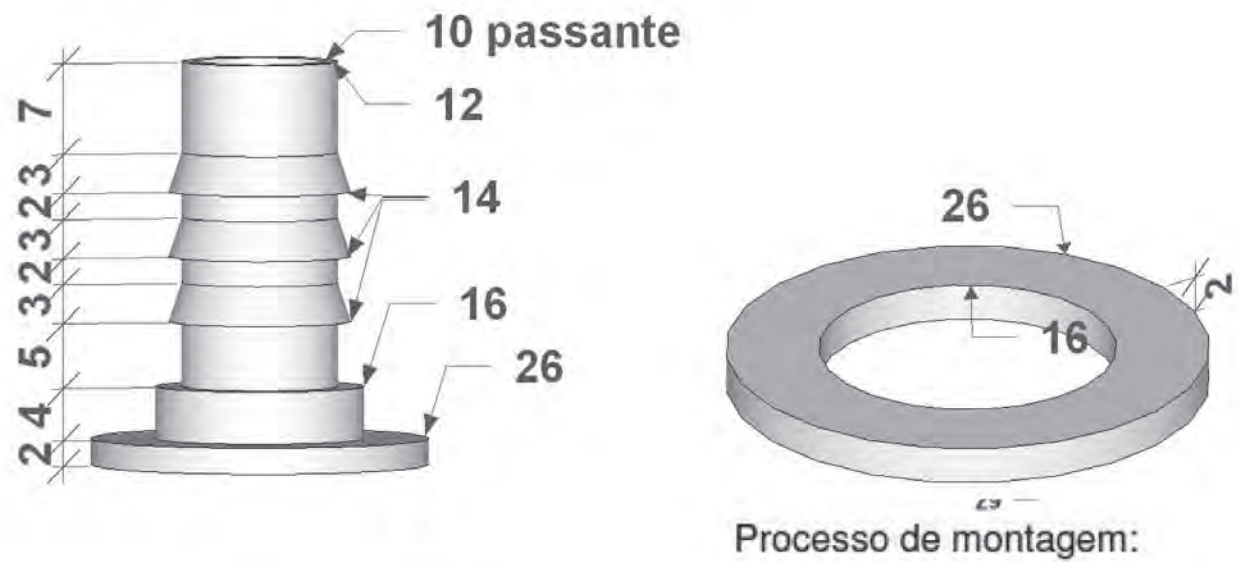
6.18)



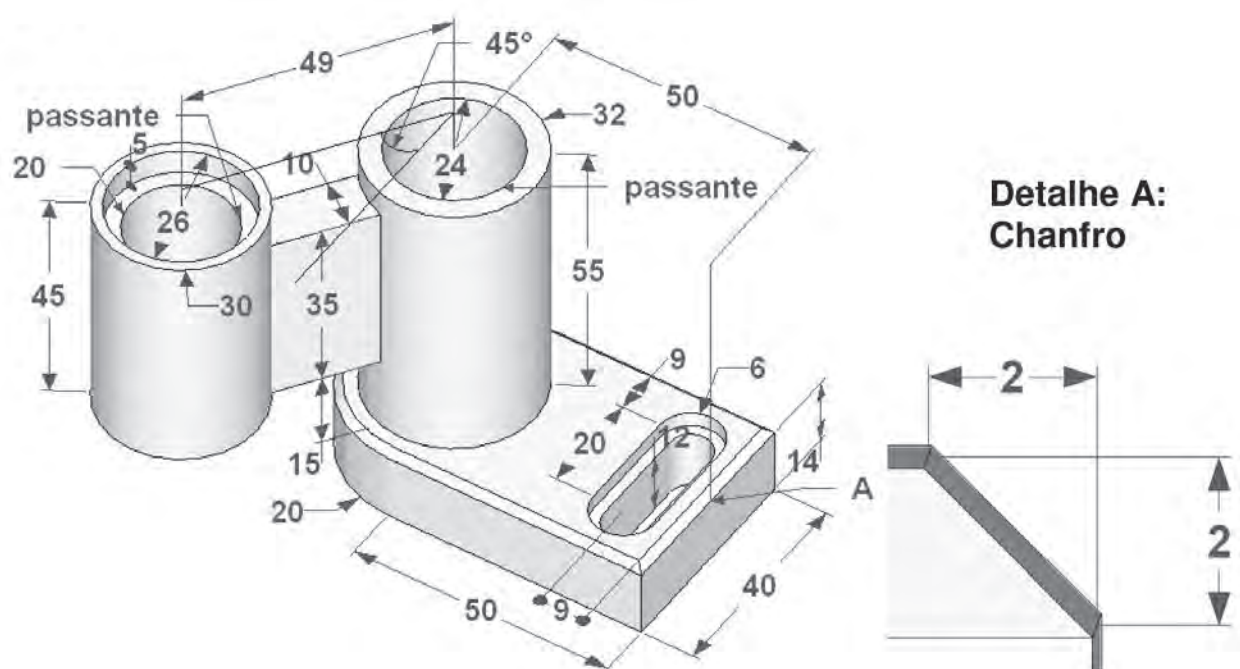
6.19)



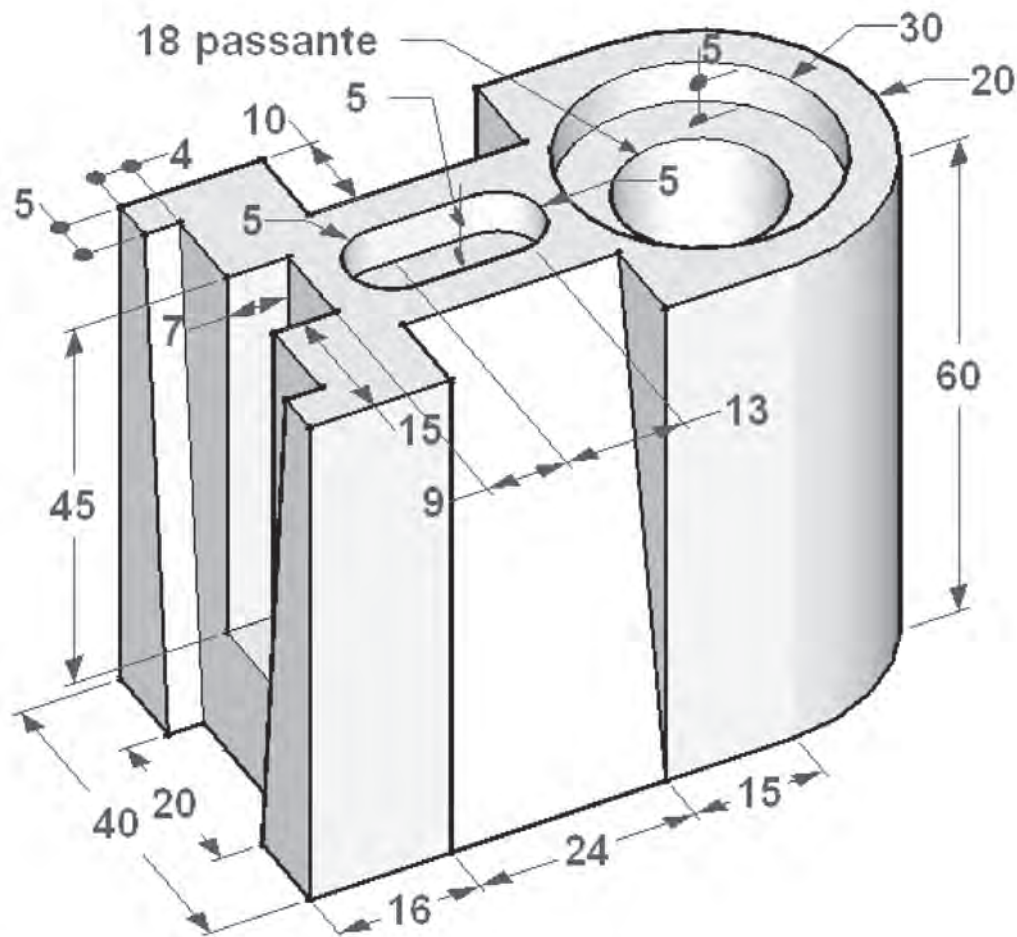
6.23)



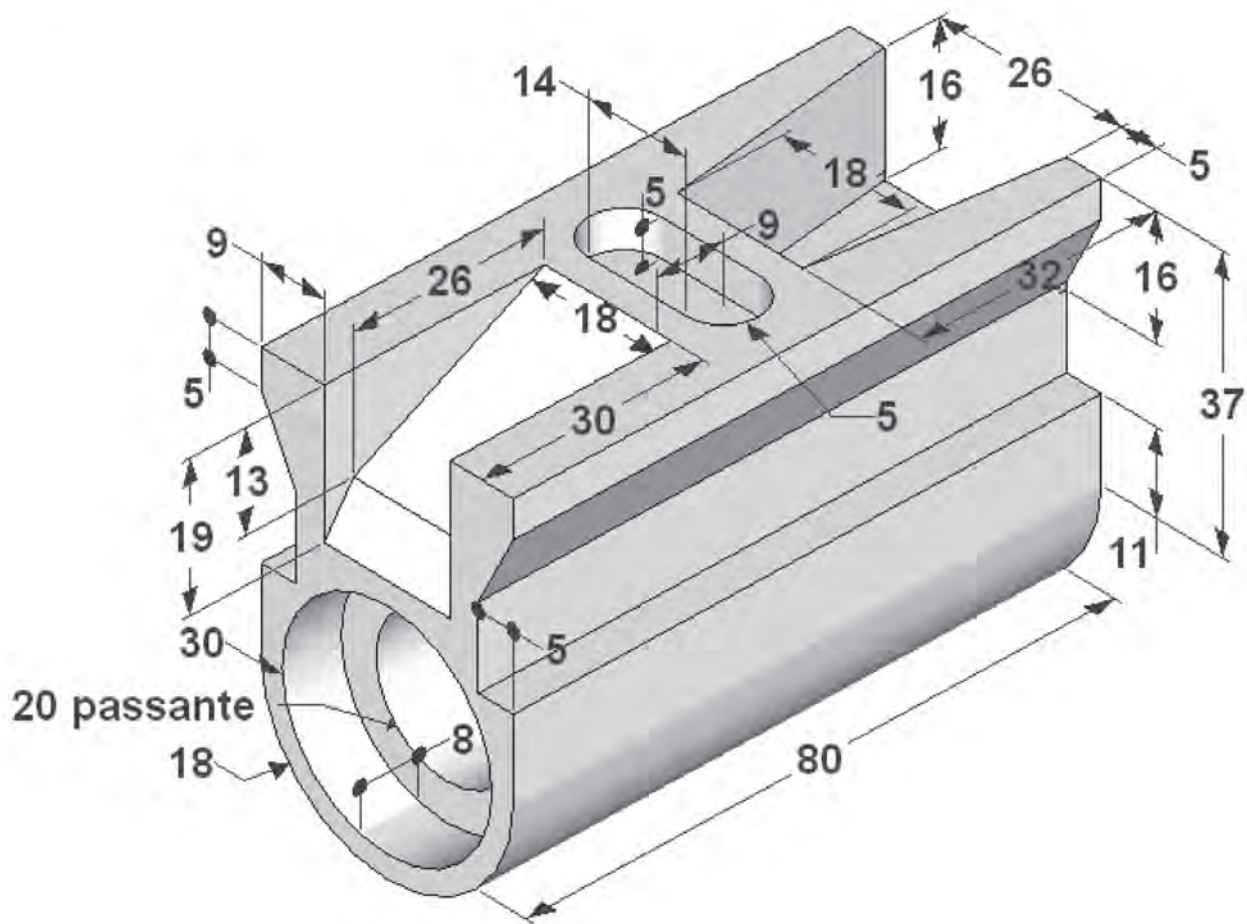
6.24)



6.27)



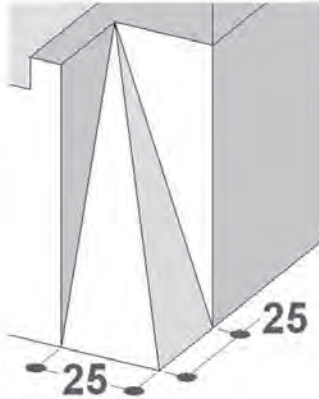
6.28)



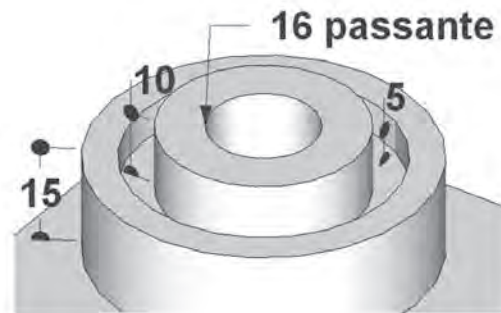
[illegible]

Isometric view of a mechanical part. Dimensions include: 30, 40, 50, 75, 25, 27, 20, 30, 25, 7, 38, 8, 22, 50, 45, 70, 50, 38, 25. Labels include: B, A, and R ESF 25.

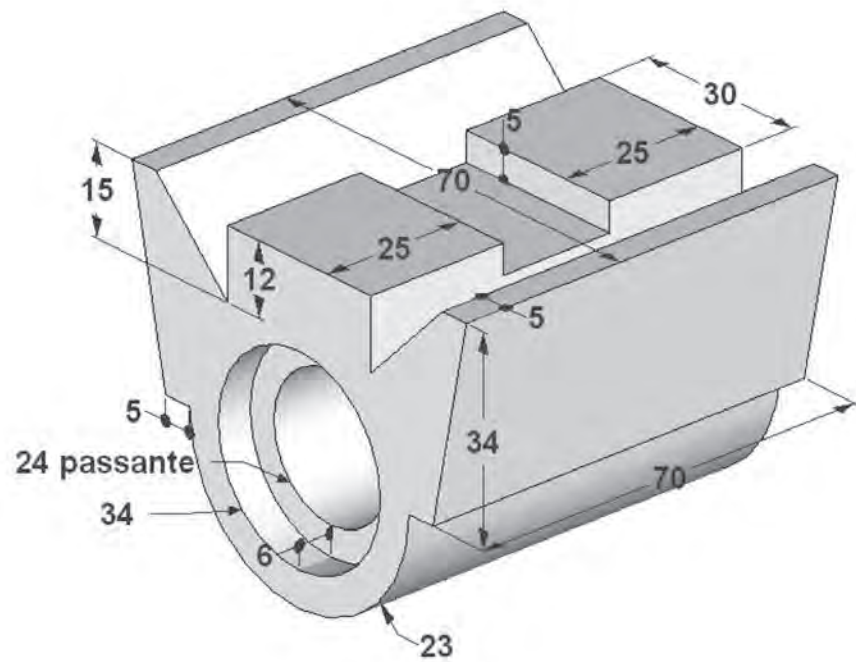
6.34) DETALHE A:



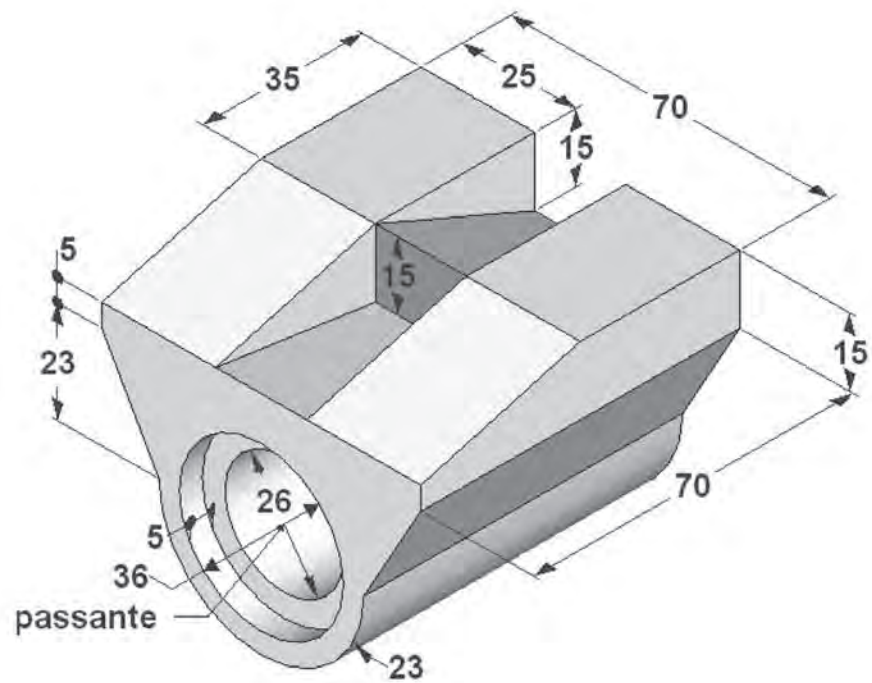
6.34) DETALHE B



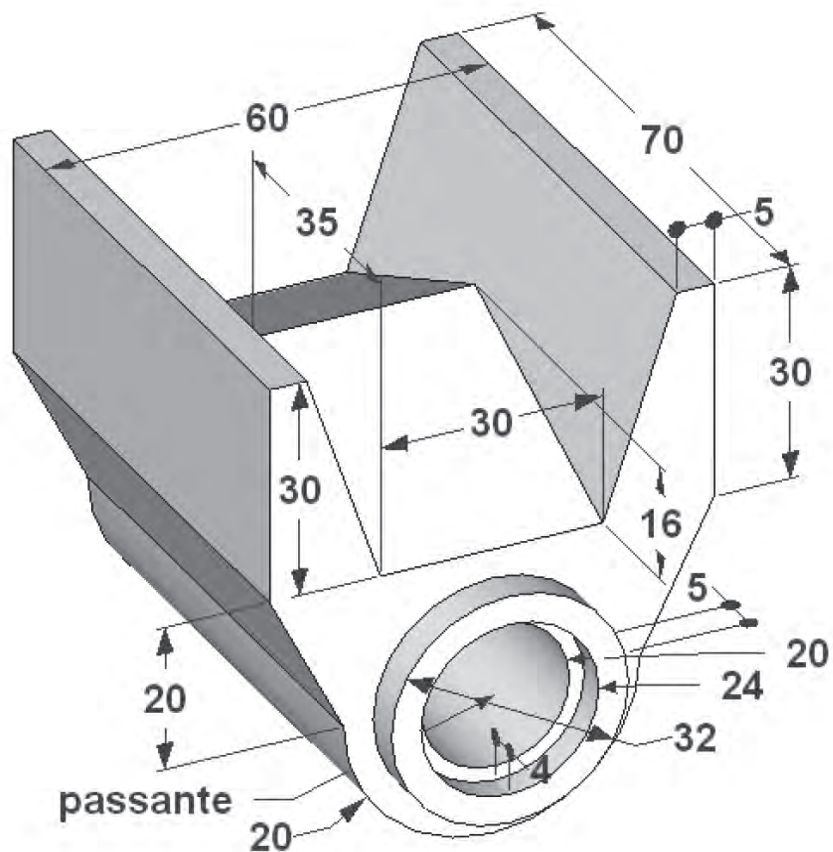
6.35)



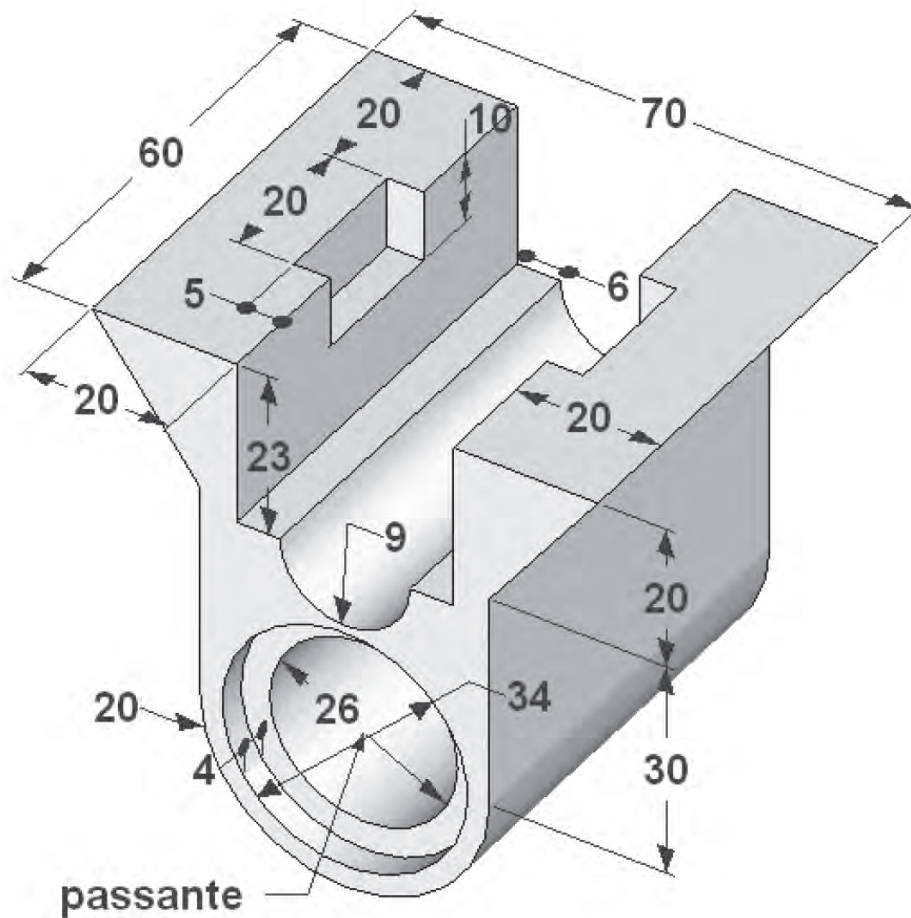
6.36)



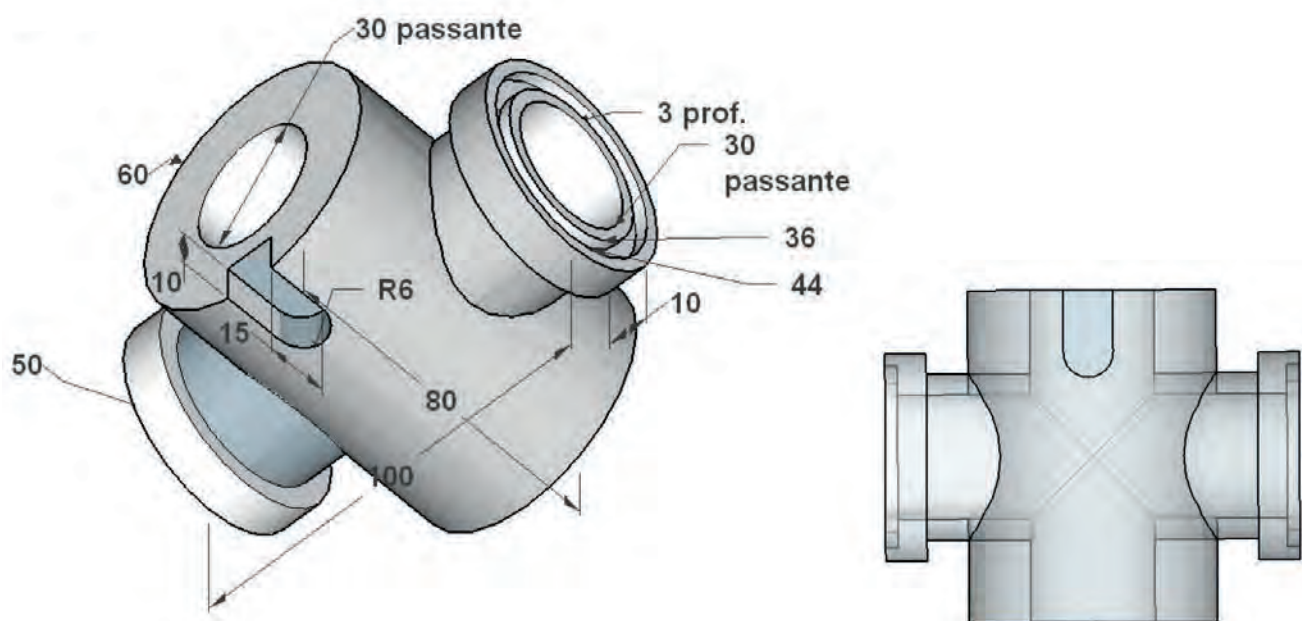
6.37)



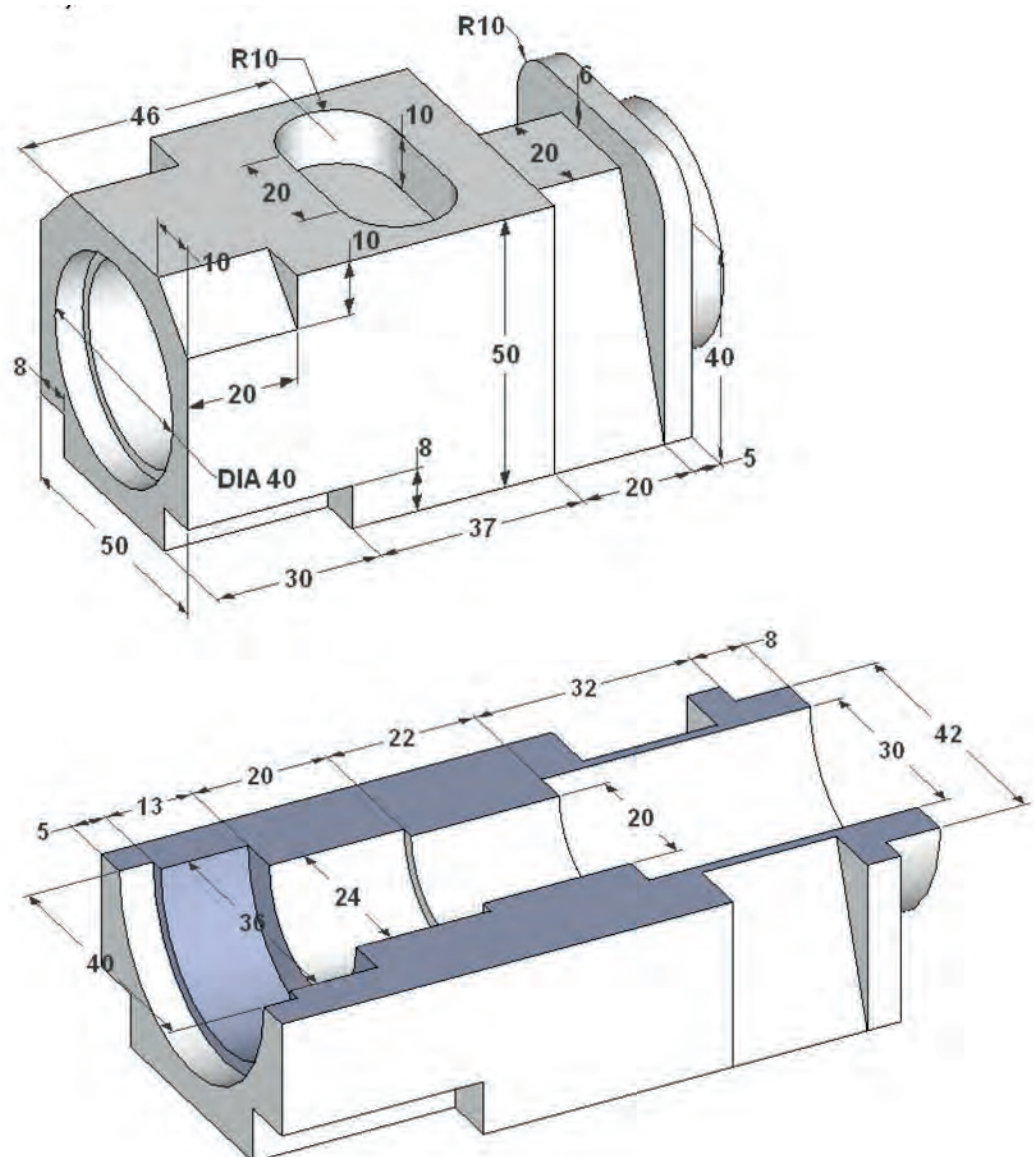
6.38)



6.39)



6.40)



CAPÍTULO 7

Perspectiva

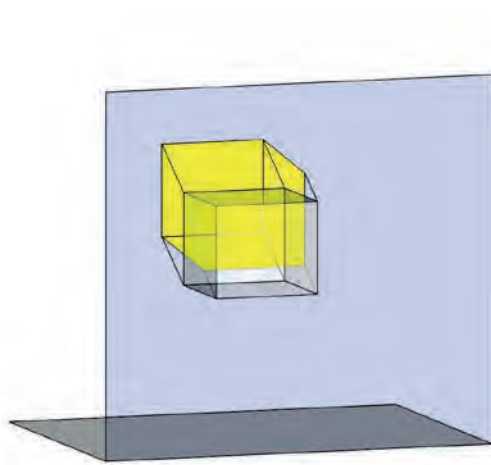
7.1 Introdução

A perspectiva é o ramo do desenho técnico que tem por objetivo representar no plano um objeto em uma visão tridimensional, ou seja, a vista pela qual estamos acostumados a observar no mundo real. Por muito tempo a pintura utilizou largamente a técnica de perspectiva, visando cada vez mais a uma representação fiel de objetos e pessoas. Foram utilizadas várias técnicas, como pontos de fuga e perspectiva das cores. A perspectiva de cores utiliza os matizes de cores para simular a perspectiva. Utiliza-se uma mesma cor mais clara para representar objetos próximos, e esta cor vai se tornando mais escura para a representação de objetos mais distantes, assim como vemos montanhas distantes em um tom mais escuro. Nos dias atuais, as empresas de engenharia e arquitetura utilizam o desenho em perspectiva como técnica de marketing, expondo seus produtos nas suas condições de uso, agregando outros elementos à cena, como pessoas, natureza, etc. A perspectiva também é utilizada como desenhos auxiliares aos desenhos em projeções ortogonais, cujo objetivo é dar uma ideia de volume da peça, e também mostrar o processo de montagem de elementos compostos.

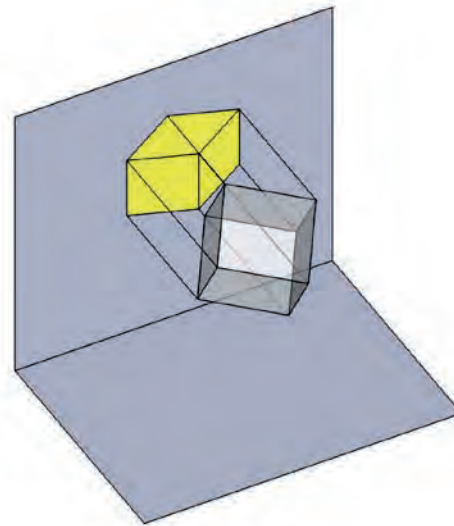
Será comentado neste capítulo sobre as perspectivas axonométricas, sendo o desenho executado nas direções de eixos ortogonais entre si. Em particular será estudado o caso da perspectiva isométrica, que por ser de simples execução e fornecer uma distorção igual em todas as direções, é o tipo de perspectiva axonométrica mais conhecido e utilizado. Neste item, serão estudados os pormenores da construção de elementos retos e curvos em perspectiva, em especial os elementos de circunferência e cilíndricos. Será descrita a perspectiva cônica, que apresenta a representação do objeto mais próxima da forma de visão do ser humano (visão cônica), ilustrando com exemplos práticos, o passo a passo da construção de um edifício em perspectiva cônica utilizando um, dois e três pontos de fuga, além de técnicas de desenho de perspectiva cônica sobre fotografias, utilizando softwares específicos.

7.2 Projeções paralelas

Na projeção paralela, as retas projetantes são paralelas entre si, e quando um objeto está em uma posição com suas faces paralelas aos eixos ortogonais, pode-se então desenhar vistas planas destas arestas, como foram descritas minuciosamente no Capítulo 3. Porém, se as retas projetantes forem paralelas entre si, mas não ortogonais ao plano de projeção e a face desta vista estiver paralela a este plano, aparecerão arestas que não são paralelas a este plano de projeção, o que dará a ideia de tridimensionalidade ao desenho. Este tipo de projeção é chamada de projeção paralela oblíqua (Figura 7.1(a)). Mas se as retas de projeção forem paralelas entre si, ortogonais ao plano de projeção, e as faces principais do objeto não estiverem paralelas ao plano de projeção, tem-se também um desenho que dá ideia de perspectiva ao objeto e esta projeção é chamada de projeção paralela ortogonal (Figura 7.1(b)).



(a) Exemplo de projeção paralela oblíqua.



(b) Exemplo de projeção paralela ortogonal.

Figura 7.1: Projeções paralelas para desenhos tridimensionais.

Como pode ser notado, em ambos os desenhos (Figura 7.1), há uma redução no tamanho real das arestas. Na Figura (7.1(a)) há uma redução das arestas que dão sentido de profundidade na peça, enquanto que na Figura (7.1(b)) há uma redução em todas as arestas, nas três dimensões. Essa redução de tamanho será tratada com mais detalhes nos itens subsequentes.

7.2.1 Perspectiva cavaleira ou militar ou de gabinete

A perspectiva cavaleira (Figura 7.2) é um tipo de perspectiva paralela oblíqua e tem este nome porque foi utilizado primeiramente por militares, em especial pelas armas da cavalaria.

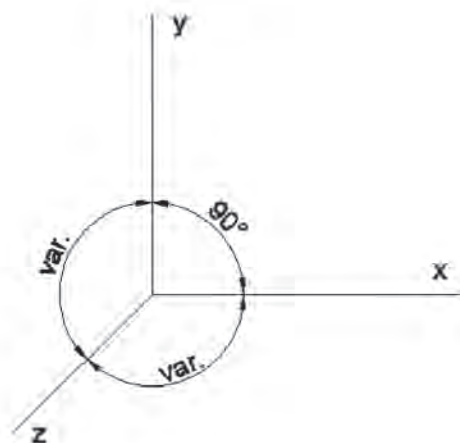
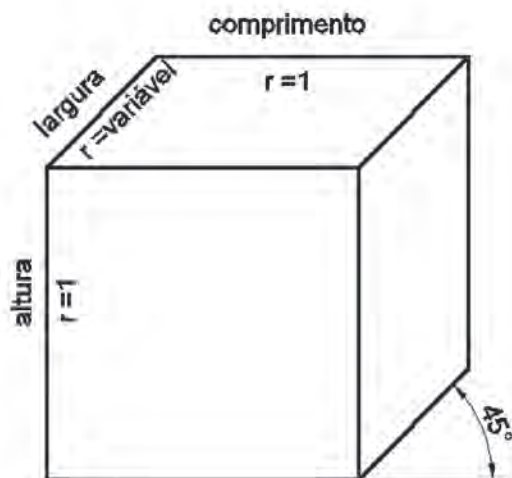


Figura 7.2: Perspectiva cavaleira. Relação entre os eixos ortogonais na representação no plano de projeção e fator de redução (r).

Como não se conhecia muito bem as técnicas das projeções ortogonais neste período, a perspectiva cavaleira foi muito utilizada pelos militares para se ter uma ideia dos objetos bélicos a serem fabricados. Neste tipo de projeção, as arestas na direção do comprimento (eixo x) e da altura (eixo y) ficarão paralelas ao plano de projeção (Figura 7.2), portanto, não sofrerão redução nas dimensões. Já as arestas contidas no plano de largura (eixo z) se deslocarão angularmente do eixo da largura ou da altura, e pelo que foram

notadas na Figura (7.1(a)),deverão sofrer redução em suas dimensões no plano de projeção (Figura 7.2). Para se ter um melhor entendimento do fator de redução, basta tomar como exemplo um cubo, sendo que todas as arestas em qualquer eixo ortogonal têm o mesmo comprimento. Ao se desenhar este cubo em perspectiva cavaleira, com suas dimensões reais em todas as direções ortogonais, inclinando a reta da largura em relação ao comprimento em 30° , 45° e 60° , respectivamente, tem-se (Figura 7.3):

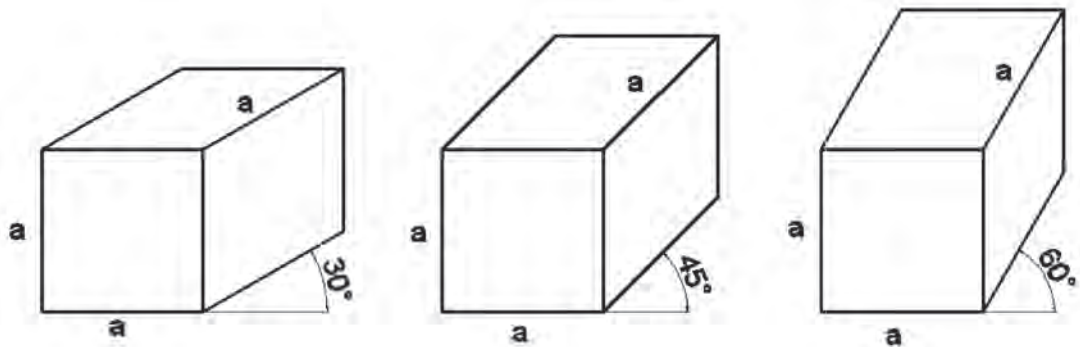


Figura 7.3: Perspectiva cavaleira sem a redução das dimensões na direção da largura.

Nota-se na Figura (7.3) que não se tem mais a noção de um cubo, o desenho está todo desfocado, parecendo mais um paralelogramo. Claro, a utilização de comprimento real na direção da profundidade está em desacordo com os princípios da projeção oblíqua. Por outro lado, utilizando-se dos fatores de redução (7.1), nota-se que com a maior inclinação da largura e com a diminuição da aresta nesta direção, há uma certa proporcionalidade que remete à ideia de que este desenho representa um cubo. Esse conceito aparece bem ilustrado na Figura(7.1(a)).

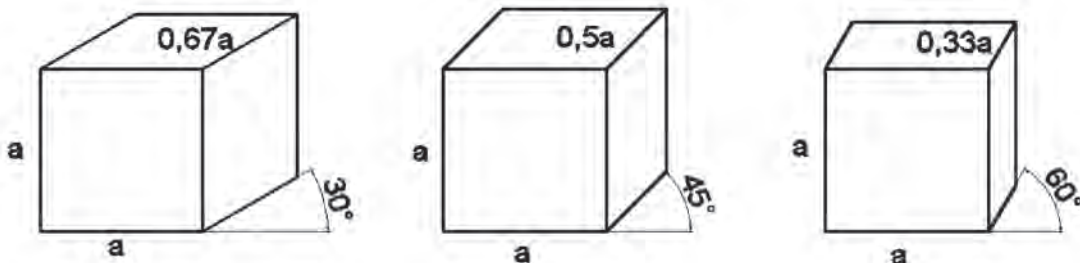


Figura 7.4: Perspectiva cavaleira com a redução das dimensões na direção da largura.

Na projeção de gabinete, o eixo de largura é frequentemente deslocado nas inclinações de 30° , 45° ou 60° e os respectivos fatores de redução são dados pela Tabela (7.1). A inclinação do eixo da largura é chamada de ângulo de fuga, pois dá uma ideia de um ponto de fuga na direção da largura da peça, que tem por finalidade ajustar a uma visibilidade em três dimensões.

Ângulo de fuga	Coeficientes de redução (r)		
	Eixo x	Eixo y	Eixo z
30°	1	1	0,67
45°	1	1	0,5
60°	1	1	0,33

Tabela 7.1: Ângulo de fuga e coeficientes de redução - Perspectiva cavaleira.

Duas das posições (altura e comprimento) podem ser observadas com suas dimensões reais (fator de redução igual a 1), enquanto que a vista da largura pode apresentar redução significativa, dependendo da inclinação nesta direção, entretanto, este tipo de perspectiva apresenta resultados satisfatórios para uma vista primária do objeto e não apresenta maiores dificuldades para ser desenhada.

7.2.2 Perspectiva isométrica

Etimologicamente, iso, do grego, significa igual; e métrica é sinônimo de medida, o que quer dizer que em todas as direções ortogonais haverá a mesma redução das dimensões reais para se simular um desenho em perspectiva (Figura 7.1(b)). Para que este efeito ocorra, os três eixos ortogonais principais devem ter a mesma inclinação entre eles no plano (Figura 7.5). Esta é uma perspectiva paralela ortogonal, como pode ser verificada na Figura (7.1(b)).

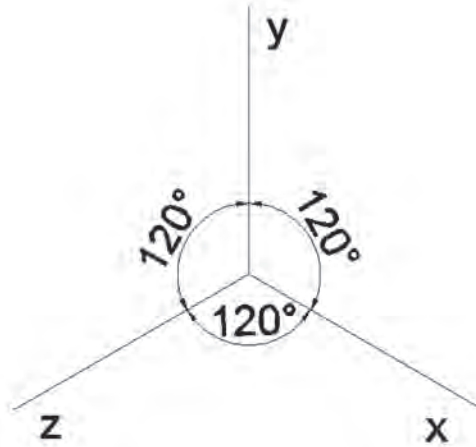


Figura 7.5: Posição relativa entre os eixos ortogonais - Perspectiva Isométrica.

Para se calcular o efeito do fator de redução, basta observar a projeção de um cubo neste sistema. Desenhando as arestas nas respectivas direções ortogonais, tem-se este cubo desenhado em perspectiva isométrica, sendo que as arestas invisíveis foram desenhadas com linha tracejada (Figura 7.6).

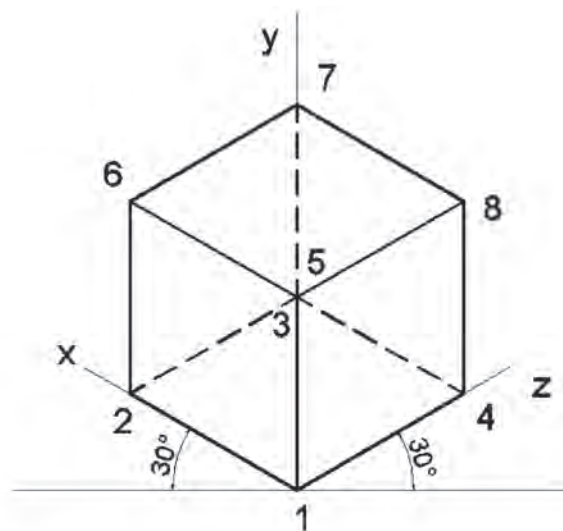


Figura 7.6: Cubo em perspectiva isométrica.

É fácil visualizar que a aresta vertical 5—7 se inicia logo quando termina a aresta 1—3. Como as retas projetantes são ortogonais a este plano de projeção, então a peça deve estar em uma certa inclinação, como pode ser vista na Figura (7.7), inserindo o cubo no 1º Diedro do plano de épuras.

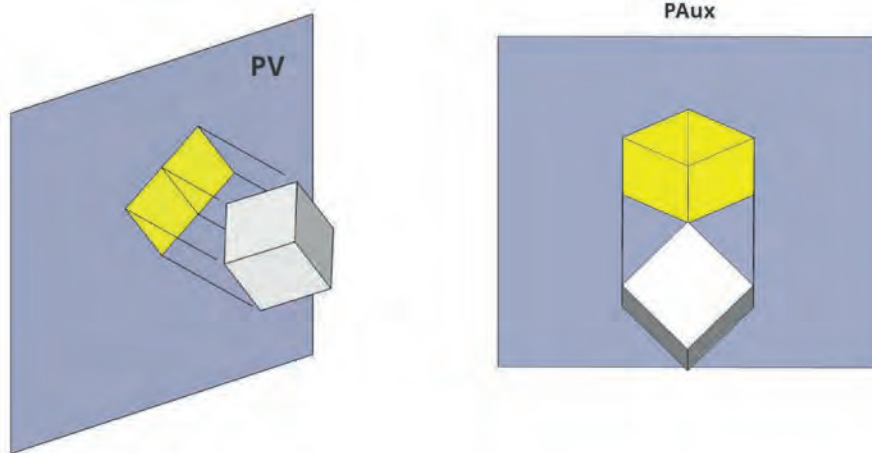


Figura 7.7: Projeção do cubo no plano vertical (PV) e plano auxiliar (PAux) no 1º Diedro para se obter uma vista em perspectiva isométrica

No plano auxiliar o cubo é visto em perspectiva isométrica, como mostrado na Figura (7.8) e a projeção do cubo no plano vertical está com as dimensões das arestas verticais reais (Figura 7.8):

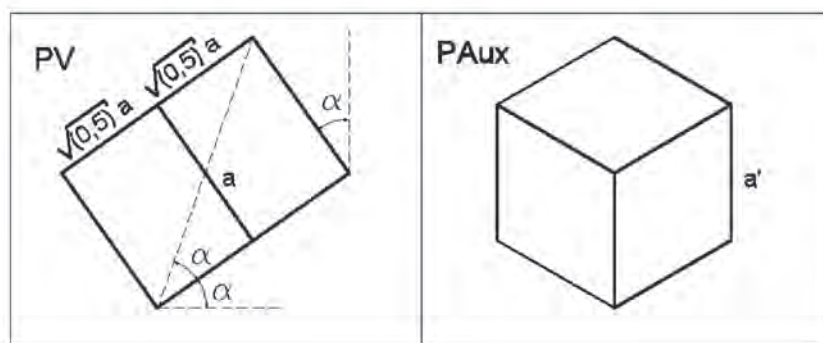
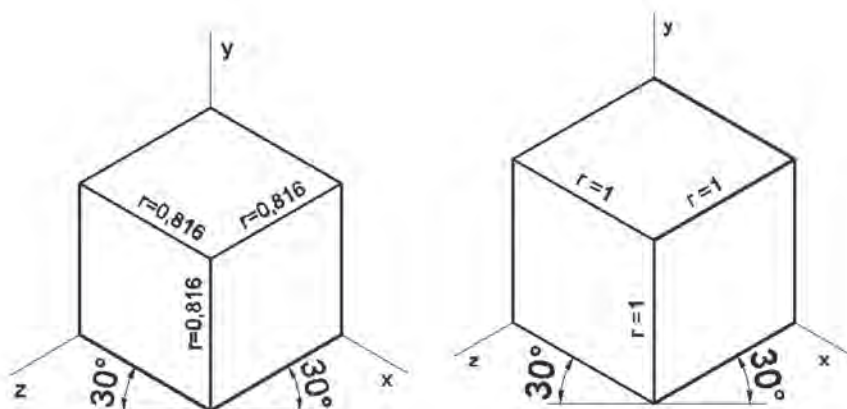


Figura 7.8: Vista lateral direita e frontal do cubo, com planos de é pura rebatidos.

O ângulo α da Figura (7.8) pode ser facilmente encontrado e por conseguinte, o valor do aresta vertical a :

$$\alpha = \arctan\left(\frac{a}{\sqrt{2}a}\right) = 35^\circ, 26; \quad a' = a \cos(\alpha) = \cos(35^\circ, 26)a = 0, 816a$$

Como podem ser vistas, todas as direções principais terão um fator de redução igual a 81,6% ($r = 0, 816$) (Figura 7.9(a)). Por motivos de simplificação, opta-se por adotar as dimensões ortogonais na verdadeira grandeza ($r = 1$) (Figura 7.9(b)), sendo esta técnica conhecida como perspectiva isométrica simplificada.



(a) Perspectiva isométrica com fator de redução. (b) Perspectiva isométrica simplificada.

Figura 7.9: Perspectiva isométrica.

Com a utilização do fator de redução igual a 1, basta ao desenhista utilizar as retas ortogonais em sua verdadeira grandeza, facilitando seu trabalho e evitando cálculos desnecessários e aproximações que muitas vezes poderiam comprometer a exatidão do desenho. É a perspectiva que mais apresenta distorção com a visão humana, mas como representa as dimensões nas direções ortogonais em verdadeira grandeza, é muito utilizada no desenho técnico. Em todos os tipos de perspectivas, em direções não alinhadas com algum eixo ortogonal cartesiano (eixos x, y e z), a representação gráfica ficará distorcida do tamanho real ou do tamanho reduzido pelo fator de redução da direção ortogonal. No caso da perspectiva isométrica, deve-se medir e efetuar um desenho utilizando apenas as dimensões nas direções ortogonais da peça. Em arestas com direção fora dos eixos ortogonais, estas devem ser inseridas por relações entre as dimensões de peças adjacentes, que estejam orientadas segundo as direções ortogonais (Figura 7.10).

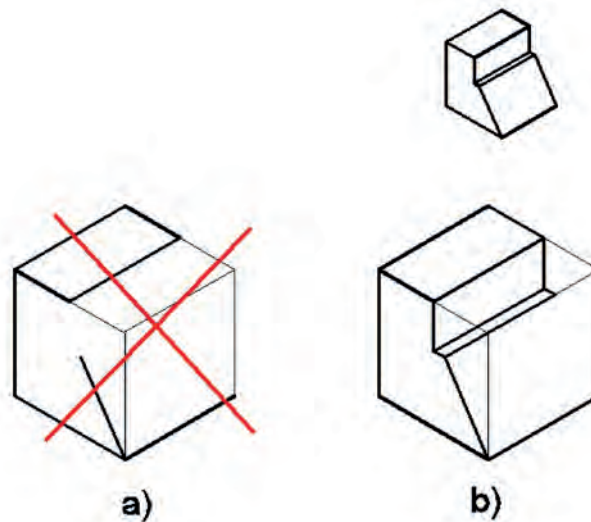


Figura 7.10: Construção de arestas com direções não ortogonais (a) Construção da aresta não ortogonal por si só (b) Construção da aresta não ortogonal seguindo orientação de elementos com direções ortogonais próximas.

A Figura (7.10) mostra a construção de arestas não ortogonais, sendo que em Figura (7.10a) a construção se dá de forma errada, pois constrói-se a aresta não ortogonal apenas por sua dimensão e inclinação em relação à aresta paralela ao eixo x, como demonstra a figura. A aresta, neste caso, não será representada na sua dimensão real. Por outro lado, construindo esta aresta com a simples ligação entre as arestas paralelas ao eixo x, Figura(7.10b), haverá uma representação mais realista, pois as duas arestas anteriores estão representadas na sua verdadeira grandeza.

Circunferência em perspectiva isométrica

Do mesmo modo que os segmentos retos, as circunferências ou arcos sofrerão distorções ao serem representados em perspectiva isométrica, pois a circunferência nada mais é do que a junção de infinitos segmentos retos com um comprimento tendendo a zero, e cada um deles terá uma direção diferente, sendo alguns com uma direção ortogonal aos eixos cartesianos. A Figura (7.11) mostra a representação da circunferência paralela aos três eixos ortogonais.

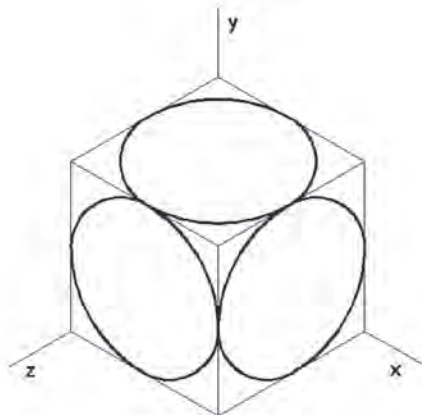
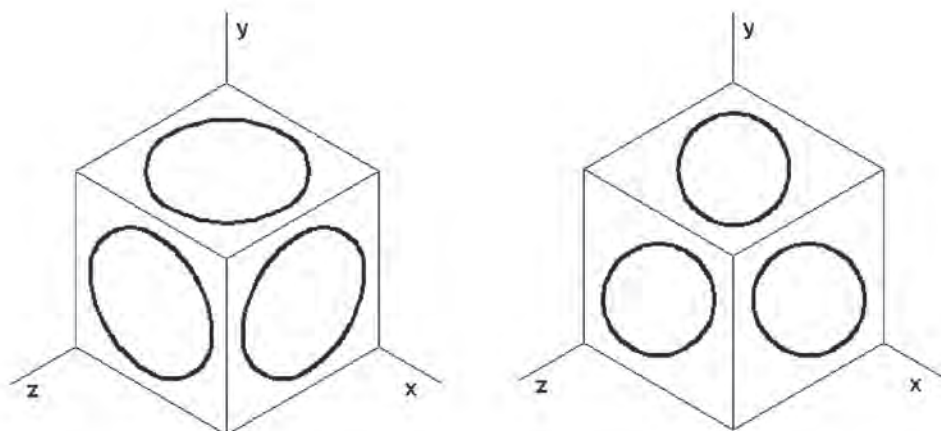


Figura 7.11: Circunferências paralelas aos eixos ortogonais em perspectiva isométrica.

Pode-se notar na Figura (7.11), que a circunferência fica com a forma de uma falsa elipse, para dar a noção de profundidade no desenho. A Figura (7.12) reforça esta ideia, mostrando uma circunferência construída na forma de uma falsa elipse e uma construída paralela ao plano de projeção (bidimensional).



(a) Forma de falsa elipse.

(b) Bidimensional plano.

Figura 7.12: Comparação entre circunferências.

Como fica demonstrado na Figura (7.12), a circunferência traçada com as dimensões tradicionais, como ilustrado na Figura 7.12(b), fica completamente desfocada da representação tridimensional, dando a ideia de que estão “saltando” da superfície do cubo, ou seja, não estão alinhados com o cubo. A seguir, será mostrada a técnica da construção manual da falsa elipse que simulará uma circunferência em perspectiva isométrica:

1. Marcado o centro da circunferência, deve-se construir um “losango” onde ficará circunscrita a circunferência. Cada aresta deste losango será igual ao diâmetro da circunferência e estas arestas devem ser paralelas aos eixos ortogonais nas direções da perspectiva isométrica (Figura 7.5). O centro do losango deverá coincidir com o centro da circunferência (Figura 7.13).

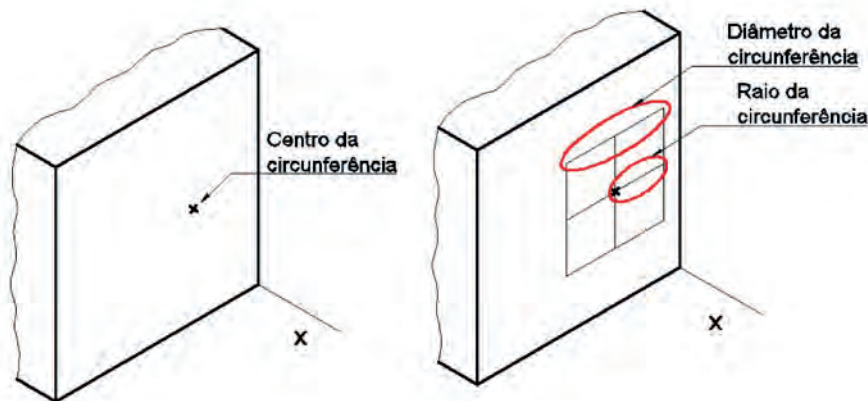


Figura 7.13: Demarcação do centro da circunferência e construção do losango onde será circunscrita a circunferência.

2. Terminado o passo descrito na Figura (7.13), traça-se, a partir dos vértices da menor diagonal do losango, duas retas ligando este vértice ao segmento médio das arestas opostas (Figura 7.14).

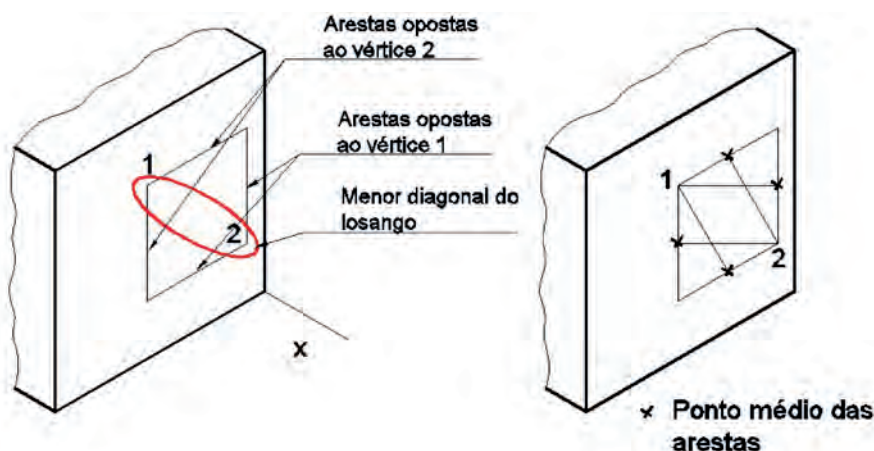


Figura 7.14: Traçado das linhas auxiliares ligando os vértices da menor diagonal do losango aos pontos médios das suas respectivas arestas opostas.

3. O próximo passo inicia-se com o centro em 1 e a partir daí traça-se um arco de circunferência ligando os pontos médios 3 e 4 das arestas opostas ao vértice 1. Do mesmo modo, com centro em 2, traça-se um arco de circunferência ligando os pontos médios 5 e 6 das arestas opostas ao vértice 2. Na intersecção das linhas que ligam os vértices da menor diagonal do losango com os pontos médios das arestas opostas a estes vértices, marca-se os pontos 7 e 8. Com centro em 7, traça-se o arco de circunferência ligando os pontos 4 e 5. De maneira similar, com centro no ponto 8, traça-se o arco de circunferência ligando os pontos 6 e 3 (Figura 7.15).

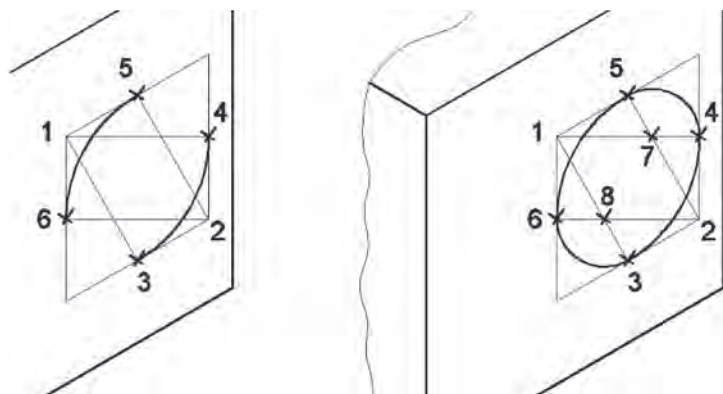


Figura 7.15: Traçado dos arcos de circunferência da “falsa elipse”.

4. Por fim, apaga-se todas as linhas auxiliares e está terminada a representação da circunferência em perspectiva isométrica (Figura 7.16). Este processo pode ser executado em qualquer plano paralelo aos planos definidos pelos eixos ortogonais em perspectiva isométrica (Figura 7.11).

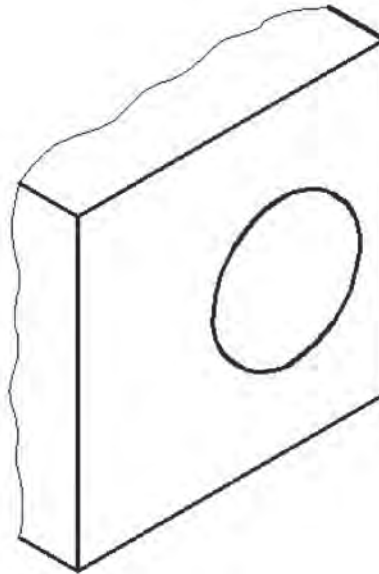


Figura 7.16: Representação em perspectiva isométrica de uma circunferência.

Cilindros e furos cilíndricos em perspectiva isométrica

Cilindros são objetos que possuem duas faces circulares unidas por linhas retas paralelas entre si. Esta geometria é muito comum em peças de engenharia, como pinos, rebites, parafusos, dentre outros. Os furos possuem a mesma geometria descrita para os cilindros; a diferença é que apresentam ausência de matéria entre duas aberturas circulares e o cilindro possui massa nessa região. Em um desenho de cilindros em perspectiva isométrica, devem ser seguidos os seguintes passos:

1. Deve-se primeiramente fazer uma das faces do círculo, seguindo o mesmo processo demonstrado para traçado de circunferências. Para executar o comprimento do cilindro, marcam-se os pontos de intersecção entre a maior diagonal do losango e a “falsa elipse”(Figura 7.17).

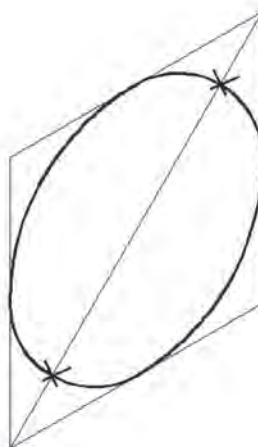


Figura 7.17: Intersecção da maior diagonal do losango com a “falsa elipse”.

2. Pelos pontos encontrados na Figura (7.17), traçam-se retas na direção do comprimento do cilindro que se deseja construir, sendo que estas retas devem ter o comprimento do cilindro (Figura 7.18).



Figura 7.18: Traçado do comprimento do cilindro.

3. Em seguida transporta-se a circunferência traçada anteriormente para a outra extremidade do cilindro, apagando-se a parte da circunferência que ficará encoberta (Figura 7.19).

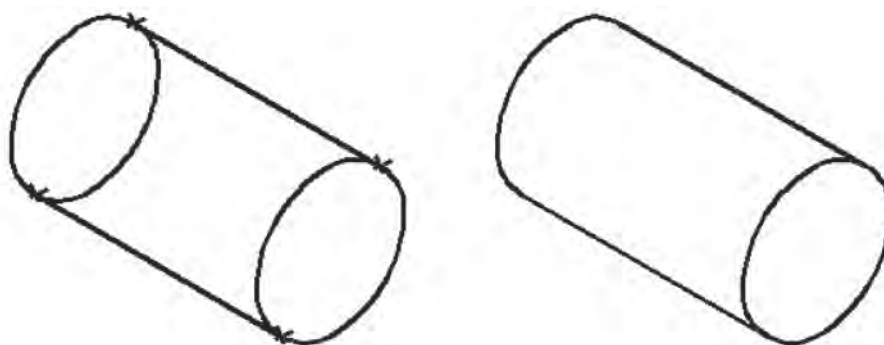


Figura 7.19: Construção final de cilindro em perspectiva isométrica.

Por outro lado, há a representação de furos passantes em peças. Nesta representação, deve-se mostrar a outra face do furo se esta aparecer na perspectiva, como mostram as Figuras (7.20), (7.21) e (7.22). Deve-se, como no caso da construção do cilindro, deslocar a face do furo para a extremidade oposta do mesmo, seguindo a direção do furo. Em seguida, deve-se observar se a outra face aparecerá ou não e por fim, termina-se a construção apagando a face do furo que não ficará visível. A face oposta de um furo só ficará visível quando o comprimento do furo, marcado pela distância “e”, for menor que a distância “d” entre os dois pontos da circunferência, que estão na mesma direção da menor diagonal do losango, onde a falsa elipse está contida (Figura 7.20).

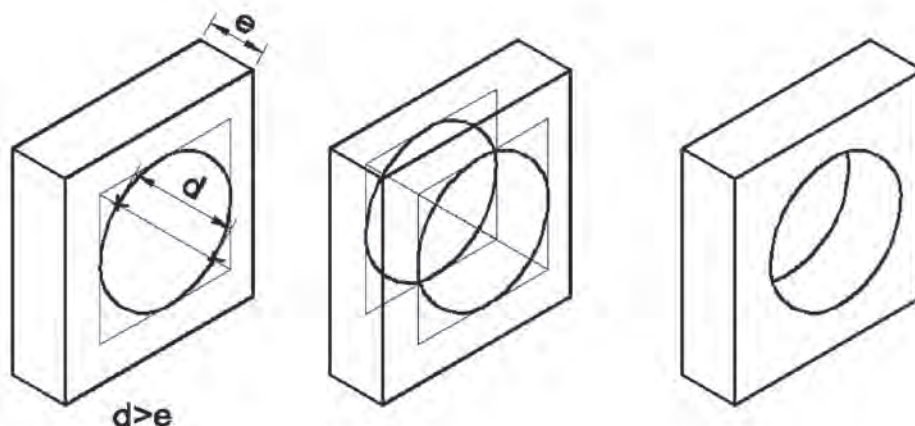


Figura 7.20: Construção da face posterior de um furo, quando $d > e$.

No caso em que “ $d = e$ ” as duas falsas elipses (início e final do furo) se tocarão, e o ponto deste contato é justamente na direção do menor eixo das duas falsas elipses (Figura 7.21).

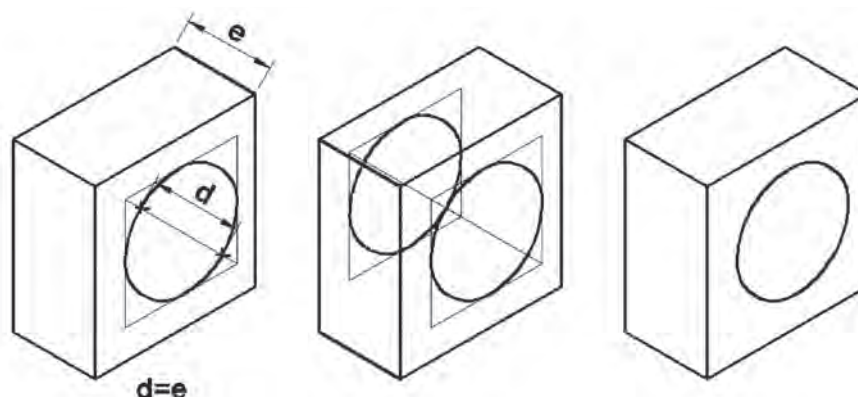


Figura 7.21: Construção da face posterior do furo, quando $d = e$.

E quando “ $d < e$ ”, as duas falsas elipses não se tocarão (Figura 7.22):

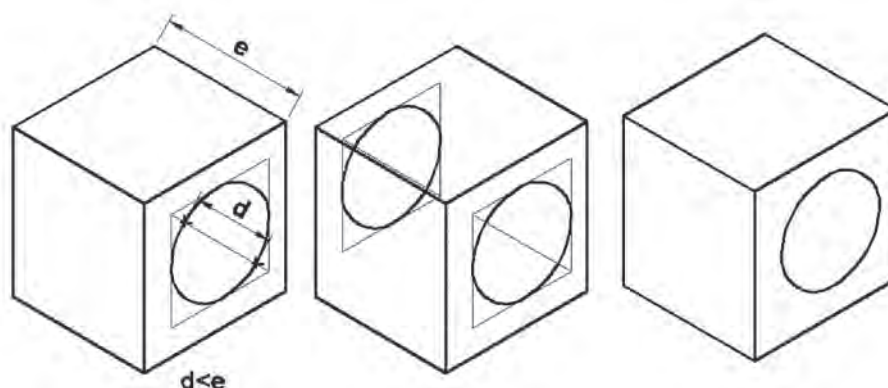


Figura 7.22: Construção da face posterior do furo, quando $d < e$.

Nos dois últimos casos, Figuras (7.21) e (7.22) não será possível representar a parte posterior do furo em um desenho final em perspectiva isométrica. Para a representação final do furo quando “ $d > e$ ” no desenho, basta apagar as partes do furo posterior que estão encobertos pela aresta contida no início do furo (Figura 7.20).

Perspectiva explodida

Em conjuntos de peças, torna-se muito interessante mostrar em perspectiva isométrica as peças isoladas em uma posição que indique a sequência de montagem do conjunto. Este desenho recebe o nome de Perspectiva Explodida, pois é como se todo o conjunto fosse “explodido” e os componentes se deslocassem para a região mais periférica, porém, mantendo uma proximidade que indique a sequência de montagem do conjunto. Esta representação facilita o entendimento do processo de montagem das peças, pois permite a visualização de alguns elementos que no conjunto estavam escondidos, evitando assim a necessidade de cortes adicionais. A Figura (7.23) mostra o caso de uma perspectiva expandida de um conjunto de peças simples.

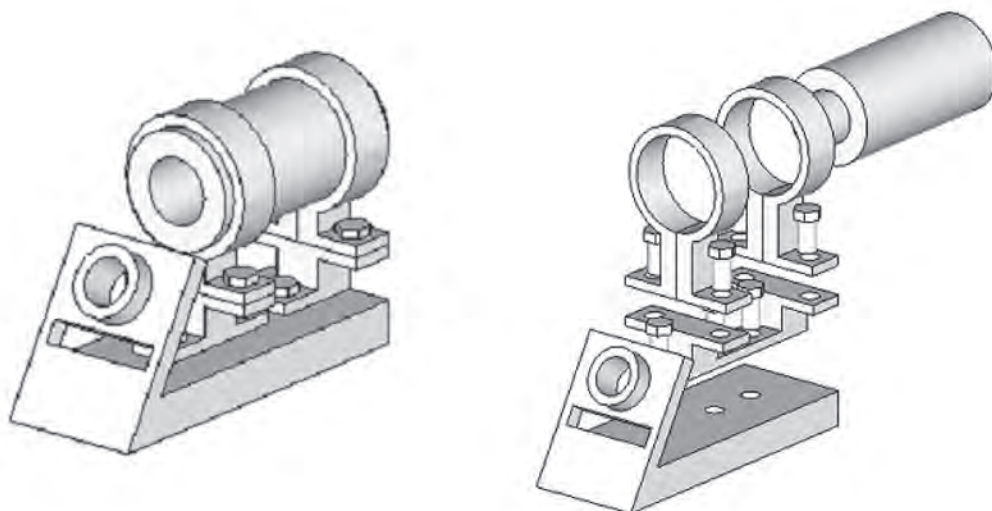
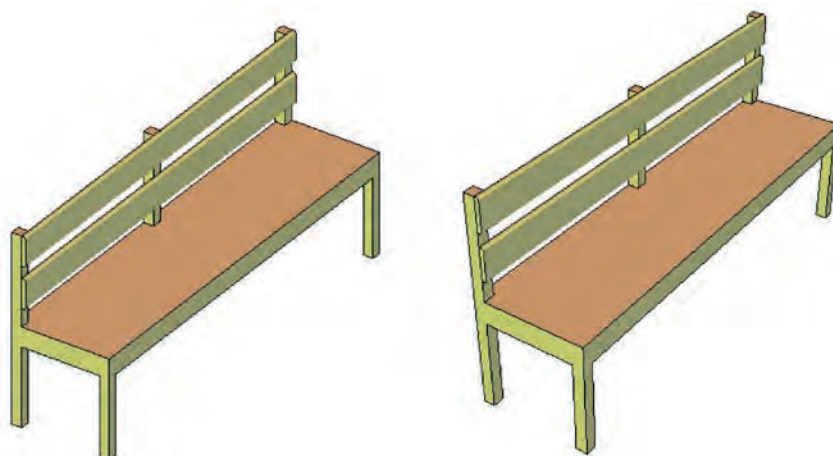


Figura 7.23: Perspectiva isométrica explodida.

7.3 Projeções cônicas

Nas projeções cônicas, ao contrário das paralelas, a posição do observador é considerada como a posição real deste em relação ao objeto, e não como se o observador estivesse em uma distância considerada infinita em relação ao mesmo. Em razão desta última observação, as projetantes têm uma trajetória que concentra toda visão em um ponto, onde a projeção do objeto no plano ficará completamente distorcida, porém, este tipo de projeção é a que se assemelha ao tipo de visão do ser humano. É muito utilizada na produção artística, pois esta técnica ajuda os pintores a retratar paisagens naturais com as simulações de distância entre os elementos. Vale ressaltar aqui como percussores da utilização de técnicas de perspectiva cônica o pintor renascentista Giotto (1267-1337), que utilizou retas convergentes para simular profundidade, embora essas retas não convergissem para um ponto, e os artistas Leonardo da Vinci (1452-1519) e Rafaelo Sanzio (1483-1520) que concentraram as retas projetantes em apenas um ponto em suas obras (LEAKE; BORGESON, 2013). Na arquitetura, é muito utilizada em portfólios e em materiais de propaganda de lançamentos imobiliários e loteamentos, pois dá uma impressão bem realista dos edifícios em relação ao sítio onde serão construídas e também no caso de loteamentos, dando uma ideia de profundidade, mostrando no final das ruas e avenidas os edifícios diminuindo suas dimensões chegando até a desaparecerem. Com o desenvolvimento dos softwares em plataforma CAD, há ferramentas que facilitam muito este trabalho. Há recursos de câmera, que pode definir a localização do observador, a direção de observação e o ângulo de visão, gerando as distorções da observação humana. Aliada a estas ferramentas há também rotinas de renderização, apresentando texturas e sombreamento que são anexados ao desenho e em fotografias reais, apresentado modelos bastante realistas.



(a) Isométrica.

(b) Cônica.

Figura 7.24: Comparação entre perspectivas.

As Figura (7.24) mostra a comparação entre um desenho de um objeto (banco) executado em perspectiva isométrica e em perspectiva cônica. Por se tratar de um objeto conhecido e de uma profundidade muito pequena, em uma observação rápida, não se consegue definir as distorções causadas pelo desenho em perspectiva isométrica. Mas na Figura (7.24(b)) já se pode notar um certo afunilamento das linhas de profundidade, convergindo para um único ponto, em uma posição muito afastada do desenho. Porém, na Figura 7.25, a profundidade dos objetos é muito grande e em um desenho devem ser representadas pela técnica da perspectiva cônica.



Figura 7.25: Linha do horizonte (rodovia).

A perspectiva cônica não é muito utilizada em desenhos técnicos em razão de haver distorções nas dimensões dos objetos, o que prejudica o entendimento dos projetos para sua posterior fabricação. Entretanto, essa técnica é muito útil por ilustrar os objetos de maneira semelhante a como os vemos, imprimindo mais realismo às imagens dos objetos. Por esse motivo, é interessante conhecer as principais técnicas para se produzir desenhos utilizando esta técnica.

7.3.1 Ponto de fuga

O ponto de fuga é a técnica principal que dá o sentido realista de profundidade a um objeto. Esta técnica simplesmente concentra em um ponto as retas projetantes que atravessam o objeto, sendo que as arestas mais próximas da vista do observador, apresenta-se com dimensões maiores, enquanto que as arestas posteriores vão diminuindo de tamanho e, se estão próximas ao ponto de fuga, suas dimensões tendem a zero (Figura 7.26).

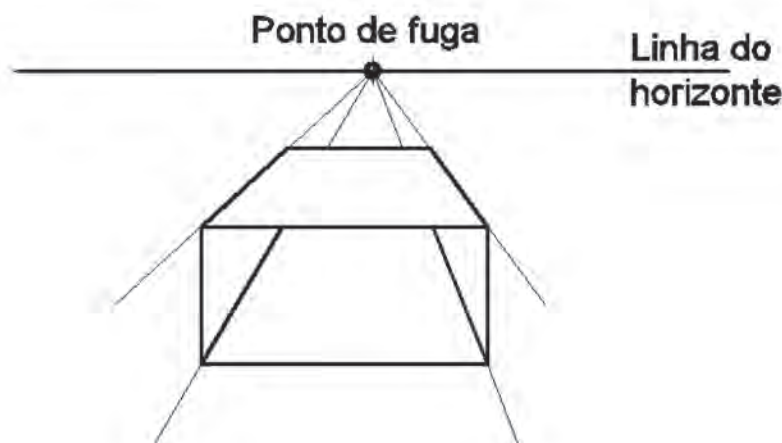


Figura 7.26: Ponto de fuga e linha do horizonte.

Como pode ser visto na Figura (7.26), o ponto de fuga está localizado sobre a linha do horizonte. Nesta linha, as dimensões dos objetos tendem a zero, como podem ser notadas em uma fotografia de uma estrada (Figura 7.25), onde as árvores, a pista da rodovia e as nuvens vão se tornando cada vez menores até desaparecem sobre a linha do horizonte. De maneira análoga à técnica da perspectiva paralela, devem ser utilizados as direções principais ortogonais, ou seja, o comprimento, a altura e a profundidade (sistema cartesiano XYZ) para se determinar a orientação dos pontos de fuga. Se a ideia é representar como perspectiva cônica apenas a profundidade do objeto (eixo Z), pode-se utilizar apenas um ponto de fuga nesta direção. Incluindo mais uma representação em perspectiva cônica do comprimento do objeto (eixo X ou Y), utiliza-se dois pontos de fuga. Por último, se desejar uma representação completa do objeto em perspectiva cônica, incluindo às outras duas direções a altura do objeto (eixos X,Y e Z), utiliza-se 3 pontos de fuga. Portanto, há basicamente três classificações da perspectiva cônica:

1. Perspectiva cônica com um ponto de fuga;
2. Perspectiva cônica com dois pontos de fuga;
3. Perspectiva cônica com três pontos de fuga.

Para ilustrar de forma didática os três exemplos de perspectiva cônica, será desenhado um edifício usando as três técnicas. A escolha deste exemplo se deve ao fato de ser um objeto muito grande, propiciando uma imagem bem realista, como se uma pessoa estivesse em um helicóptero sobrevoando o edifício (Figura 7.27).

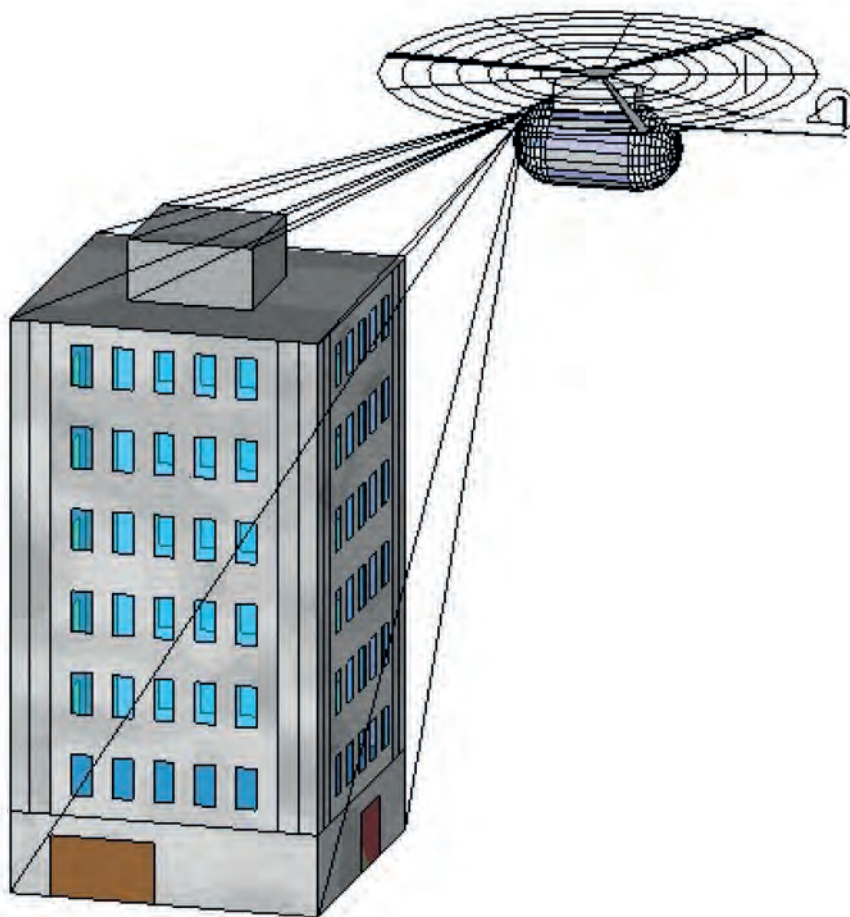


Figura 7.27: Posição do observador.

Então ele veria as arestas mais próximas em uma determinada dimensão e as mais afastadas iriam se afunilar em um único ponto (um ponto de fuga), em dois (dois pontos de fuga) ou em três (três pontos de fuga). Posteriormente, será ilustrada uma comparação entre os três métodos e um desenho deste edifício em perspectiva isométrica.

7.3.2 Perspectiva cônica com um ponto de fuga

Neste caso, as duas direções ortogonais do comprimento e da altura permanecerão paralelas, independente da profundidade do objeto. As arestas, que estão na direção da profundidade, não permanecerão paralelas entre si à medida que se avança nesta direção, tendendo a se aglutinarem em um único ponto, o ponto de fuga, na linha do horizonte (LH) (Figura 7.28).

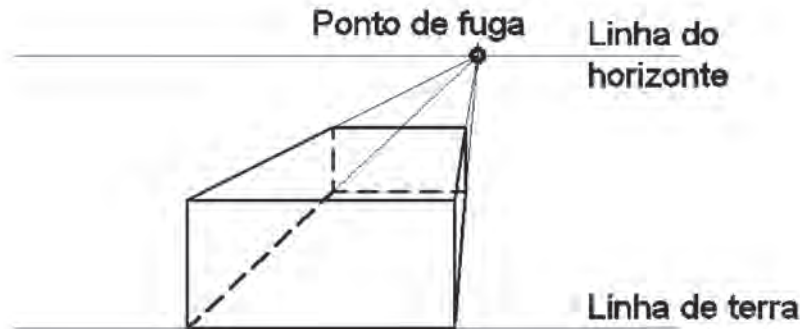


Figura 7.28: Perspectiva com um ponto de fuga.

A seguir será visto o passo a passo, de uma maneira bem simples, o desenho em perspectiva cônica de um edifício, utilizando um ponto de fuga.

1º Passo: Escolha do ponto de observação - PO: É a posição do observador em relação ao objeto. A Figura (7.27) mostra, de forma bem realista, a posição do observador (PO) em relação ao objeto, neste caso um edifício, a que se quer representar. Essa posição é importante para se definir qual parte do objeto terá mais ênfase na sua visualização no plano de projeção. Por exemplo, se o observador está à direita do objeto, esta face será mais visível, e assim será nas outras posições. Neste caso o observador está à frente e acima do objeto, sendo que estas arestas serão observadas na perspectiva.

A Figura (7.29) mostra em planta a posição do observador, PO. Na fachada do edifício, na vista em planta, deve ser desenhada uma reta horizontal, chamada de linha do plano frontal.

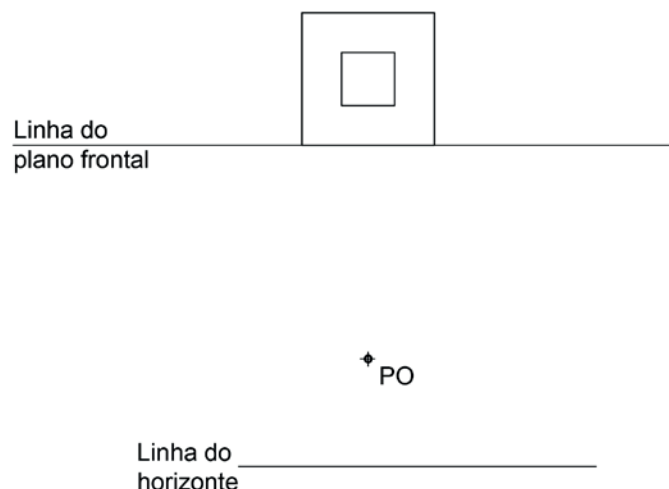


Figura 7.29: Vista superior do objeto e do ponto de observação.

2º Passo: Traçado das linhas de terra (LT) e do horizonte (LH): A linha de terra (LT) e linha do horizonte (LH) definem os limites para a projeção cônica do objeto. A linha de terra mostra o início da visualização do objeto no desenho em perspectiva cônica. O objeto pode ou não estar sobre esta linha. A linha de horizonte mostra a altura do ponto de vista. Se o observador deseja visualizar o objeto “de baixo para cima”, então o objeto deve estar acima da linha de horizonte e, por conseguinte, a linha de terra estará acima da linha do horizonte. Se o observador quiser visualizar o objeto “de cima para baixo”, então o objeto deve estar abaixo da linha do horizonte, juntamente com a linha de terra. Neste exemplo, a linha de horizonte está acima da linha de terra, pois se deseja visualizar a parte superior do edifício (Figura 7.30). É de suma importância definir o espaçamento entre essas linhas, de modo que o desenho do objeto em perspectiva cônica não ultrapasse os limites da área de desenho.

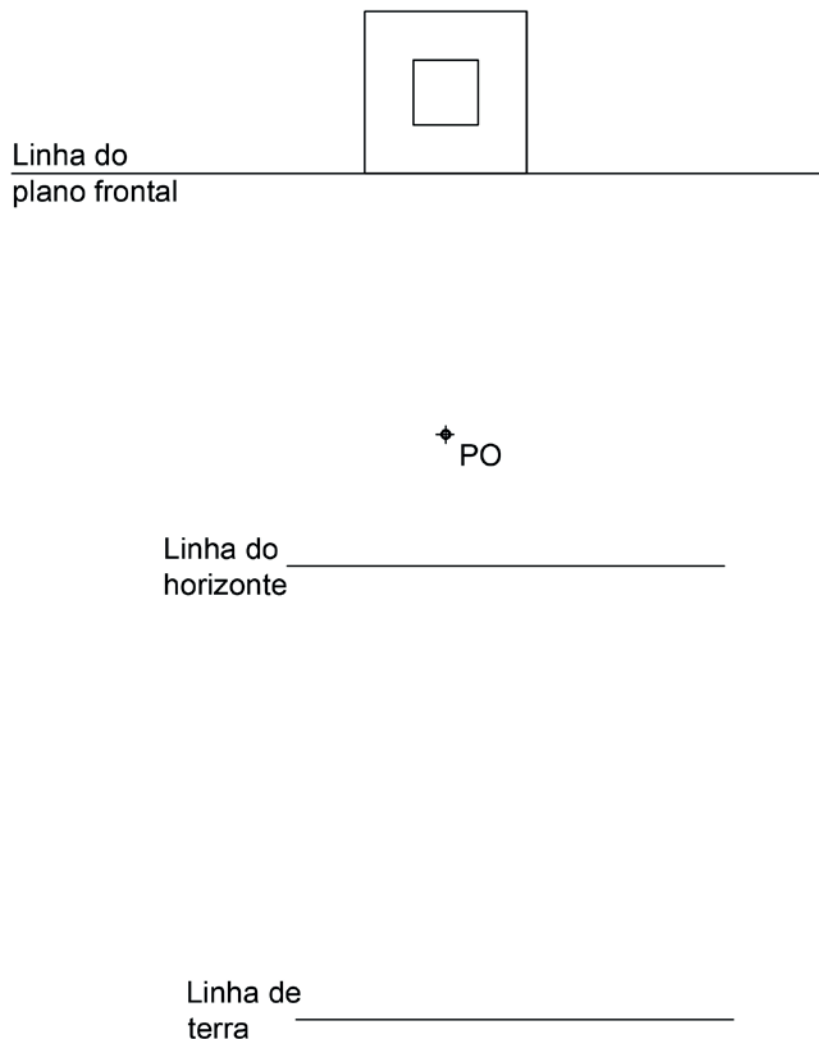


Figura 7.30: Vista em planta do edifício contendo: linha de terra, linha do horizonte e a posição do observador.

3º Passo: Traçado da projeção do ponto de fuga: Traça-se uma linha entre a linha do plano frontal e o PO, sendo que esta nova linha deve ser perpendicular à linha do plano frontal. O ponto da intersecção desta linha com a linha do plano frontal será o ponto da projeção do ponto de fuga (Figura 7.31).

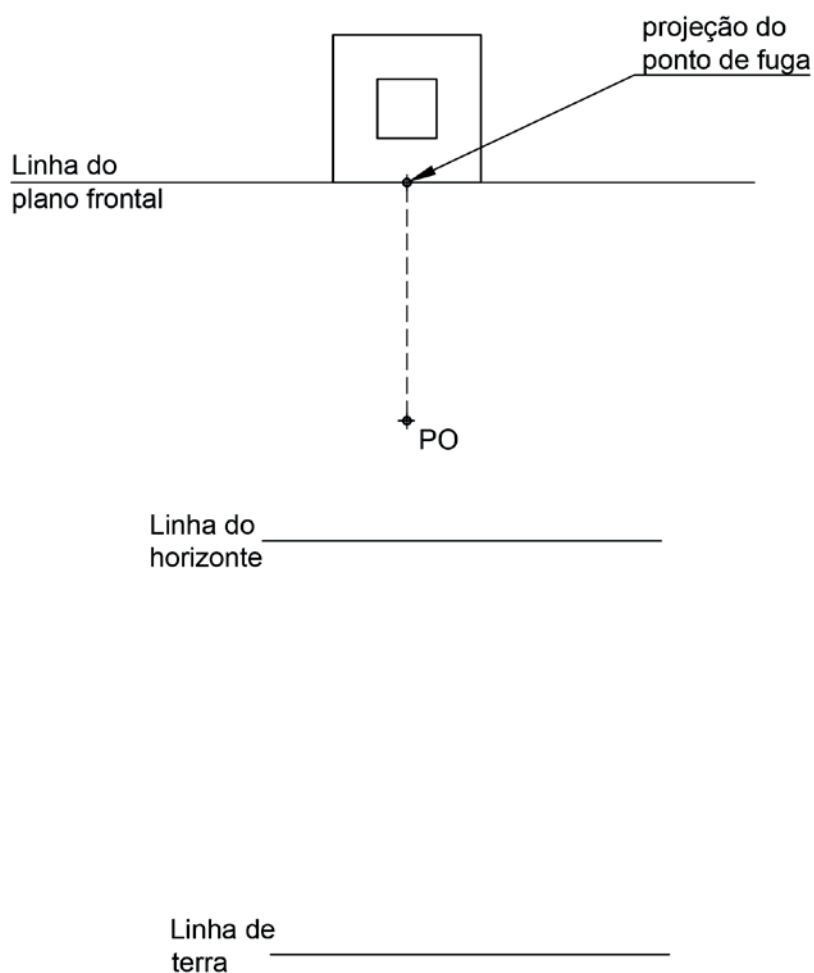


Figura 7.31: Linha do plano frontal e projeção do ponto de fuga.

4º Passo: Inserção do ponto de fuga PF: Traça-se uma linha auxiliar vertical do ponto de observação PO até a linha de horizonte e, a esta intersecção, dá-se o nome de ponto de fuga PF. (Figura 7.32).

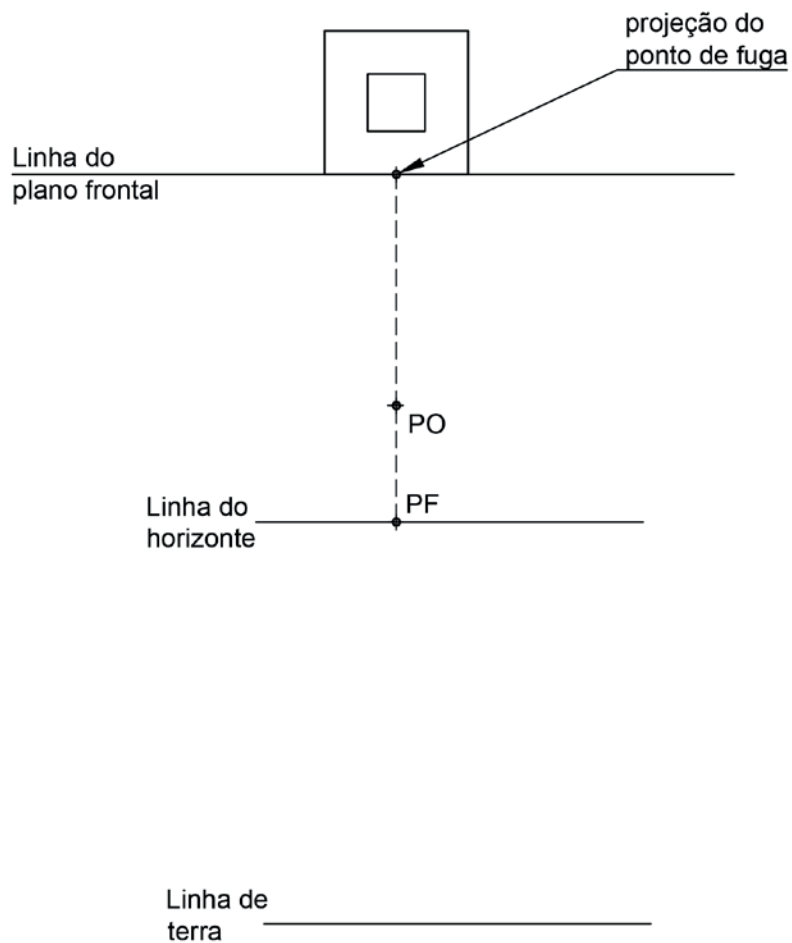


Figura 7.32: Traçado do ponto de fuga.

5º Passo: Traçado da vista frontal do objeto na linha de terra: Partindo da projeção da vista superior do objeto, deve-se traçar linhas auxiliares retas e perpendiculares à linha de terra, de modo que a vista frontal do objeto esteja acima desta linha (Figura 7.33). Desenha-se então a fachada frontal do edifício (altura e largura) sobre a linha de terra. Neste exemplo, optou-se por desenhar apenas o “corpo” do edifício em primeiro lugar, a fim de evitar um congestionamento de linhas auxiliares e projetantes.

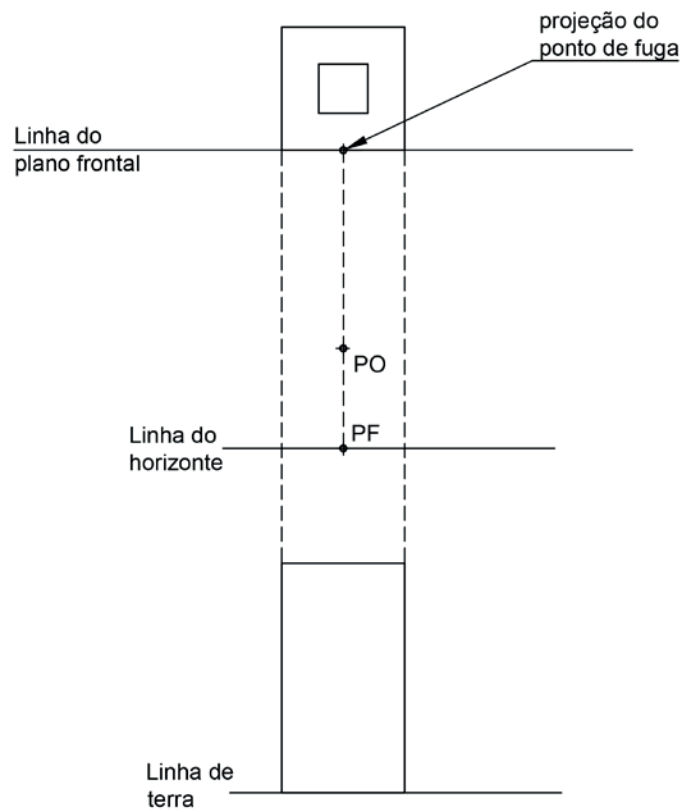


Figura 7.33: Vista frontal sobre a linha de terra.

6º Passo: Traçado das linhas projetantes de fuga das arestas na vista frontal do objeto: Traça-se então linhas projetantes de fuga entre os cantos das arestas contidas na vista frontal até o ponto de fuga, fazendo com que estas projetantes tenham a forma cônica (Figura 7.34).

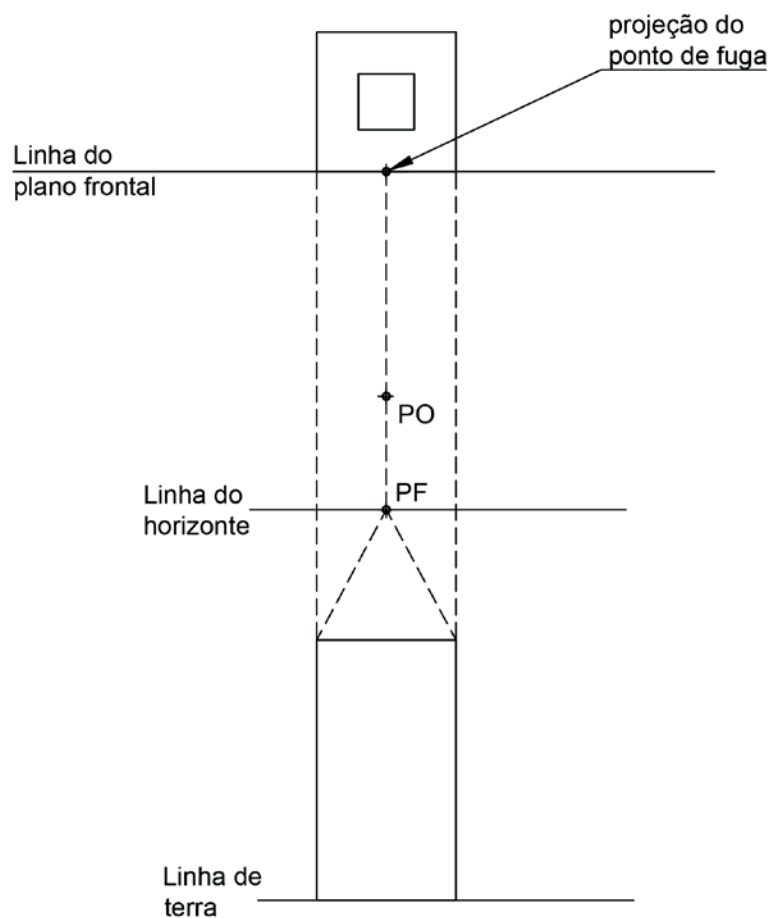


Figura 7.34: Linhas projetantes de fuga entre arestas da vista frontal e o ponto de fuga.

7º Passo: Marcação dos pontos contidos na vista posterior: Os pontos contidos no plano posterior do objeto devem ser marcados sobre a linha do plano frontal. Traça-se então uma linha auxiliar, que vai do ponto de observação até as extremidades das arestas posteriores do edifício, e na intersecção destas retas com a linha do plano frontal marcam-se os pontos 1 e 2 (Figura 7.35).

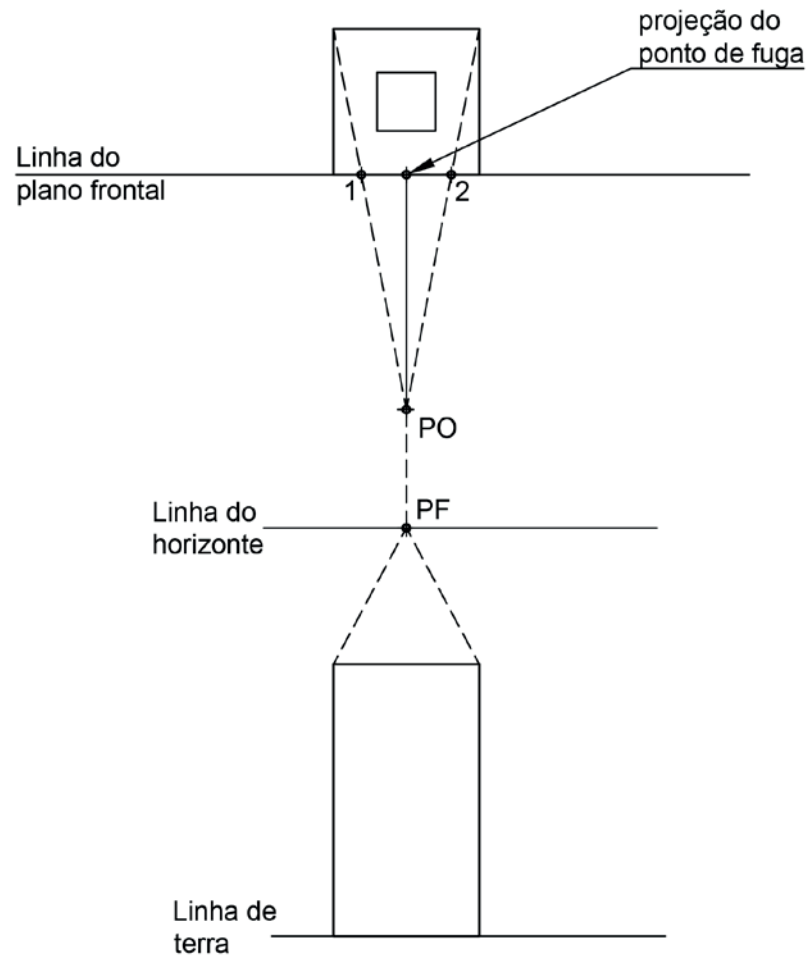


Figura 7.35: Projeção dos pontos da vista posterior do edifício sobre o plano de projeção frontal.

8º Passo: Marcação da profundidade do objeto: A partir dos pontos 1 e 2, são traçadas retas verticais que irão cruzar com as retas projetantes do ponto de fuga, como podem ser verificadas na Figura (7.36), determinando assim os pontos 1', 2'. Nota-se que estes pontos não estão na linha de terra.

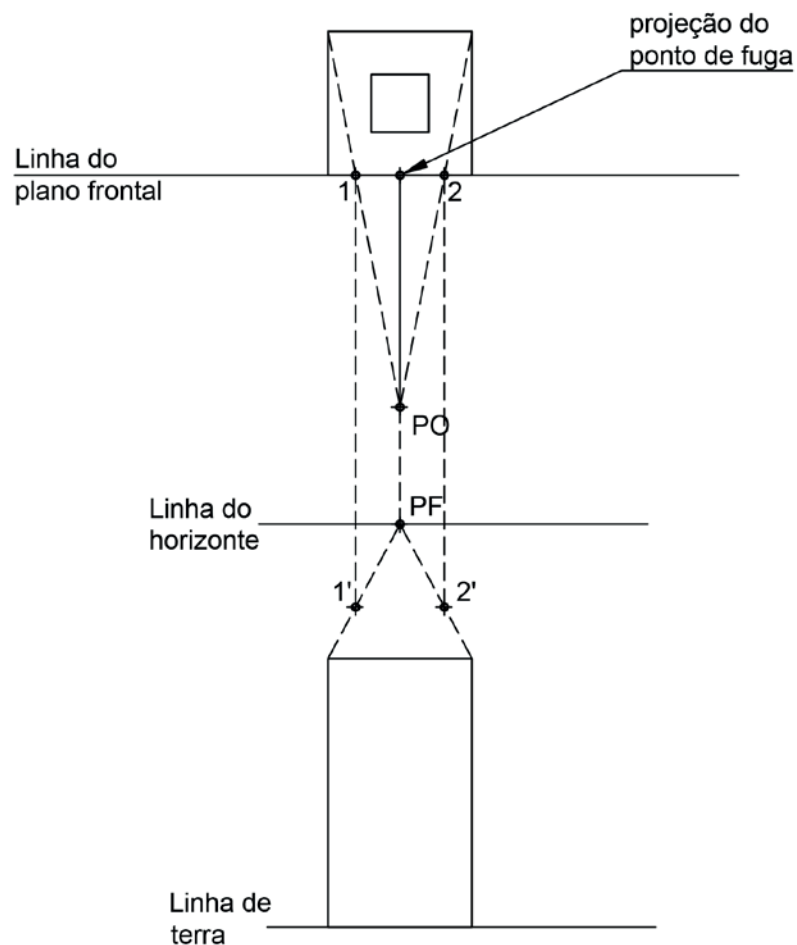


Figura 7.36: Projeção da vista posterior do objeto nas linhas de projeção do ponto de fuga.

9º Passo: Desenho das arestas em perspectiva cônica: Ligando os pontos 1' e 2' e depois ligando estes pontos aos pontos da vista frontal que estão na mesma reta projetante, tem-se uma visão em perspectiva cônica do edifício (Figura 7.37).

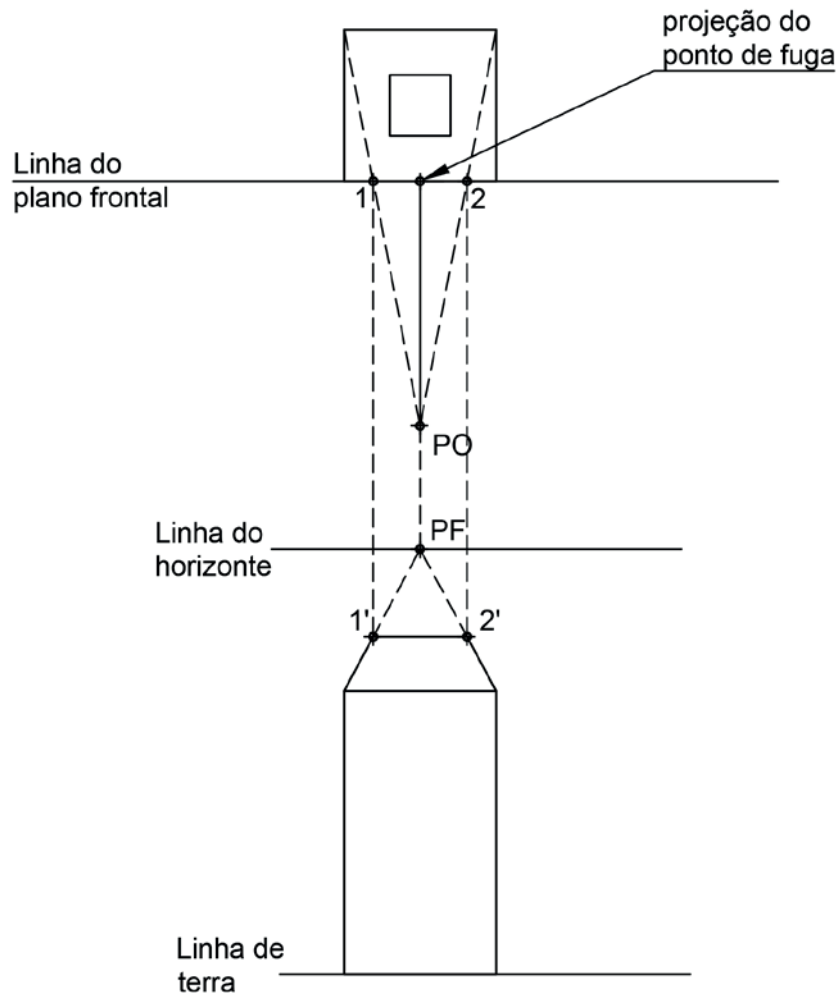


Figura 7.37: Desenho final, perspectiva cônica do edifício.

10º Passo: Desenho da vista frontal da caixa d'água: Terminado o desenho principal do edifício, é hora de iniciar o desenho da caixa d'água. O primeiro passo é a marcação da fachada da caixa d'água na vista frontal que está apoiada sobre a linha de terra. Traça-se então retas verticais, que saem do contorno deste objeto na vista superior, e tocam a parte superior do edifício na linha de terra (Figura 7).

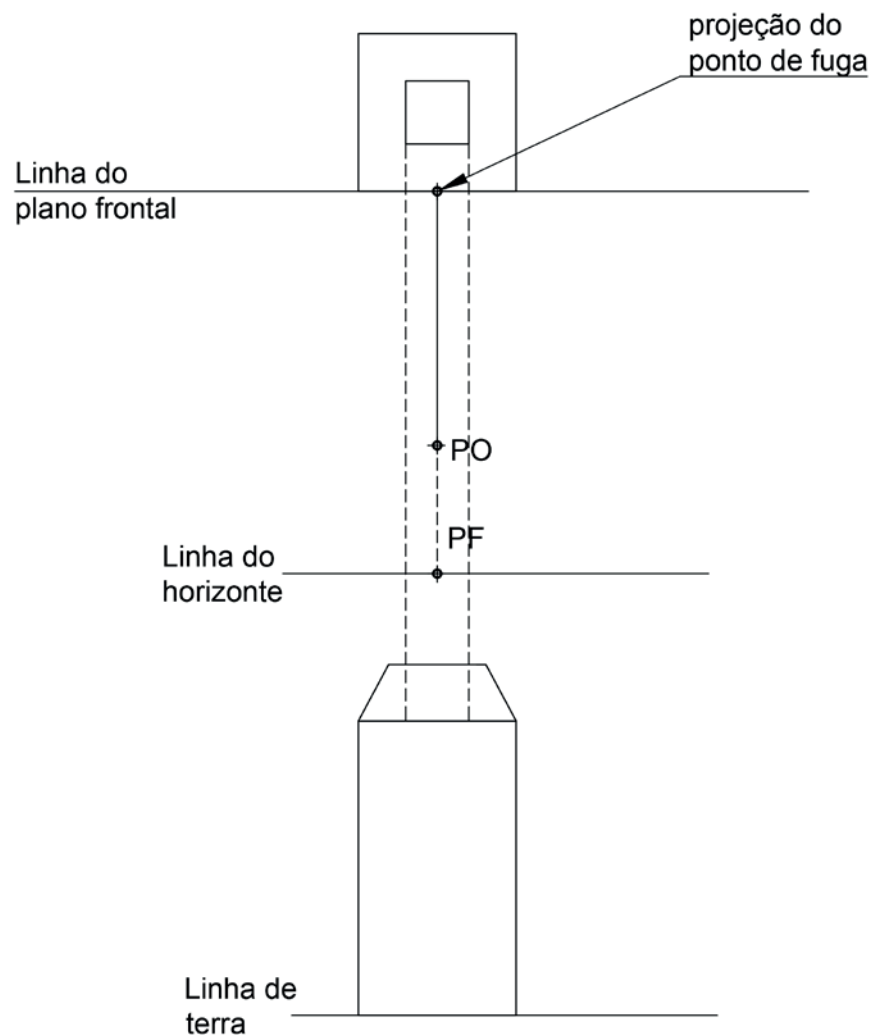


Figura 7.38: Marcação da vista frontal da caixa d'água no desenho sobre a linha de terra.

11º Passo: Traçado das linhas projetantes da caixa d'água até o ponto de fuga: Traçam-se as retas projetantes, saindo da intersecção das retas auxiliares verticais (que marcam a projeção da caixa d'água nesta fachada) com a parte superior do edifício sobre a linha de terra, descritas no item 10, chegando até o ponto de fuga (Figura 7.39).

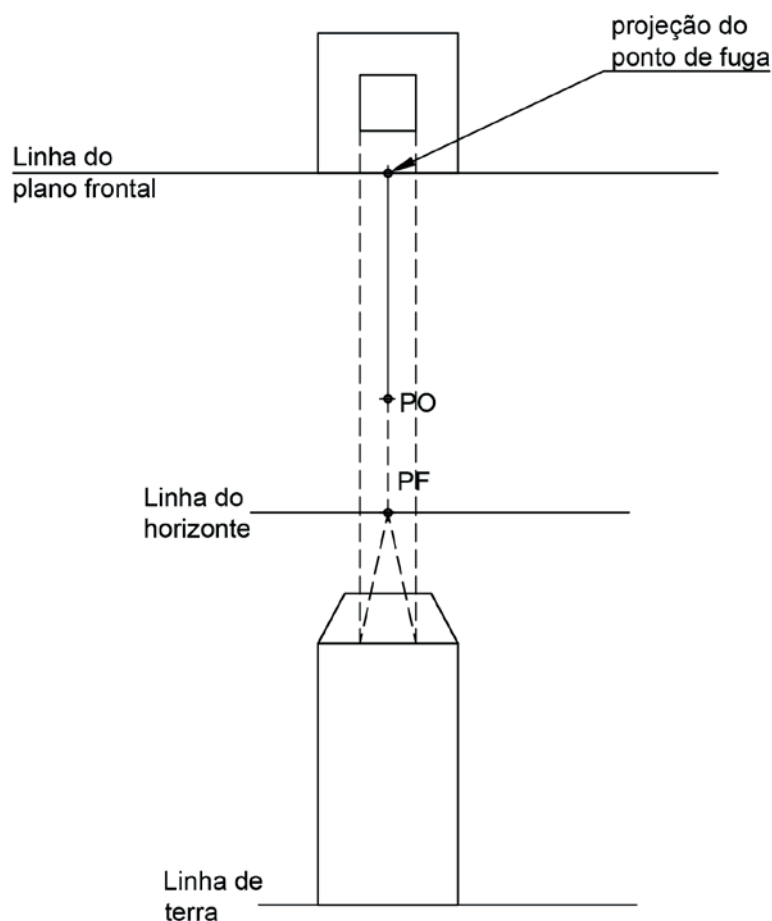


Figura 7.39: Traçado das linhas projetantes que partem das laterais da projeção frontal da caixa d'água no desenho sobre a linha de terra e se dirigem ao ponto de fuga.

12º Passo: Desenho da base da caixa d'água: Traçam-se retas projetantes que partem das extremidades da caixa d'água e se unem ao ponto da posição do observador PO. Ao cruzar com a linha do plano frontal, deve-se marcar os pontos, 1, 2, 3 e 4. A partir destes pontos, traçam-se retas auxiliares verticais que deverão tocar as linhas projetantes, que saem do topo do edifício e se unem ao ponto de fuga, marcando assim os pontos 1', 2', 3' e 4'. Unem-se então estes quatro pontos e tem-se assim a base da caixa d'água (Figura 7.40).

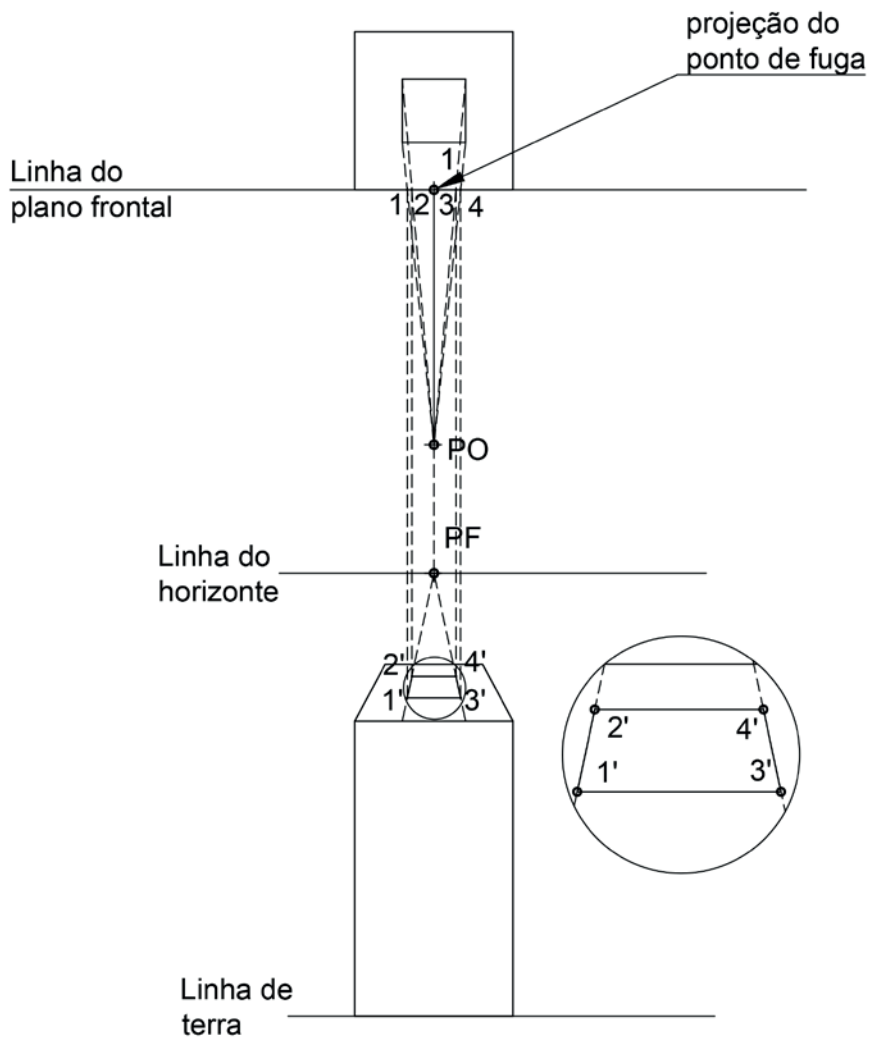


Figura 7.40: Marcação da base da caixa d'água sobre o desenho do edifício em perspectiva cônica.

13º Passo: Traçado dos contornos da caixa d'água: A partir das linhas de projeção da caixa-d'água, que tocam as arestas da fachada do edifício situada sobre a linha de terra, traça-se a altura real da caixa d'água (Figura 7.41). Partindo da projeção da altura da caixa d'água, traçam-se linhas projetantes que irão se unir no ponto de fuga PF. Tendo como pontos iniciais 1', 2', 3' e 4', traçam-se linhas verticais que se unirão com as linhas projetantes do topo da caixa d'água, estas em cor vermelha, gerando os pontos 1'', 2'', 3'' e 4''

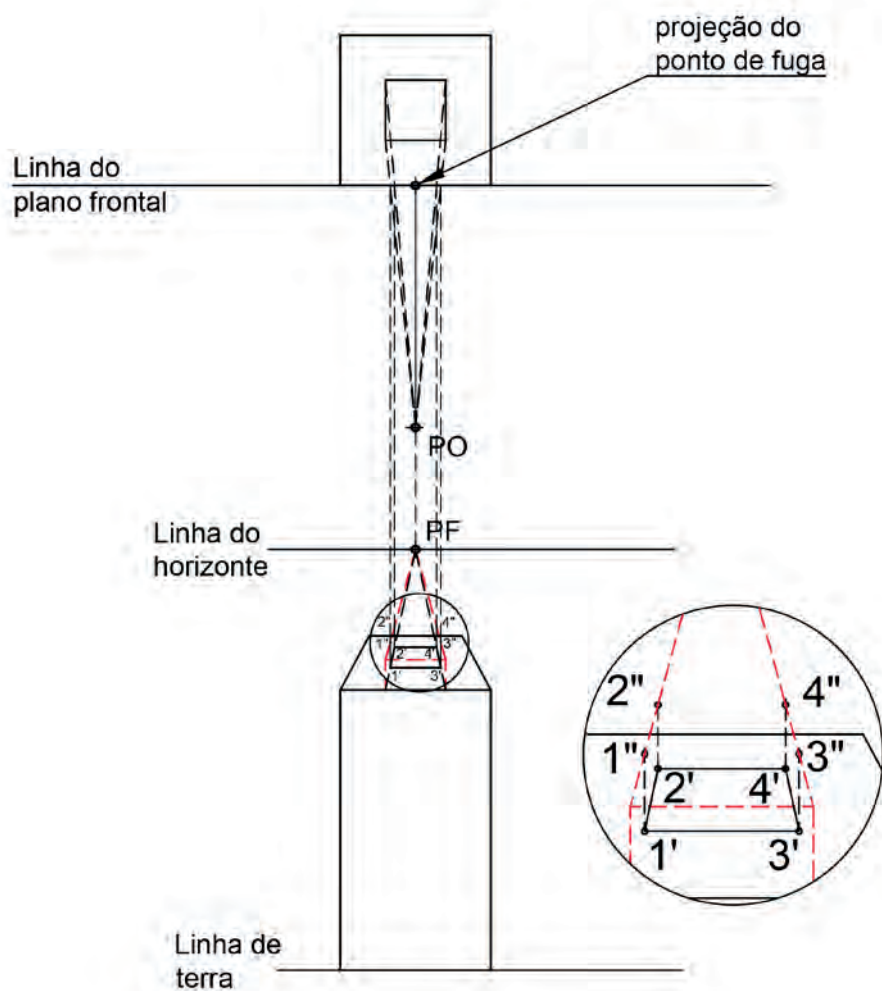


Figura 7.41: Pontos que demarcam os cantos da caixa d'água do desenho em perspectiva cônica.

14º Passo: Finalização do desenho da caixa d'água: Unem-se os pontos 1", 2", 3" e 4", e depois traçam-se retas ligando os pontos 1' e 1", 3' e 3" e por fim 4' e 4" (Figura 7.41). Ligando-se estes pontos e apagando as arestas que não aparecerão no desenho, tem-se o desenho final da caixa d'água em perspectiva cônica (Figura 7.42). Deve-se ter o cuidado de se apagar as arestas que estão ocultas, que estão sendo obstruídas por outras partes da estrutura.

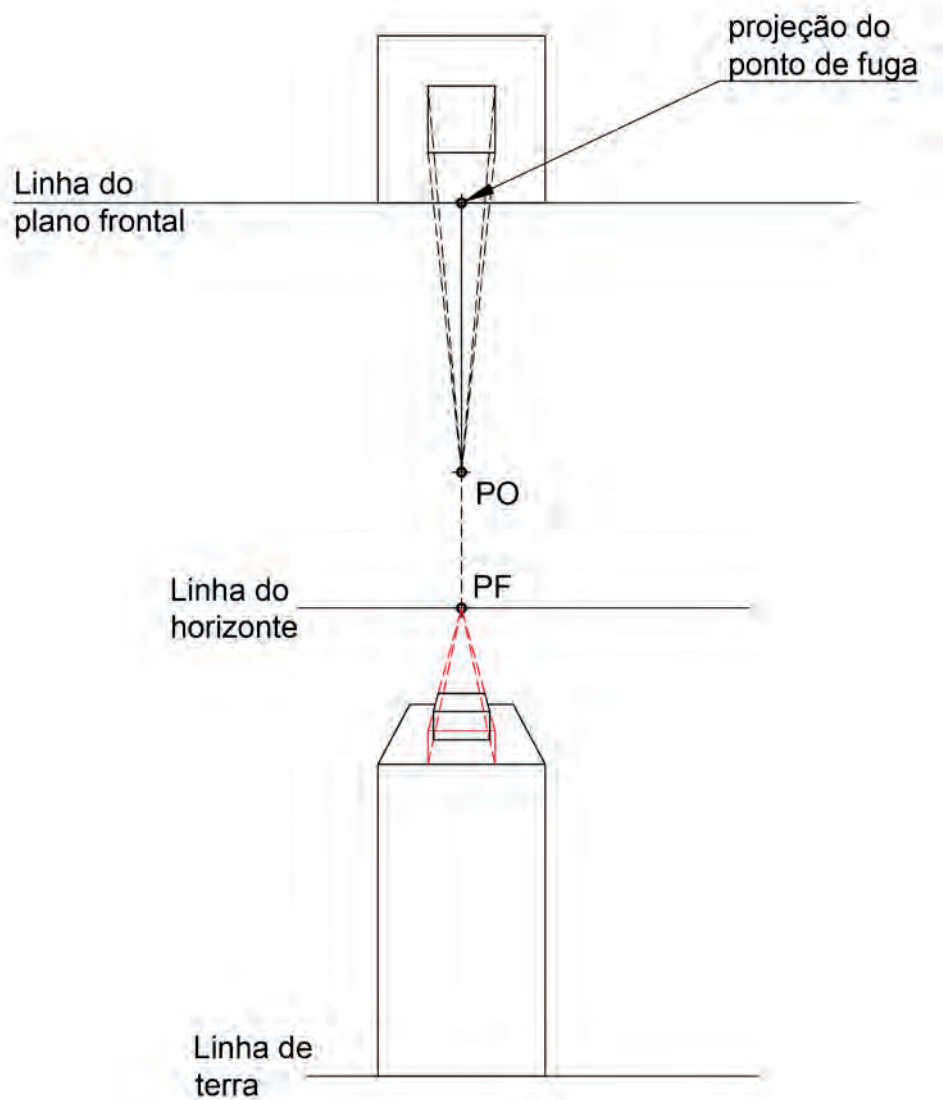


Figura 7.42: Desenho final da caixa d'água sobre o edifício na vista em perspectiva cônica.

15º Passo: Projeção dos detalhes na fachada frontal: Os detalhes do desenho, como as janelas, portas e frisos, serão inseridos agora, terminando assim o desenho, pois as outras faces da edificação estão encobertas pela fachada frontal. Figura (7.43).

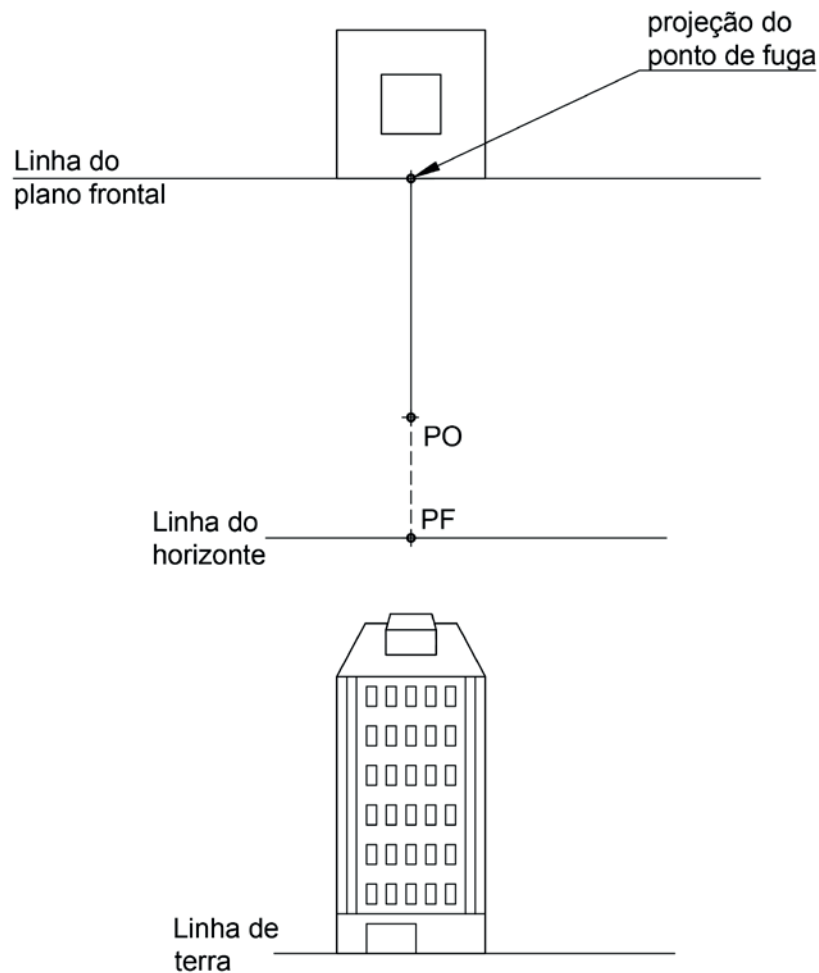


Figura 7.43: Traçado dos detalhes na vista frontal do desenho sobre a linha de terra.

7.3.3 Perspectiva cônica com dois pontos de fuga

Para este tipo de perspectiva são necessários 2 pontos de fuga, sobre os quais as arestas verticais (eixo Y), serão paralelas entre si, enquanto que nas outras duas direções, no comprimento (eixo X) e na largura (eixo Z), convergirão para os pontos de fuga. Neste caso, a vista em planta precisa estar inclinada em relação

à linha do plano frontal (Figura 7.44), para que as projetantes contidas nos eixos do comprimento e da largura atinjam os pontos de fuga nas suas respectivas direções. O processo é análogo à perspectiva com um ponto de fuga e será ilustrado com o mesmo exemplo anterior.

1º Passo: Escolha do pontos geométricos, PO, LT e LH: O ponto de observação PO será o mesmo do exemplo anterior (Figura 7.29), assim como as outras linhas, a linha de Terra (LT) e linha do horizonte (LH) (Figura 7.44), pois se deseja ver a fachada da vista lateral direita e esquerda da edificação em uma posição “de cima para baixo”.

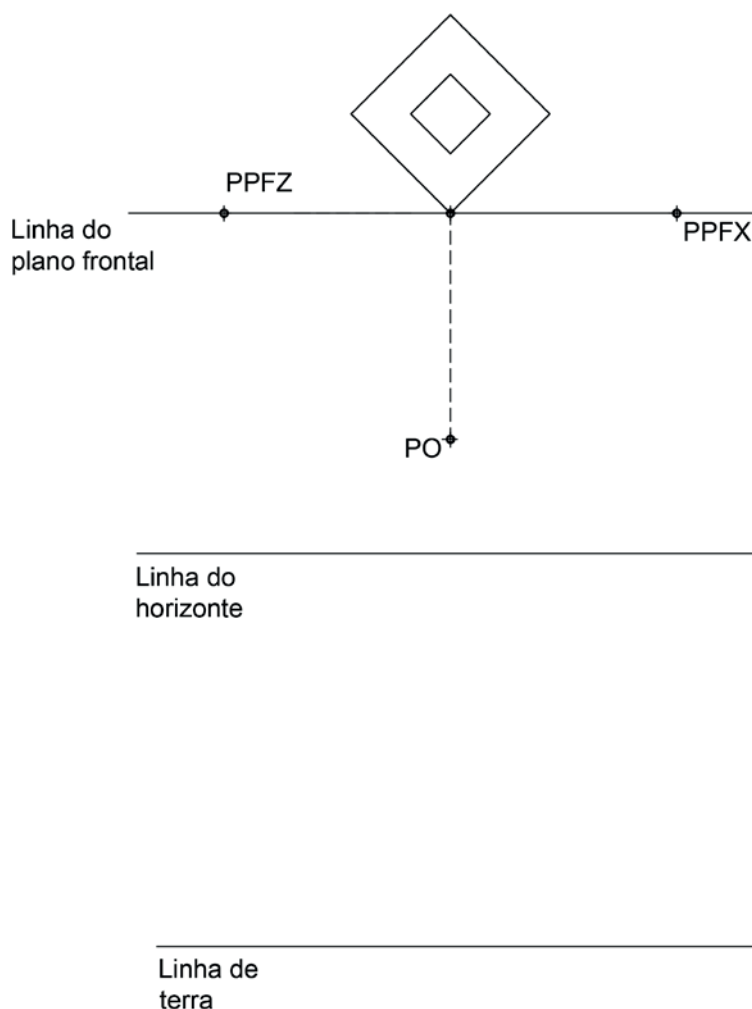


Figura 7.44: Configurações do ponto de observação, linha de terra e linha do horizonte para a projeção com dois pontos de fuga.

2º Passo: Inserção do ponto de fuga: Deve-se demarcar duas projeções do ponto de fuga, que estarão contidas no plano de projeção do objeto. Traçam-se então duas retas auxiliares, que ligam o ponto PO com os pontos PPFX (projeção do ponto de fuga na direção X) e PPFZ (projeção do ponto de fuga na direção Z) (Figura 7.45). A reta PPFX-PO deve ser paralela às arestas horizontais da vista lateral direita do objeto, assim como a reta PPFZ-PO deve estar paralela as arestas horizontais da vista frontal do objeto.

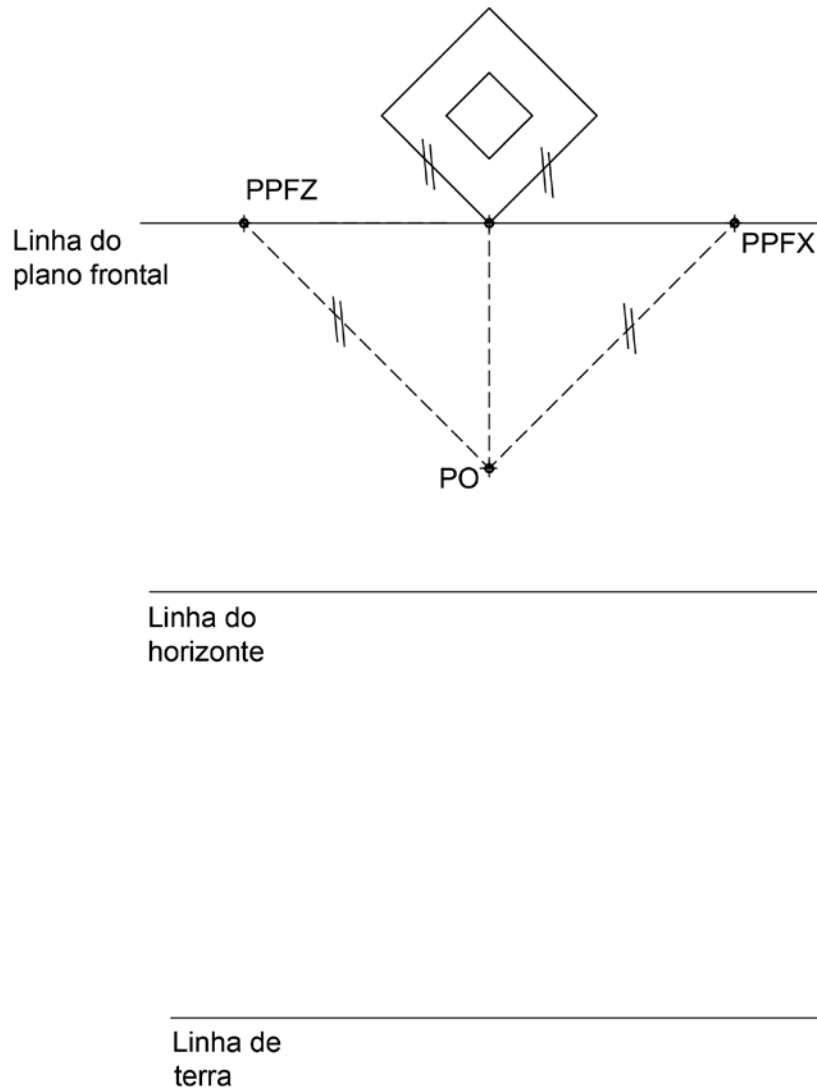


Figura 7.45: Projeção dos pontos de fuga na direção do comprimento (X) e da largura (Z), respectivamente.

3º Passo: Traçado dos pontos de fuga: Partindo dos pontos PPFZ e PPFZ, traçam-se duas retas verticais que interceptam a linha do horizonte, determinando os pontos de fuga para a direção X (PFX) e Z (PFZ) (Figura 7.46).

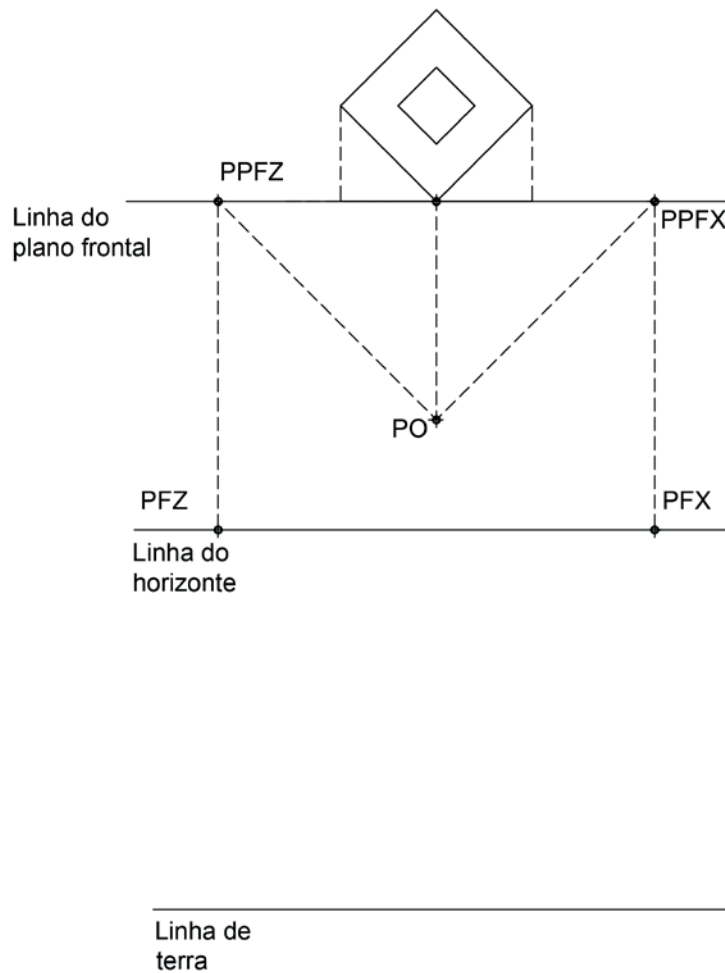


Figura 7.46: Traçado dos pontos de fuga na linha do horizonte.

4º Passo: Determinação da altura de referência: A partir do ponto em que toca a linha do plano frontal do objeto na vista superior, traça-se uma reta auxiliar vertical que toca a linha de terra, determinando o ponto 1. A partir desse ponto, traçam-se duas linhas projetantes até o PFX e o PFZ. Do ponto 1, traça-se uma reta vertical com o valor da maior altura da edificação (descontando a caixa d'água), que terminará no ponto 2. O segmento 1-2 será a altura de referência do objeto. A partir do ponto 2, traçam-se linhas projetantes até os pontos de fuga PFZ e PFX, respectivamente. (Figura 7.47).

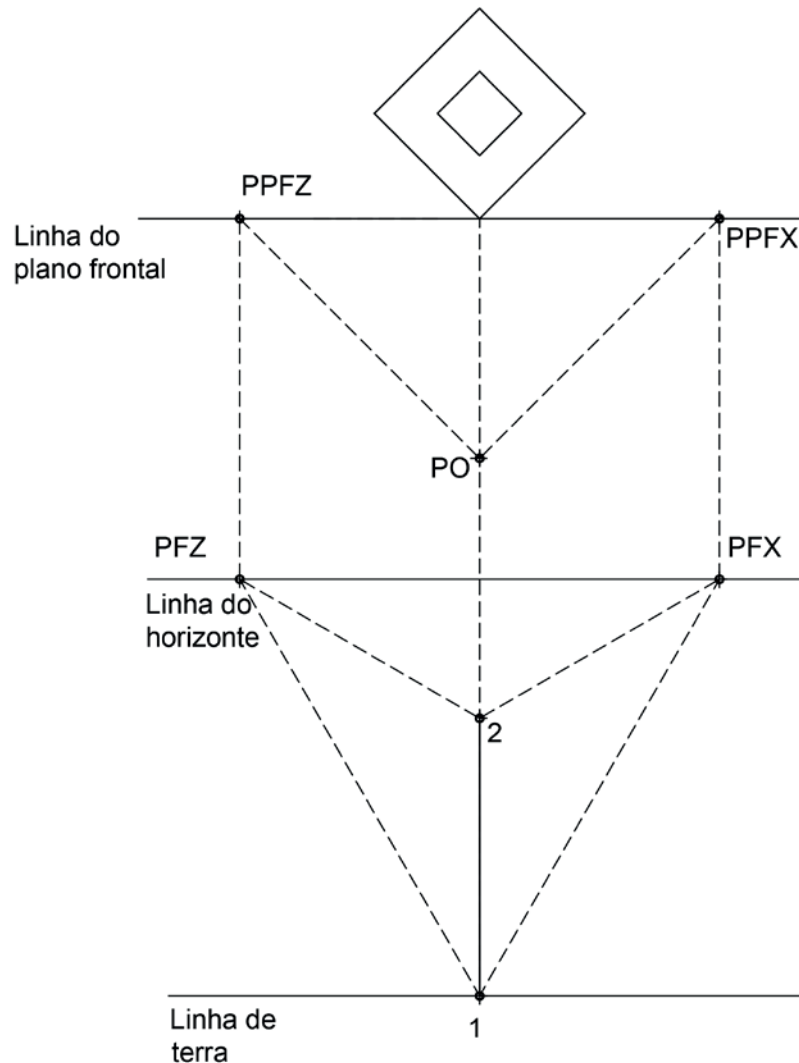


Figura 7.47: Determinação da altura de referência.

5º Passo: Traçado do edifício em perspectiva cônica: A partir dos pontos laterais mais externos da vista em planta, traçam-se duas linhas projetantes até o ponto de observação. No ponto em que estas linhas tocam a linha de projeção frontal, traçam-se retas auxiliares verticais até cruzarem com as retas projetantes descritas no 4º passo, determinando assim os pontos 3, 4, 5 e 6. Do ponto 5, traça-se uma reta projetante até o ponto de fuga PFZ e, a partir do ponto 6, uma reta projetante até o PFX. Na intersecção destas duas últimas linhas projetantes traçadas, marca-se o ponto 7. Unindo os pontos na sequência 2-5-7-6-2, e depois na ligação entre os pontos 3-5 e 4-6, tem-se o “corpo” do edifício em perspectiva cônica (Figura 7.48).

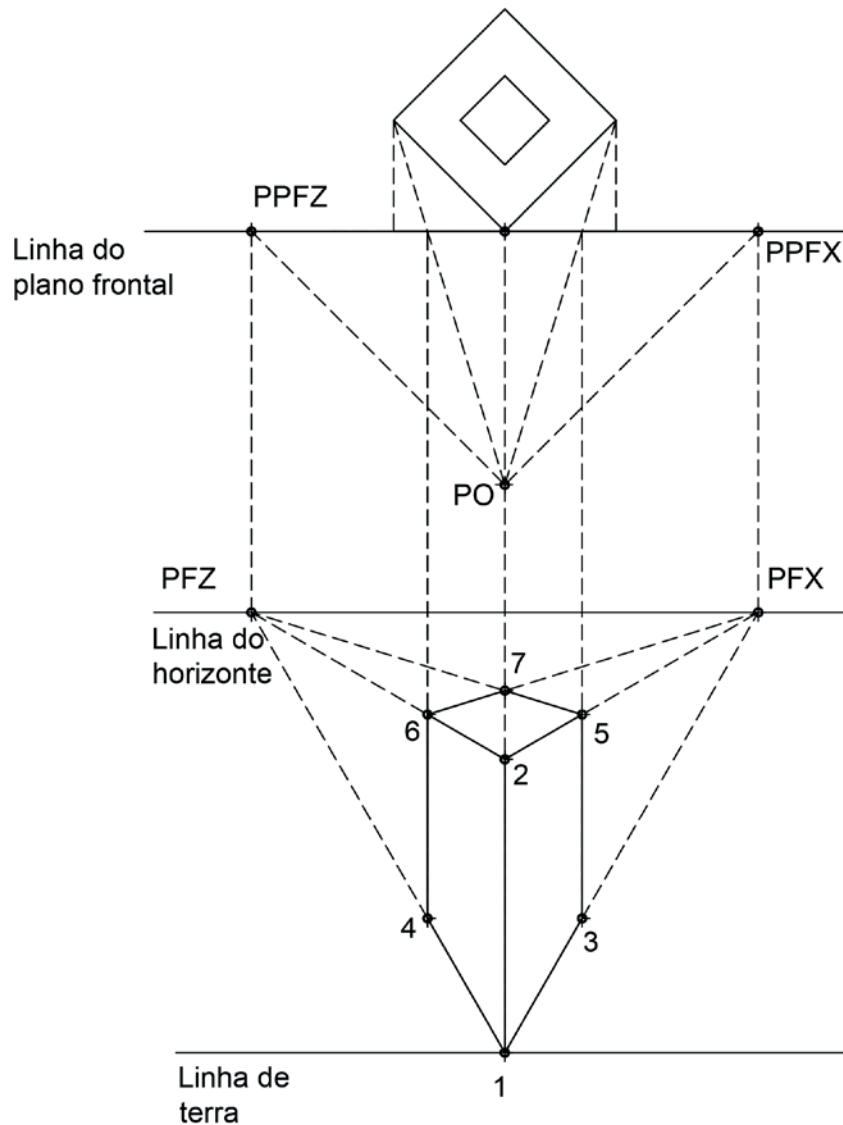


Figura 7.48: Desenho das fachadas e do topo do edifício.

6º Passo: Marcação da altura da caixa d'água: Marca-se a altura real da caixa d'água a partir do ponto 2, na vista em perspectiva cônica. A partir desta altura, traçam-se duas projetantes até os pontos de fuga PFZ e PFX. A partir dos cantos da vista lateral direita e da vista frontal do desenho em perspectiva, traça-se linhas auxiliares verticais até a intersecção com as últimas linhas projetantes desenhadas. A partir desta intersecção, na vista frontal, traçam-se uma linha projetante até o PFX, e na vista lateral direita, uma projetante até o PFZ, demarcando assim toda a projeção da altura da caixa d'água em perspectiva cônica, nos cantos do edifício (Figura 7.49).

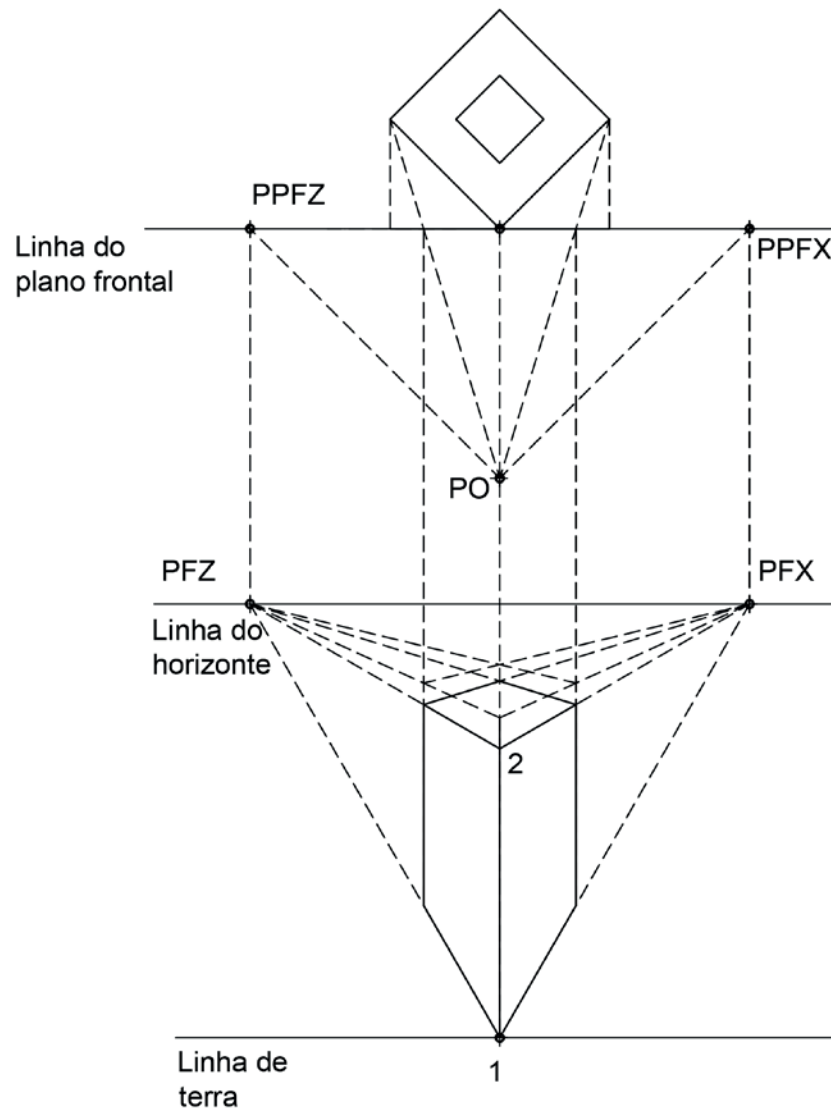


Figura 7.49: Marcação da altura da caixa d'água nos cantos da edificação.

7º Passo: Marcação da vista lateral direita da caixa d'água: Através dos cantos da fachada da vista lateral direita da caixa d'água, na vista superior ortogonal, traçam-se retas auxiliares que interceptarão em ângulo reto as linhas da fachada da edificação. Partindo desta intersecção, traçam-se retas projetantes até o ponto de observação PO. Nos pontos em que estas projetantes tocam a linha do plano frontal, traçam-se linhas auxiliares verticais, que cruzarão com as linhas do contorno da altura da caixa d'água desenhadas no item 6 e também interceptarão as arestas de fachada lateral direita da edificação. Através destes pontos encontrados, traçam-se linhas projetantes (em vermelho) até o PFZ (Figura 7.50).

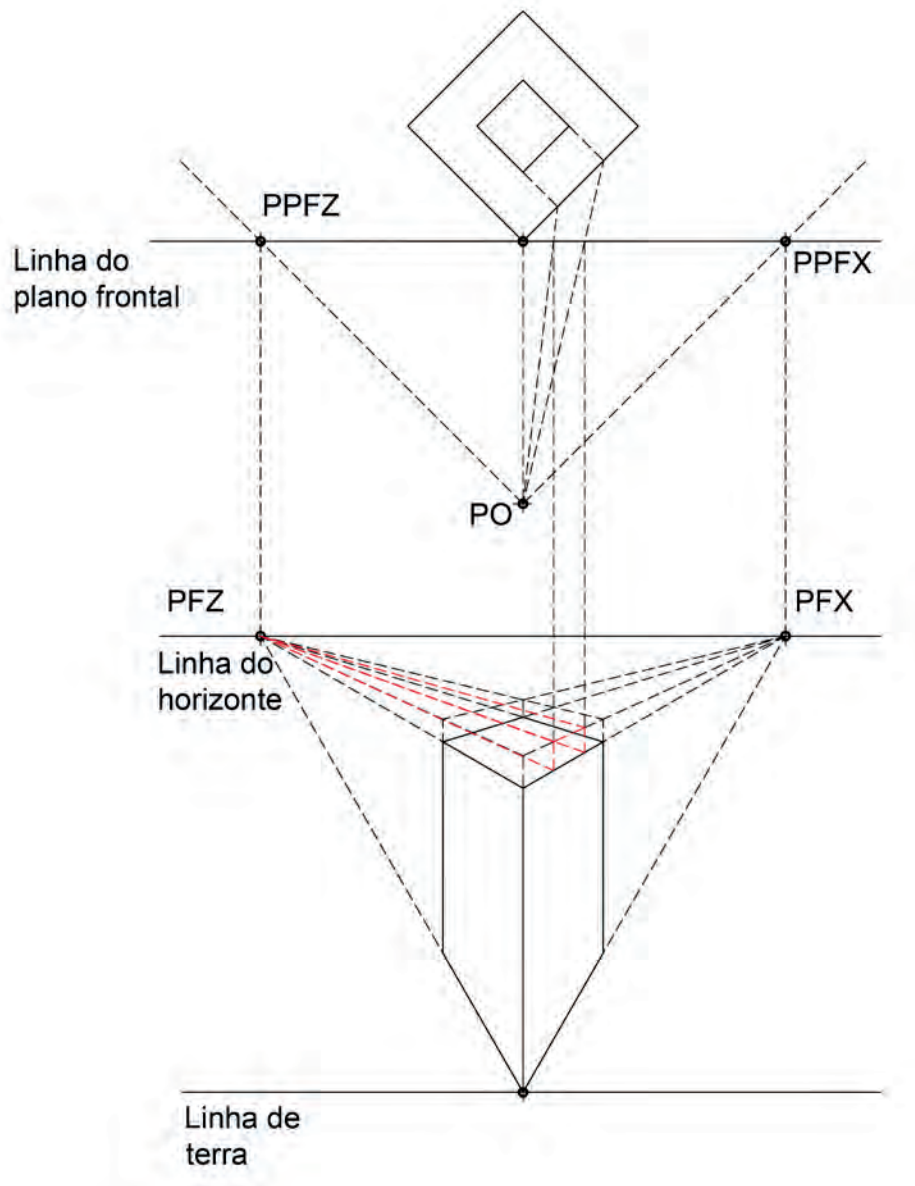


Figura 7.50: Marcação da vista lateral direita da caixa d'água no desenho em perspectiva.

DESENHO TÉCNICO BEM PRÁTICO

9º Passo: Desenho final da caixa d'água em perspectiva cônica: Ligando os pontos de intersecção entre as linhas projetantes vermelha e azul, tem-se os cantos da caixa d'água. Apaga-se depois as arestas que ficarão invisíveis e tem-se assim o desenho da caixa d'água em sua posição final em perspectiva cônica (Figura 7.52).

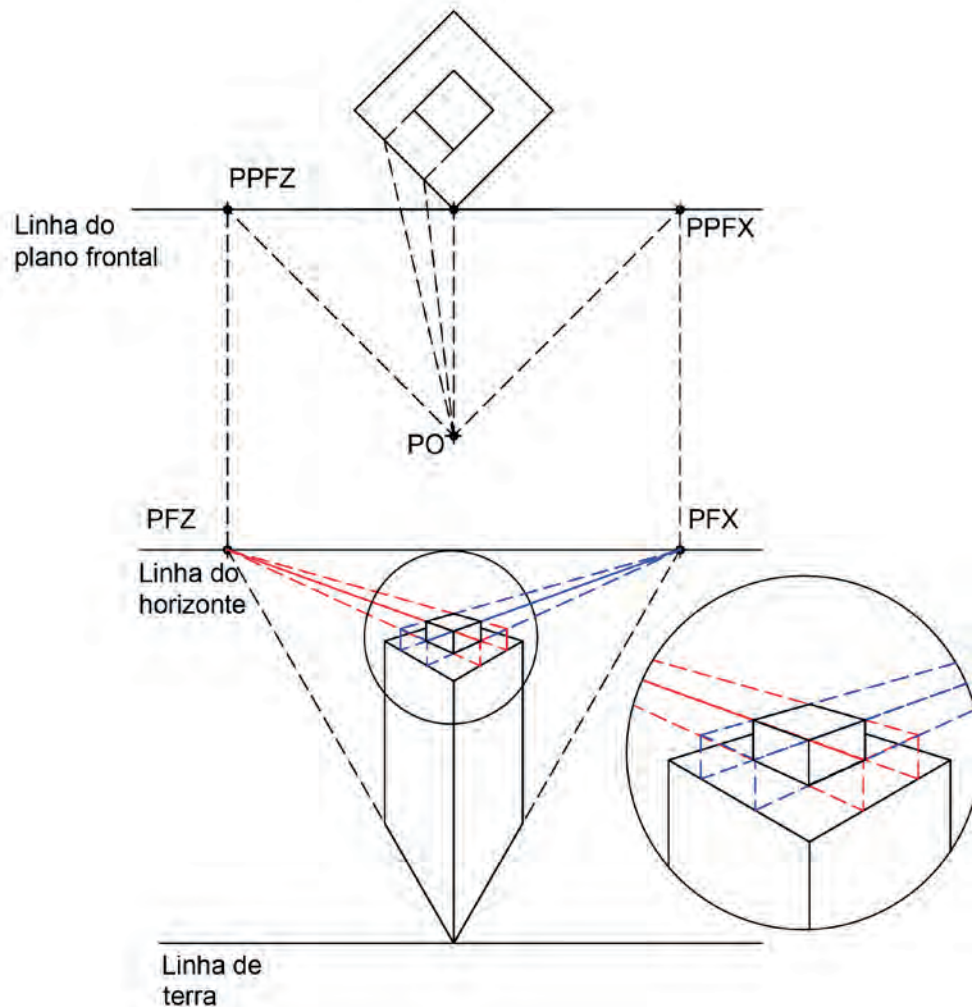


Figura 7.52: Desenho final da caixa d'água em perspectiva cônica.

10º Passo: Marcação das janelas e detalhes da fachada: Ligam-se as distâncias horizontais entre as janelas e os detalhes, na vista superior, ao ponto de observação. Marca-se a intersecção destas retas projetantes com a linha do plano frontal, e a partir destes pontos, traçam-se retas verticais auxiliares que devem atravessar o desenho em perspectiva cônica. Na aresta vertical que toca a linha de terra, marca-se a distância vertical entre as janelas e os detalhes. A partir desta marcação, traçam-se as retas projetantes que irão ao ponto de fuga PFZ e PFX, respectivamente. A partir da intersecção das retas projetantes ao ponto PPZ com as retas verticais (vermelho), desenham-se as janelas e detalhes em perspectiva na vista frontal do edifício. Da mesma forma, com a intersecção das retas projetantes ao ponto PPX com as retas verticais (azul), desenham-se as janelas e detalhes na vista lateral direita do edifício (Figura 7.53).

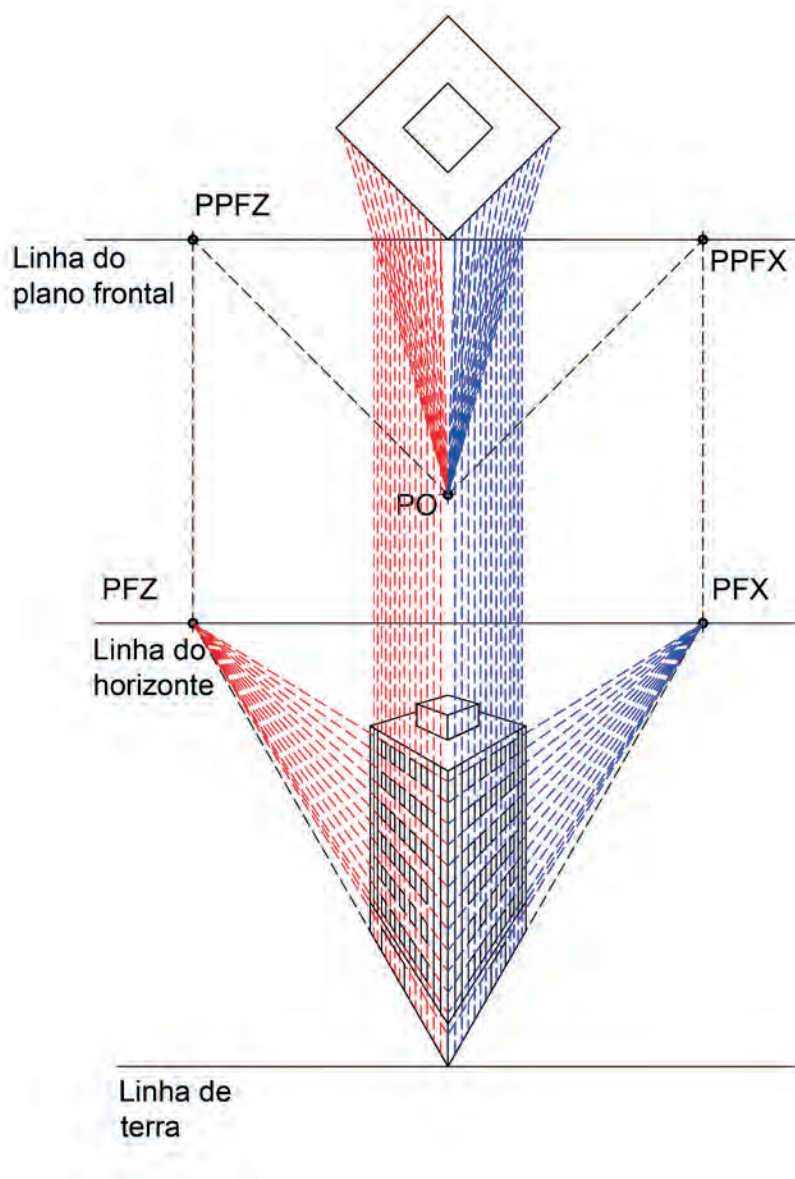


Figura 7.53: Desenho das janelas e detalhes em perspectiva cônica.

11º Passo: Desenho Final: Apagando os linhas projetantes e auxiliares do passo 10, tem-se o desenho final do edifício em perspectiva cônica com dois pontos de fuga (Figura 7.54).

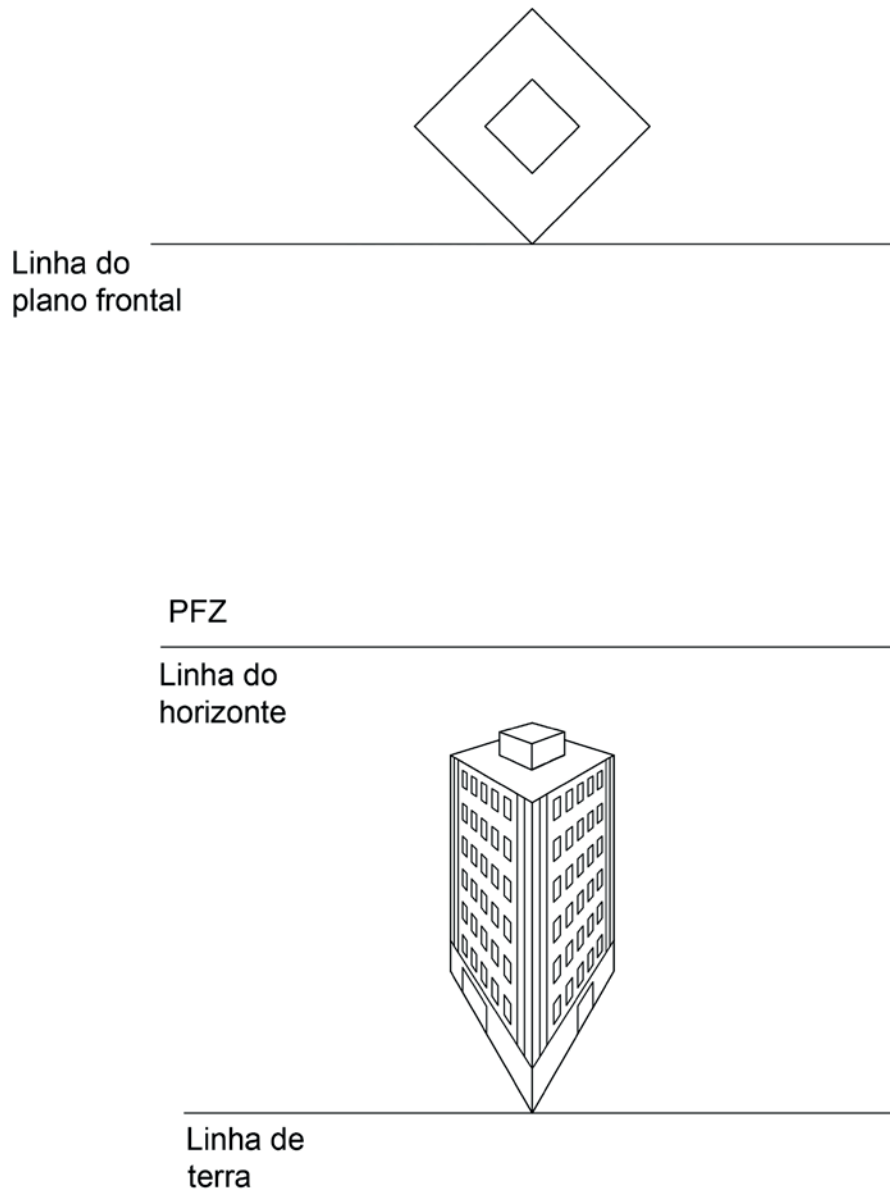


Figura 7.54: Desenho final do edifício em perspectiva cônica com dois pontos de fuga.

7.3.4 Perspectiva cônica com três pontos de fuga

Neste tipo de perspectiva cônica, nenhuma das dimensões (comprimento, altura e largura) continuarão paralelos ao plano de projeção, consequentemente, as arestas não serão paralelas entre si em qualquer direção ortogonal. É chamada também de perspectiva aérea, pois apresenta a mesma visão de um observador sobre uma edificação em um helicóptero, ou de uma pessoa sobre a rua e avistando uma grande edificação ao alto, por exemplo. O processo é similar à construção da perspectiva de dois pontos, mas deve-se acrescentar mais um ponto de fuga, neste caso, para a dimensão da altura (eixo Y).

1º Passo: Determinação do ponto de fuga na direção da altura (Y): Partindo-se do ponto de observação PO, traça-se uma reta vertical até a distância desejada para se obter o terceiro ponto de fuga, PFY (Figura 7.55). A escolha desta posição é arbitrária, sendo que quanto mais perto do objeto em perspectiva cônica estiver, maior será a distorção das arestas na direção Y. Se o ponto PFY estiver abaixo do objeto, as dimensões do topo serão maiores e o objeto irá afinando até a base. Se o PFY estiver acima do objeto, a dimensão da base será maior que a do topo. O ponto de observação PO foi colocado bem abaixo da quina do edifício que toca a linha do plano frontal, de modo que a reta projetante do ponto de fuga no eixo y desta aresta se torne uma reta vertical, tornando possível inserirem tamanho real as medidas verticais da edificação nesta aresta. No encontro da reta projetante na direção Y com a linha de terra, traçam-se duas retas projetantes que irão ao encontro ao ponto de fuga na direção Z (PFZ) e outra na direção X (PFX).

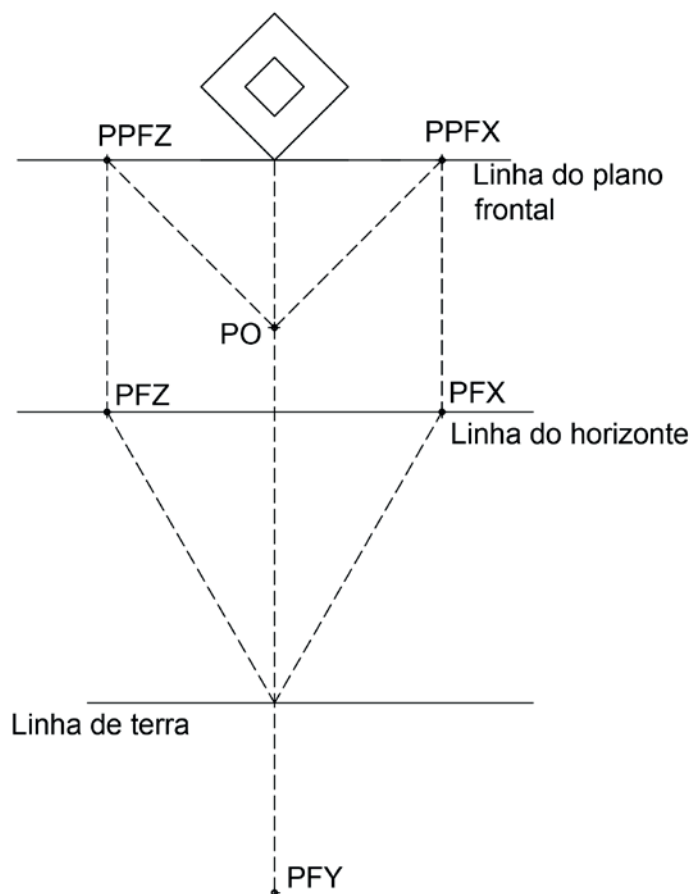


Figura 7.55: Alocação do ponto de fuga do eixo Y, PFY.

2º Passo: Desenho da base do edifício: A partir dos extremos laterais do desenho em plantada edificação, traçam-se retas projetantes que irão ao encontro ao ponto de observação. Quando estas linhas tocam a linha do plano frontal, traçam-se retas auxiliares verticais que tocarão as retas projetantes aos pontos de fuga na direção X e Z, respectivamente. Na intersecção da reta auxiliar vertical com a projetante ao ponto de fuga na direção Z (PFZ), traça-se uma reta projetante que segue em direção ao ponto de fuga na direção X (PFX). Da mesma forma, no encontro da reta vertical com a projetante que segue na direção X (PFX), traça-se uma reta projetante que segue em direção ao ponto de fuga na direção Z (PFZ). Forma-se então um polígono, que será a base a edificação (negrito), Figura (7.56).

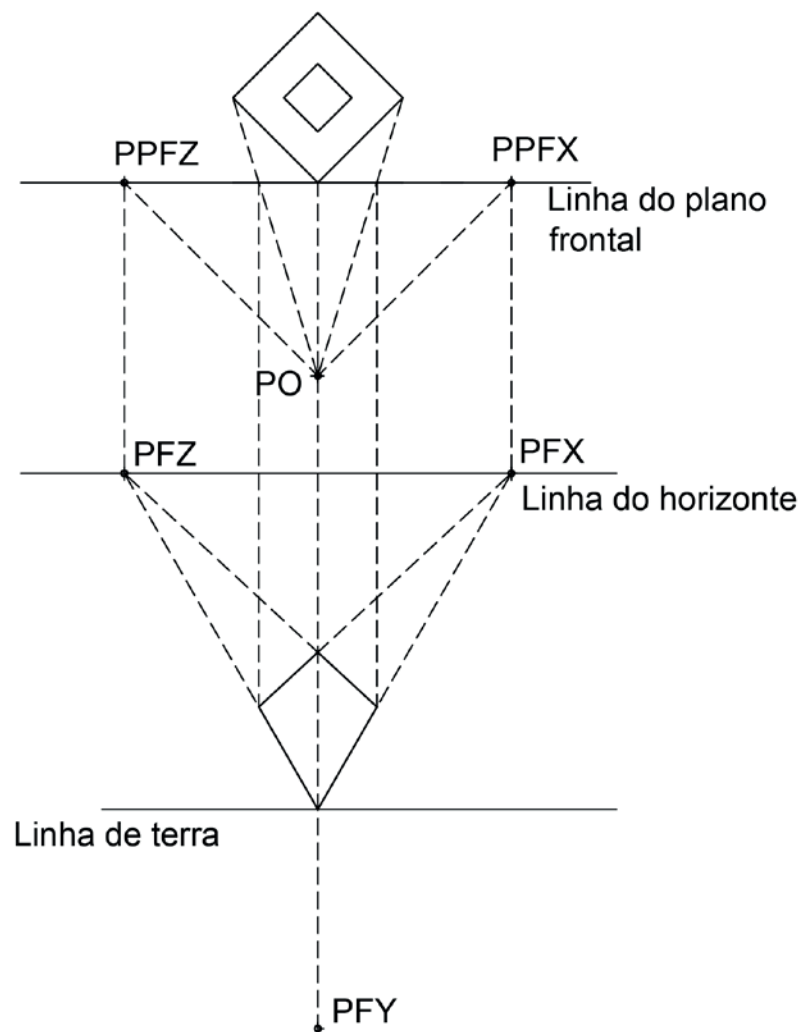


Figura 7.56: Desenho da base da edificação em perspectiva cônica.

3º Passo: Determinação das projetantes em relação ao eixo Y: Através do ponto de fuga na direção Y (PFY), traçam-se retas projetantes que passem pelas quinas da projeção da base da edificação, em perspectiva cônica. Tem-se assim as projetantes da edificação na direção do ponto de fuga PFY. (Figura 7.57).

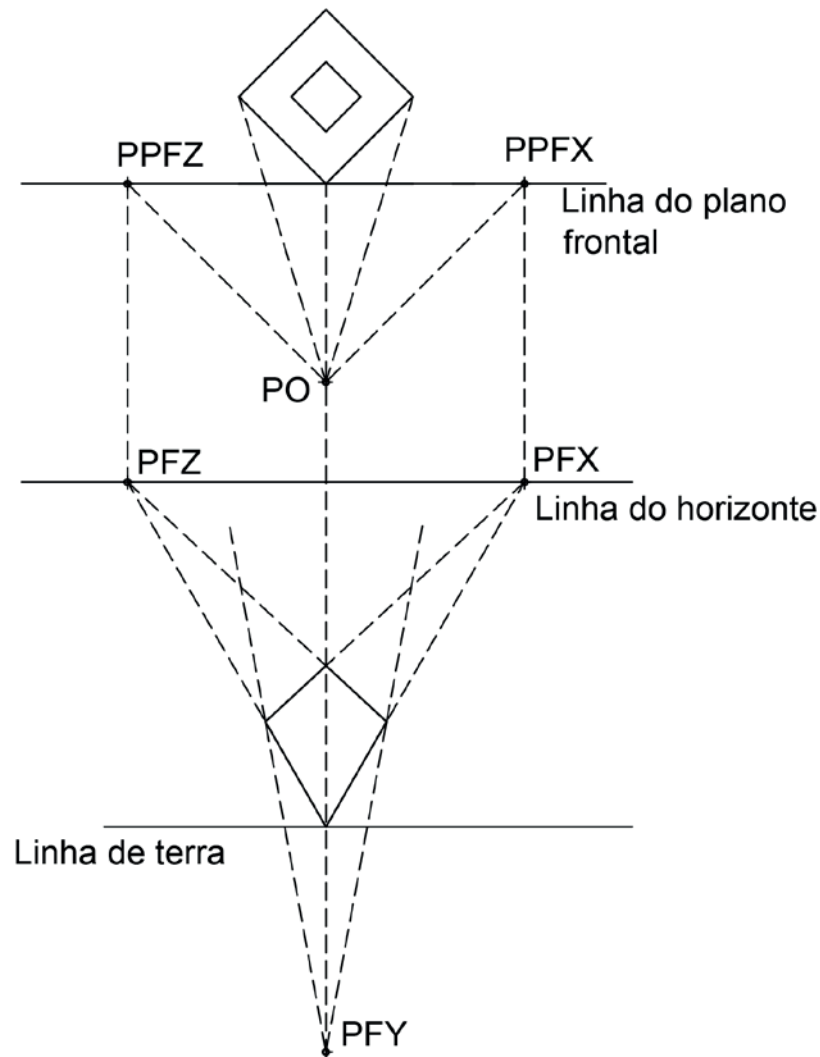


Figura 7.57: Determinação das projetantes na direção Y.

4º Passo: Marcação da aresta de referência da altura da edificação: A partir do ponto da base que toca a linha de terra, traça-se segundo a direção da reta projetante do ponto de fuga PFY, uma reta vertical, medindo a altura da edificação. Esta reta projetante está na vertical, o que não acarretará em distorção das medidas da altura da edificação. (Figura 7.58).

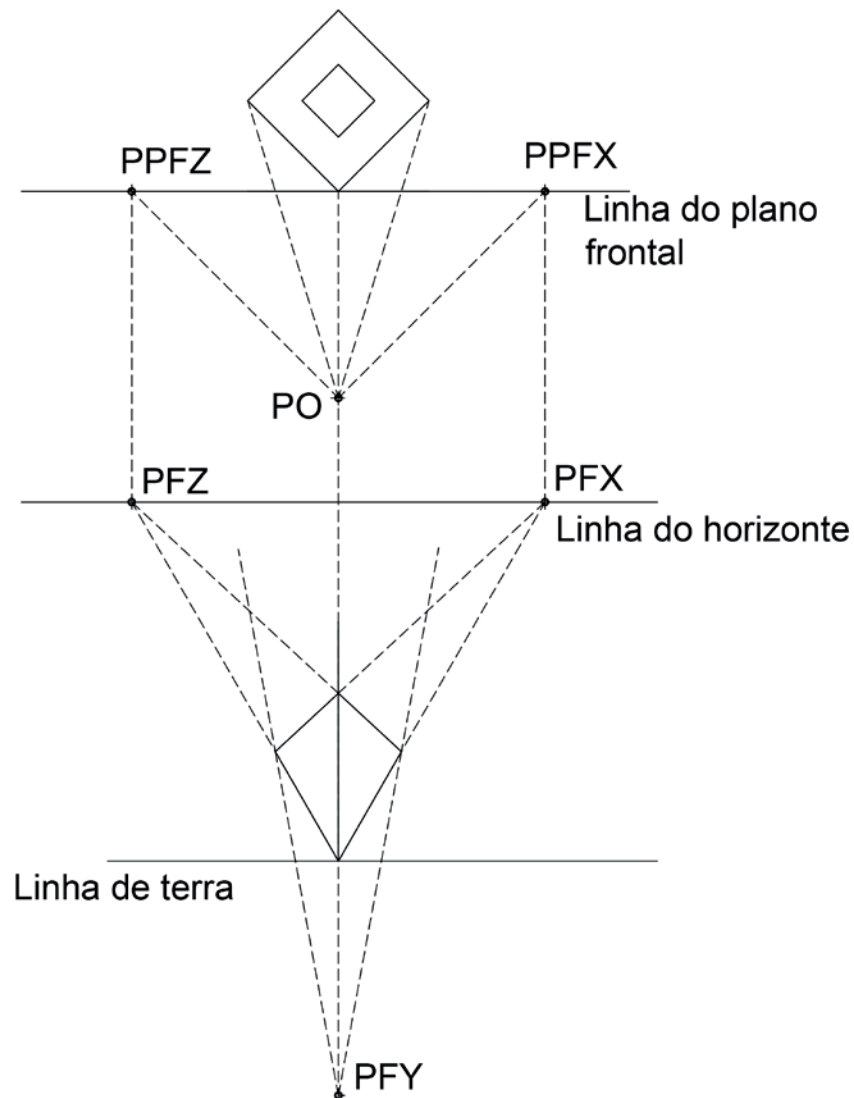


Figura 7.58: Marcação da altura da edificação na vista em perspectiva cônica.

5º Passo: Desenho da edificação: A partir da extremidade da reta vertical que marca a altura da edificação, traça-se uma reta projetante até o ponto de fuga PFZ e outra até o ponto de fuga PFX. Na intersecção da projetante em relação ao ponto de fuga PFZ com a reta projetante na direção do ponto de fuga PFY, que passa pelo canto mais à esquerda da edificação, traça-se uma reta projetante que se dirige ao ponto de fuga PFX. Da mesma forma, na intersecção da reta projetante que chega ao ponto PFX com a reta projetante na direção do ponto de fuga PFY, que passa pelo canto mais à direita da edificação, traça-se uma reta projetante em direção ao ponto de fuga PFZ, formando um polígono logo acima do desenho da base da edificação. Ligando-se os pontos deste polígono entre si e os cantos deste polígono com os cantos do polígono da base da edificação, segundo a direção das retas projetantes em Y, tem-se o desenho do “corpo” da edificação em perspectiva cônica com 3 pontos de fuga. (Figura 7.59).

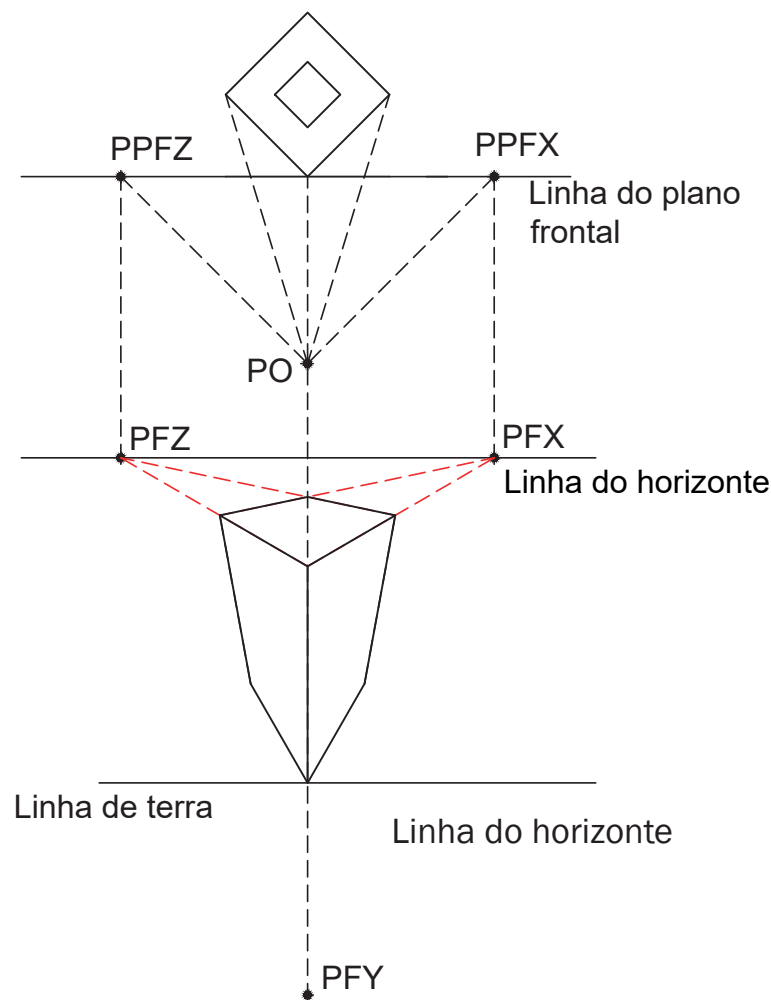


Figura 7.59: Desenho do “corpo” da edificação com três pontos de fuga.

6º Passo: Marcação da altura e da vista lateral direita da caixa d'água: No topo da aresta vertical do edifício que toca a linha de terra, traça-se uma reta vertical com a dimensão da altura da caixa d'água. A partir da extremidade superior desta reta, traça-se duas projetantes, sendo uma em direção ao ponto de fuga PFZ e outra ao PFX. No desenho em planta da edificação, puxam-se duas retas auxiliares que saem da lateral da caixa d'água, e tocam a fachada da edificação que aparece na vista lateral direita. A partir destes pontos, traçam-se duas retas em direção ao ponto de observação PO. Na intersecção destas duas últimas retas com a linha do plano frontal, traçam-se duas retas auxiliares verticais que devem tocar a aresta da base da edificação, demarcando assim a posição da caixa d'água na fachada lateral direita do prédio, nos pontos 1 e 2 (Figura 7.60).

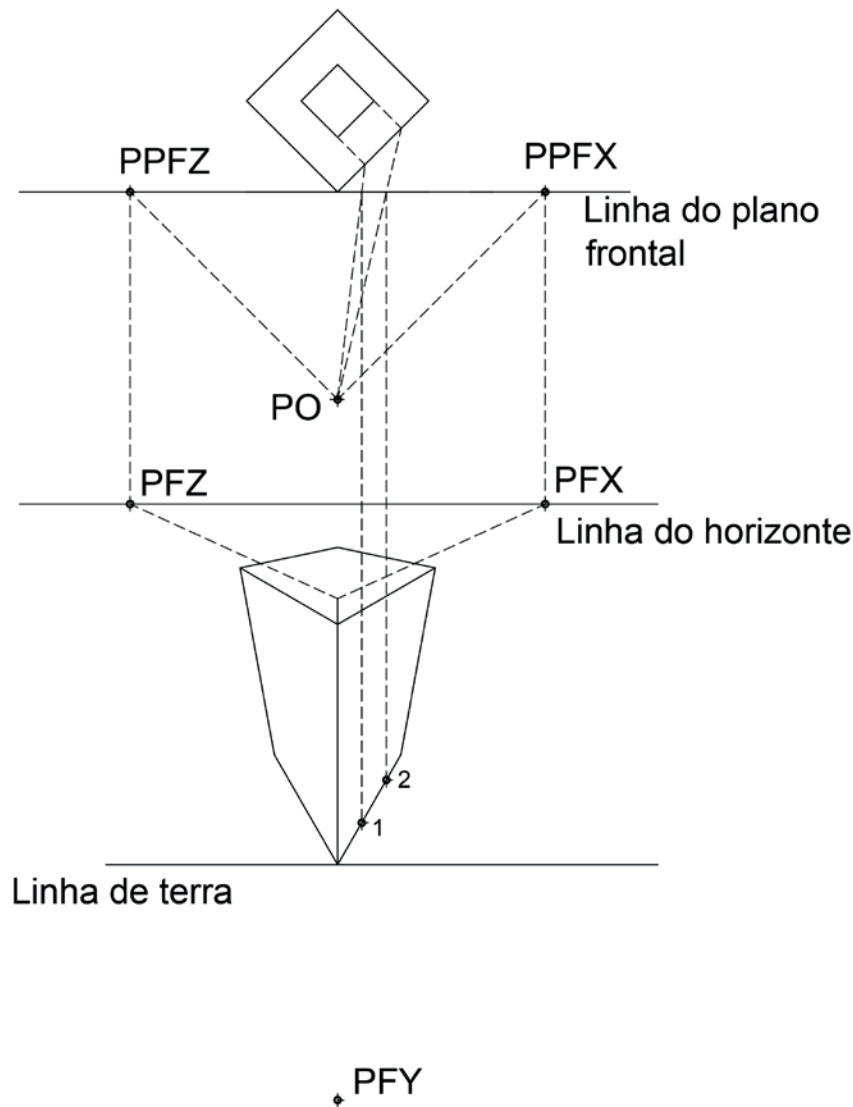


Figura 7.60: Marcação da altura e dos afastamentos laterais da caixa d'água.

7º Passo: Traçado das linhas projetantes da vista lateral direita da caixa d'água: A partir do ponto de fuga PFY, traçam-se duas retas projetantes que passam pelos pontos 1 e 2, cruzando posteriormente na linha projetante que segue em direção ao ponto de fuga na PFX, determinando assim os pontos 3 e 4. A partir dos pontos 3 e 4, e também da intersecção das retas projetantes em Y que cruzam com as arestas de topo da edificação, traçam-se retas projetantes até o ponto de fuga PFZ. (Figura 7.61).

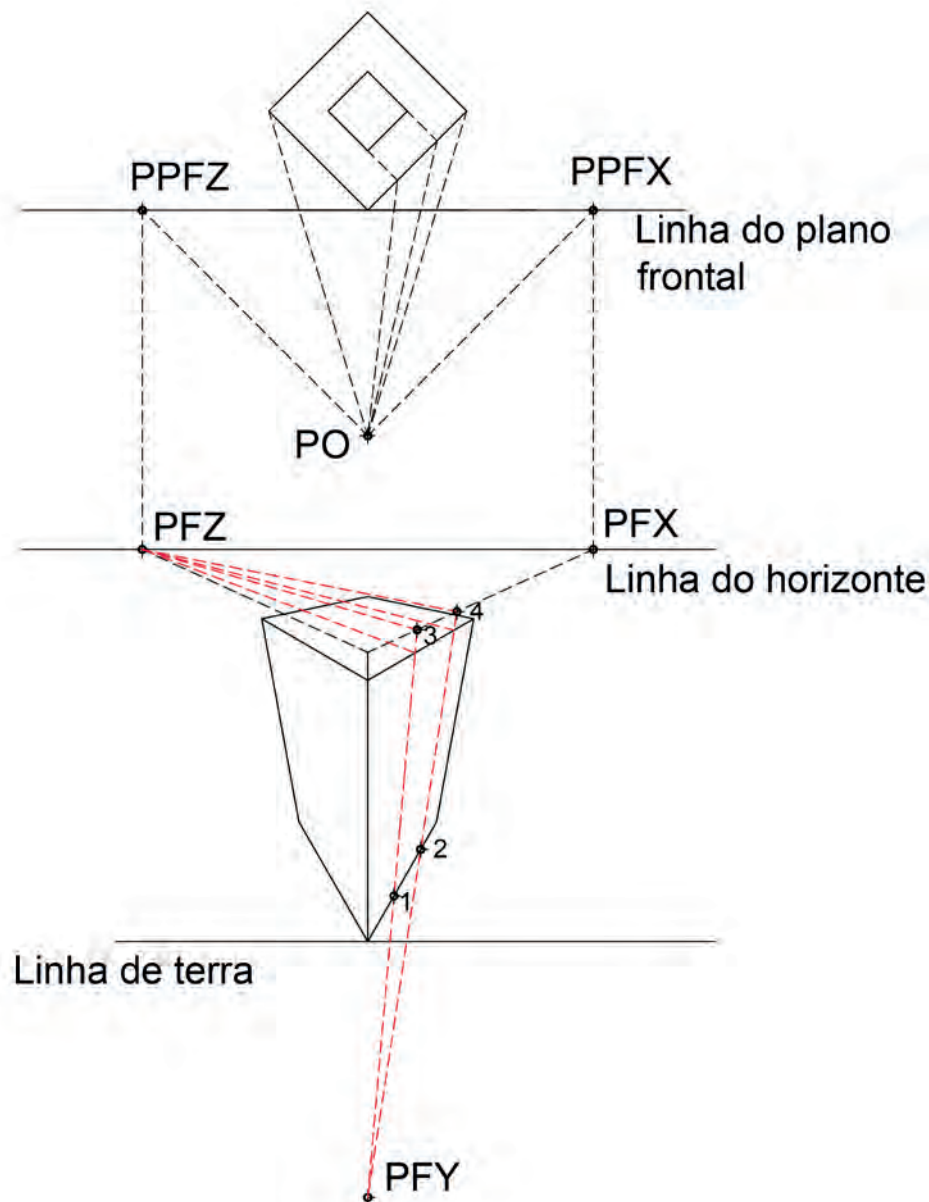


Figura 7.61: Projetantes da caixa d'água na fachada lateral direita da edificação.

8º Passo: Desenho da caixa d'água: Da mesma forma como foi feito no item 7, marcam-se as projetantes das dimensões da caixa d'água na fachada frontal da edificação (linhas tracejadas azuis). No encontro entre as linhas tracejadas vermelhas e azuis, marcam-se as arestas da caixa d'água em perspectiva cônica de três pontos, tomando o cuidado de apagar as linhas posteriores que ficarem encobertas. (Figura 7.62).

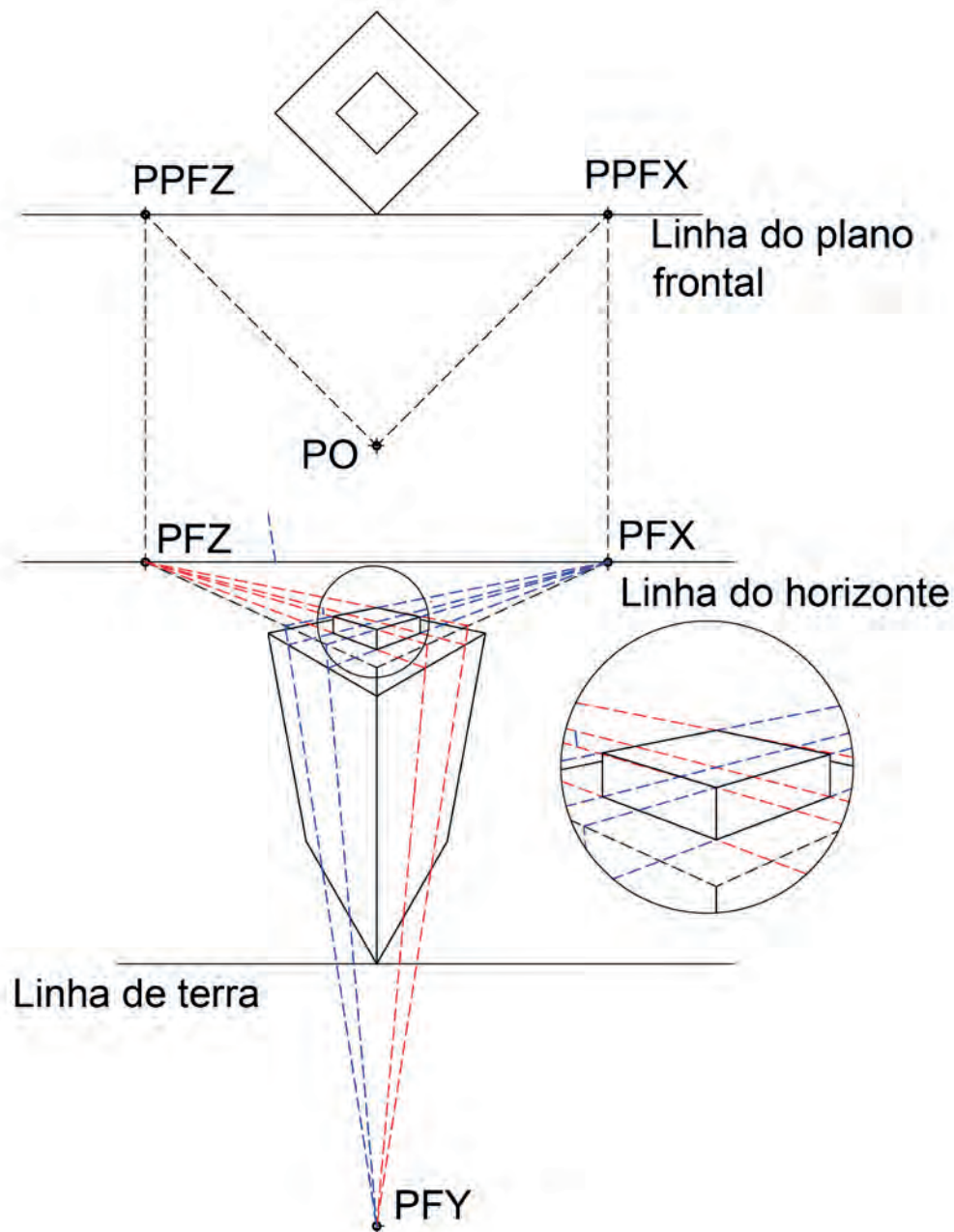


Figura 7.62: Desenho da caixa d'água em perspectiva cônica de três pontos.

9º Passo: Marcação das janelas e detalhes da fachada da vista lateral direita: A partir do desenho em planta da edificação, marcam-se os espaçamentos entre as janelas e detalhes na fachada lateral direita. Traçam-se então retas projetantes que saem desta marcação e vão ao encontro ao ponto de observação PO. Nos pontos de intersecção destas projetantes com a linha do plano frontal, traçam-se retas auxiliares verticais que deverão tocar a linha da base da edificação na vista em perspectiva do prédio. A partir da aresta vertical do desenho em perspectiva, que toca a linha de terra, marcam-se os afastamentos verticais entre as janelas e os frisos da edificação. A partir desta marcação, traçam-se retas projetantes que se dirigirão ao ponto de fuga PFX (linha tracejada vermelha). (Figura 7.63).

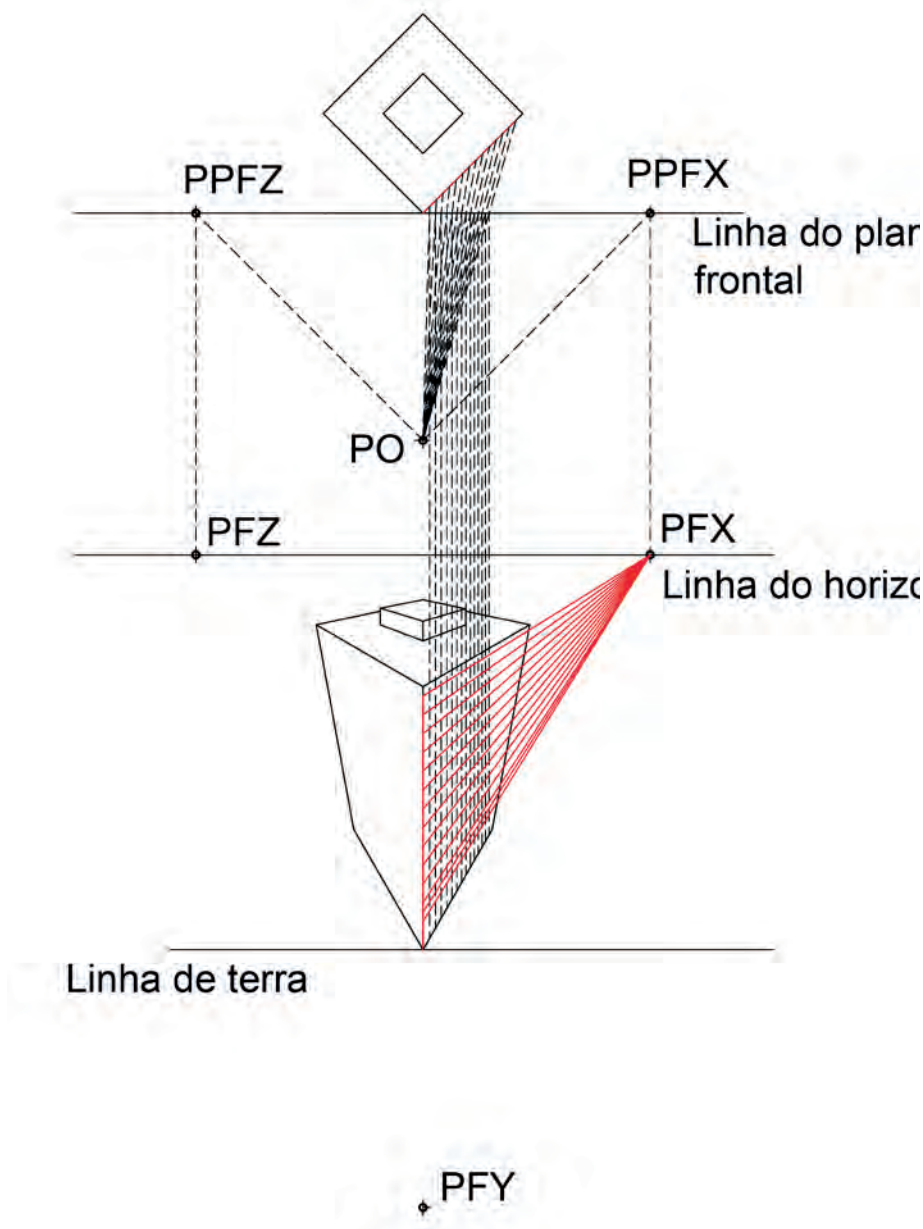


Figura 7.63: Marcação das janelas e frisos na fachada lateral direita da edificação.

10º Passo: Desenho da fachada lateral direita: A partir do ponto de fuga PFY, traçam-se retas projetantes que passarão pelos pontos demarcados na aresta da base da edificação, na vista lateral direita. No cruzamento entre as linhas tracejadas vermelhas e pretas, desenham-se as janelas e os frisos verticais e horizontais de edificação. (Figura 7.64).

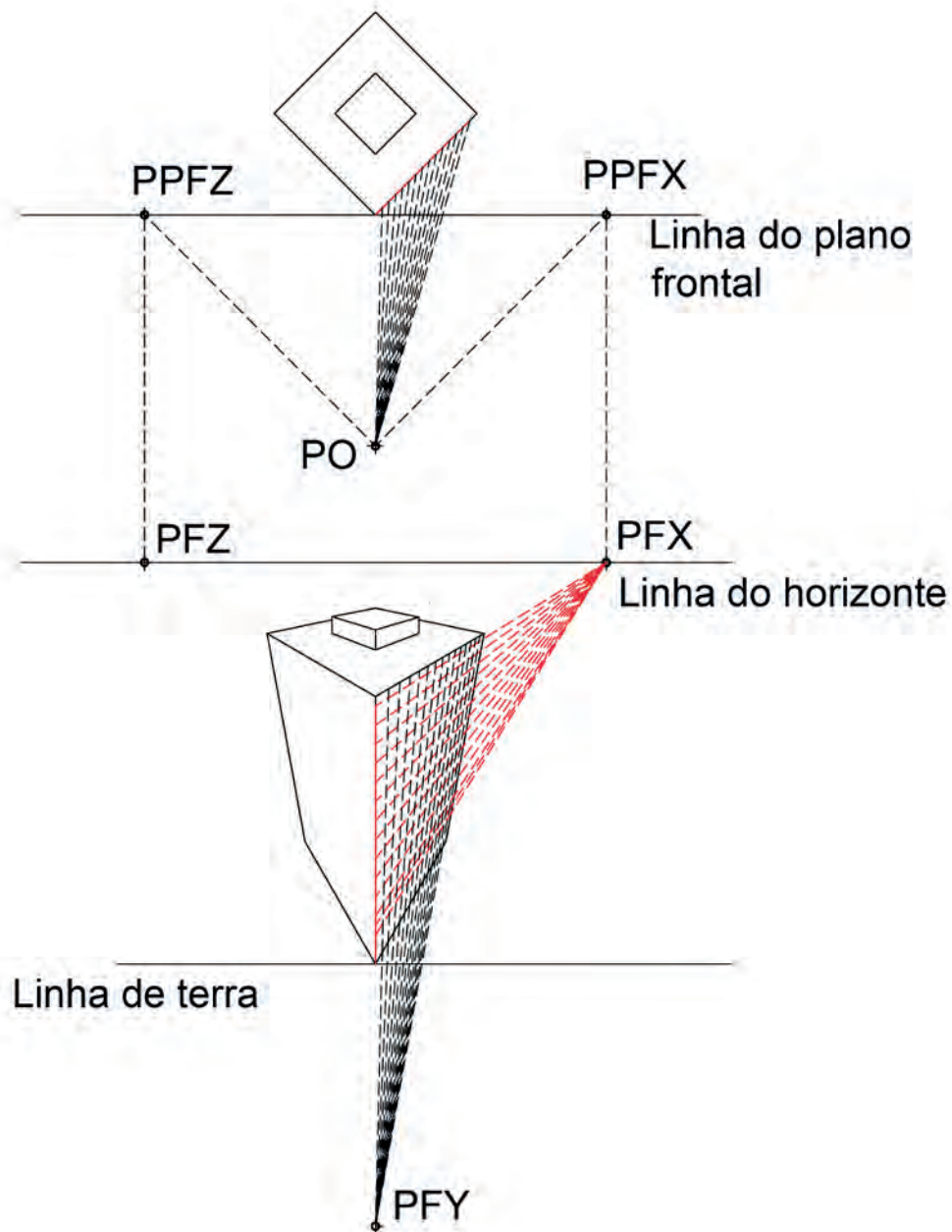


Figura 7.64: Desenho das janelas e frisos na fachada lateral direita da edificação.

11º Passo: Finalização da fachada lateral direita: Apagando-se as linhas de projeção de ponto de fuga verticais (pretas) e as linhas de projeção na direção X (vermelhas), tem-se a finalização do desenho da fachada da vista lateral direita da edificação. (Figura 7.65).

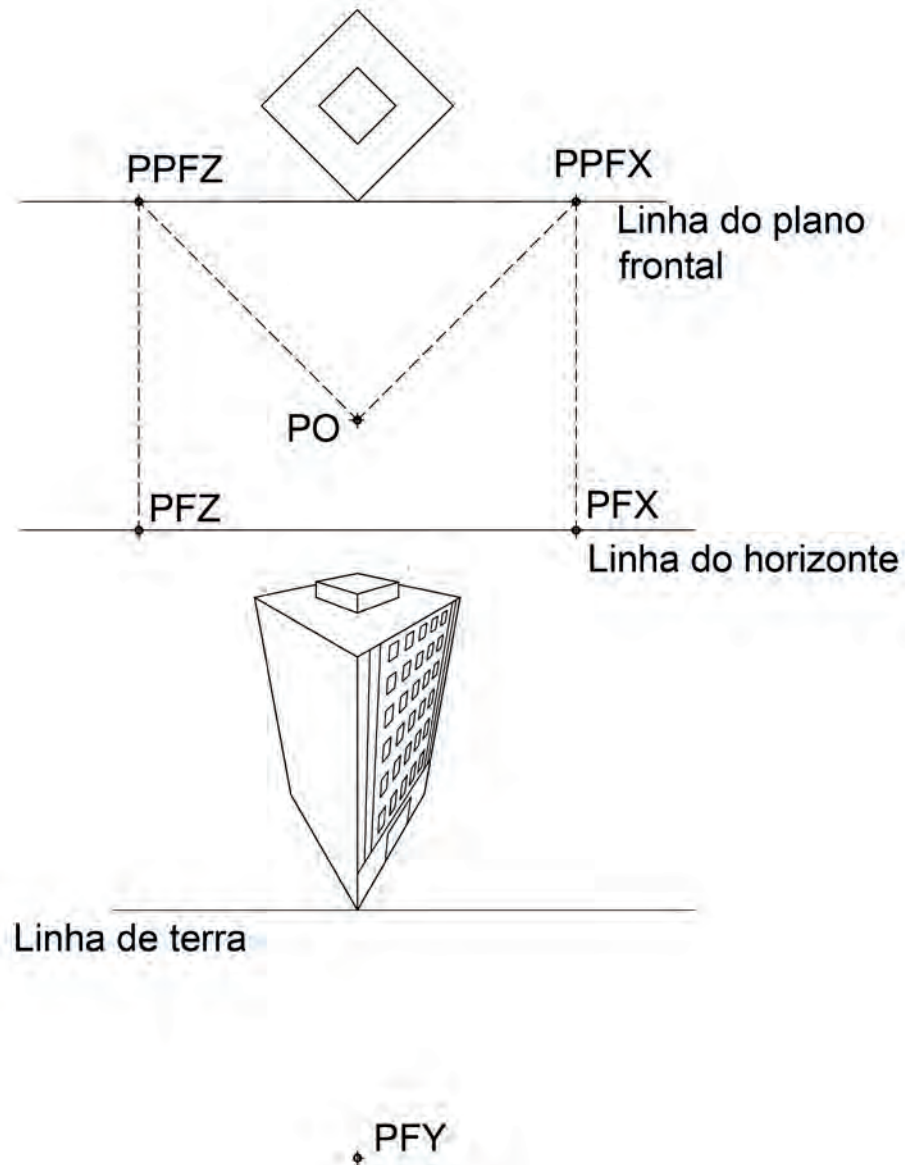


Figura 7.65: Desenho final das janelas e frisos da fachada lateral direita da edificação.

12º Passo: Marcação da fachada frontal: Seguindo os passos dos itens 9 e 10, marcam-se os afastamentos laterais e verticais das janelas e frisos da fachada frontal da edificação (linhas tracejadas pretas e azuis), só que agora as linhas azuis seguirão para o ponto de fuga na direção Z. (Figura 7.66).

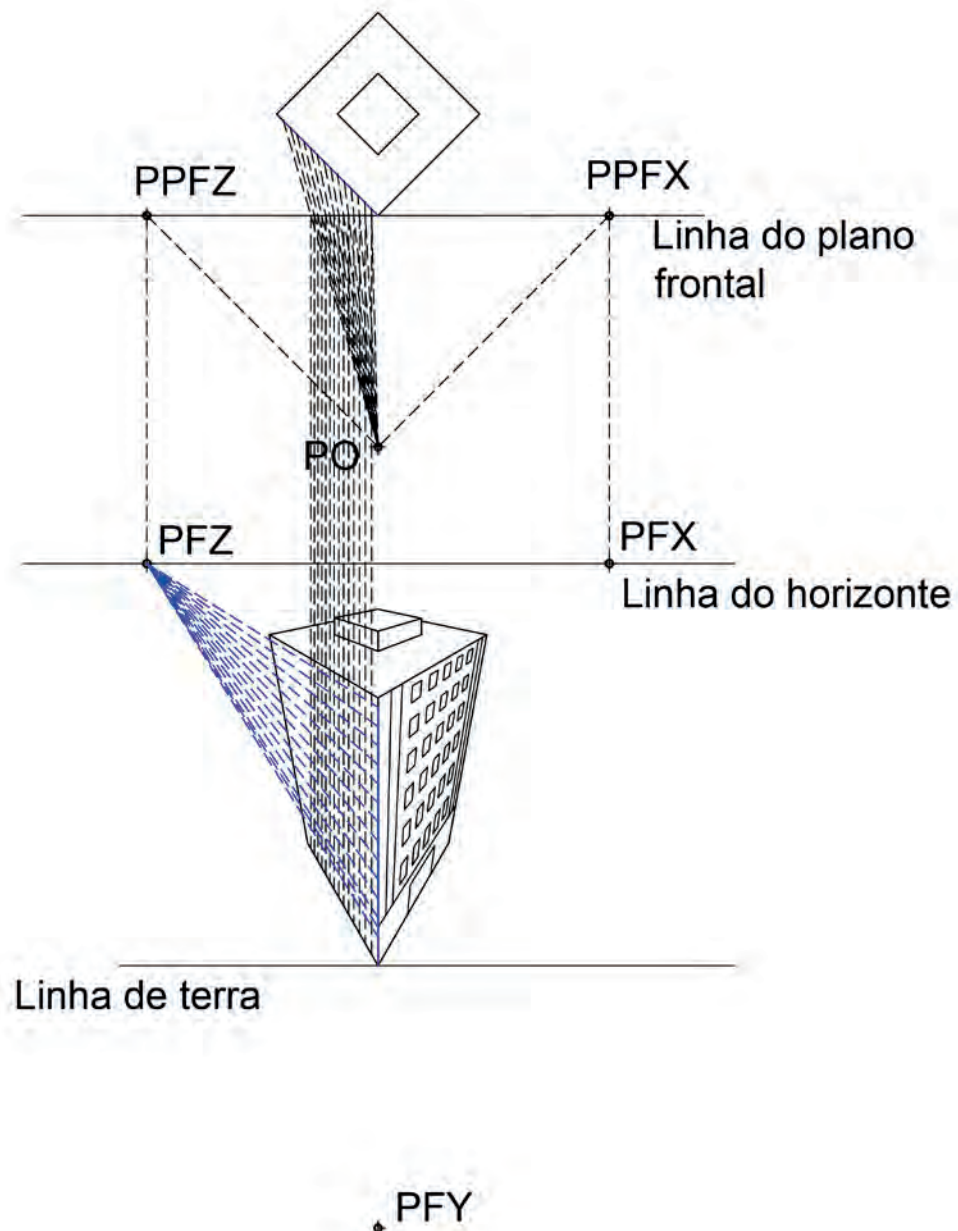


Figura 7.66: Marcação das janelas e frisos na fachada frontal da edificação.

13º Passo: Desenho da fachada frontal: De modo análogo ao item 10 (Figura 7.64), no cruzamento entre as linhas tracejadas azuis e pretas, desenham-se as janelas e os frisos verticais e horizontais da edificação na fachada frontal. (Figura 7.67).

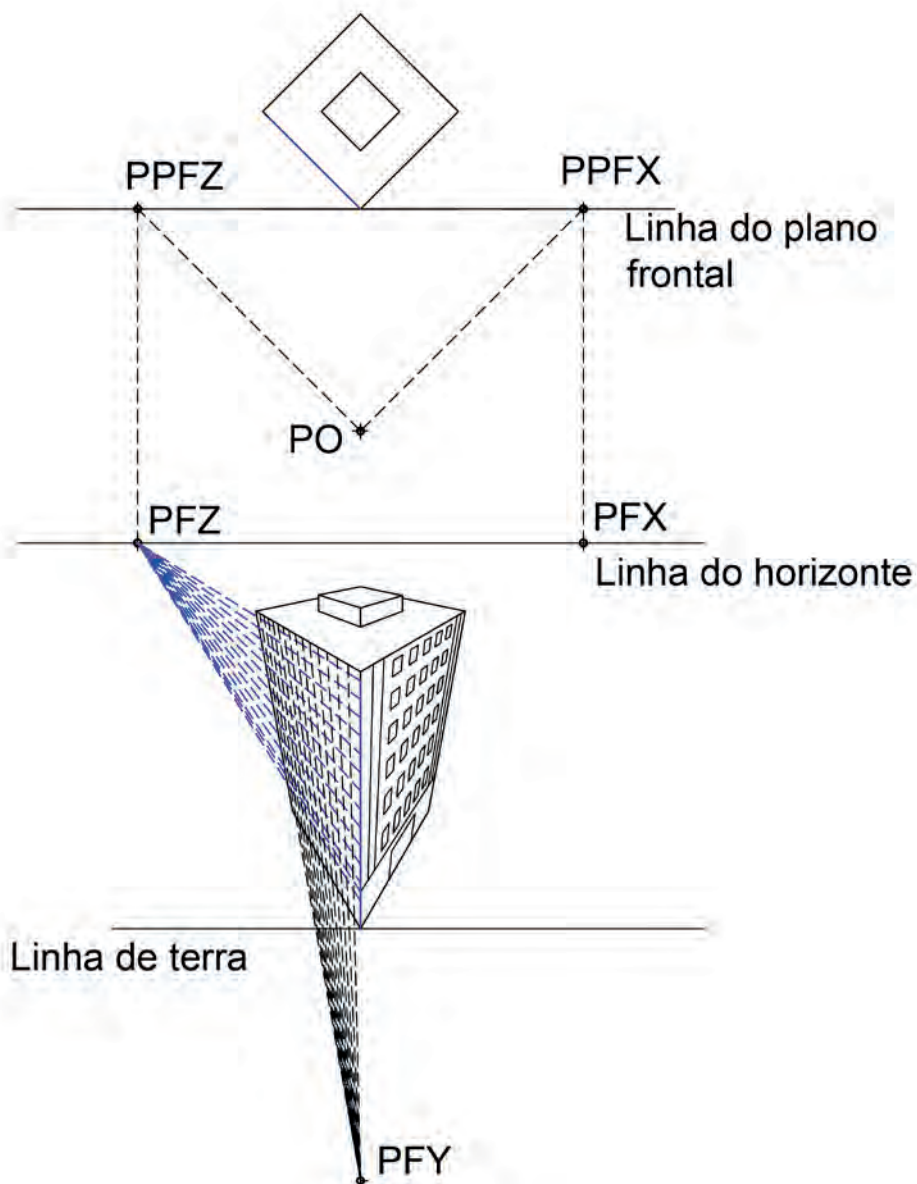


Figura 7.67: Desenho das janelas e frisos na fachada frontal da edificação.

14º Passo: Desenho final: Apagando-se todas as linhas de projeção, tem-se o desenho final da edificação em perspectiva cônica, com a utilização de três pontos de fuga. (Figura 7.68).

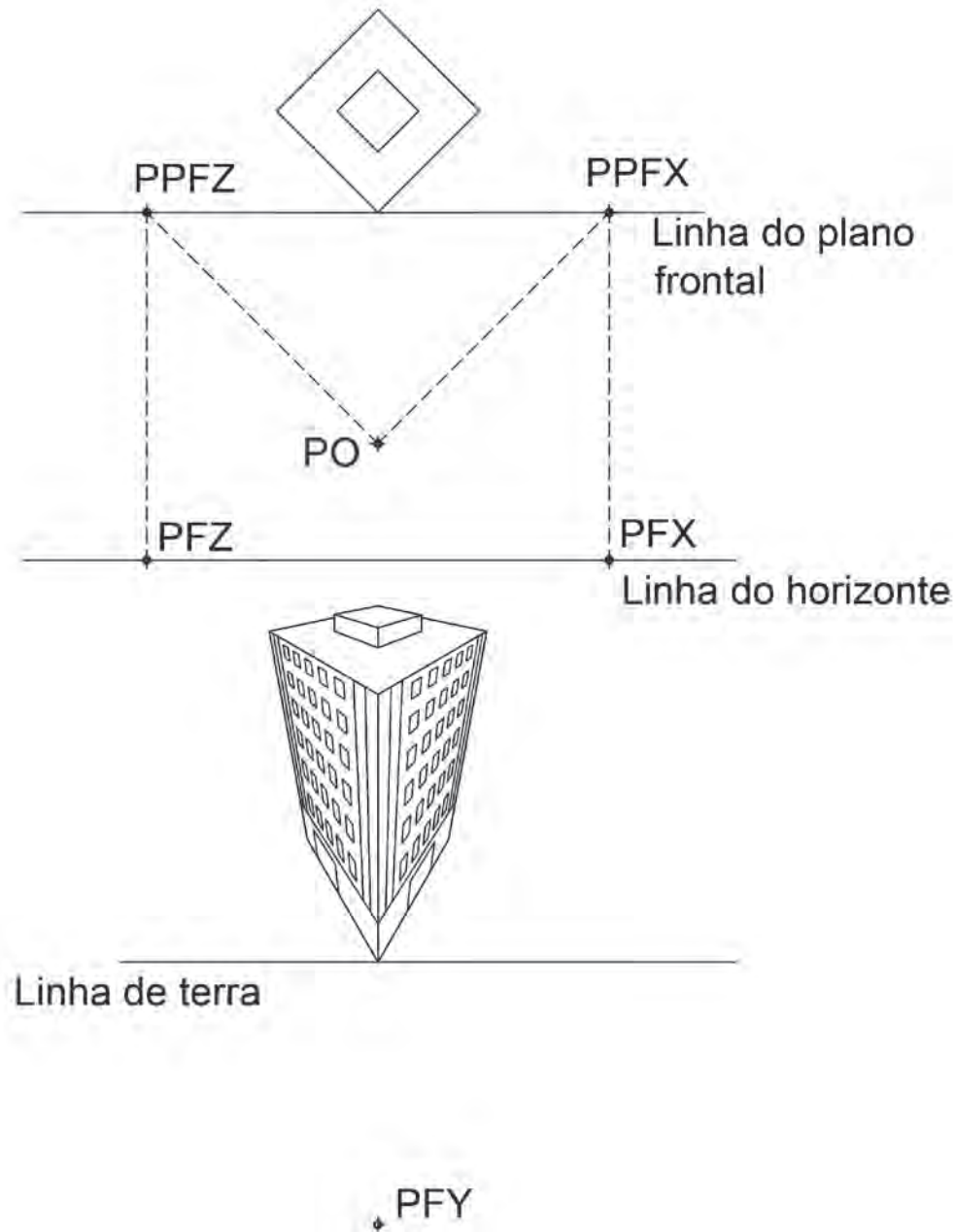
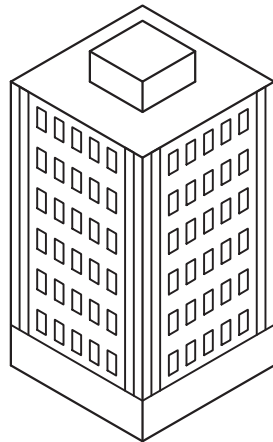


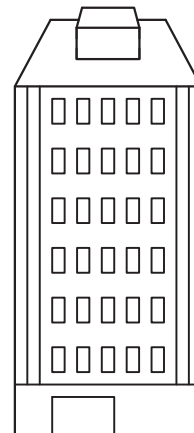
Figura 7.68: Desenho final da edificação em perspectiva cônica com três pontos de fuga.

7.3.5 Comparativo entre os três métodos de desenho em perspectiva cônica

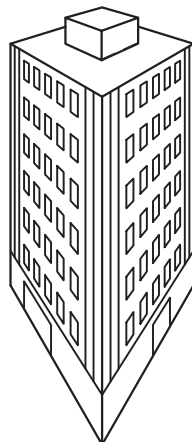
Na Figura (7.69) é feita uma comparação do edifício em perspectiva isométrica e em perspectiva cônica com um, dois e três pontos de fuga, respectivamente.



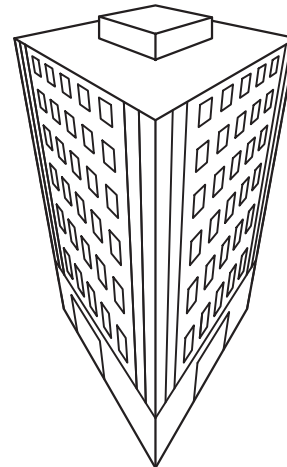
a) Perspectiva Isométrica



b) Perspectiva Cônica: 1 ponto de fuga



c) Perspectiva Cônica: 2 pontos de fuga



d) Perspectiva Cônica: 3 pontos de fuga

Figura 7.69: Tipos de perspectiva.

Nota-se que o objeto em perspectiva isométrica (Figura 7.69(a)) apresenta-se com suas dimensões inalteradas, bem como suas arestas paralelas em qualquer direção dos eixos ortogonais. Já a perspectiva com um ponto de fuga (Figura 7.69(b)) apresenta apenas duas direções (comprimento e altura) onde as arestas ortogonais nos respectivos eixos permanecem paralelas entre si. Na representação da perspectiva de dois pontos de fuga (Figura 7.69(c)), apenas uma direção, no caso a altura, apresenta as arestas paralelas entre si. No desenho da perspectiva com 3 pontos de fuga (Figura 7.69(d)), em todas as direções principais, as arestas convergem a um único ponto no respectivo eixo, não existindo paralelismo entre as arestas em um determinado eixo principal.

7.4 Utilização de softwares CAD para desenhos em perspectiva

A utilização de softwares para desenhos (CAD) de objetos em projeções ortogonais já foi vista nos capítulos anteriores. Para os desenhos em 3D, seja em perspectiva paralela ou cônica, há várias soluções e comandos, sendo que as principais técnicas de desenho são: linha, seguindo as direções ortogonais em perspectiva isométrica.

trica e o desenho de superfícies que, com a utilização de comandos apropriados, pode-se fazer uma extrusão desta área, transformando-a em um sólido.

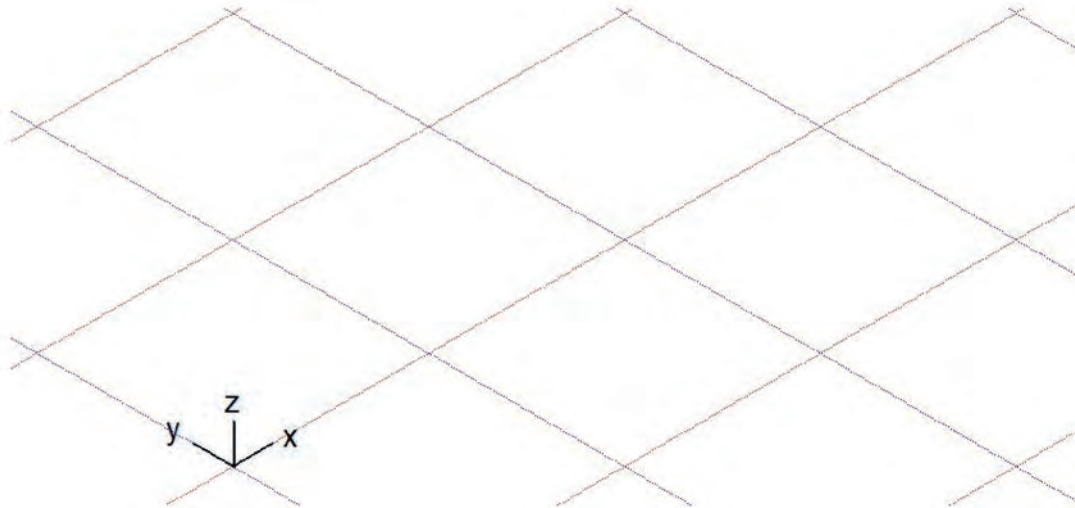


Figura 7.70: Orientação dos eixos cartesianos para desenho em perspectiva isométrica em software CAD

Para a produção de desenhos tridimensionais com linhas em perspectiva isométrica (Figura 7.70), basta utilizar os comandos de desenho de linha e digitar as coordenadas dos pontos da reta (início e fim) em relação aos eixos X, Y e Z. Como os softwares CAD foram inicialmente projetados para desenhos no plano, através de linhas, para se desenhar um objeto em perspectiva isométrica, o projetista deve ter o cuidado para apagar as linhas posteriores ao objeto, isto é, as linhas que serão encobertas pelas arestas anteriores na vista desejada. Por outro lado, há softwares CAD especializados em desenhos tridimensionais, que utilizam o sistema de desenho de superfícies que podem ser “extrudadas”, e assim se transformarem em sólidos. Sua utilização básica é bem simples: basta inicialmente desenhar uma figura plana, um quadrado, retângulo ou círculo por exemplo, e depois através do comando “puxar” ou “empurrar”, transformar essas figuras em um cubo, um paralelogramo, um cilindro, respectivamente. A Figura (7.71) mostra um elemento plano (retângulo) que após a utilização do comando “puxa/empurra”, é transformado em uma figura tridimensional, ou seja, um paralelogramo. O desenho pode ser feito em perspectiva isométrica (Figura 7.72.c) ou cônica, sendo que no caso da perspectiva cônica, pode-se utilizar um ponto de fuga (Figura 7.72.a) ou dois pontos de fuga (Figura 7.72.b).

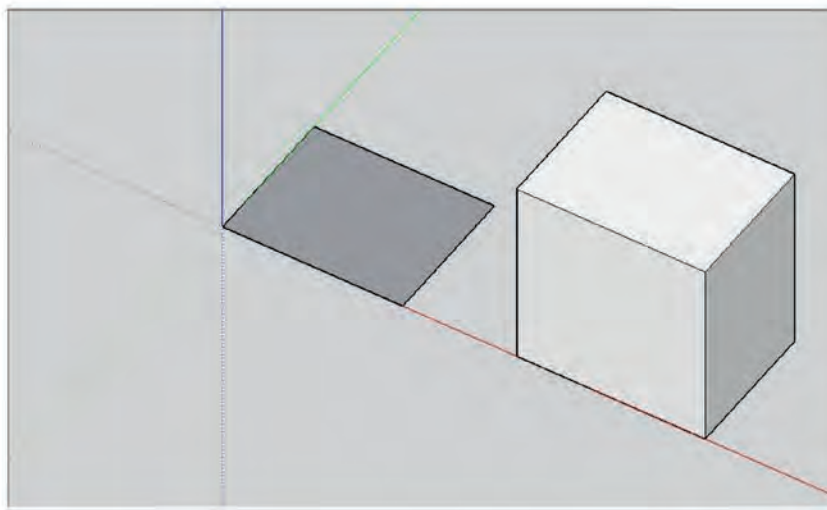


Figura 7.71: Figura plana e sólida em software CAD (3D)

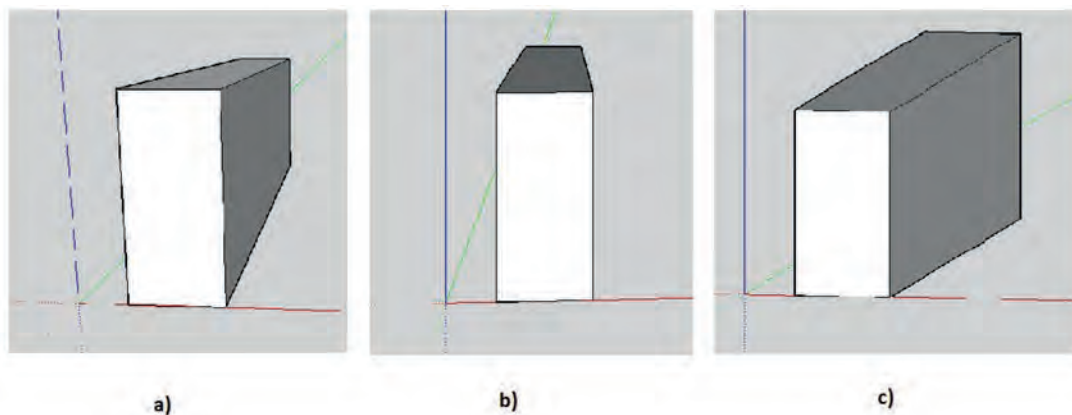


Figura 7.72: Tipos de vistas em perspectiva de software CAD em 3D

No software Sketch Up, há um recurso muito interessante, que é a importação de uma fotografia para que seja inserido um desenho sobre esta foto, com a utilização da técnica de perspectiva cônica com dois pontos de fuga. Como as câmeras fotográficas capturam a imagem por um pequeno orifício, as retas projetantes convergirão para um único ponto e a foto terá então uma imagem em perspectiva cônica. O processo é bastante simples, sendo que primeiramente basta inserir a fotografia na tela do software. O próximo passo é traçar retas projetantes nas direções ortogonais da fotografia. Nas fotos de edificações ou calçadas é muito fácil distinguir direções ortogonais que formam um plano horizontal, como podem ser notadas na Figura (7.73). Neste caso, em uma casa, traçam-se retas projetantes acompanhando a base e o topo da edificação que são retos, à direita, na cor verde. Do lado esquerdo, faz-se o mesmo procedimento com retas na cor vermelha. Nota-se que essas retas têm um sentido cônico, tendendo a se encontrarem (retas da mesma cor) em um ponto de fuga, pois ao se observar as linhas pontilhadas da Figura (7.73), percebe-se que as distâncias vão sumindo à medida que se caminha para as extremidades laterais da foto. Feito este procedimento, basta agora desenhar na direção desses novos sistemas de eixos. Neste exemplo, foi desenhado uma janela na Figura (7.74).

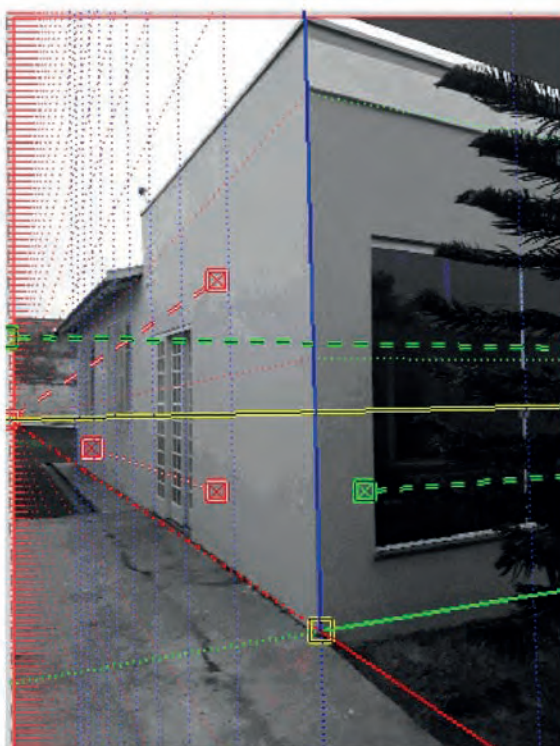


Figura 7.73: Traçado de retas projetantes cônicas com a utilização de software CAD 3D sobre fotografia

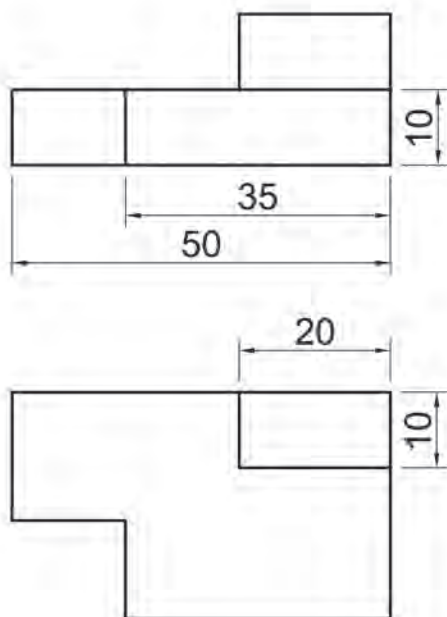


Figura 7.74: Desenho de formas geométricas em fotografia em software CAD utilizando perspectiva cônica.

7.5 Exercícios

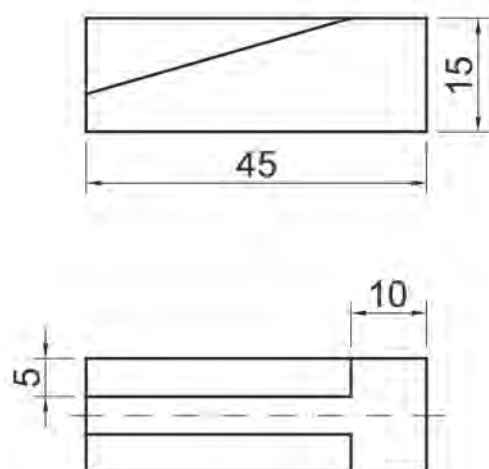
Tendo as vistas principais ortogonais dos objetos que se seguem, faça um desenho em perspectiva isométrica:

7.1)



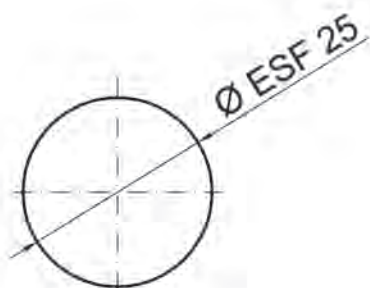
ESCALA 1:1

7.2)



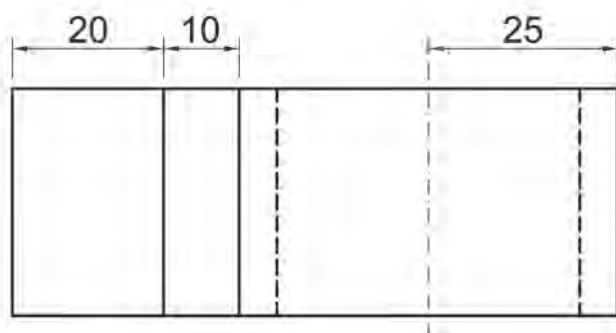
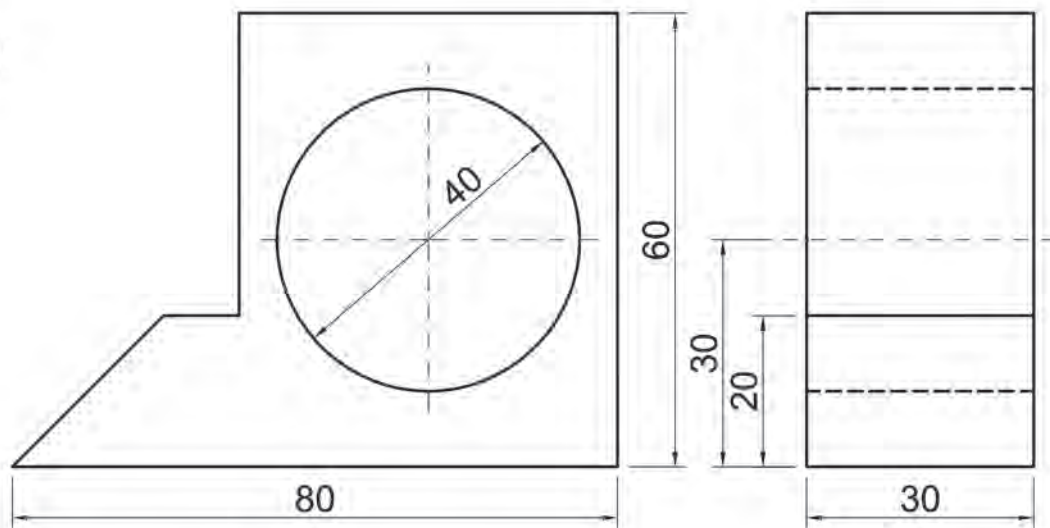
ESCALA 1:1

7.3)



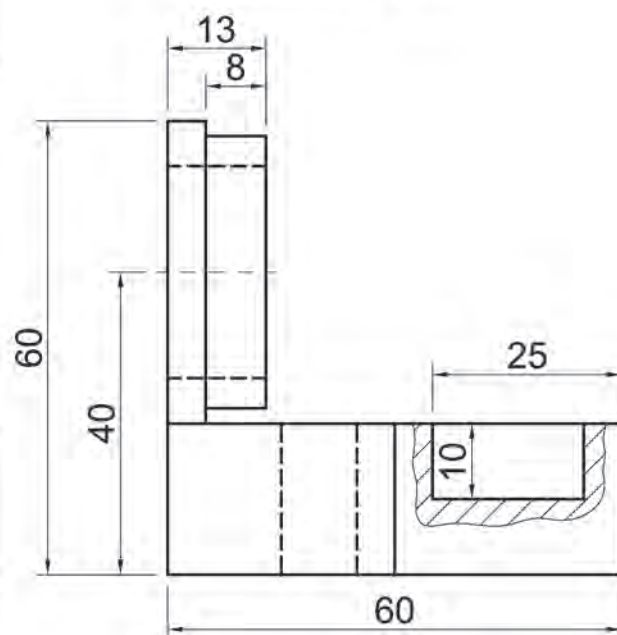
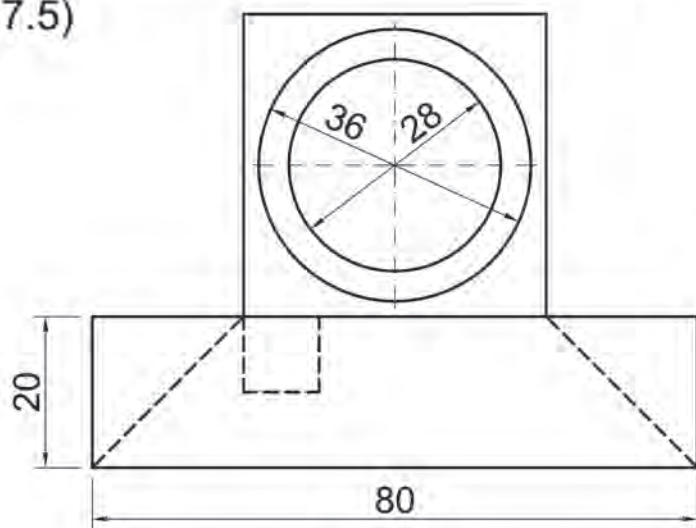
ESCALA 1:1

7.4)

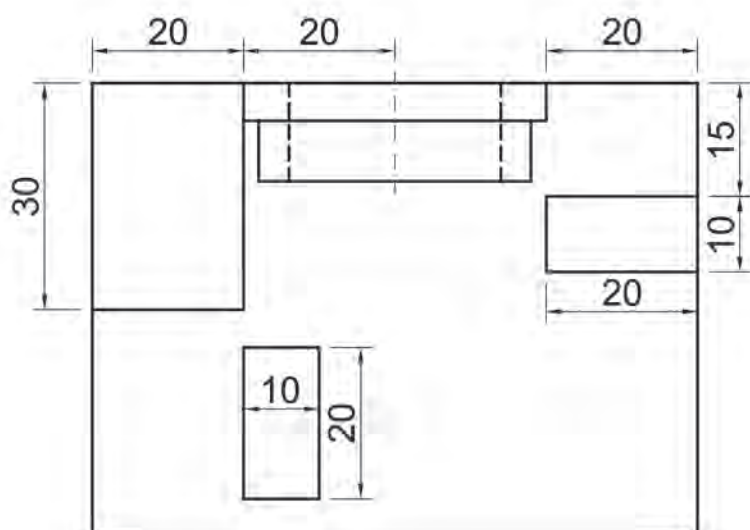


ESCALA 1:1

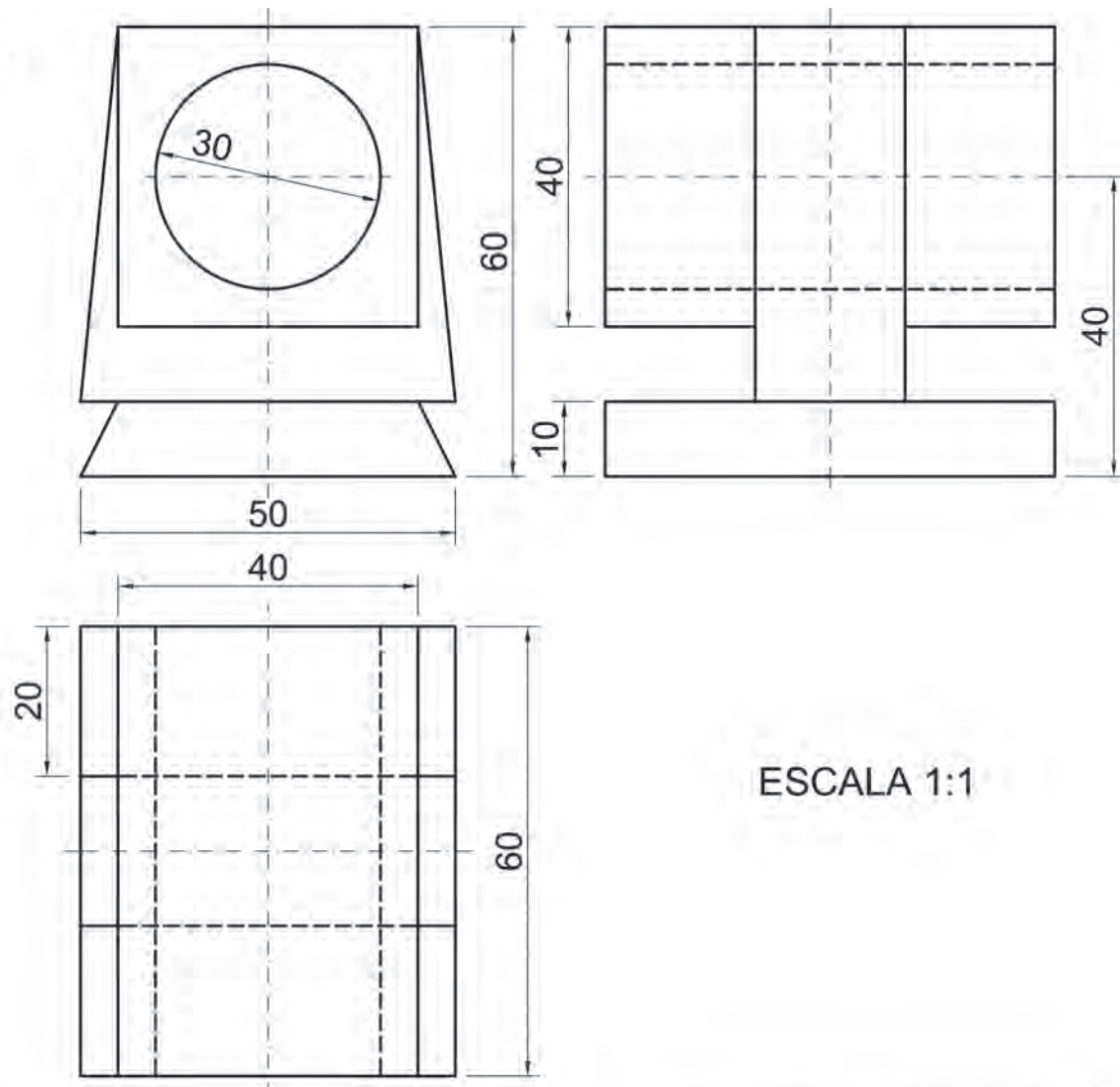
7.5)



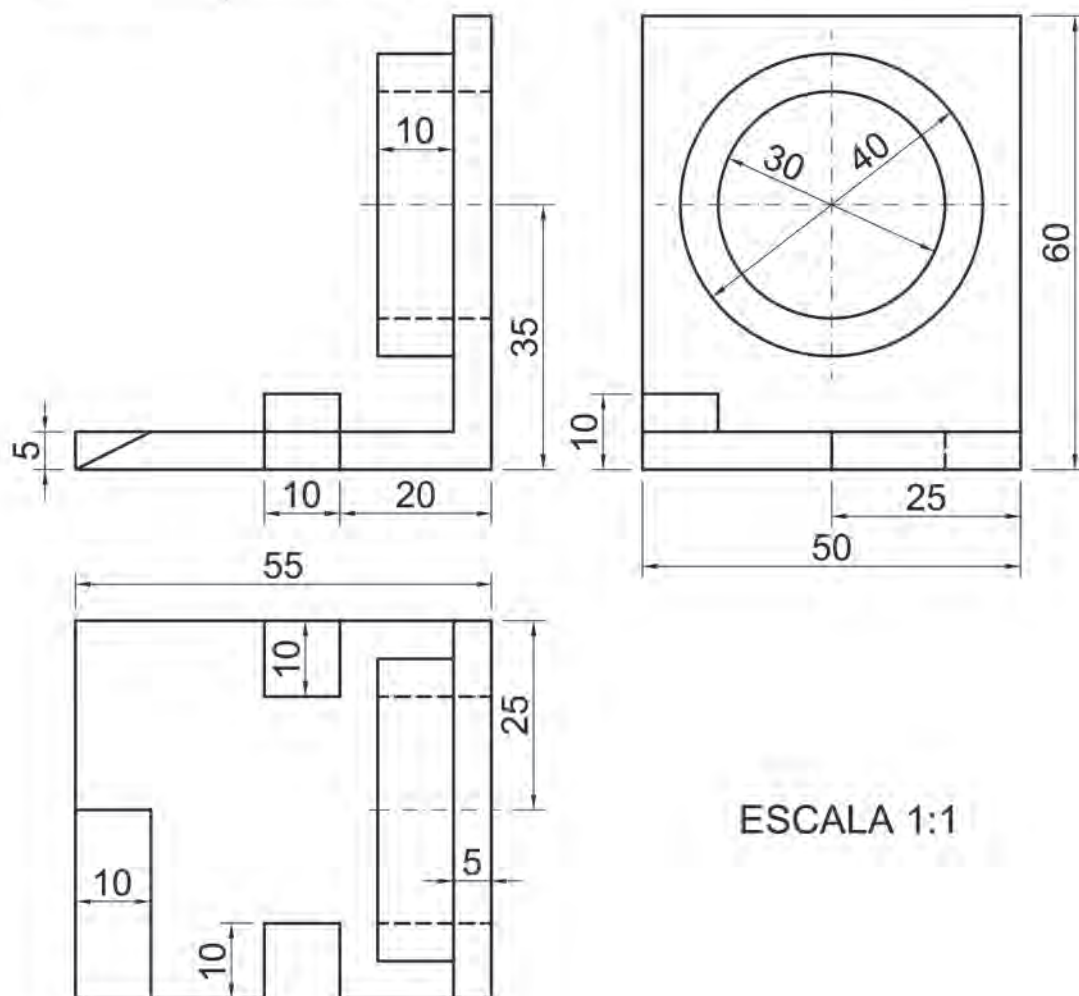
ESCALA 1:1



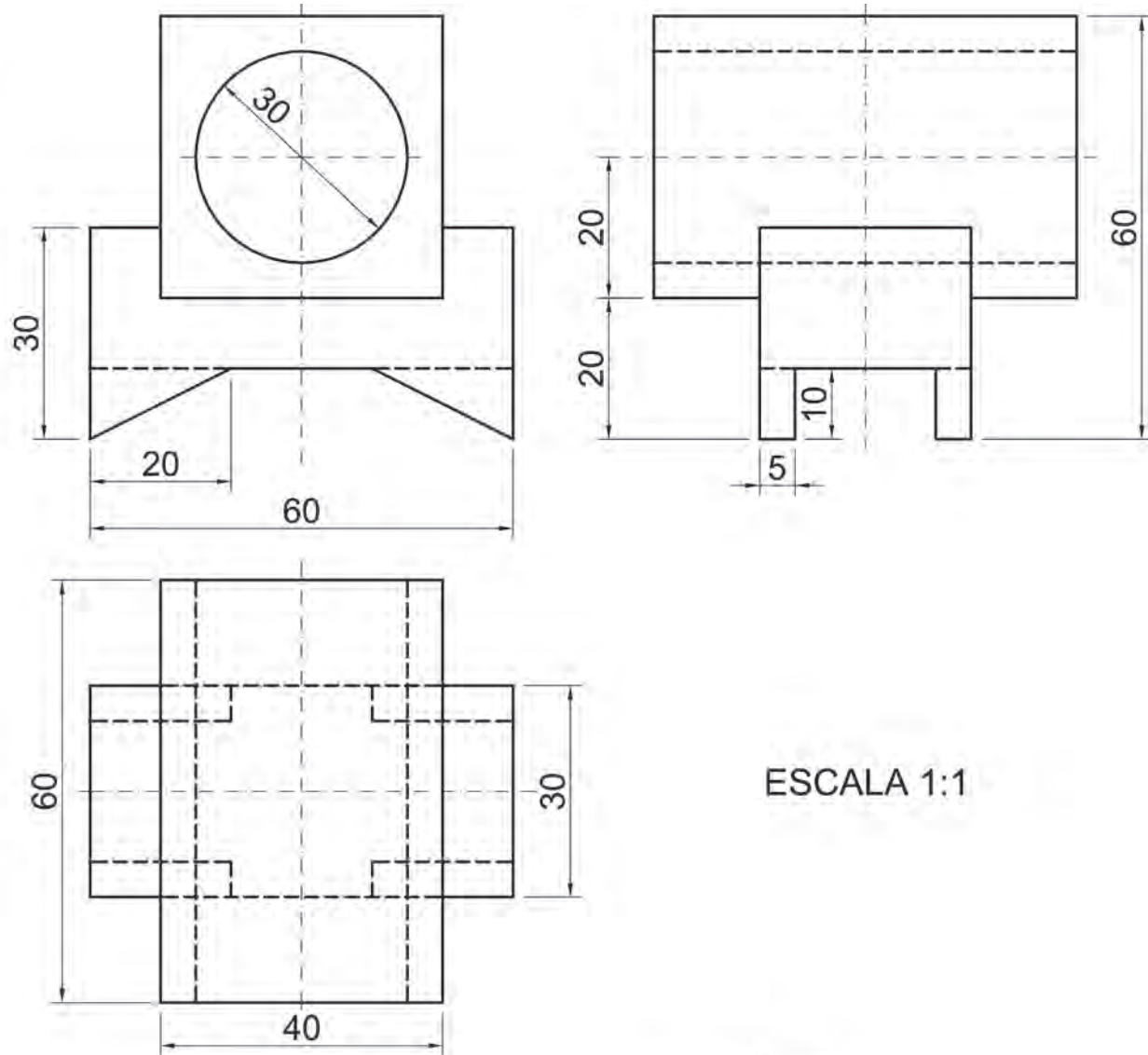
7.6)



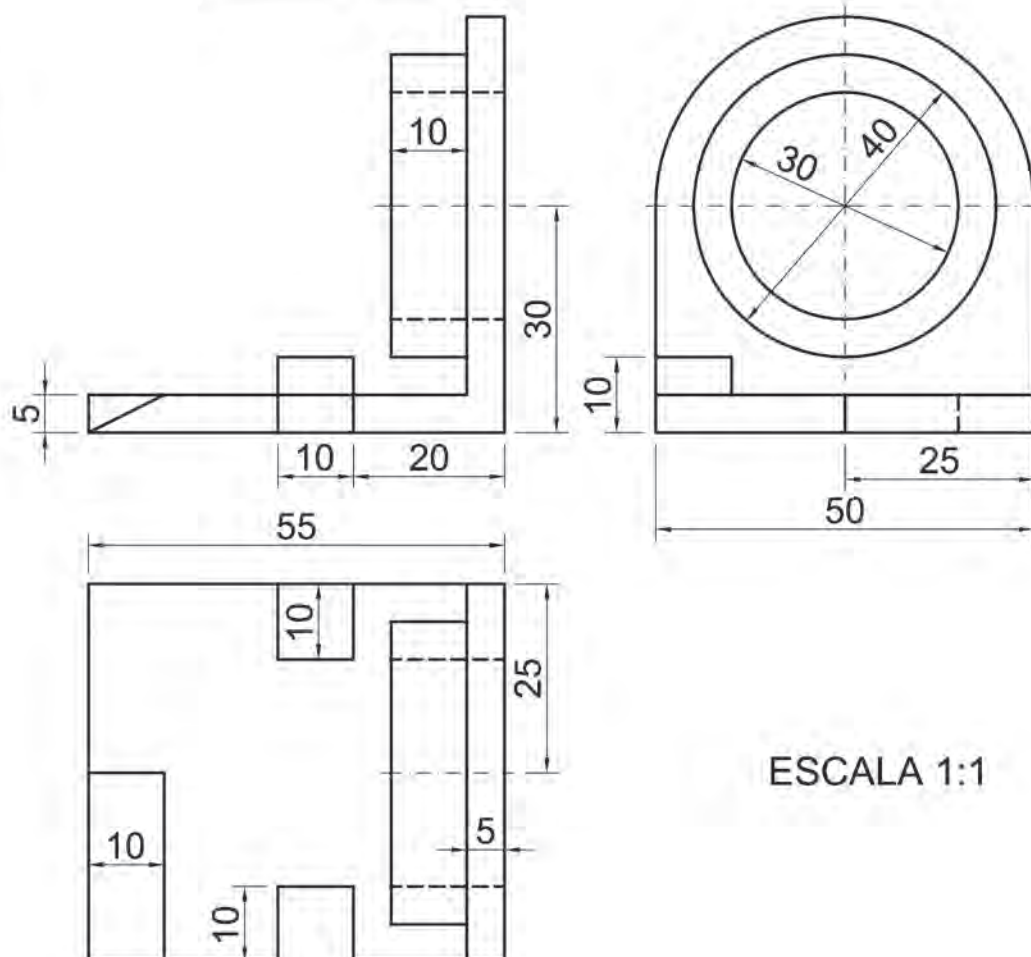
7.7)



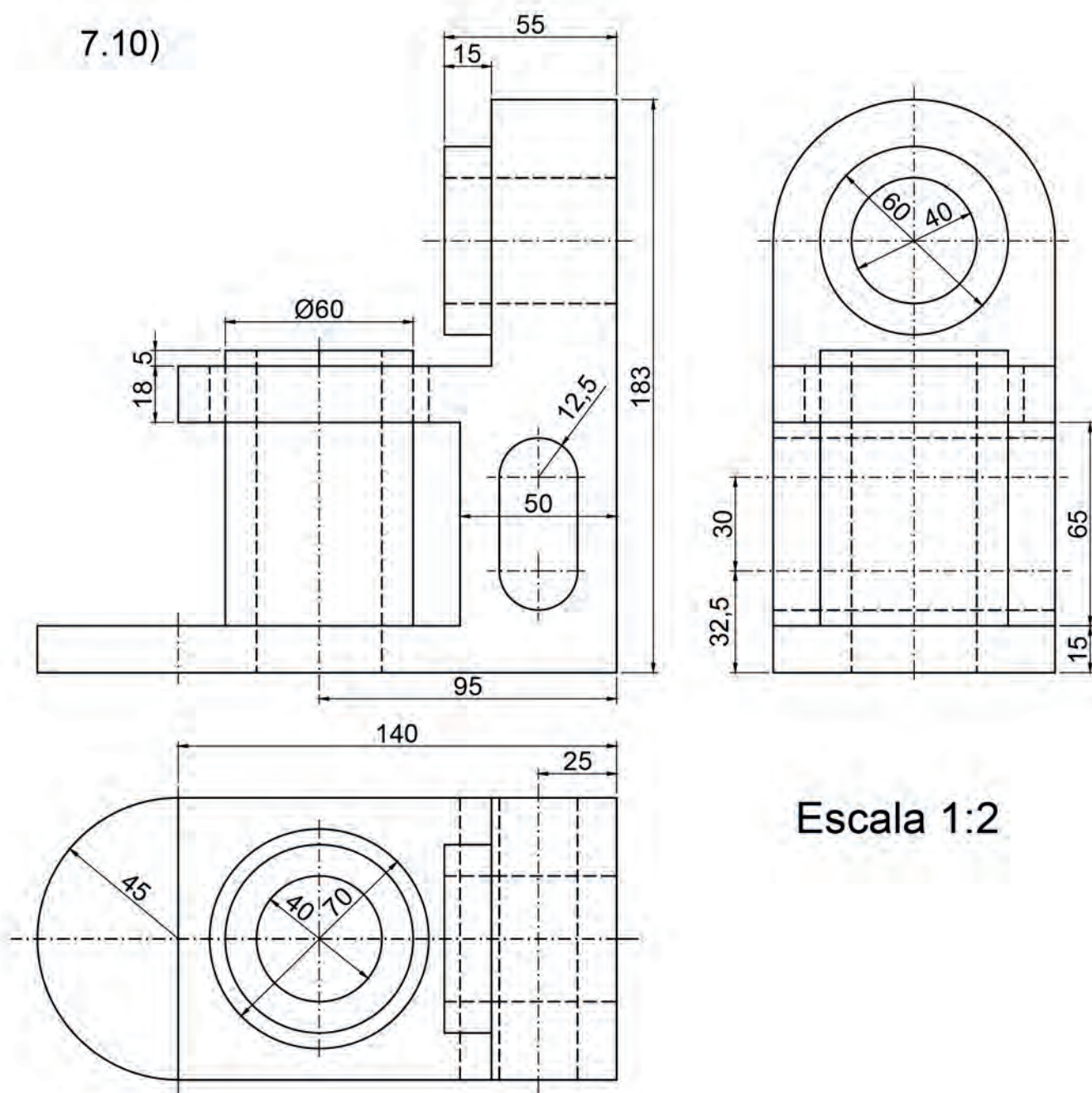
7.8)



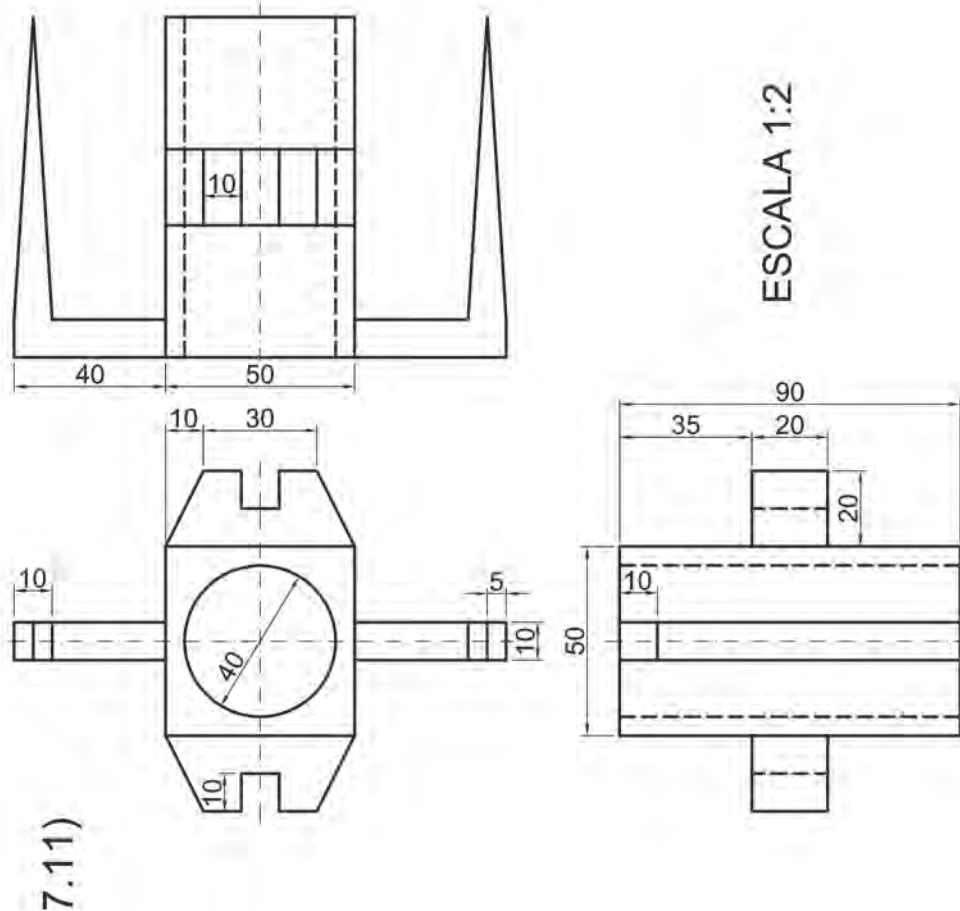
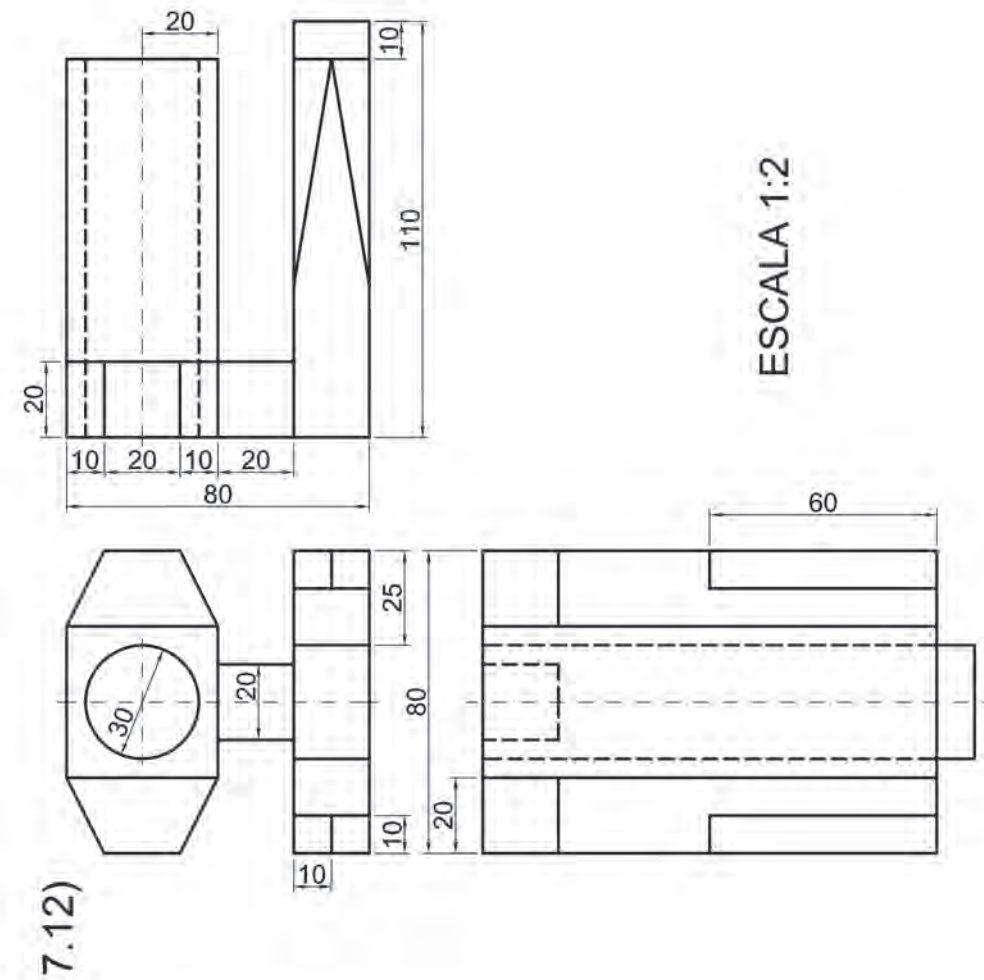
7.9)



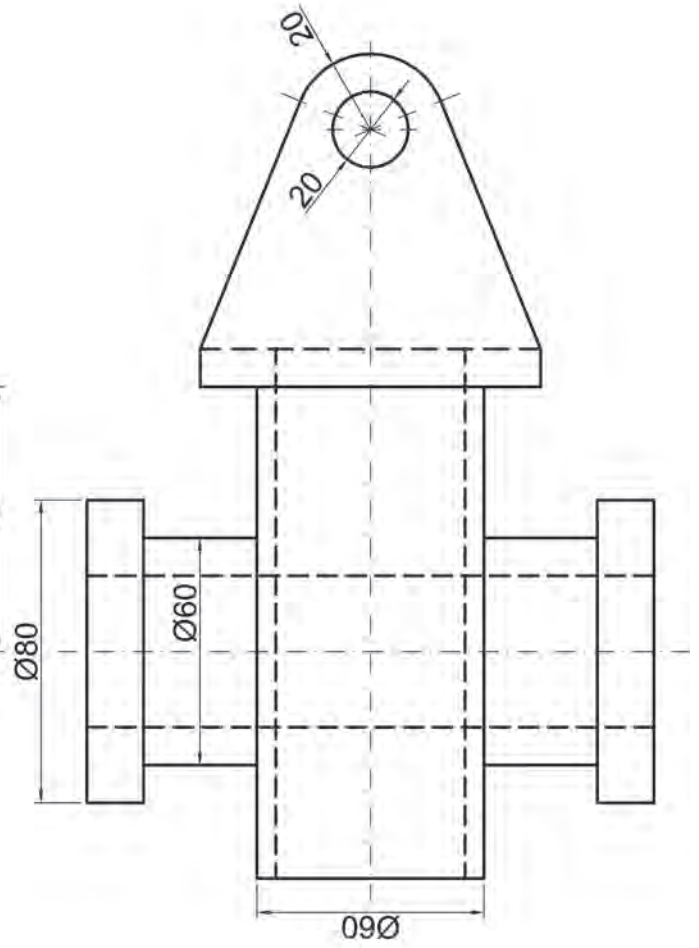
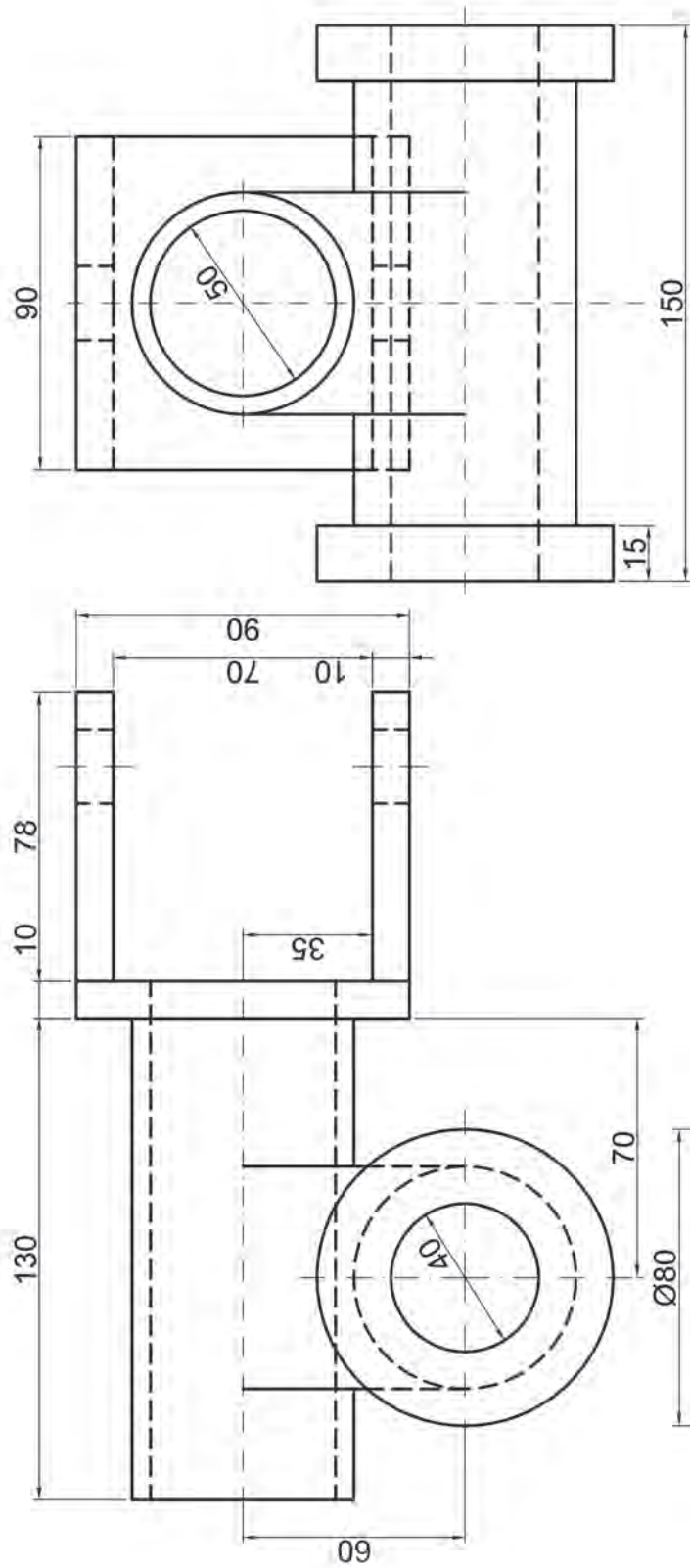
7.10)



Escala 1:2

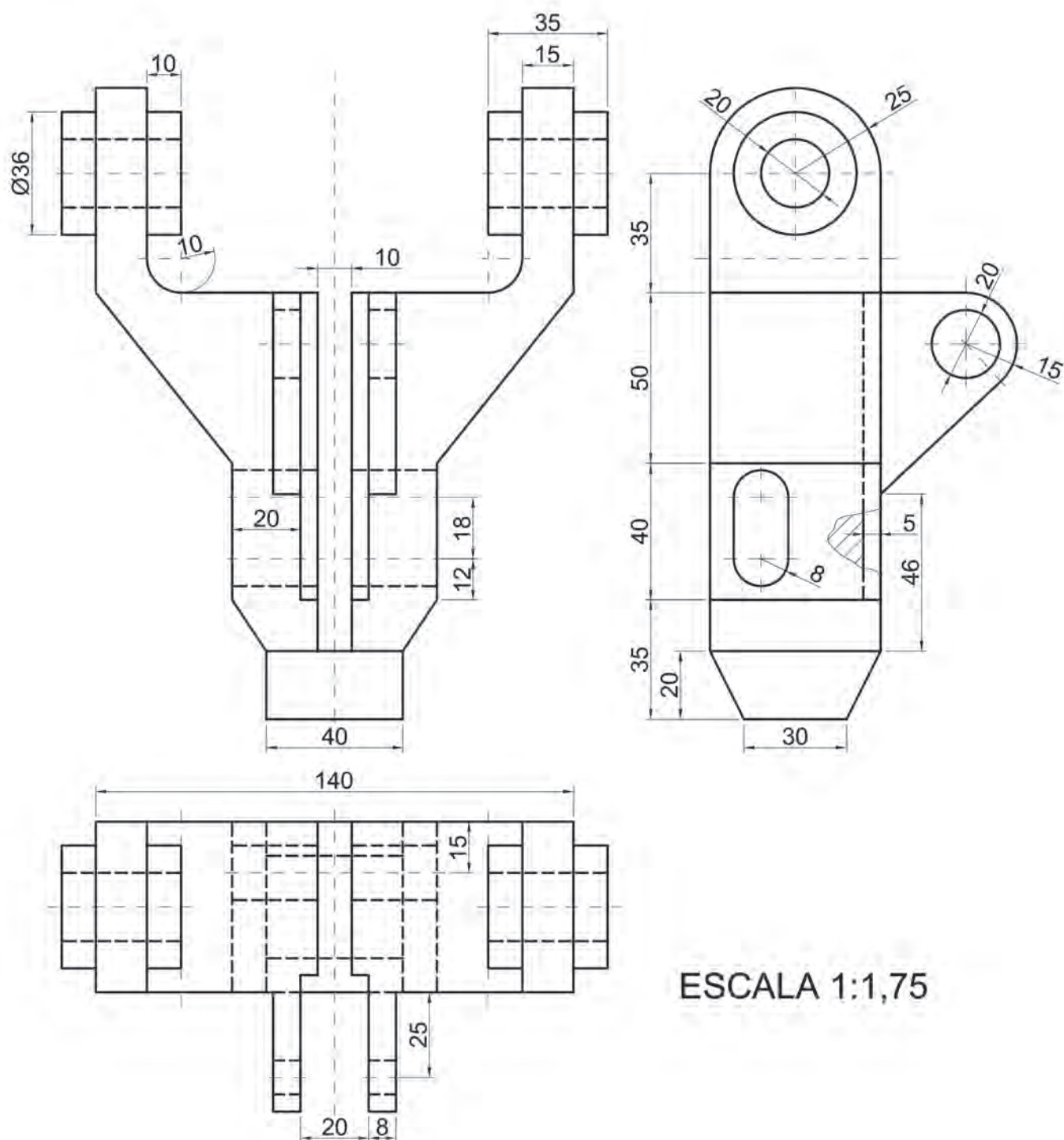


7.13)



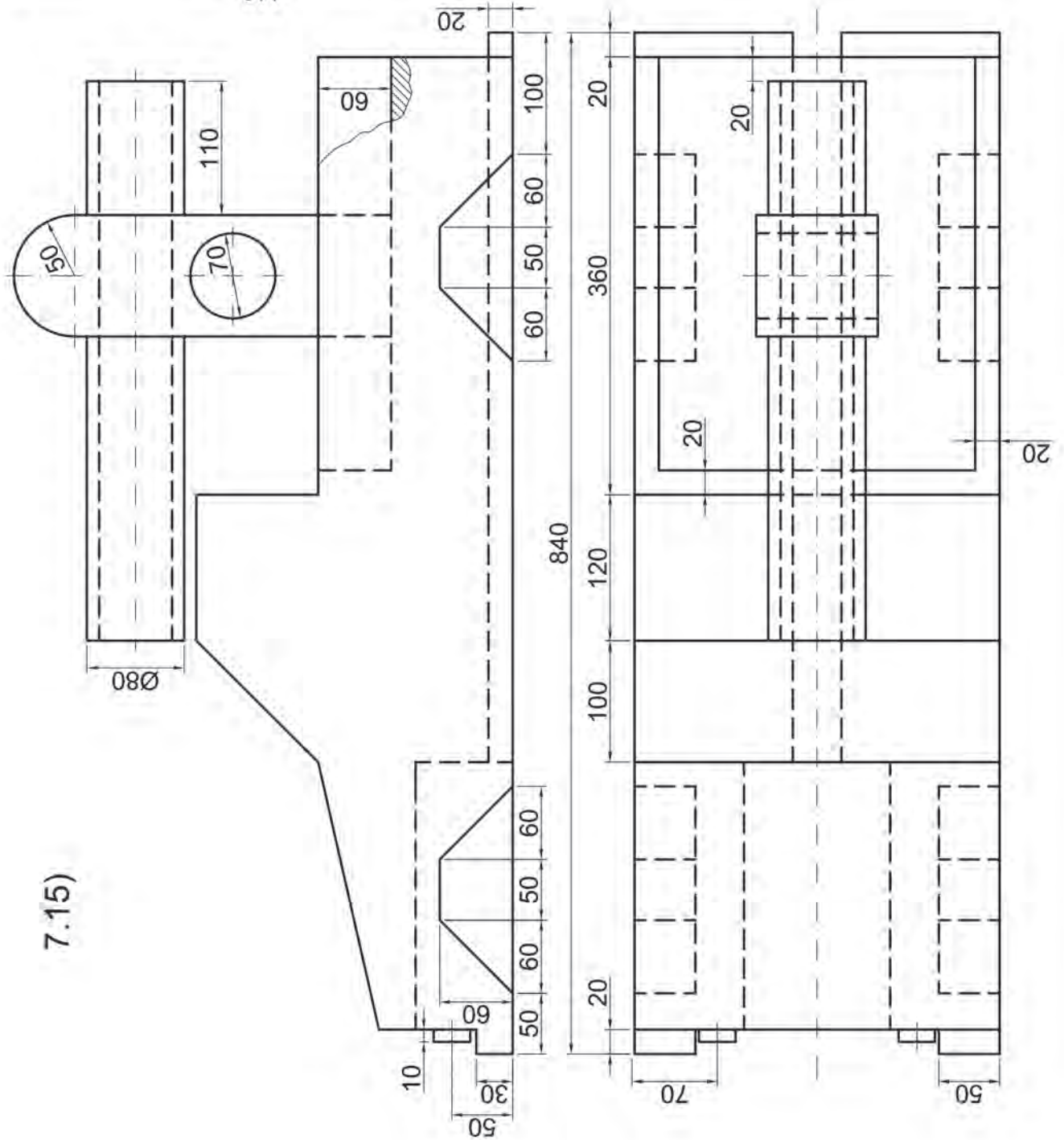
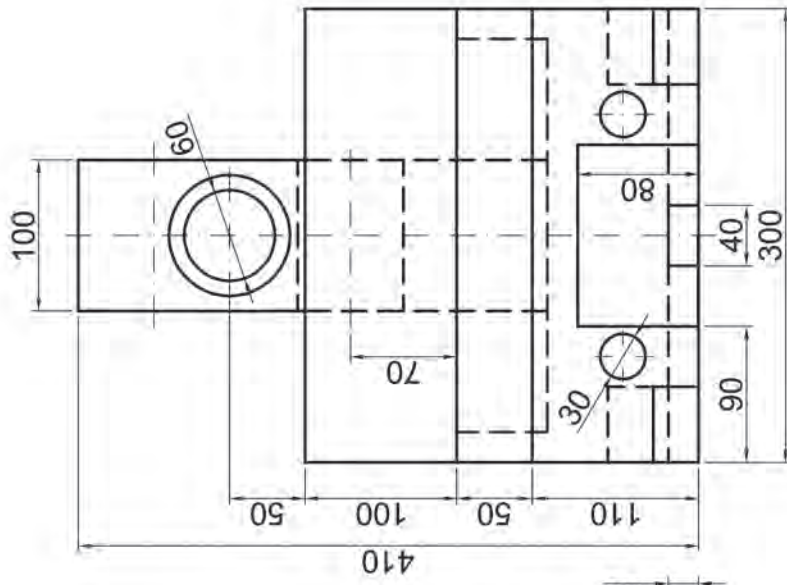
ESCALA 1:2

7.14)



ESCALA 1:1,75

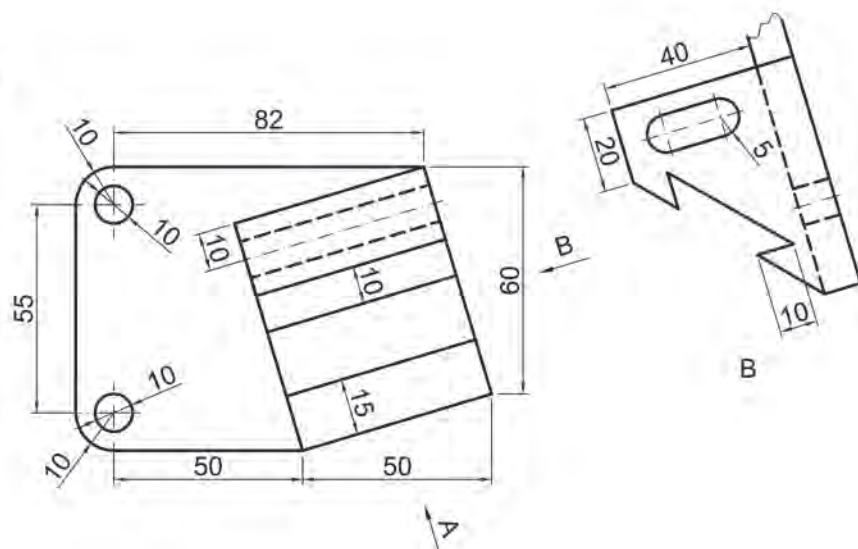
7.15)



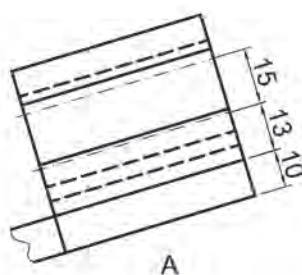
ESCALA 1:50

Obs: Cotas em cm

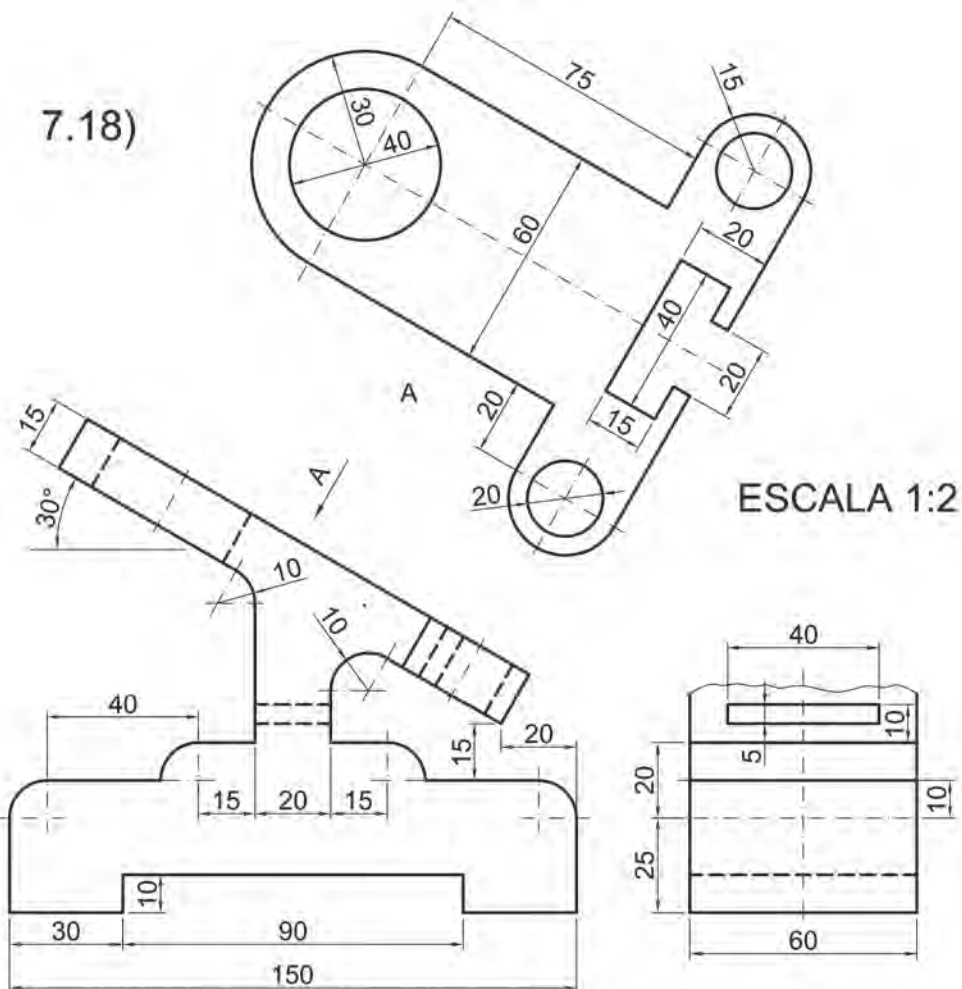
7.17)



ESCALA 1:2



7.18)



7.19)

Technical drawing of a mechanical part, showing three views: front view, top view, and side view. The drawing includes dimensions for the part.

Front View Dimensions:

- Overall width: 80
- Overall height: 40
- Base thickness: 30
- Top flange width: 30
- Top flange thickness: 10
- Central circular hole diameter: 30

Top View Dimensions:

- Overall width: 60
- Overall height: 100
- Base thickness: 25
- Top flange width: 10
- Top flange thickness: 40
- Central circular hole diameter: 28

Side View Dimensions:

- Overall width: 20
- Overall height: 50
- Base thickness: 30
- Top flange width: 10
- Top flange thickness: 20
- Central circular hole diameter: 18

ESCALA 1:2

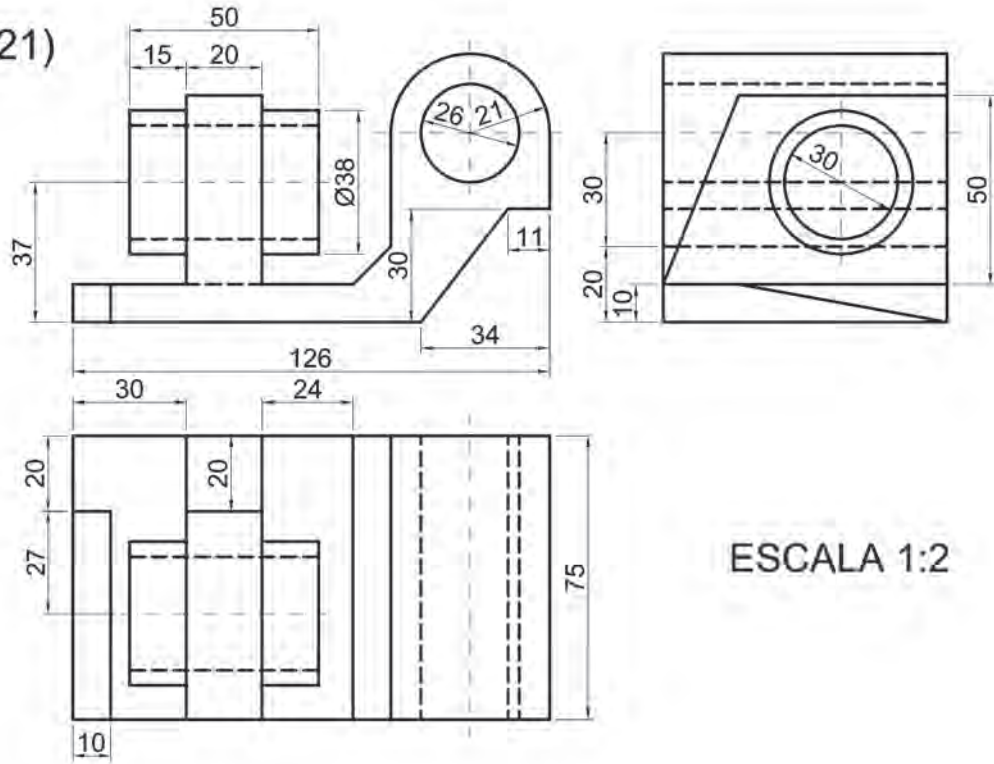
ESCALA 1:2

7.20)

ESCALA 1:2

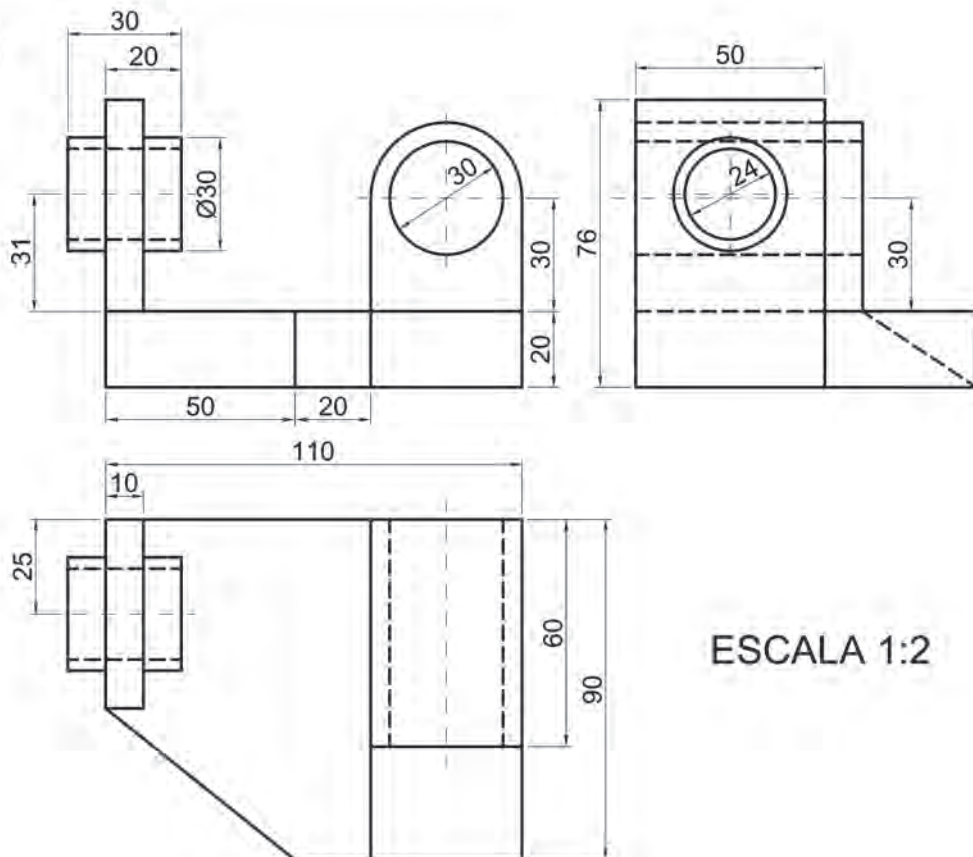
ESCALA 1:2

7.21)



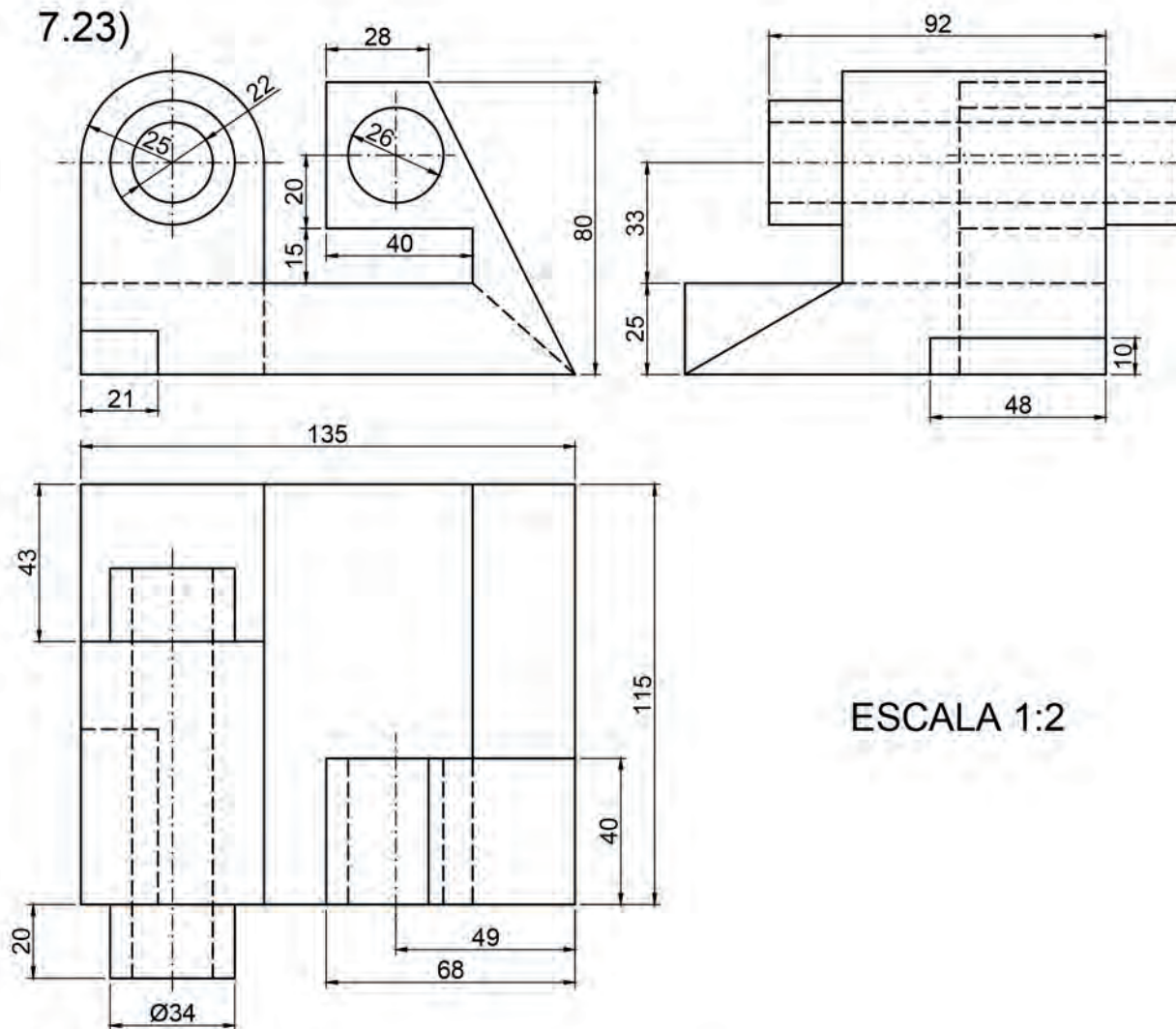
ESCALA 1:2

7.22)



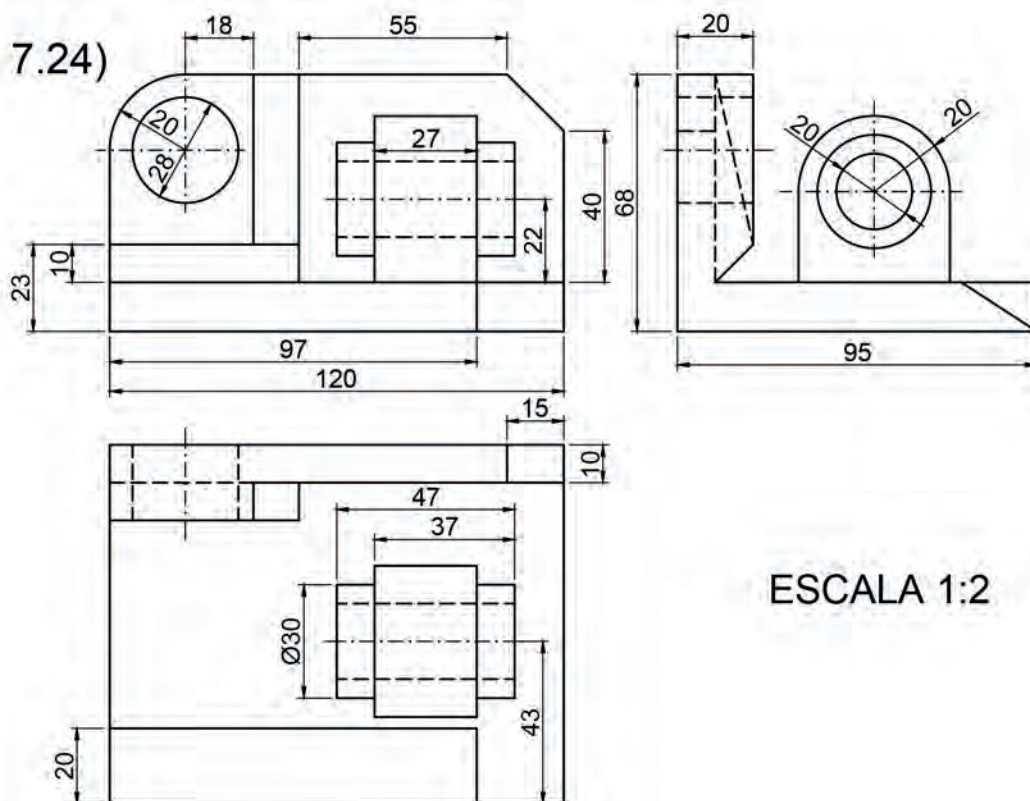
ESCALA 1:2

7.23)



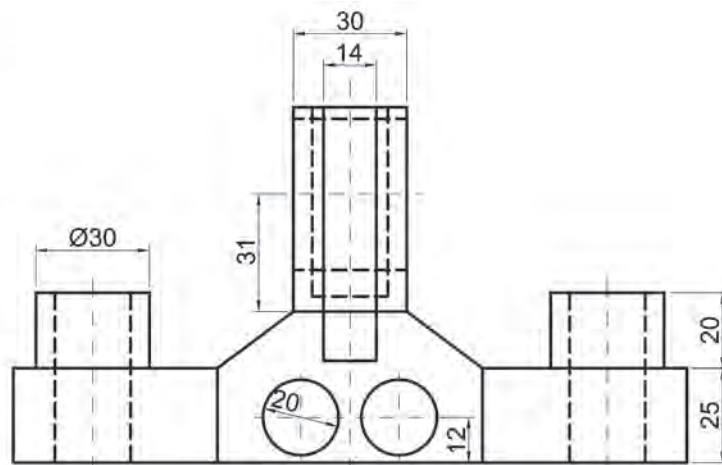
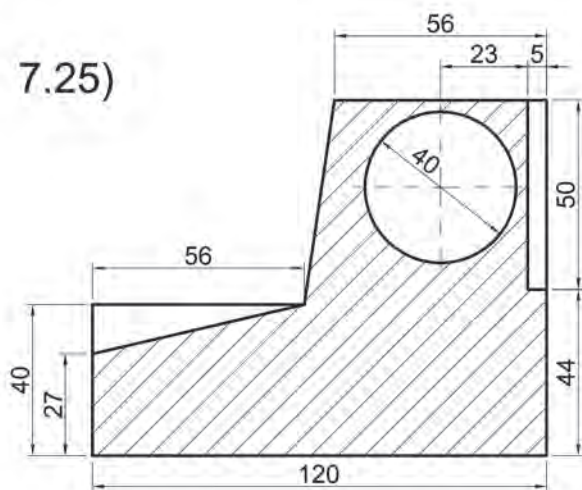
ESCALA 1:2

7.24)

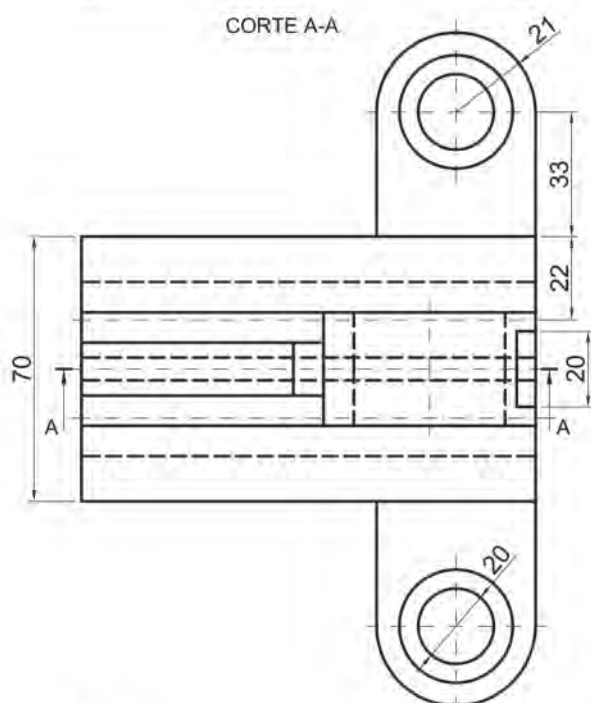


ESCALA 1:2

7.25)

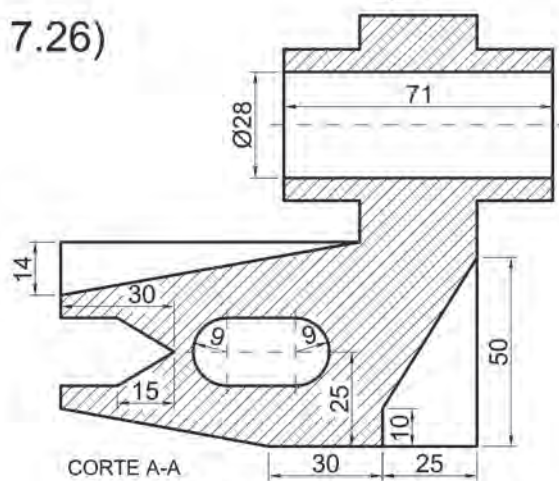


CORTE A-A

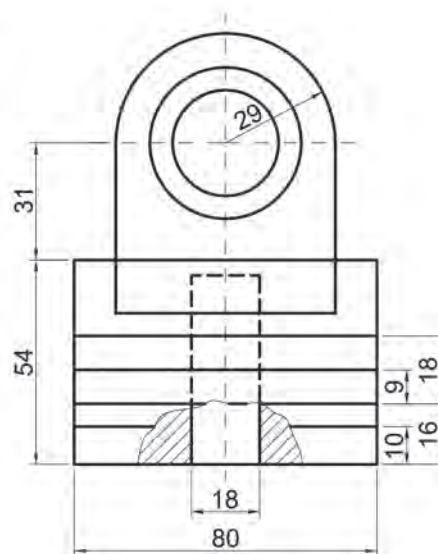
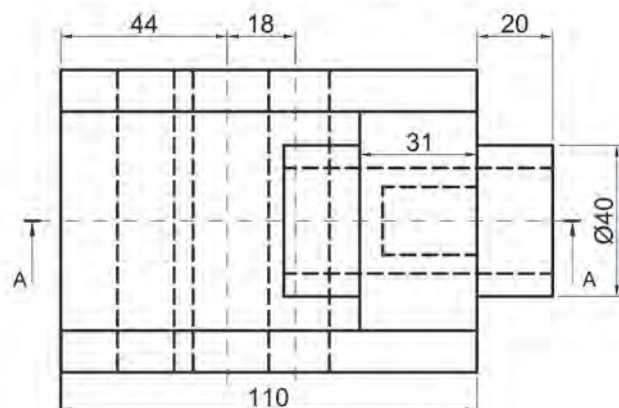


ESCALA 1:2

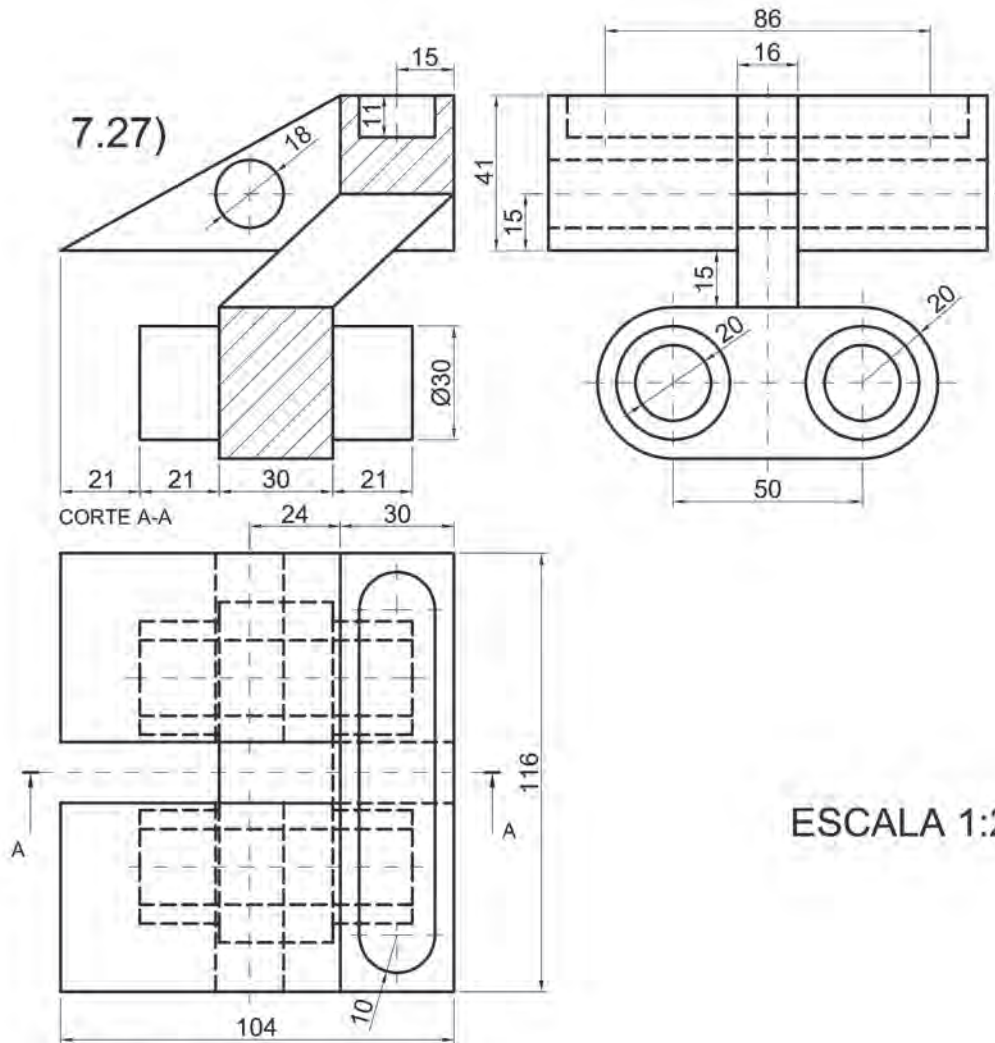
7.26)



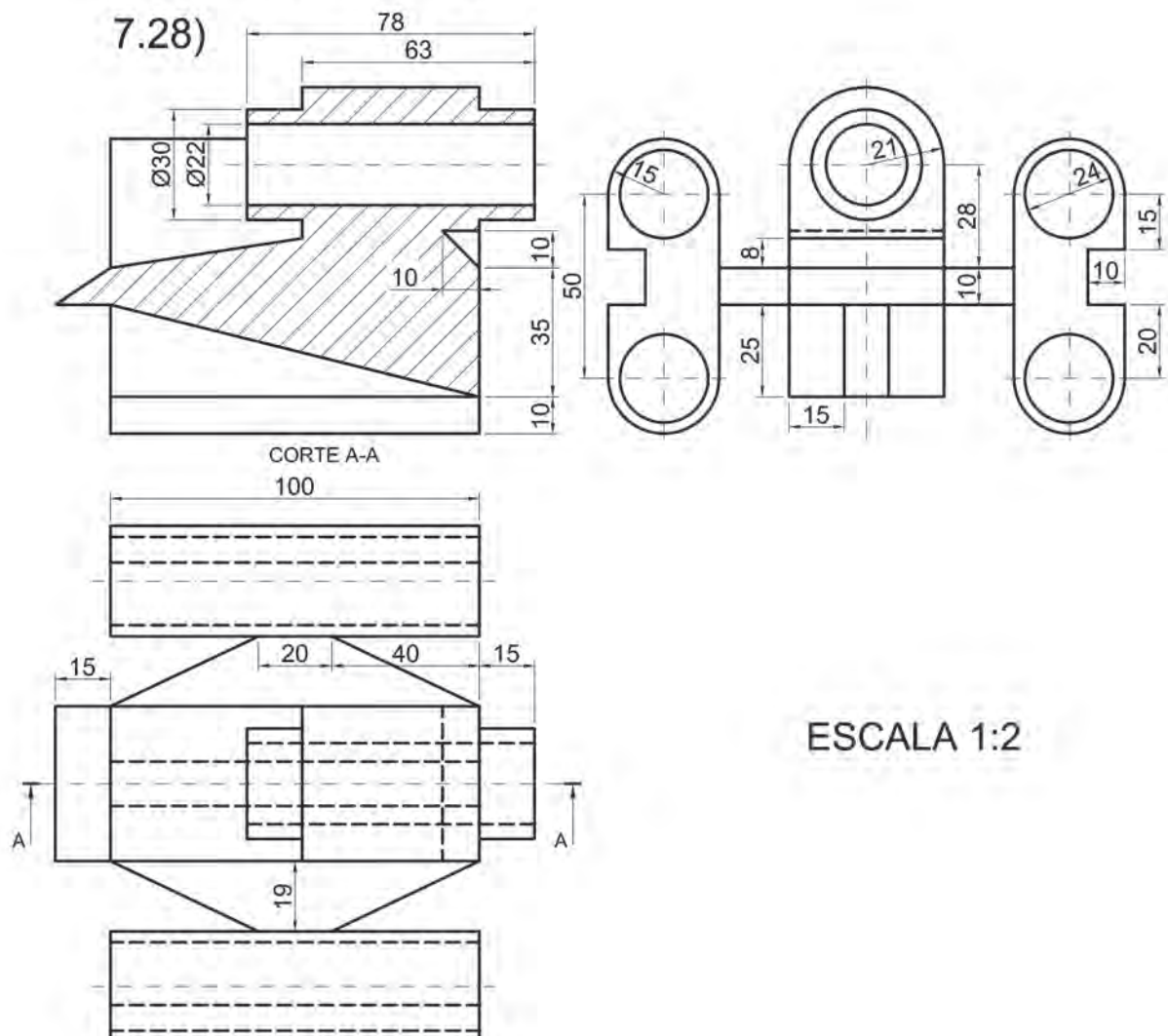
CORTE A-A



ESCALA 1:2

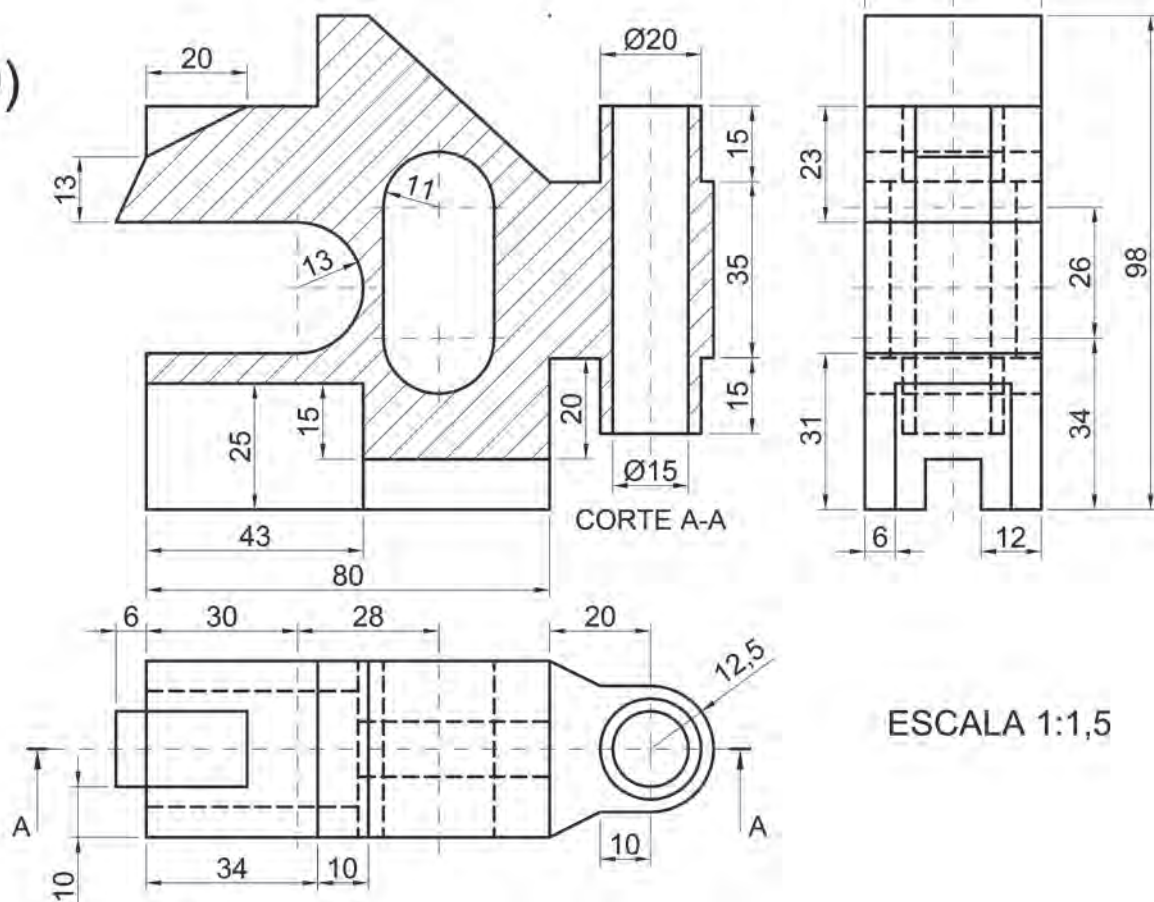


ESCALA 1:2



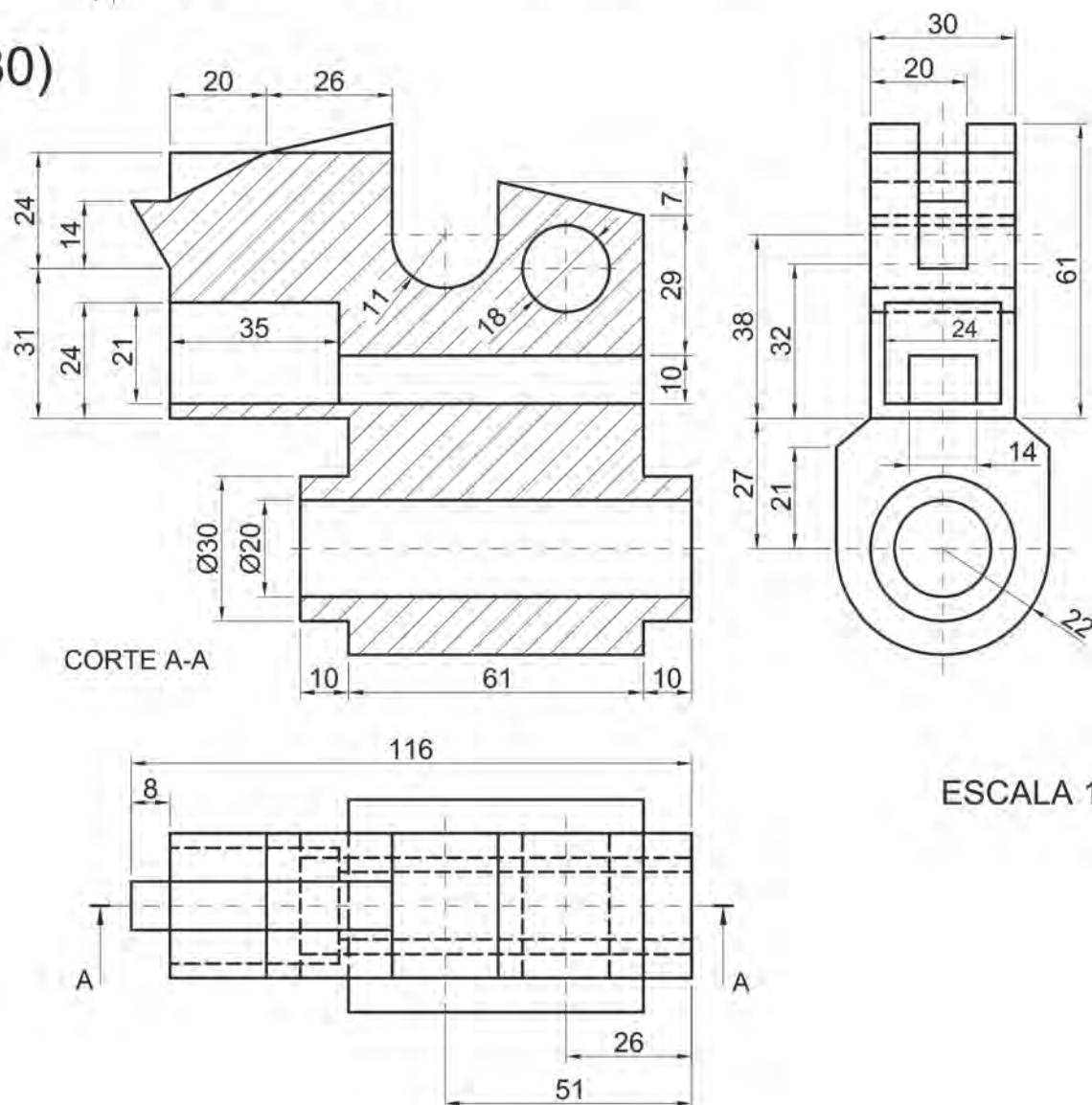
ESCALA 1:2

7.29)



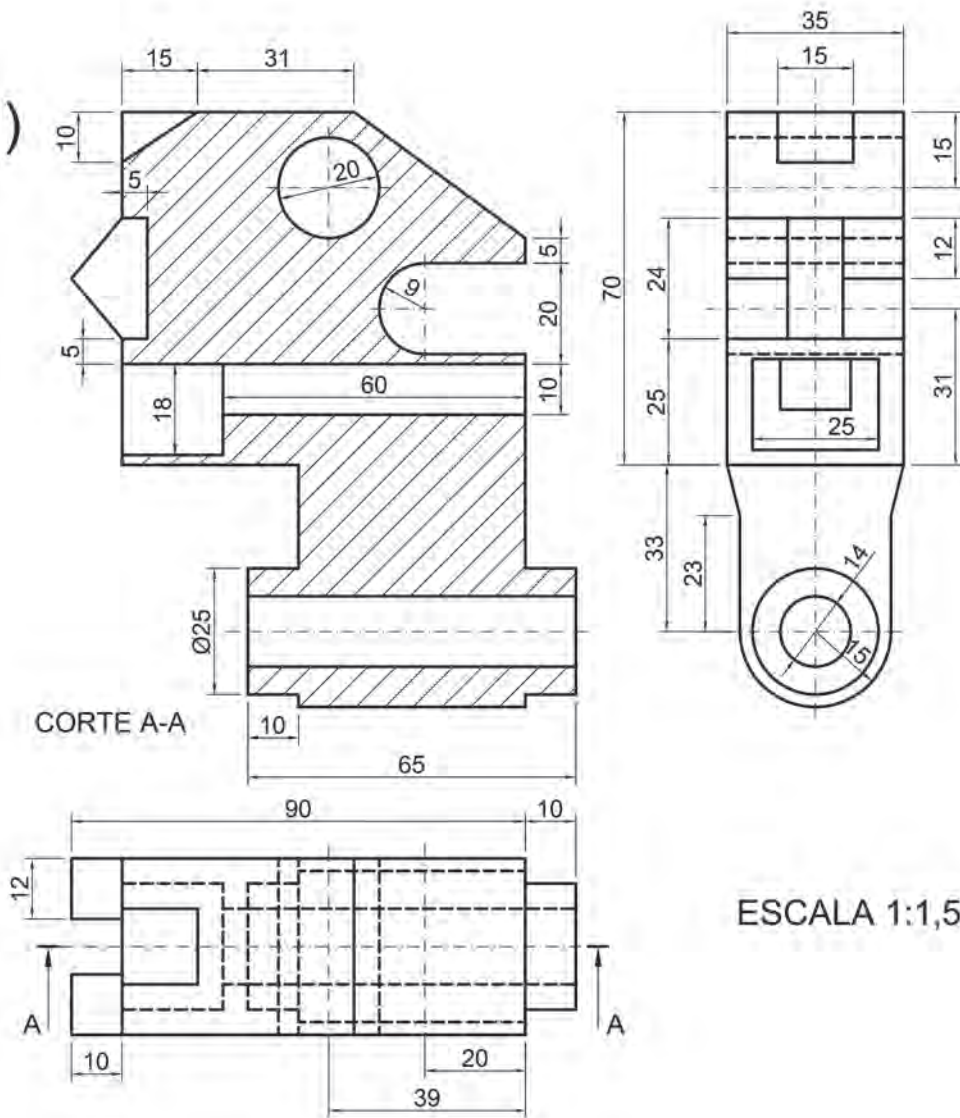
ESCALA 1:1,5

7.30)

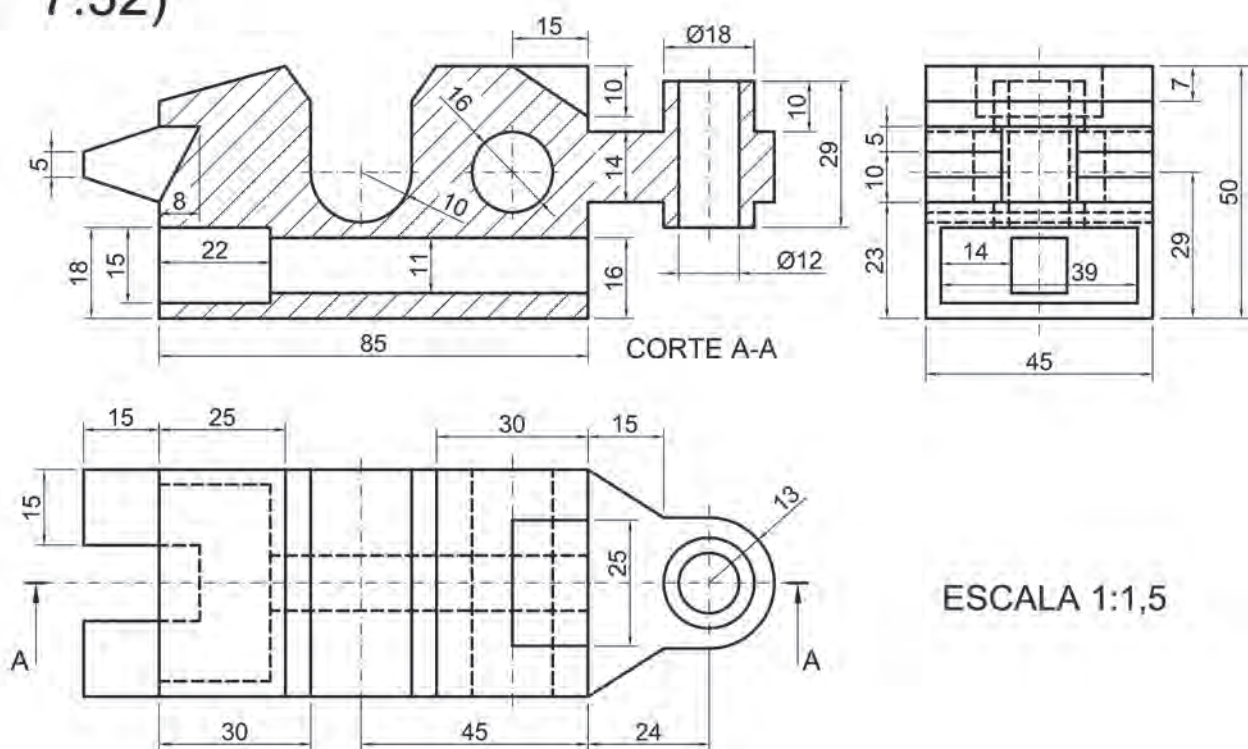


ESCALA 1:1,5

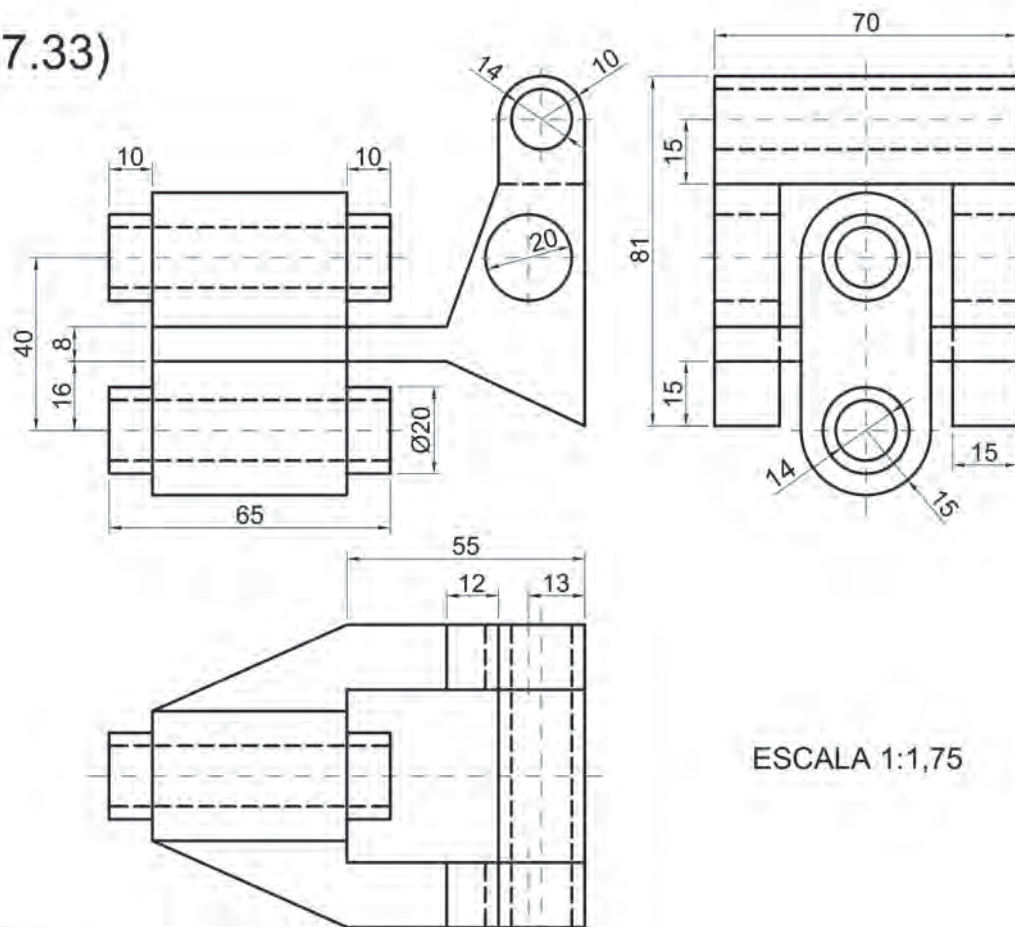
7.31)



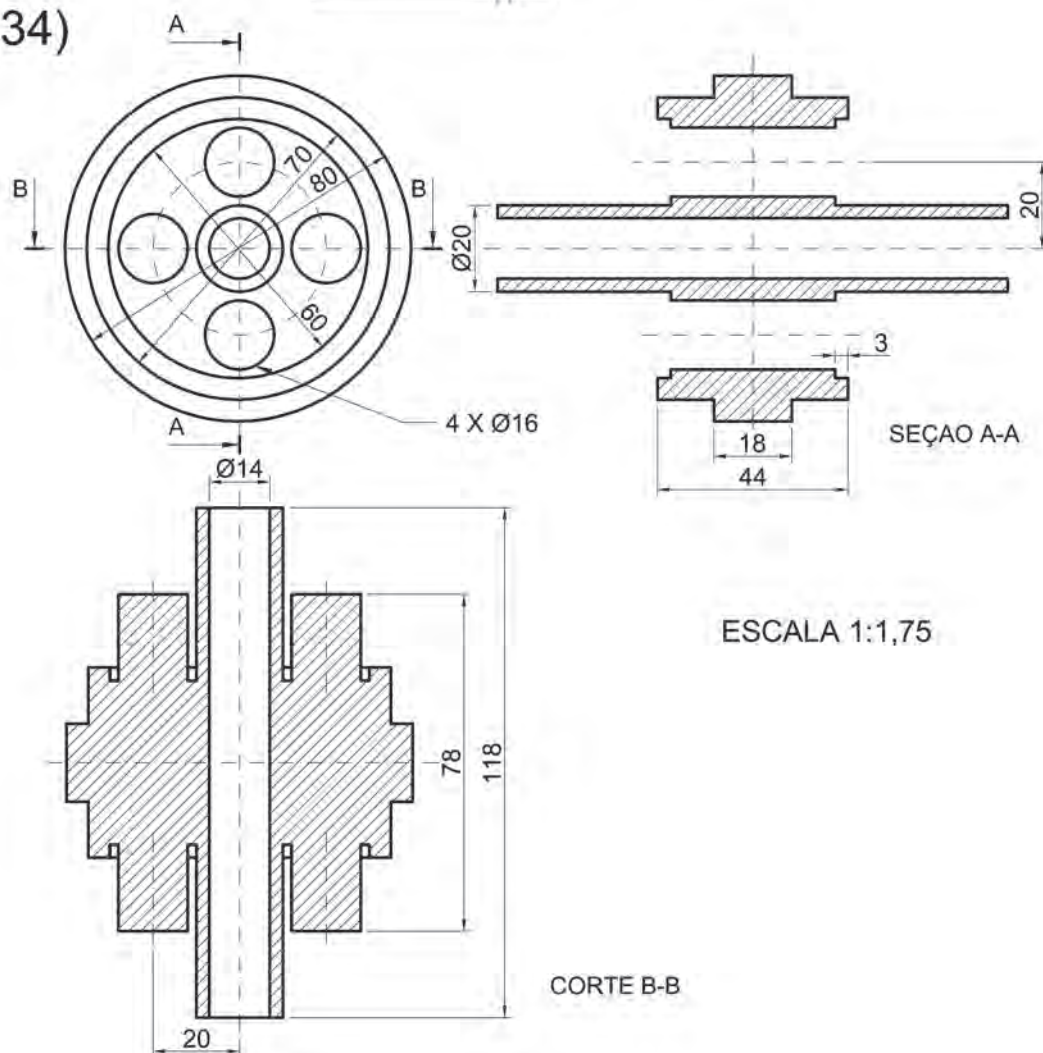
7.32)

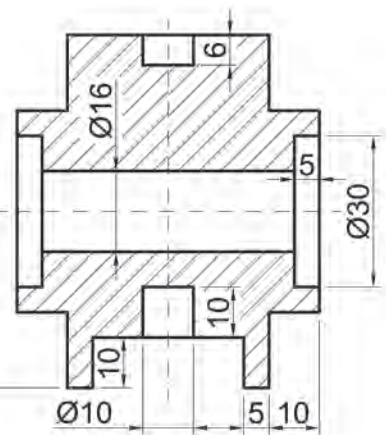


7.33)



7.34)



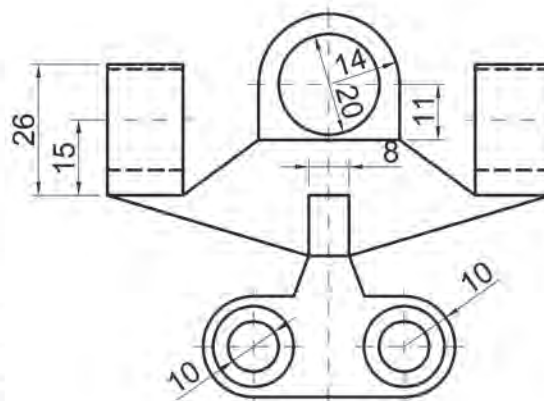


Technical drawing of a mechanical part with the following dimensions:

- Overall length: 33
- Overall width: 30
- Overall height: 40
- Top flange thickness: 8
- Bottom flange thickness: 10
- Central hole diameter: $\varnothing 40$

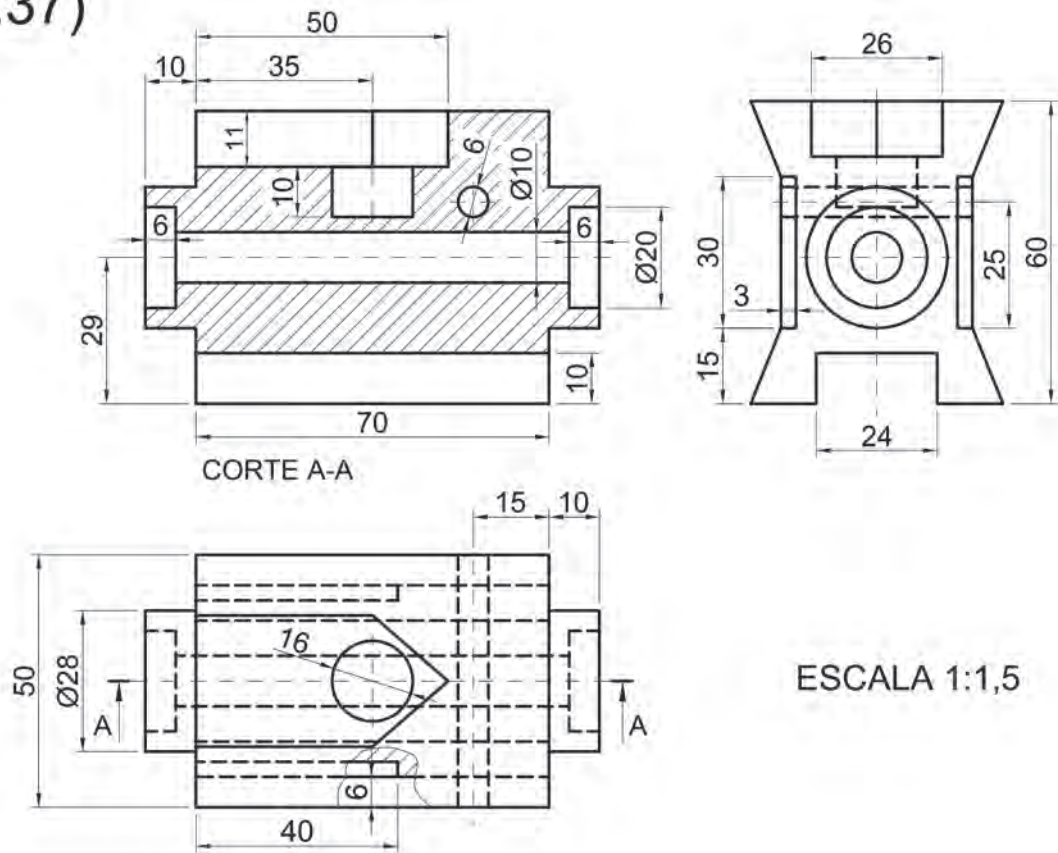
Technical drawing of a mechanical part with the following dimensions:

- Top horizontal dimension: 40
- Left vertical dimensions (from top to bottom): 25, 11, 12, 18
- Right vertical dimension: 10
- Horizontal dimension for the circular hole: 20
- Horizontal dimension for the central rectangular section: 30
- Horizontal dimension for the base: 48
- Horizontal dimension for the base flange: 9
- Horizontal dimension for the base flange: 5
- Right vertical dimension for the base flange: $\varnothing 16$

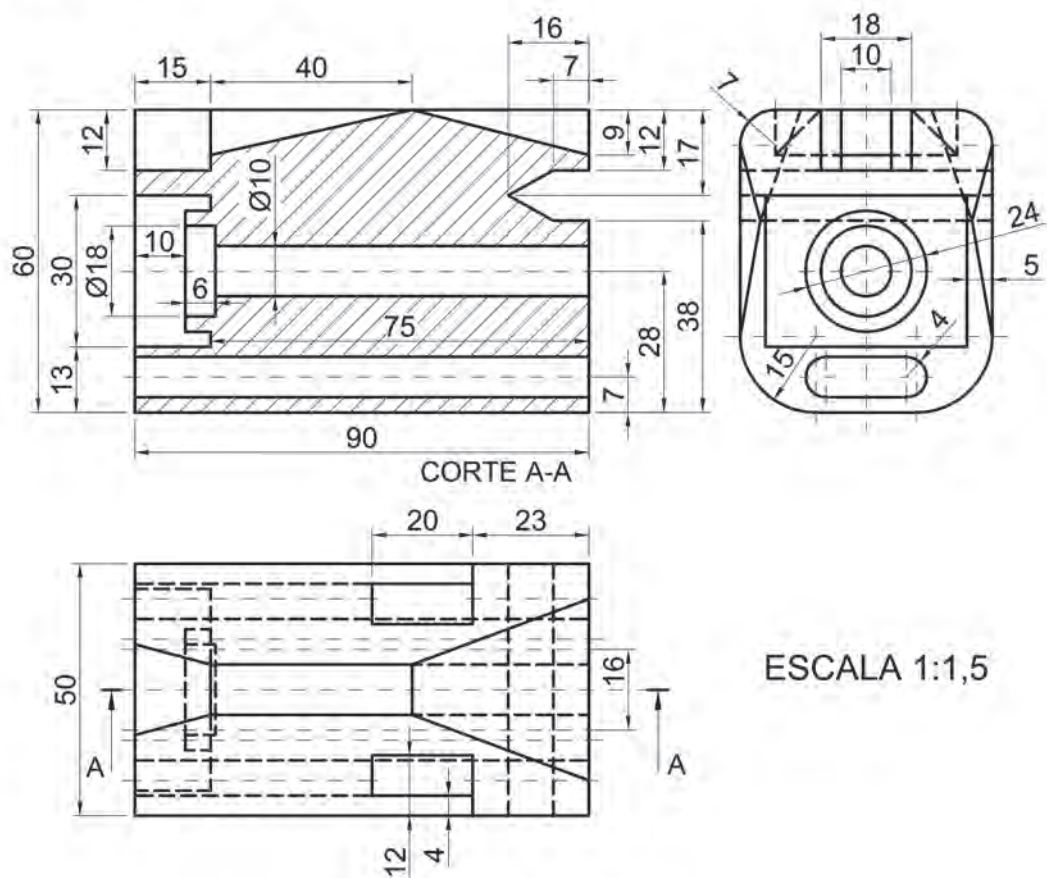


Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support, showing dimensions in millimeters. The drawing includes a front view and a side view. The front view shows a base with a total width of 100 mm, divided into segments of 10 mm, 30 mm, and 18 mm. The height of the front view is 88 mm. The side view shows a height of 30 mm. The drawing uses solid lines for visible edges and dashed lines for hidden internal features.

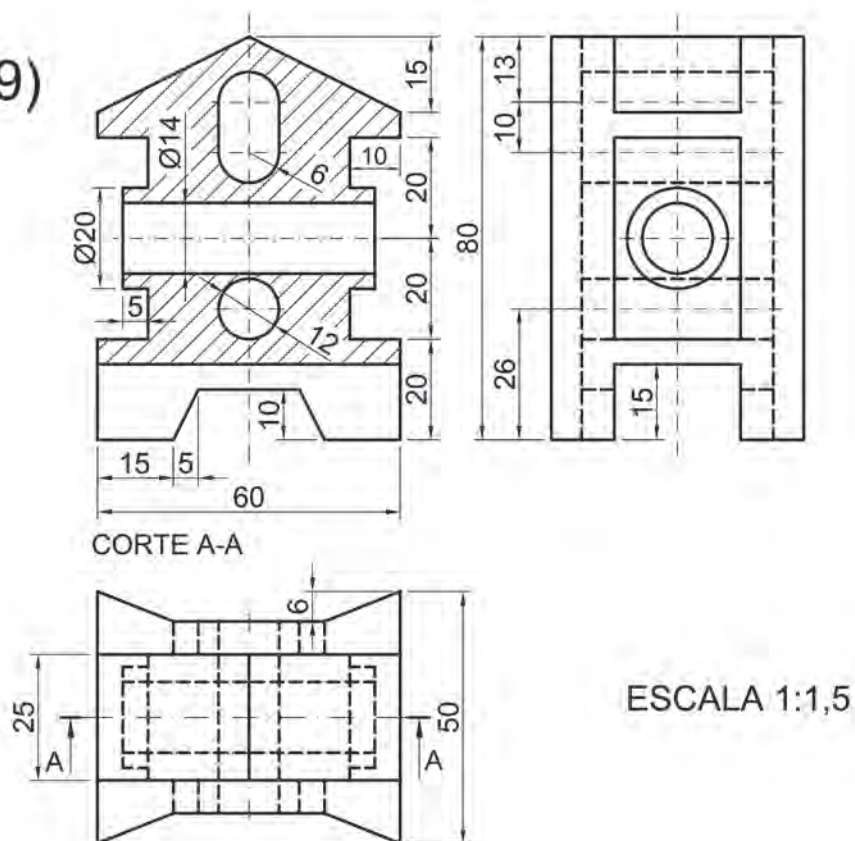
7.37)



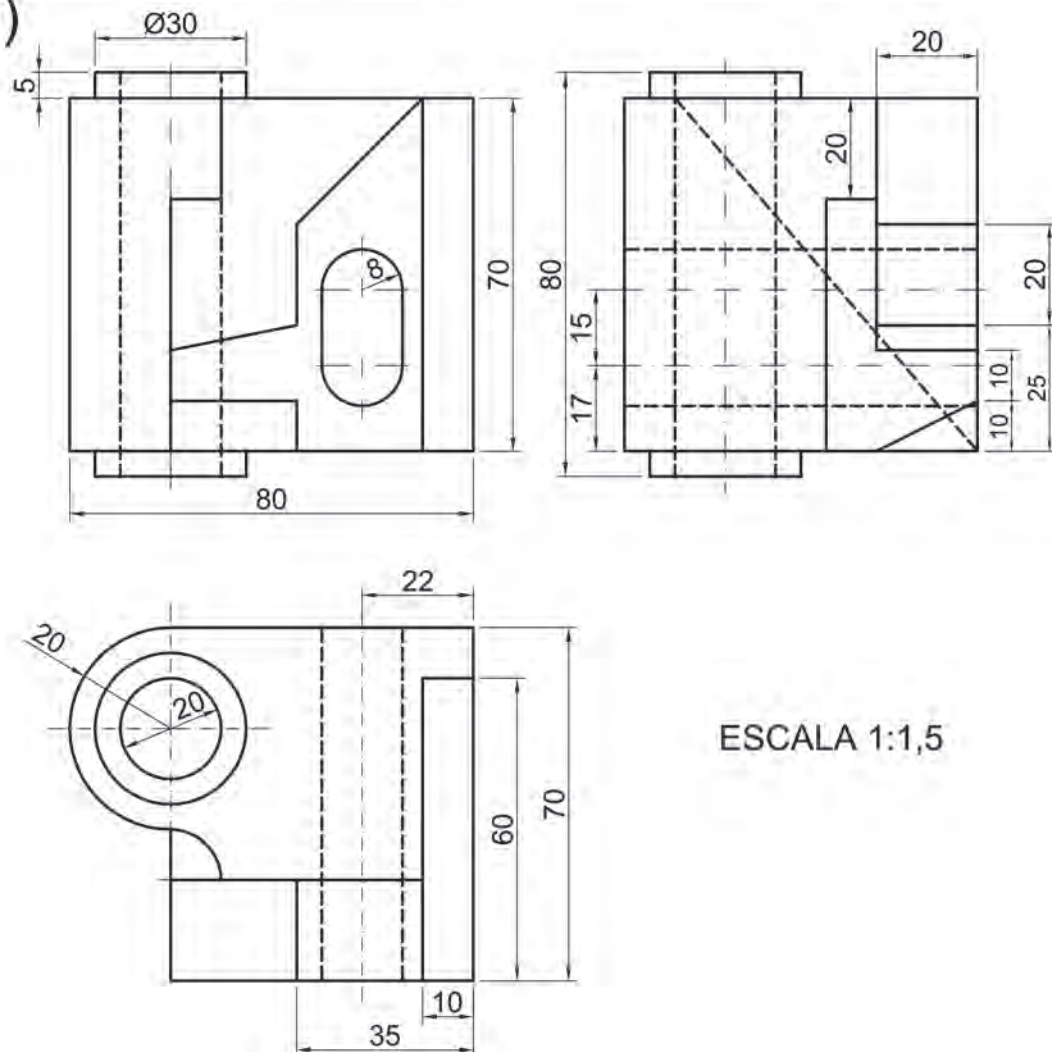
7.38)



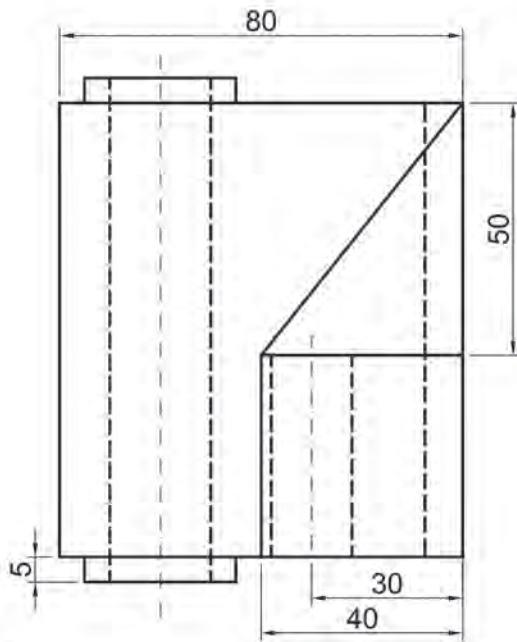
7.39)



7.40)

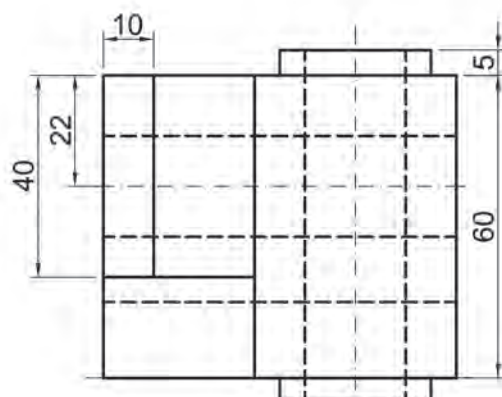
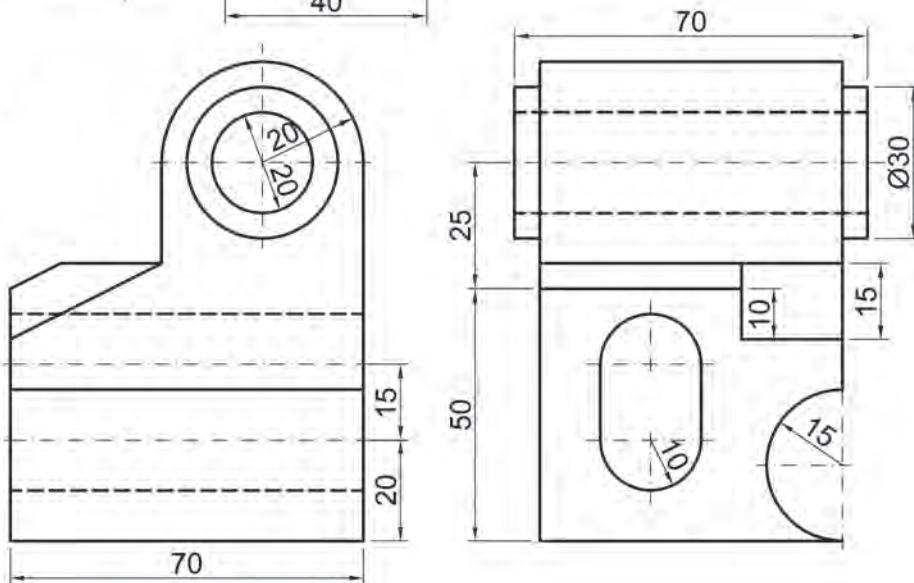


7.41)



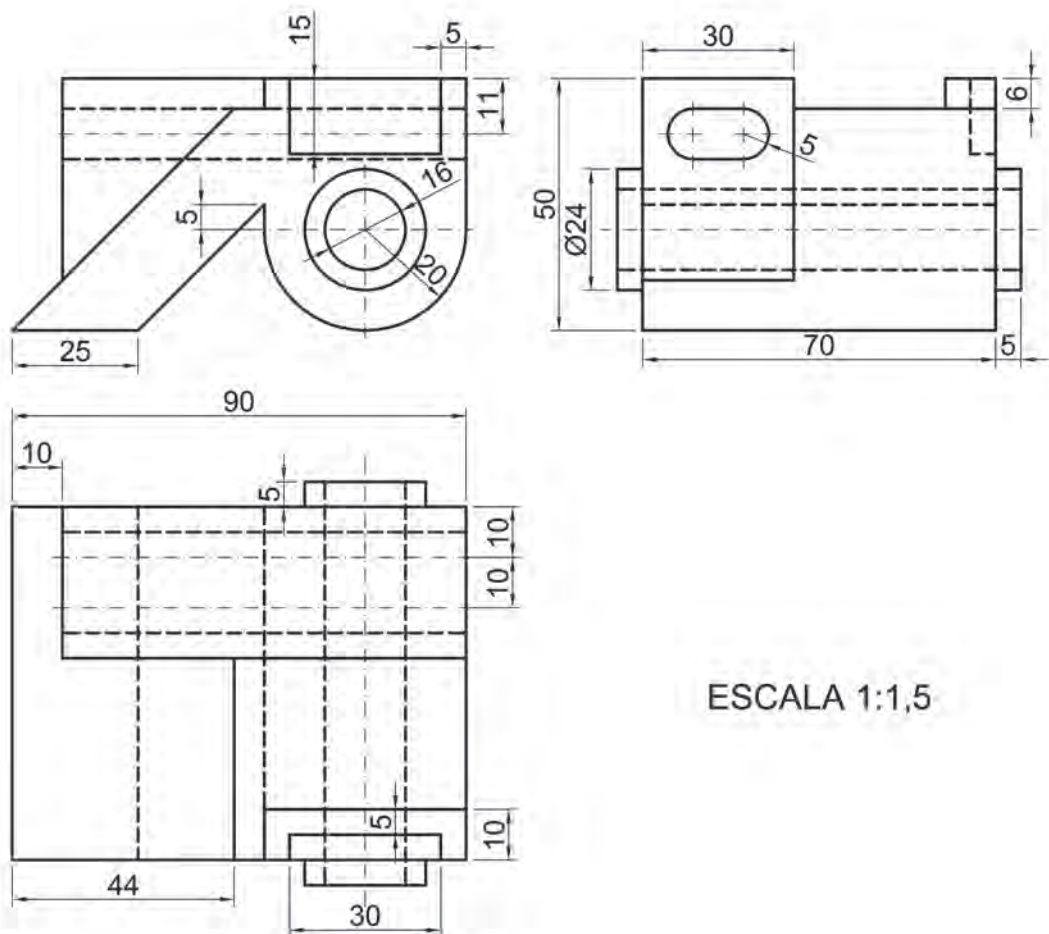
ESCALA 1:1,5

7.42)



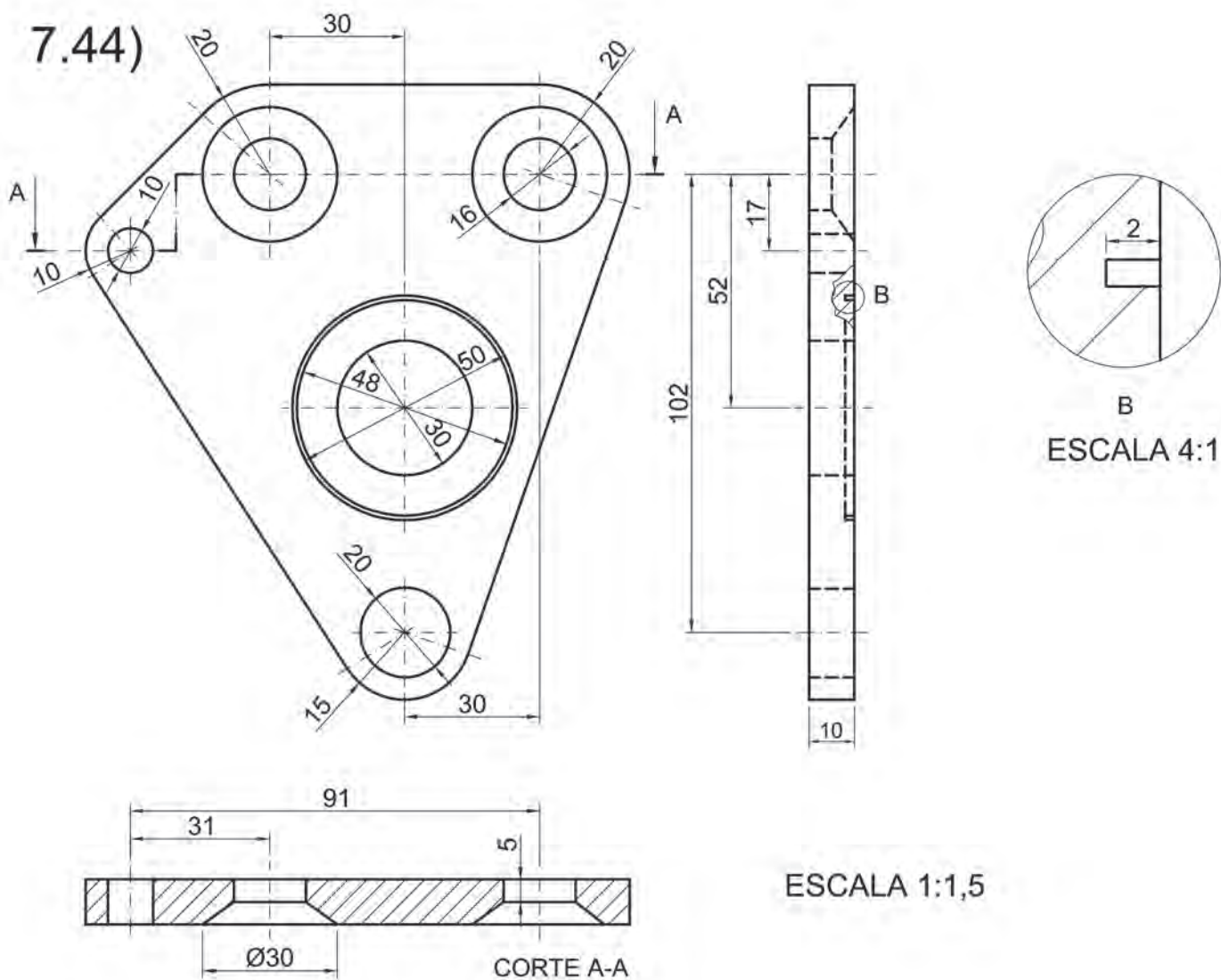
ESCALA 1:1,5

7.43)



ESCALA 1:1,5

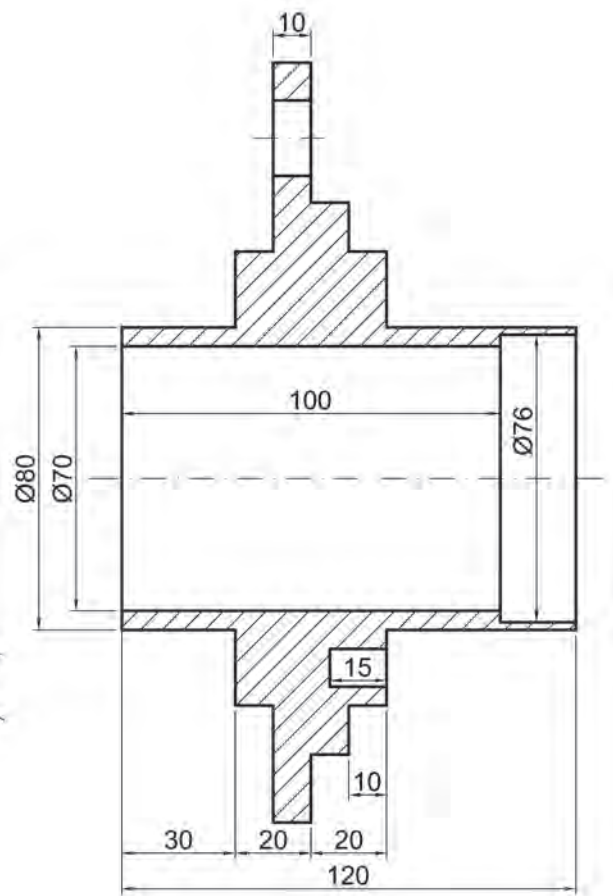
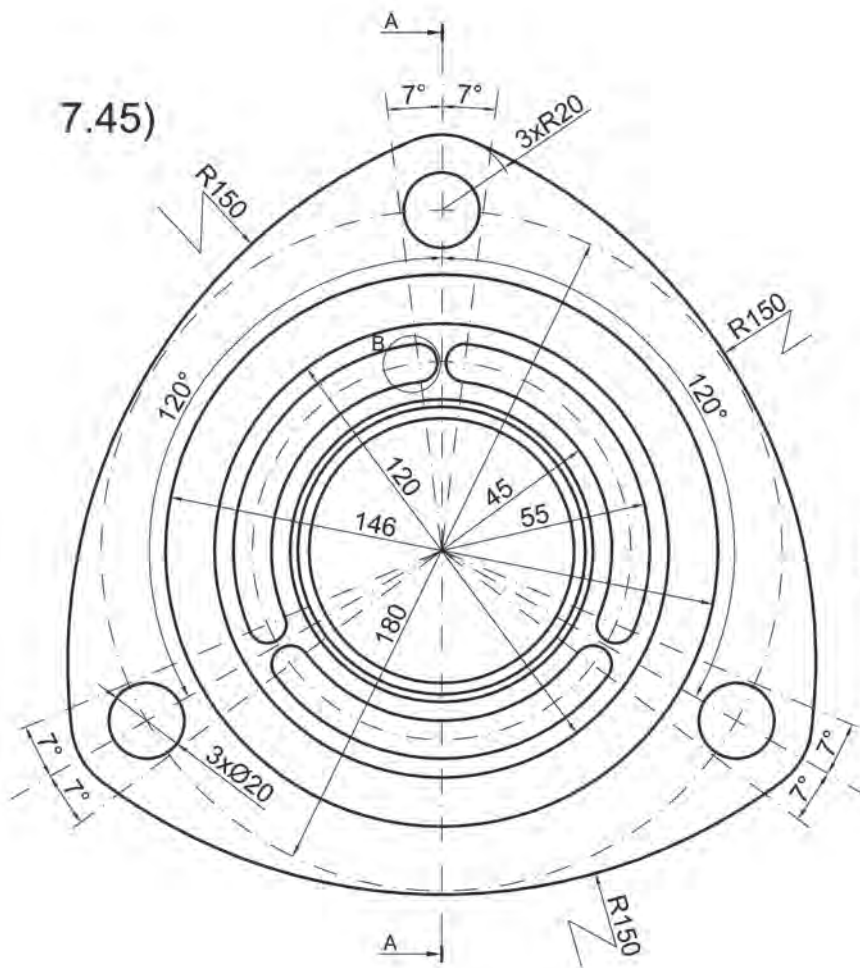
7.44)



B
ESCALA 4:1

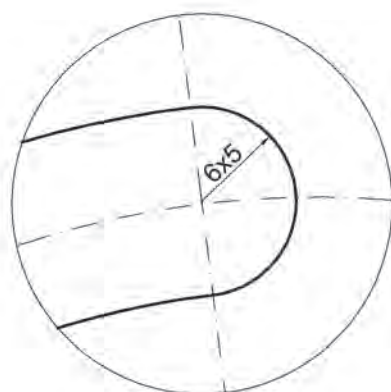
ESCALA 1:1,5

7.45)



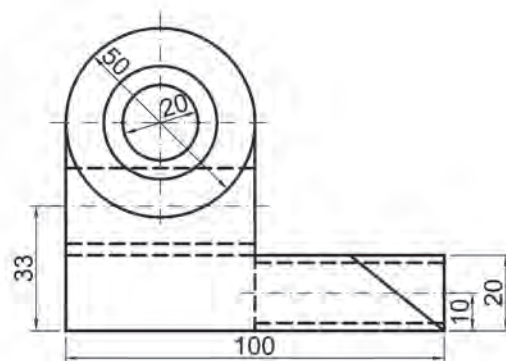
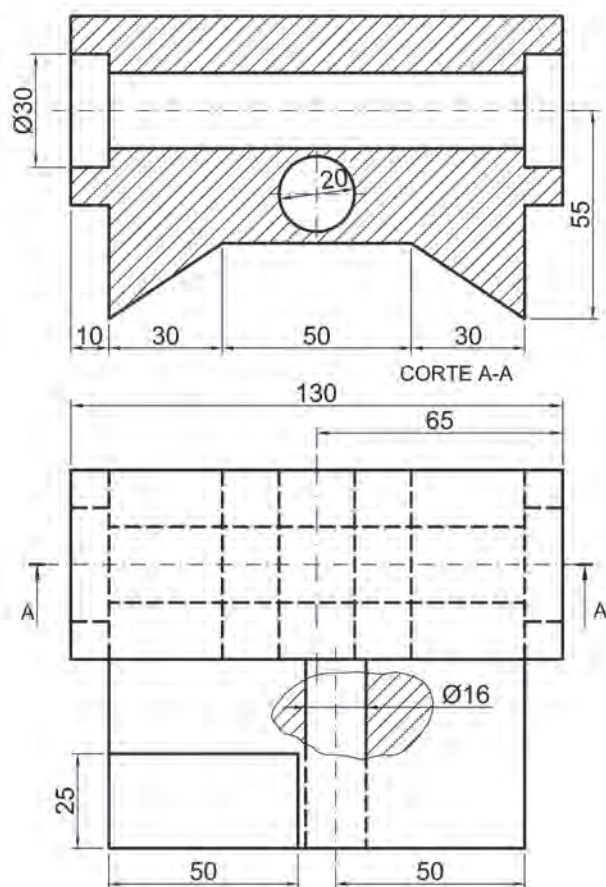
CORTE A-A

ESCALA 1:2



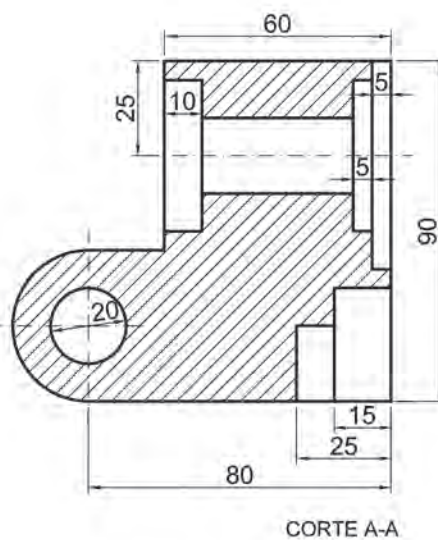
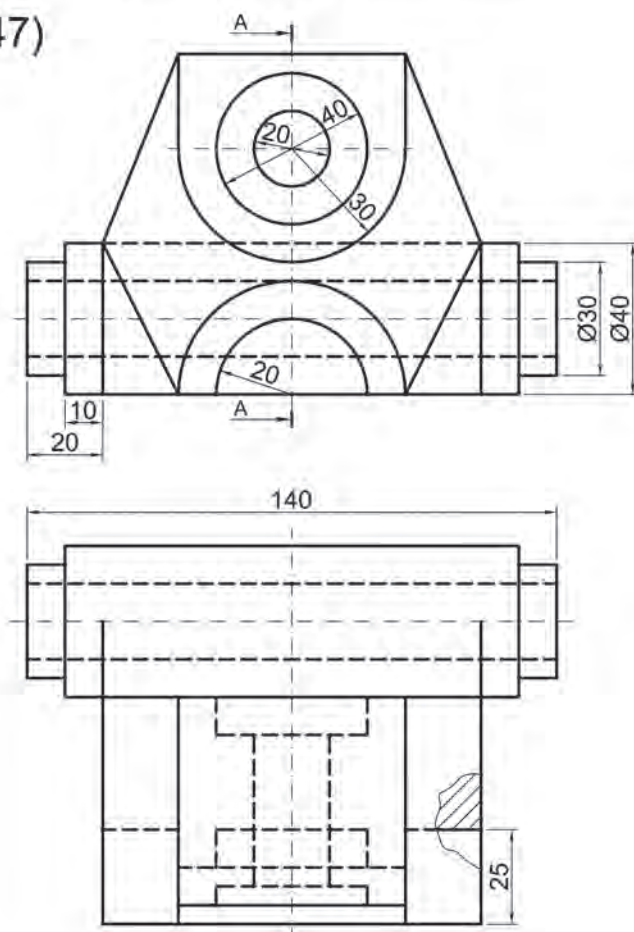
DETALHE B 2,5:1

7.46)



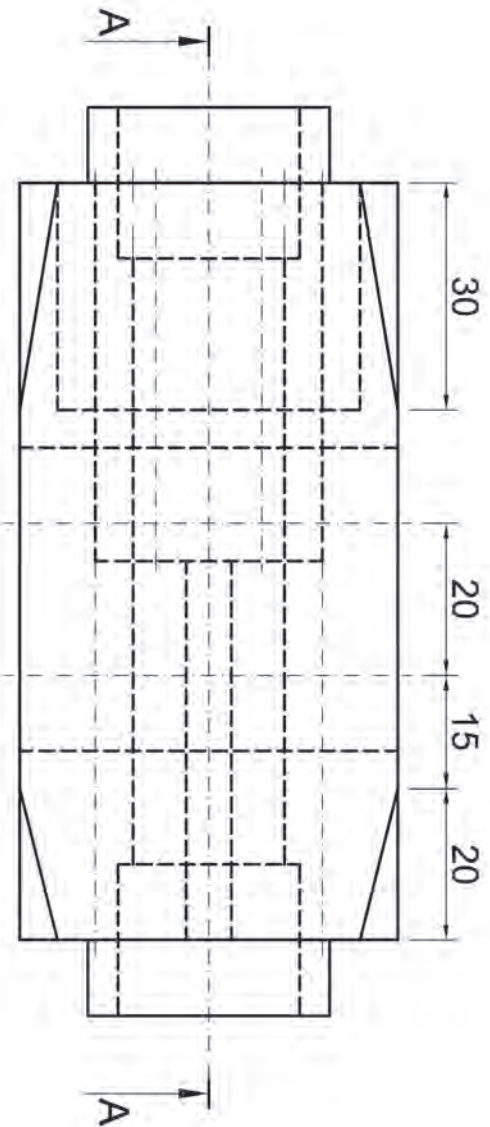
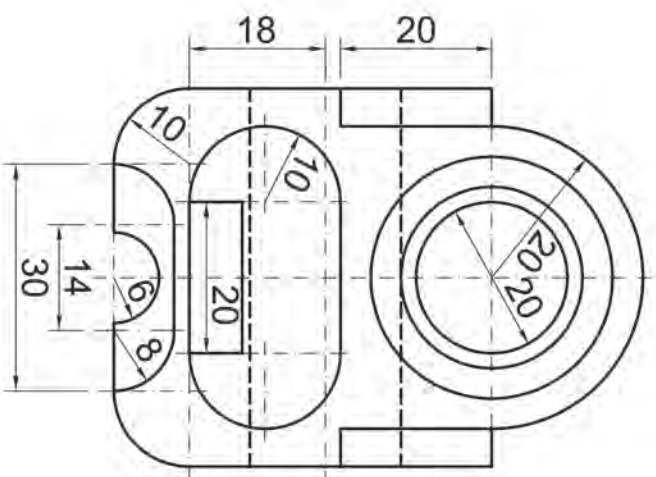
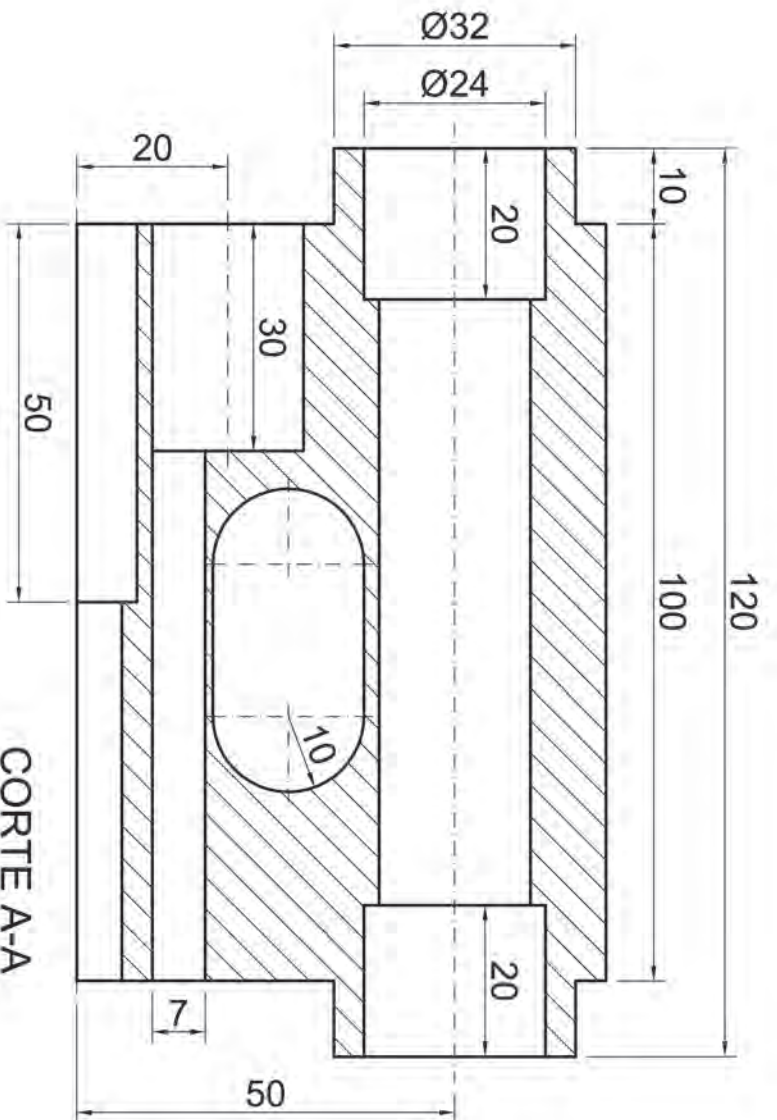
ESCALA 1:2

7.47)



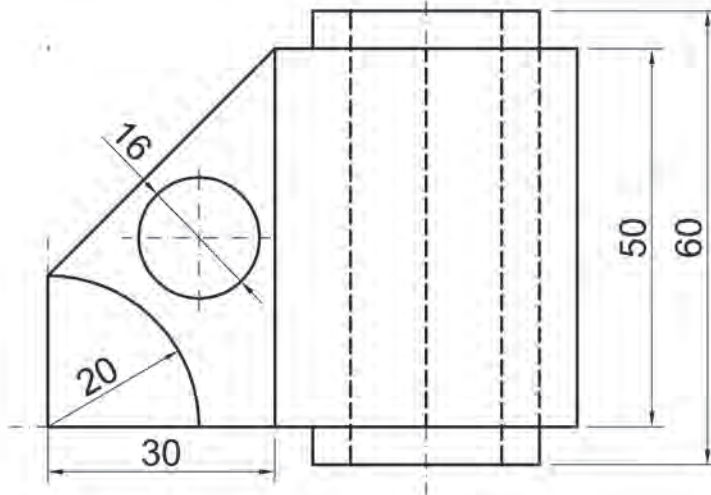
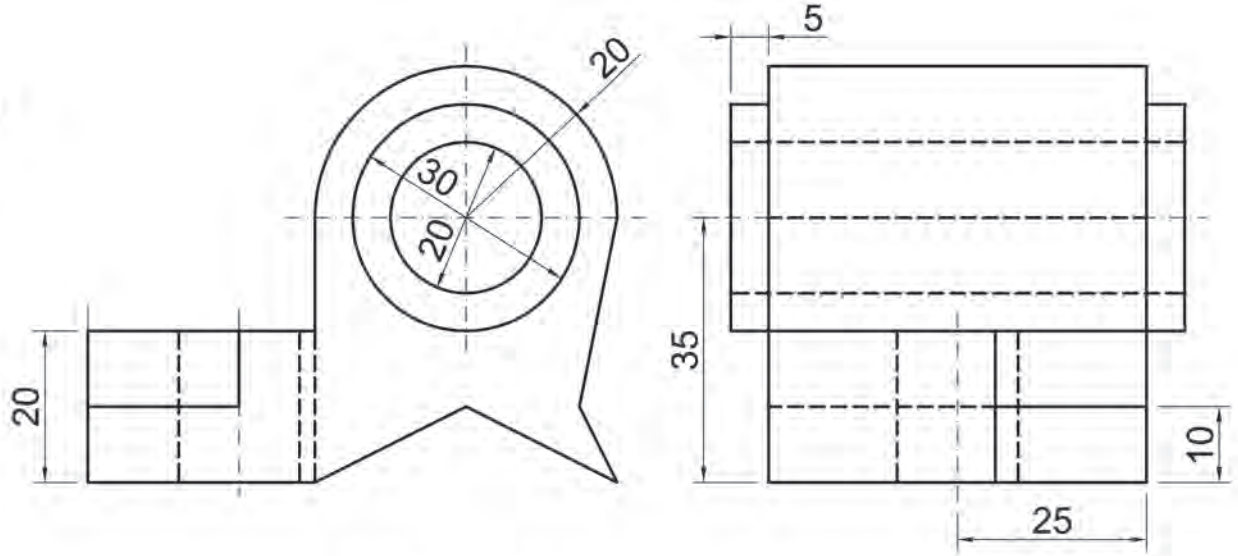
ESCALA 1:2

7.48)



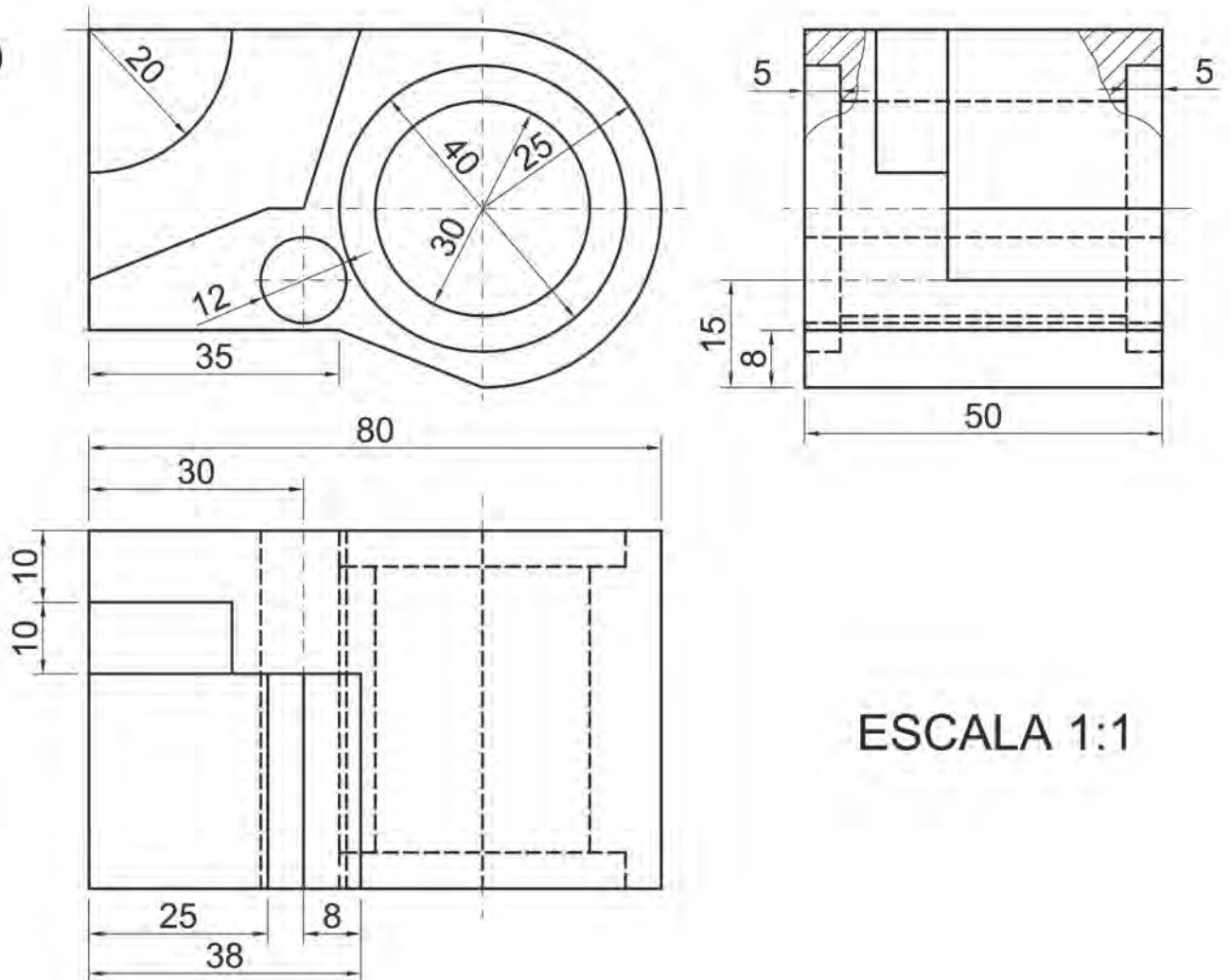
ESCALA 1:1

7.49)



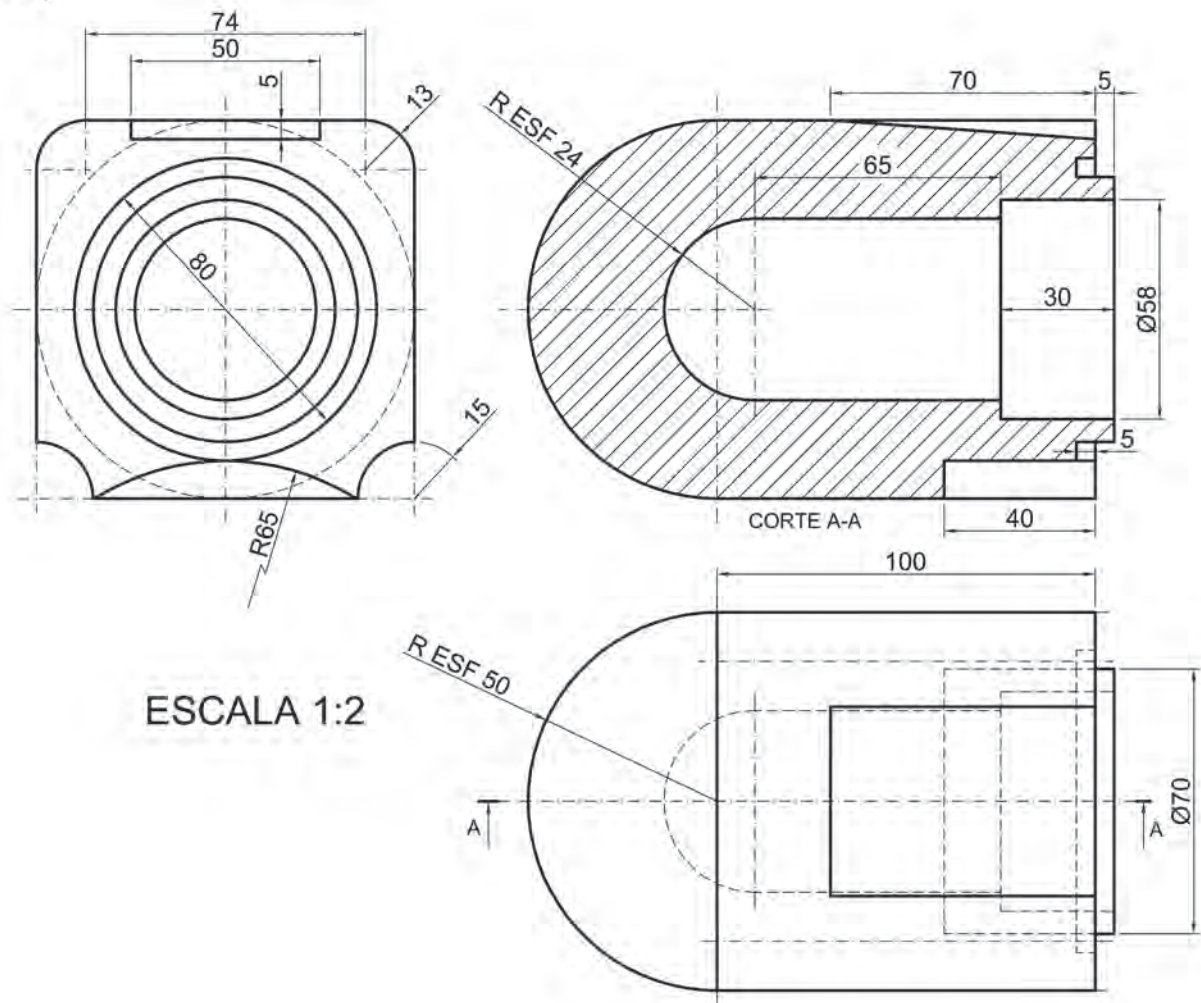
ESCALA 1:1

7.50)

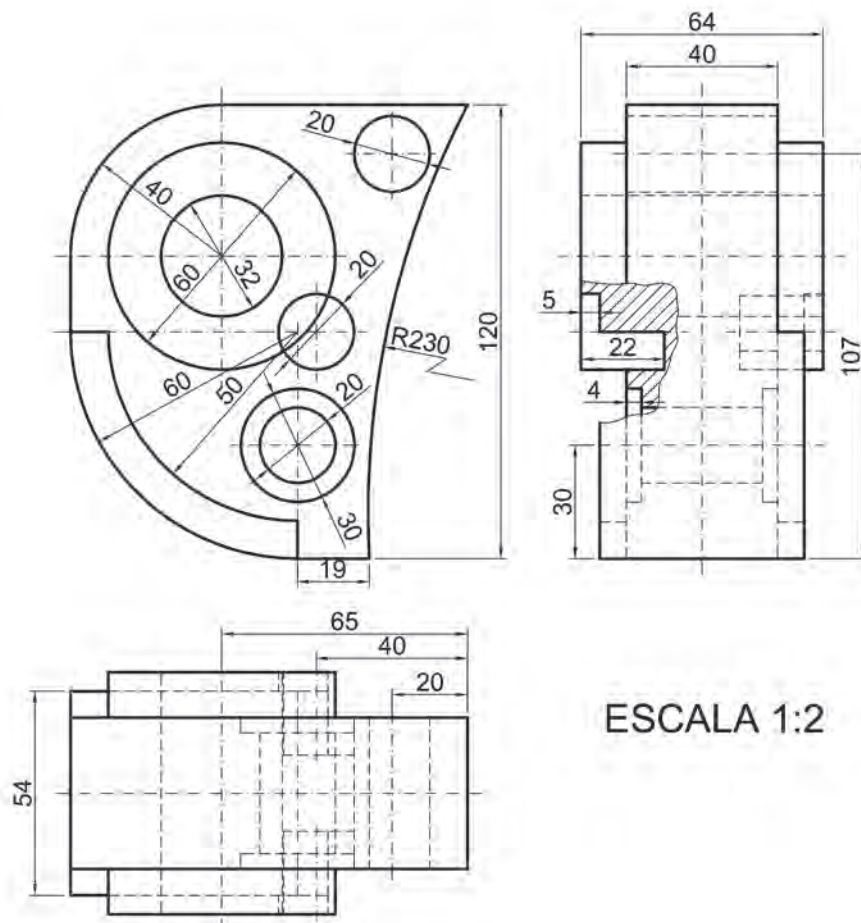


ESCALA 1:1

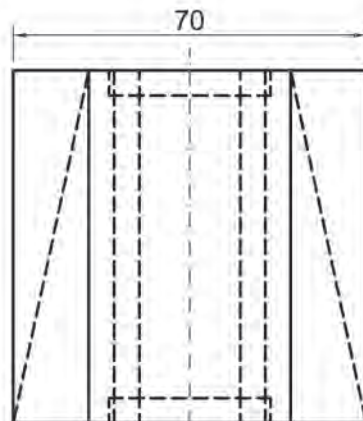
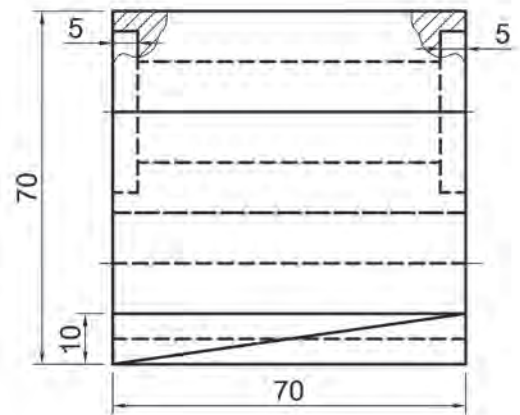
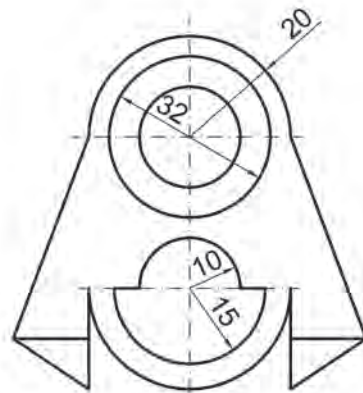
7.51)



7.52)

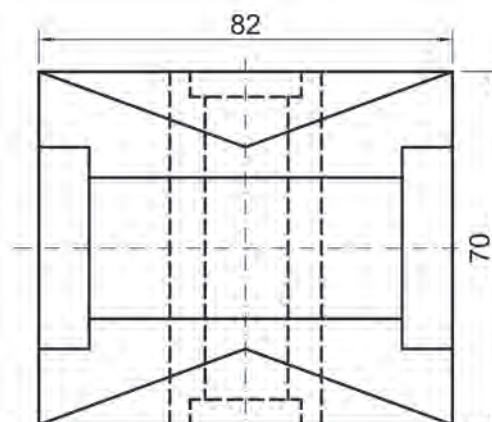
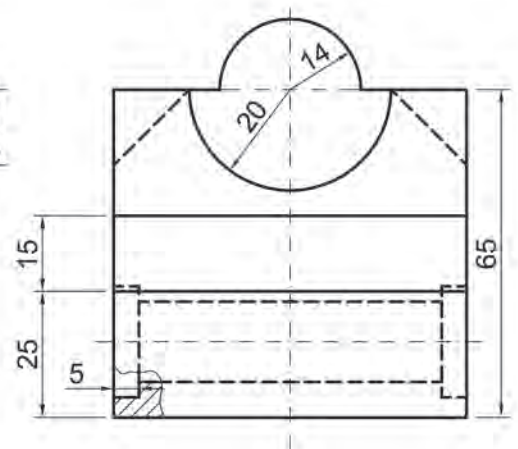
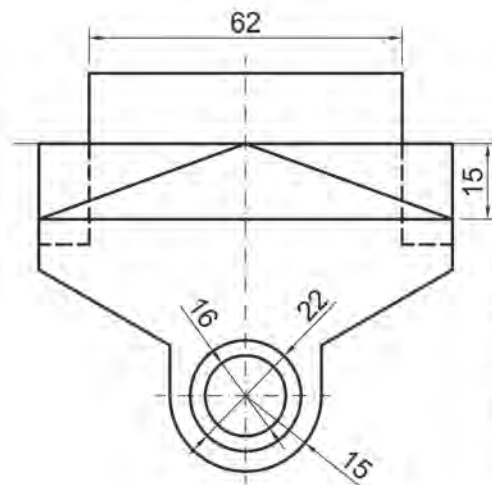


7.55)



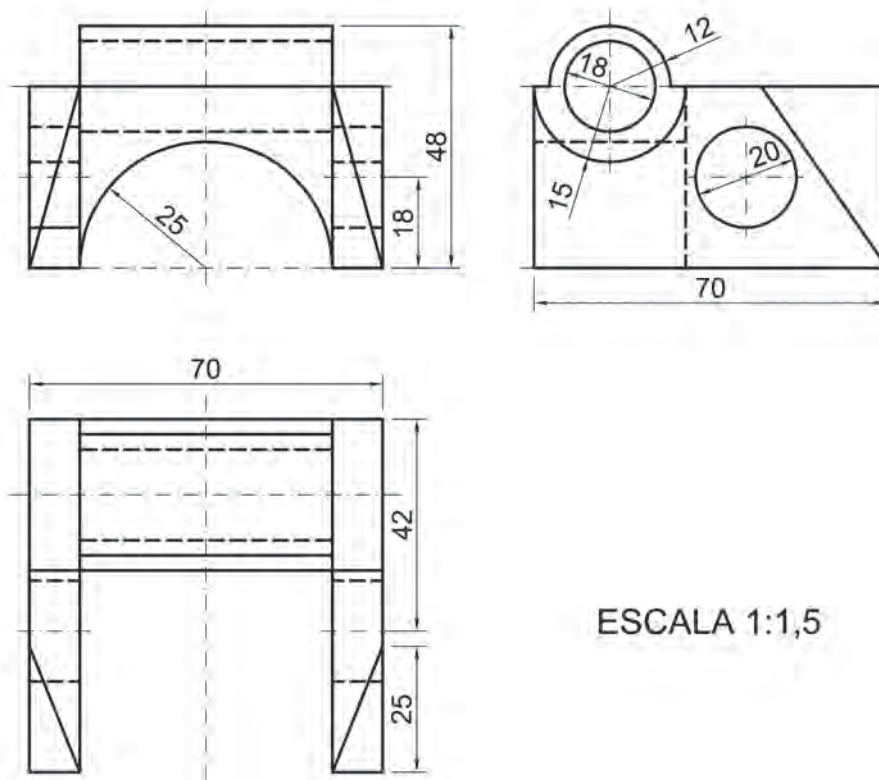
ESCALA 1:1,5

7.56)



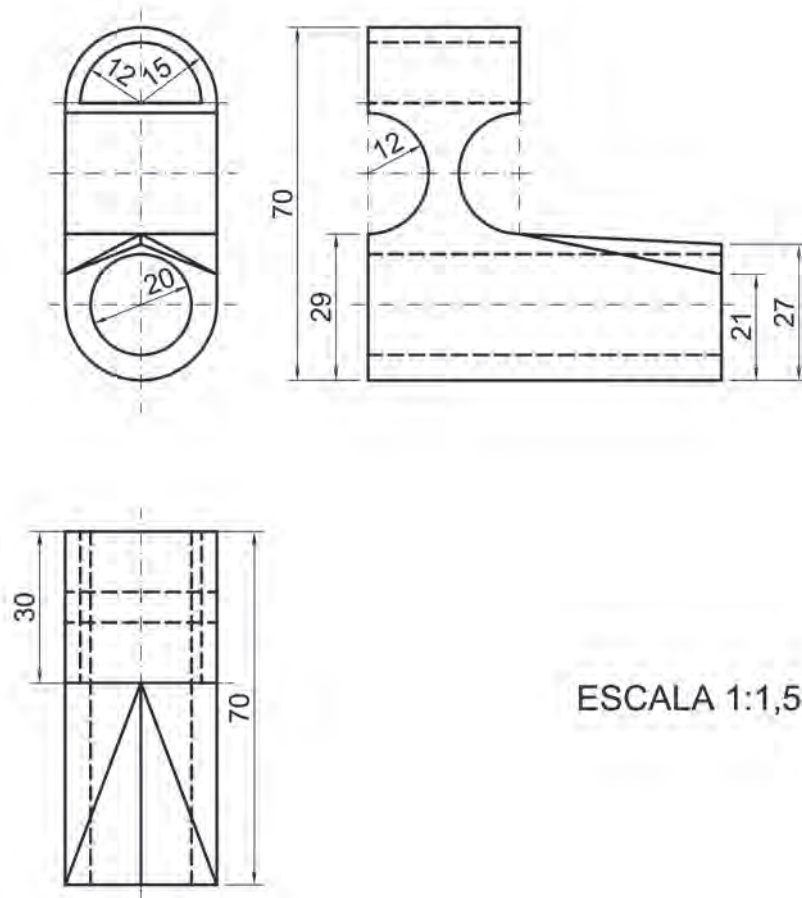
ESCALA 1:1,5

7.57)



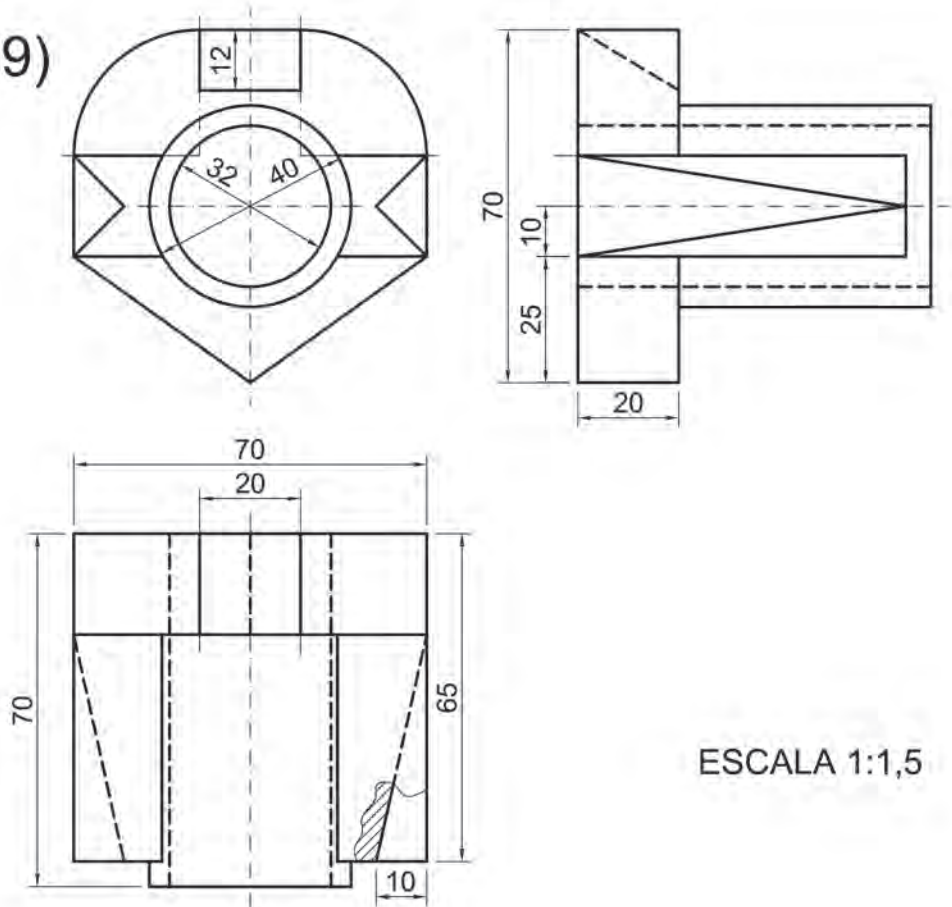
ESCALA 1:1,5

7.58)



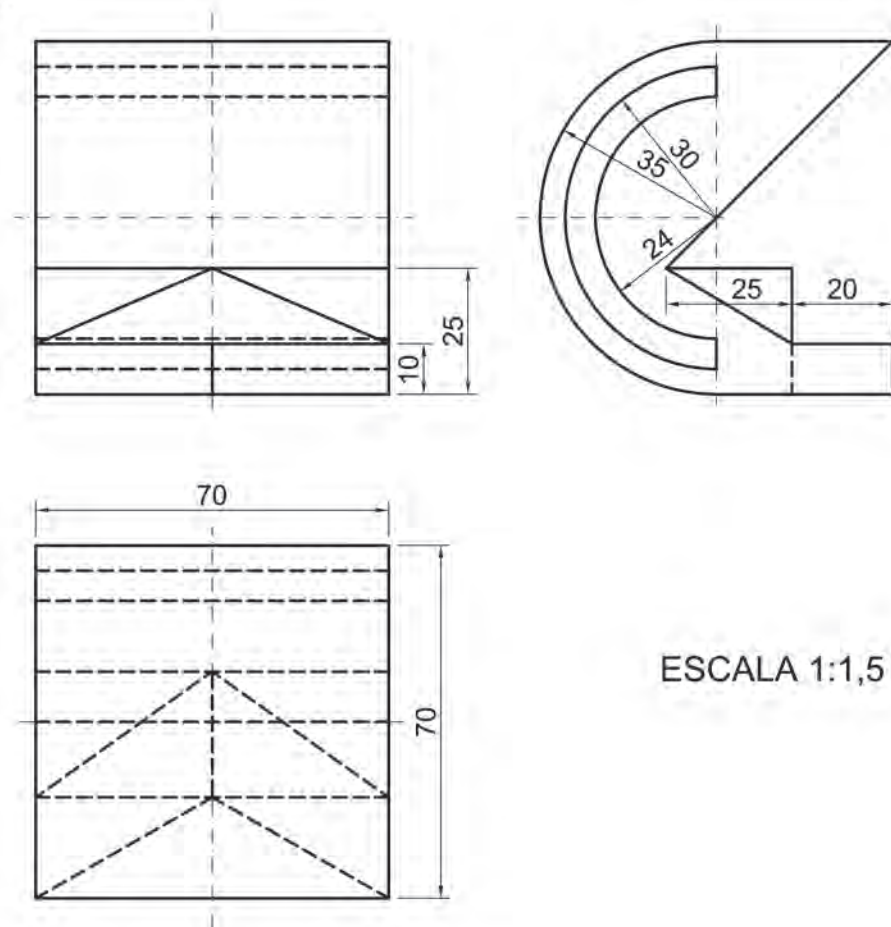
ESCALA 1:1,5

7.59)



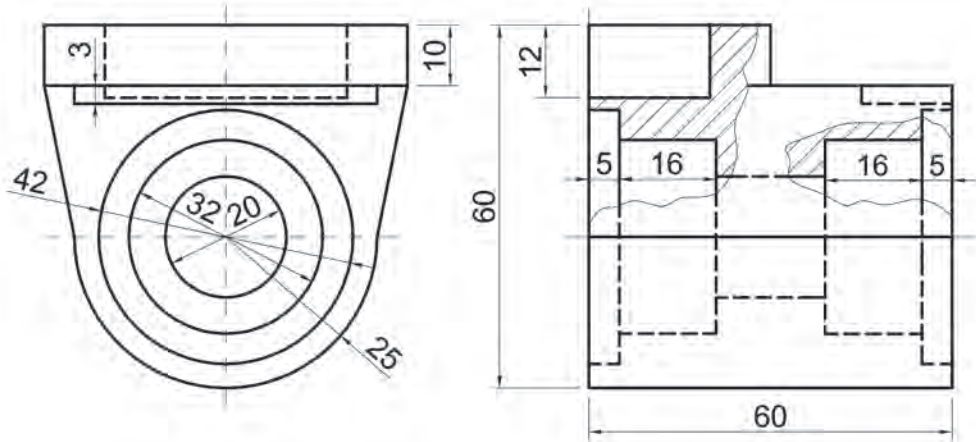
ESCALA 1:1,5

7.60)



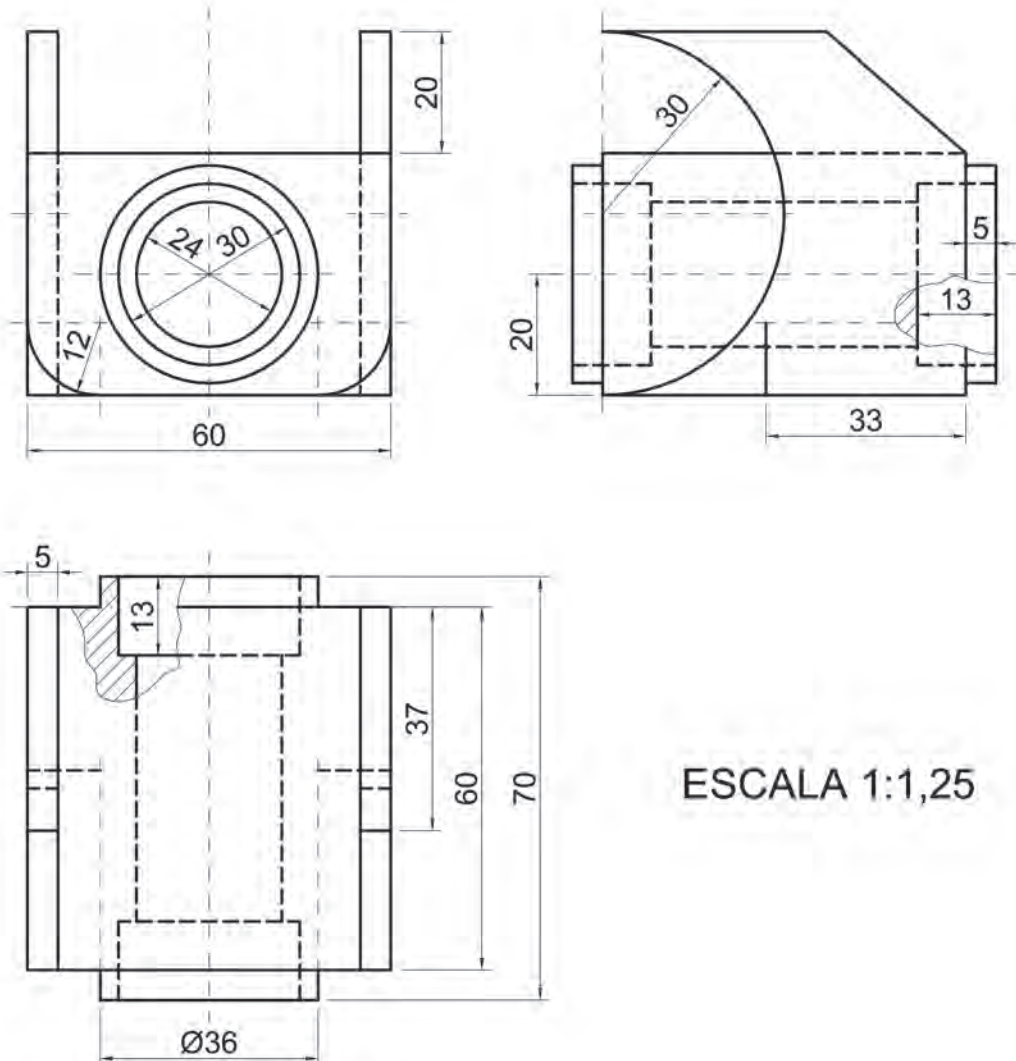
ESCALA 1:1,5

7.61)



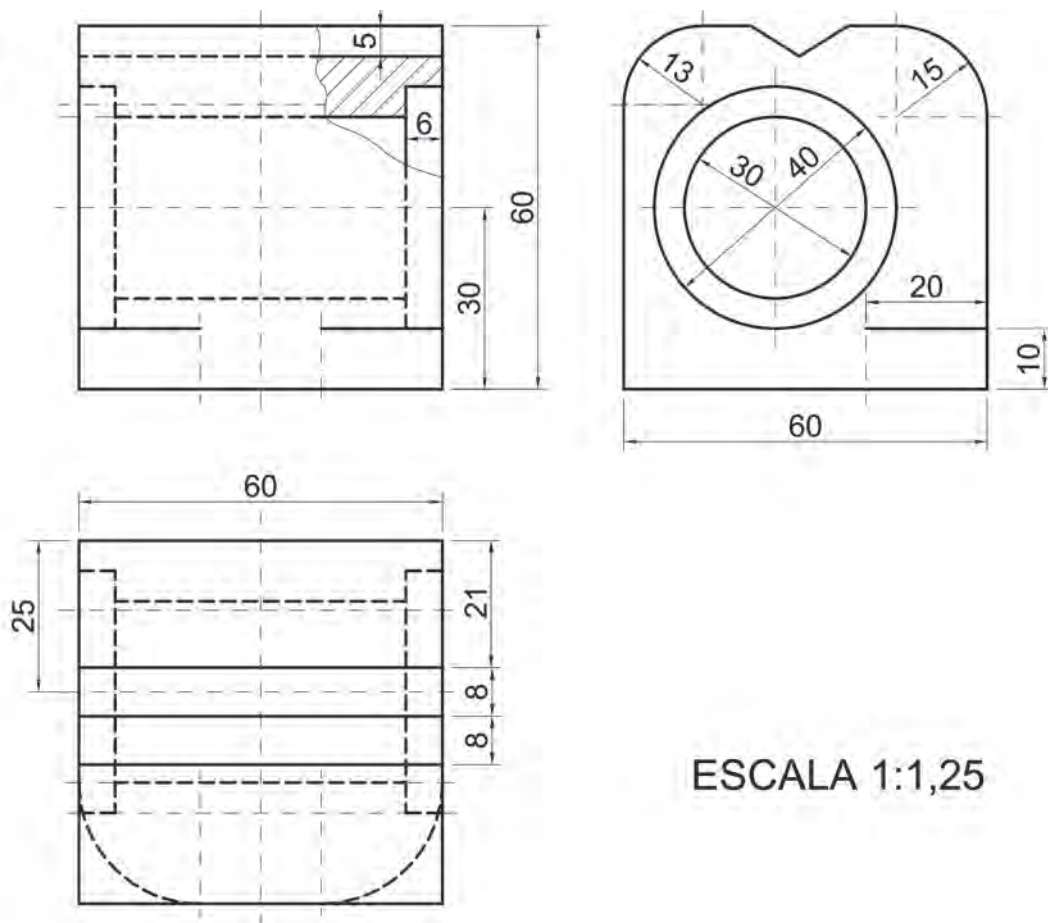
ESCALA 1:1,25

7.62)



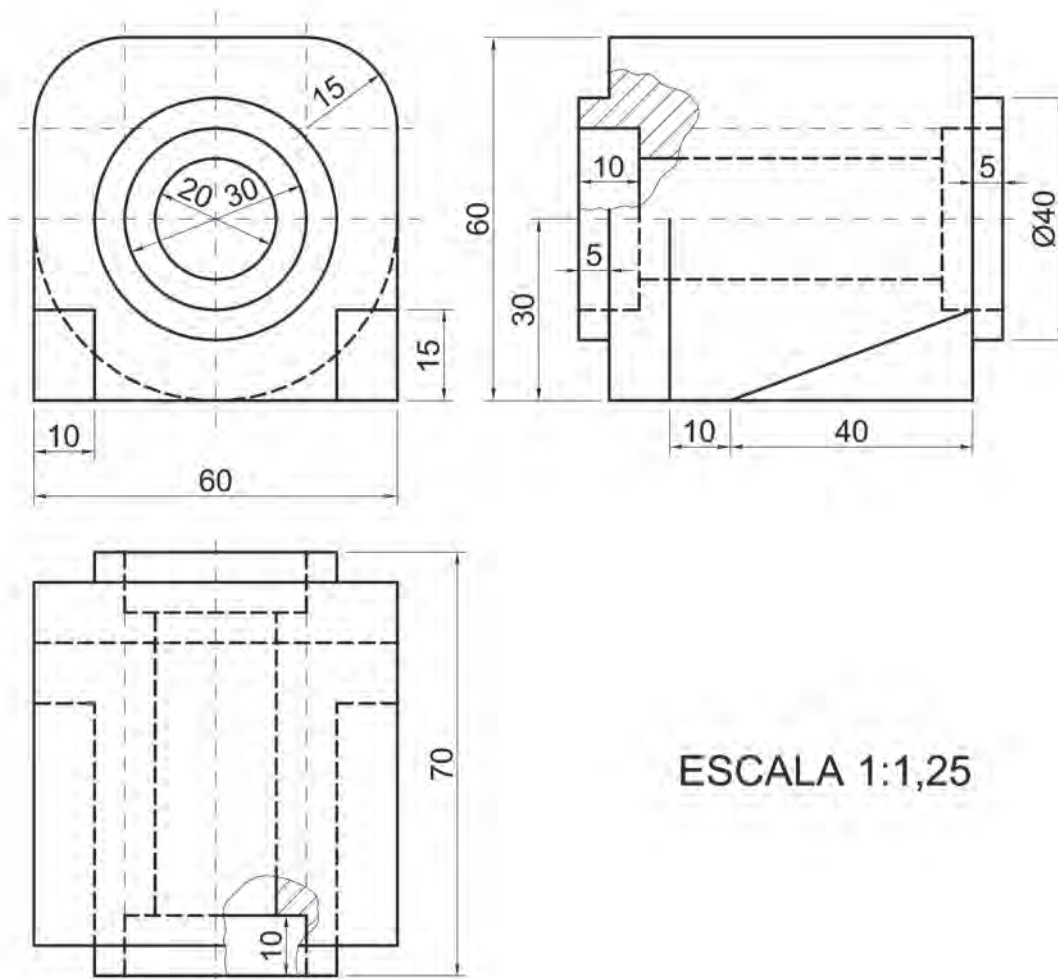
ESCALA 1:1,25

7.63)



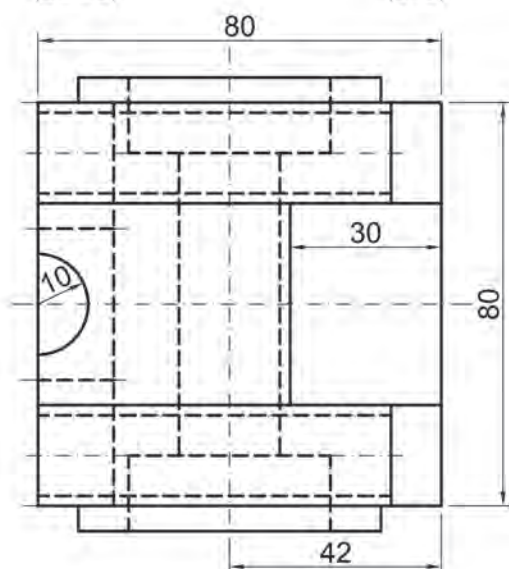
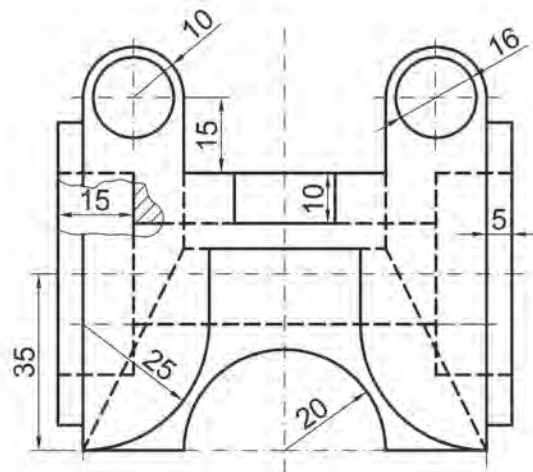
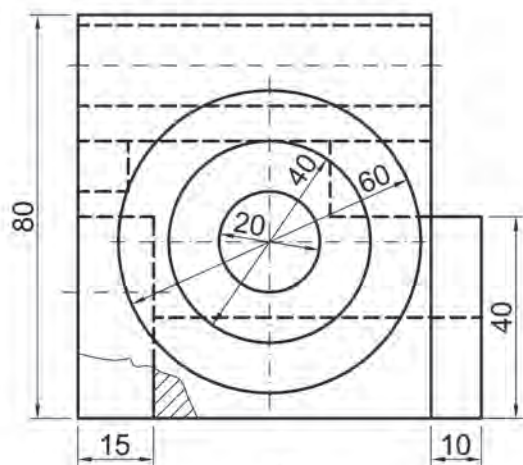
ESCALA 1:1,25

7.64)



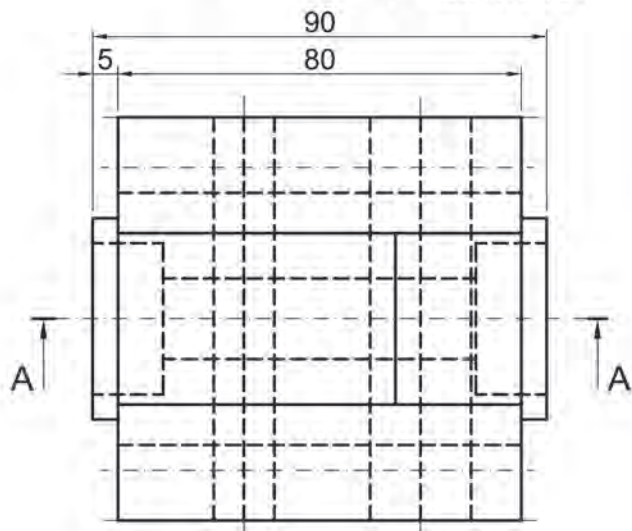
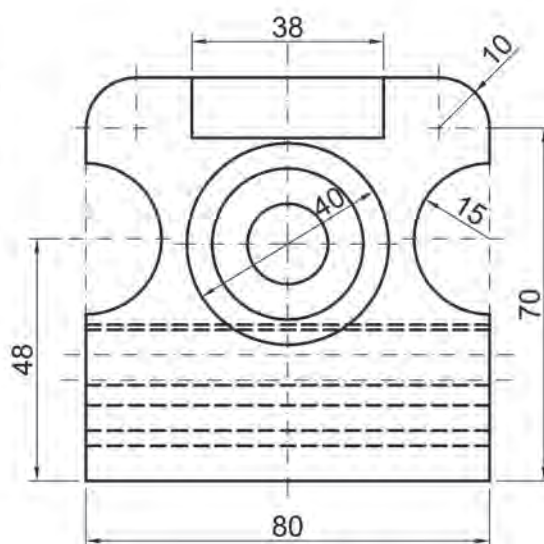
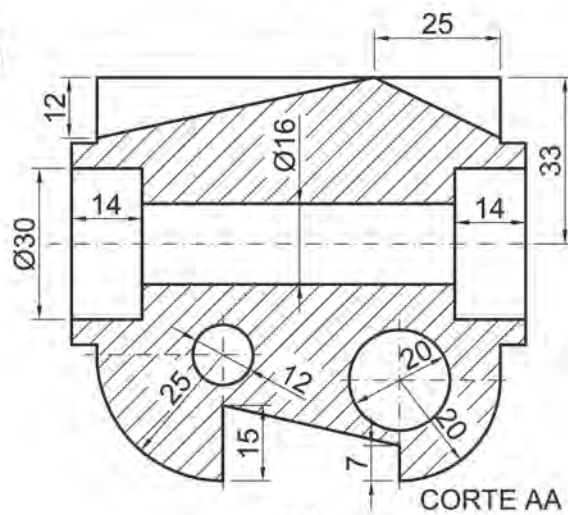
ESCALA 1:1,25

7.65)



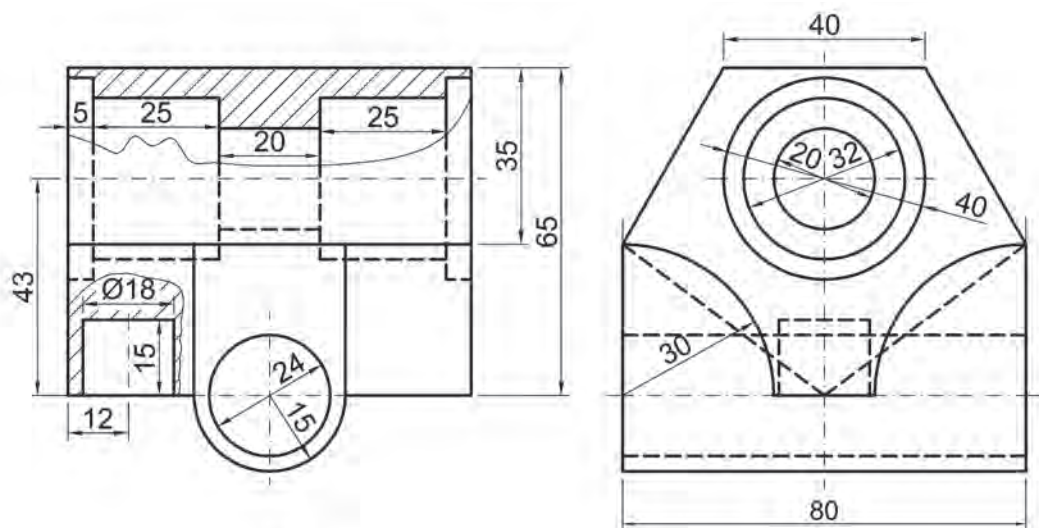
ESCALA 1:1,5

7.66)



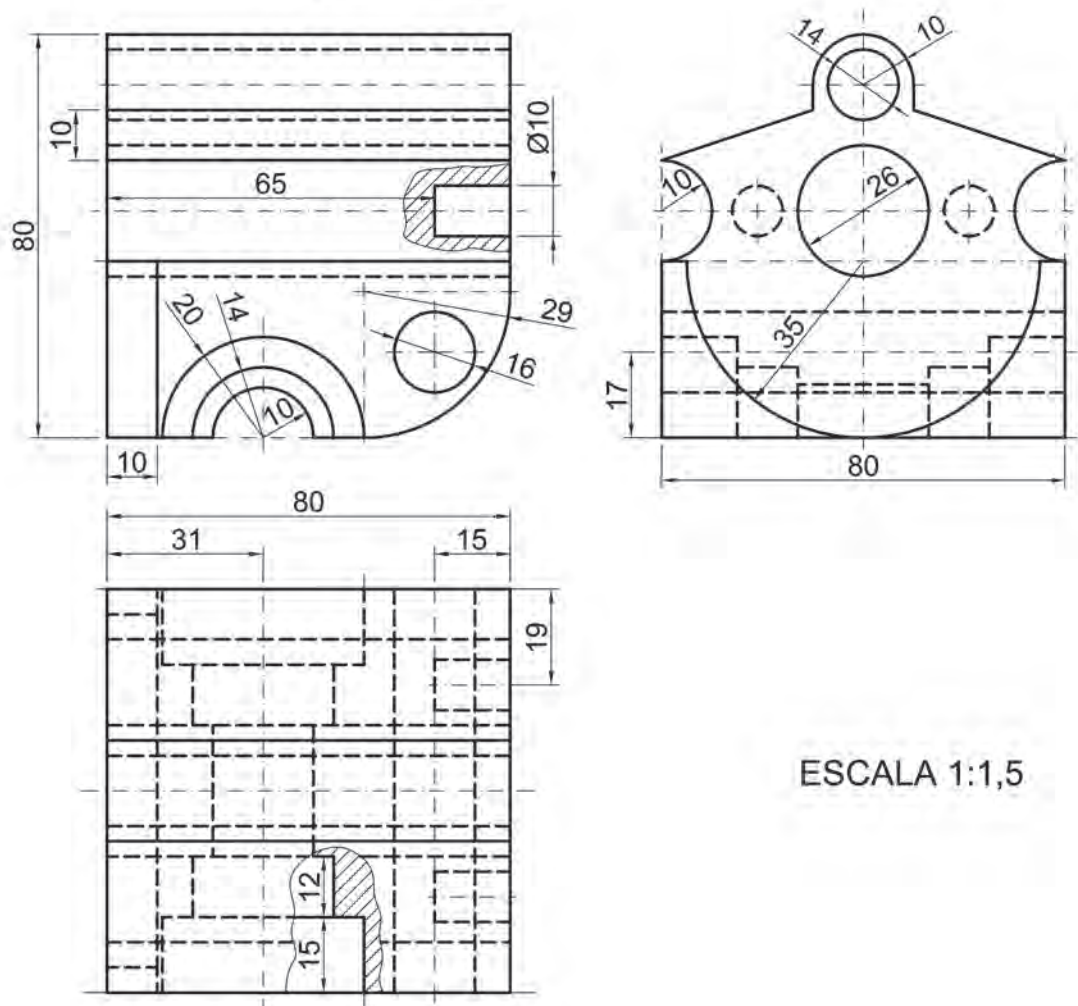
ESCALA 1:1,5

7.67)



ESCALA 1:1,5

7.68)



ESCALA 1:1,5

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8403**: Aplicação de linhas em desenho - tipos de linhas - largura das linhas. Rio de Janeiro, 1984. 5 p.

_____. **NBR 10068**: Folha de desenho - leiaute e dimensões. Rio de Janeiro, 1987. 4 p.

_____. **NBR 10126**: Cotagem em desenho técnico. Rio de Janeiro, 1987. 13 p.

_____. **NBR 10582**: Apresentação da folha para desenho técnico. Rio de Janeiro, 1988. 4 p.

_____. **NBR 8402**: Execução de caracter para escrita em desenho técnico. Rio de Janeiro, 1994. 4 p.

_____. **NBR 10067**: Princípios gerais de representação em desenho técnico. Rio de Janeiro, 1995. 14 p.

_____. **NBR 12298**: Representação da área de corte por meio de hachuras em desenho técnico. Rio de Janeiro, 1995. 3 p.

_____. **NBR 13142**: Desenho técnico - dobramento de cópia. Rio de Janeiro, 1999. 4 p.

_____. **NBR 8196**: Desenho técnico - desenho de escalas. Rio de Janeiro, 1999. 2 p.

BBC-BRASIL. 2017. Pistola de plástico feita com impressora 3D dispara pela primeira vez. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/videos_e_fotos/2013/05/130506_arma_3d_impressora_fn>. Acesso em: 08 jul. 2017.

BIOGRAFIA de Gaspard Monge. 2017. Monge, G. Disponível em: <<http://matematica-na-veia.blogspot.com.br/2008/02/biografia-de-gaspar-monge.html>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

BORTOLUCCI, M. A. P. C. S.; PORTO, M. V.; PORTO, E. C. A. **Desenho: Teoria e Prática**. São Carlos, SP: EESC, Dep. Arquitetura e Urbanismo, 2005. 164 p.

CCT Contour Crafting Technology. 2017. Building Automated Construction. Disponível em: <<http://contourcrafting.com/>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

CONSIGLIO, T. **Auto Esporte**. 2017. O carro feito por uma impressora 3D. Disponível em: <<http://revistaauto-esporte.globo.com/Noticias/noticia/2014/10/conheca-o-starti-o-carro-feito-por-uma-impressora-3d.html>>. Acesso em: 08 jul. 2017.

DIETRICH, G. L. V. **A história do CAD**. 2018. CAD. Disponível em: <<http://blog.render.com.br/cad/a-historia->

-do-cad/>. Acesso em: 02 out. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7200**: Technical

product documentation - data fields in title blocks and document headers. Geneve, Swiss, 2004. 6 p.

LEAKE, J. M.; BORGESON, J. L. **Manual de desenho técnico para engenharia**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2013. 288 p.

LEITE, L. **Desenvolvimento de modelos numéricos para análise de problemas de interação de domínios bidimensionais**. 181 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) — Escola de Engenharia de São Carlos - EESC-USP, São Carlos -SP, 2007.

LEITE, L. G. S.; BORGES, J. A. **PERT - Programa de Estruturas Reticuladas Total, BR 51 2017 000585-0, UFTM - Universidade Federal do Triângulo Mineiro (Uberaba -MG)**. 2017. 13 jul. 2017.

MONGE, G.; BRISSON, M. **Géométrie Descriptive**. Paris, France: École royale Polytechnique et du Bureau des Longitudes, 1847. 475 p.

RABELO, H. R. **Construção digital: aplicação dos conceitos BIM em projetos de construção civil**. 51 f. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) — Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM, Uberaba-MG, 2017.

SILVA, A.; ALL et. **Desenho técnico moderno**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2016. 475 p.

TRIDENT INDÚSTRIA DE PRECISÃO. **Cavaletes para desenho: Linha madeira**. Itapuí-SP, 2017. 8 p. Disponível em: <<http://www.trident.com.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

_____. **Compassos técnicos: Linha tradicional**. Itapuí-SP, 2017. 8 p. Disponível em: <<http://www.trident.com.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

_____. **Diversos: Pantógrafos de madeira**. Itapuí-SP, 2017. 8 p. Disponível em: <<http://www.trident.com.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

_____. **Escalas, esquadros, curvas e transferidores**. Itapuí-SP, 2017. 8 p. Disponível em: <<http://www.trident.com.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

_____. **Gabaritos: Caixa d' água**. Itapuí-SP, 2017. 8 p. Disponível em: <<http://www.trident.com.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

_____. **Linha tradicional: Canetas**. Itapuí-SP, 2017. 8 p. Disponível em: <<http://www.trident.com.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

_____. **Linha tradicional: Prancheta portátil**. Itapuí-SP, 2017. 8 p. Disponível em: <<http://www.trident.com.br/>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

TURNER, I. i56.org. 2017. Tamanho de papéis da série A, B, C e Arch. Disponível em: <<http://www.tamANHOS-depapel.com/tamANHOS-americanos.htm>>. Acesso em: 08 jul. 2017.



ISBN: 978-65-89736-22-6

CDL



9 786589 736226