DESENHO E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

PAULO FLORES

engebook

AUTOR
Paulo Flores

TÍTULO
DESENHO E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

EDIÇÃO
Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
Tel. 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO

CHANCELA
Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO
Booki – Conteúdos Especializados
Tel. 220 104 872 · E-mail: info@booki.pt · www.booki.pt

REVISÃO
Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

DESIGN DE CAPA
Luciano Carvalho
Delineatura, Design de Comunicação · www.delineatura.pt

FOTOGRAFIA DE CAPA
© witsarut · AdobeStock

IMPRESSÃO
Junho, 2025

DEPÓSITO LEGAL
548717/25

A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2025 | Todos os direitos reservados a Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, e ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

CDU
62 Engenharia. Tecnologia em Geral.
744 Desenho linear, geométrico e técnico.

ISBN
Papel: 9789899177789
E-book: 9789899177796

Catalogação da publicação
Família: Engenharia Mecânica
Subfamília: Desenho Técnico

ÍNDICE

Dedicatória ..... **IX**
Agradecimentos ..... **XI**
Antelóquio ..... **XIII**

Capítulo 1. Introdução à Representação Gráfica **15**
1.1. Embriogénese da Comunicação Gráfica 17
1.2. Formas de Representação Gráfica 22
1.3. Breve História do Desenho Técnico 26
1.4. Principais Tipos de Desenhos Técnicos 30
1.5. Desenho Assistido Por Computador 38
1.6. Desenho no Desenvolvimento do Produto 43
1.7. Normalização em Desenho Técnico 49
1.8. Bibliografia 53

Capítulo 2. Noções Propedêuticas **55**
2.1. Materiais e Equipamentos 57
2.2. Formatos de Papel 63
2.3. Escrita Normalizada 68
2.4. Tipos de Linhas 73
2.5. Elementos Gráficos das Folhas 76
2.6. Legenda e Lista de Artigos 78
2.7. Arquivo e Dobragem 83
2.8. Bibliografia 85

Capítulo 3. Representações Ortográficas 87
3.1. Sistemas de Projeção 89
3.2. Projeção e Vista 102
3.3. Método Europeu 110
3.4. Método Americano 122
3.5. Seleção de Vistas 127
3.6. Execução de Desenhos Ortográficos 133
3.7. Exercícios de Aplicação 136
3.8. Bibliografia 143

Capítulo 4. Representações Axonométricas 145
4.1. Tipos de Representações 147
4.2. Axonometria Cavaleira 151
4.3. Axonometria Isométrica 154
4.4. Elipses Isométricas 158
4.5. Desenhos Técnicos Isométricos 163
4.6. Leitura de Desenhos Ortográficos 168
4.7. Exercícios de Aplicação 172
4.8. Bibliografia 177

Capítulo 5. Técnicas de Simplificação de Desenhos 179
5.1. Vistas Parciais 181
5.2. Vistas Deslocadas 186
5.3. Vistas Locais 188
5.4. Vistas de Pormenor 189
5.5. Vistas Auxiliares 190
5.6. Representações Convencionais 199
5.7. Exercícios de Aplicação 206
5.8. Bibliografia 209

Capítulo 6. Cortes e Secções 211
6.1. Conceito de Corte 213
6.2. Tipos de Tracejados 219
6.3. Tipos de Cortes 223
6.4. Elementos Que Não se Cortam 228
6.5. Representações Convencionais 232
6.6. Secções 234
6.7. Exercícios de Aplicação 238
6.8. Bibliografia 243

Capítulo 7. Cotagem Nominal 245
7.1. Conceito de Cotagem 247
7.2. Elementos de Cotagem 249
7.3. Inscrição de Cotas 252
7.4. Critérios de Cotagem 255
7.5. Cotagem de Formas Elementares 257
7.6. Regras de Cotagem 258
7.7. Exercícios de Aplicação 266
7.8. Bibliografia 273

Capítulo 8. Metrologia Dimensional 275
8.1. Conceito de Metrologia 277
8.2. Metrologia Dimensional 280
8.3. Noções Elementares 282
8.4. Tipos de Medições 285
8.5. Paquímetro Universal 287
8.6. Incertezas e Erros 291
8.7. Exercícios de Aplicação 298
8.8. Bibliografia 299

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO À REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

1.1. Embriogénese da Comunicação Gráfica 17

1.2. Formas de Representação Gráfica 22

1.3. Breve História do Desenho Técnico 26

1.4. Principais Tipos de Desenhos Técnicos 30

1.5. Desenho Assistido Por Computador 38

1.6. Desenho no Desenvolvimento do Produto 43

1.7. Normalização em Desenho Técnico 49

1.8. Bibliografia 53

1.1. Embriogénese da Comunicação Gráfica

É sabido que, desde os primórdios da humanidade, a expressão e comunicação de ideias é feita sob a forma de representação[1] gráfica, aliás como se pode atestar pelas inúmeras representações de animais e objetos em paredes rochosas de cavernas e locais que o homem ocupou ao longo dos tempos, tal como assevera a figura 1.1.

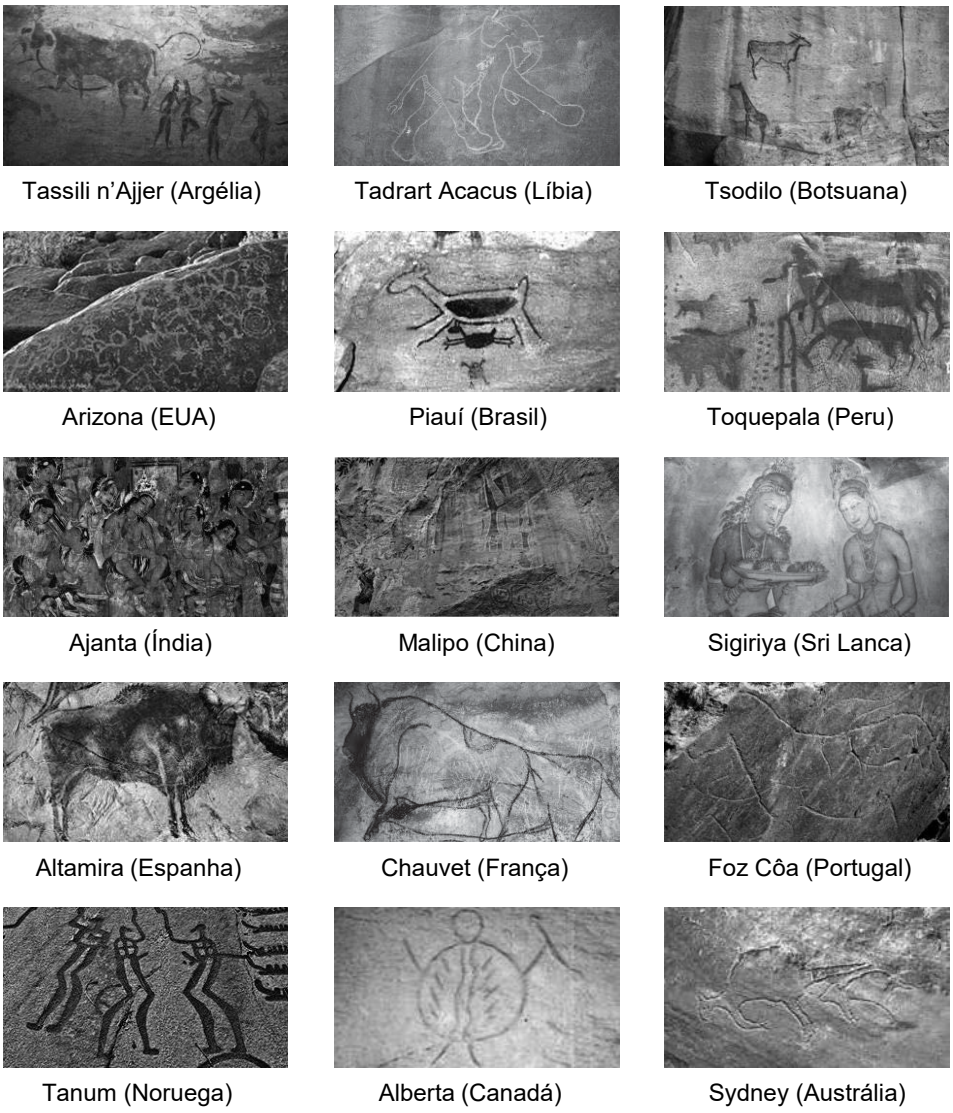

Figura 1.1. – Representações gráficas existentes em diversas zonas geográficas do mundo executadas pelo homem em paredes rochosas.

[1] Representar diz respeito ao modo de apresentar formas reais ou configurações inteligíveis.

Não obstante os desenvolvimentos supramencionados, pode observar-se que, até ao século XX, não existiam conhecimentos sistematizados em relação ao desenho técnico, quer ao nível dos métodos de representação, quer ao nível das regras e normas. O mais significativo e concreto avanço no domínio do desenho técnico foi proporcionado por Gaspar Monge, quando, com genial argúcia, desenvolveu a bem conhecida geometria descritiva. O aparecimento desta metodologia tornou possível representar correta, rigorosa e inambiguamente objetos tridimensionais em superfícies planas. O método mongeano é a base do desenho técnico.

O método de Monge, sistema diédrico ou método da dupla projeção, considera dois planos de projeção perpendiculares entre si, nos quais os objetos tridimensionais são projetados. Na figura 1.10.a. aqueles planos são materializados por um plano horizontal e outro vertical. É nestes planos que se definem as projeções[7] ortogonais do objeto, ligando este último aos planos de projeção por meio de retas denominadas projetantes.

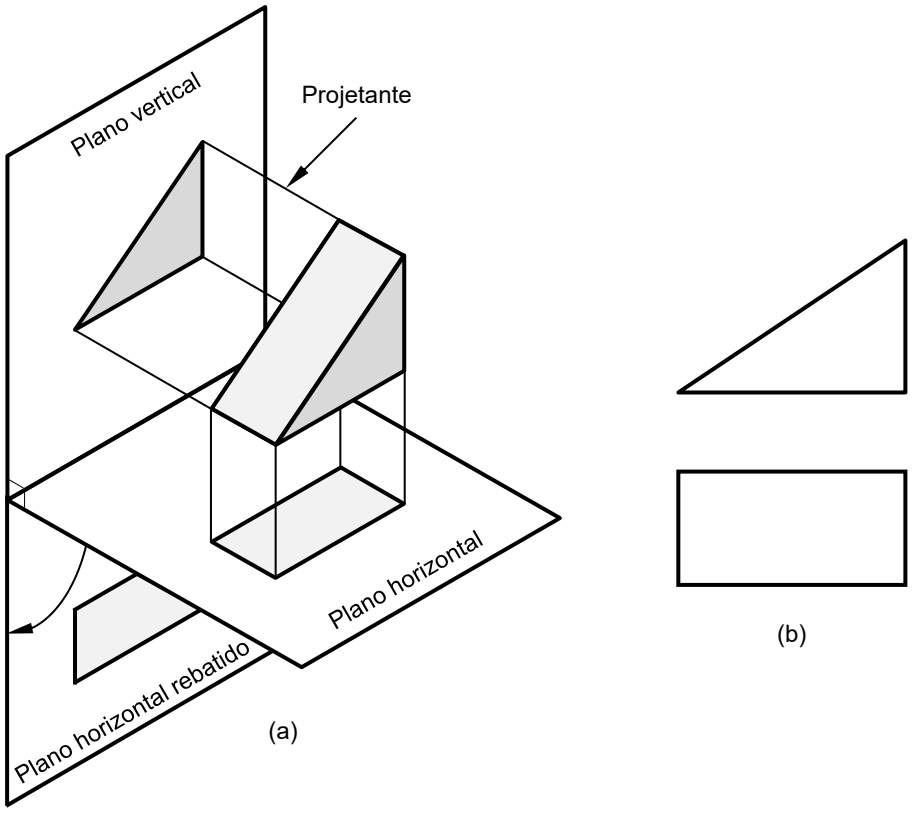

Figura 1.10. – **(a)** Método de Monge; **(b)** Planificação das projeções.

[7] O termo projeção provém do étimo latino, *projectio*, e que significa ação de lançar contra.

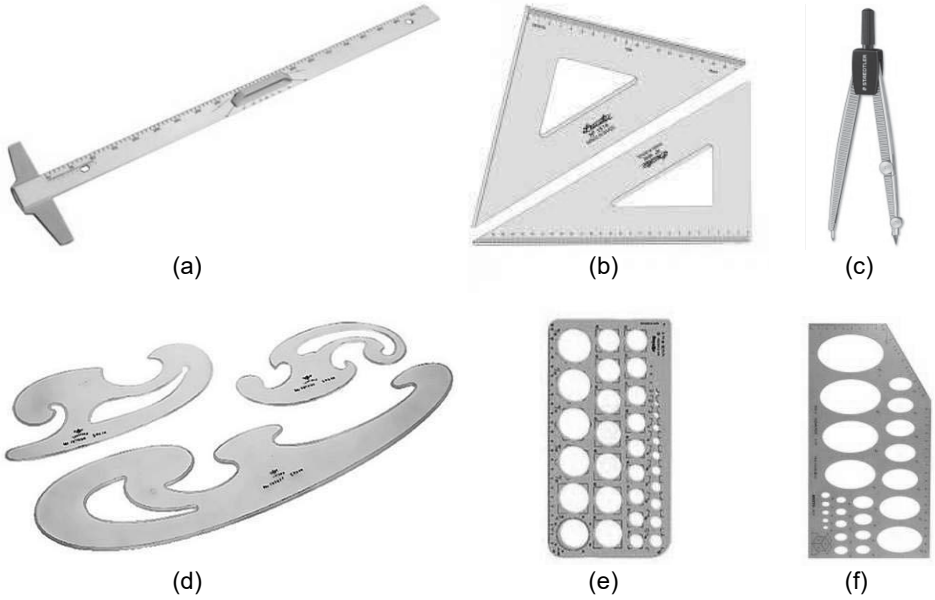

Figura 2.4. – Instrumentos de auxílio no traçado de linhas em desenho técnico: **(a)** Régua T; **(b)** Esquadros; **(c)** Compasso; **(d)** Cércea; **(e)**-**(f)** Escantilhões.

Os principais instrumentos de medição utilizados em desenho técnico são a régua graduada, vulgo escala, e o transferidor (cf. figura 2.5.). Estes instrumentos servem para medir e marcar comprimentos ou ângulos, respetivamente. As réguas graduadas são feitas em material polimérico e com secção trapezoidal, tal como a que se mostra na figura 2.5.a., em que a graduação, em mm, aparece na superfície biselada, ficando assim mais próxima do desenho.

De uma maneira geral, as dimensões lineares são expressas em milímetros (mm). Por seu lado, os transferidores são usados para medir e marcar ângulos, usualmente expressos em graus (º).

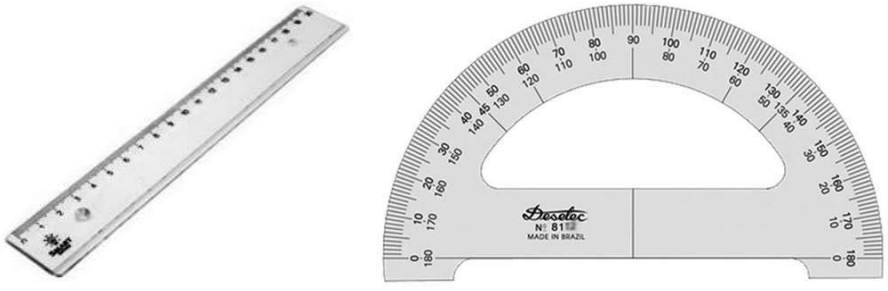

Figura 2.5. – Instrumentos de medição utilizados em desenho técnico: **(a)** Régua graduada de 20 cm; **(b)** Transferidor semicircular.

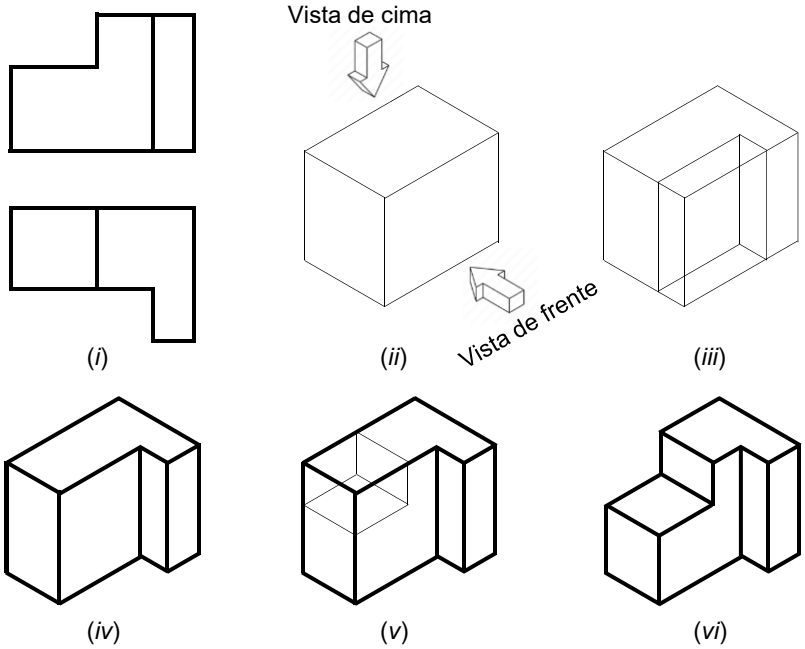

Figura 4.30. – Aplicação do método do paralelepípedo envolvente na execução da axonometria isométrica.

A construção de axonometrias isométricas à mão é facilitada, sobremaneira, se se utilizar grelhas isométricas específicas, as quais consistem em três feixes de linhas paralelas às direções isométricas (cf. figura 4.31.).

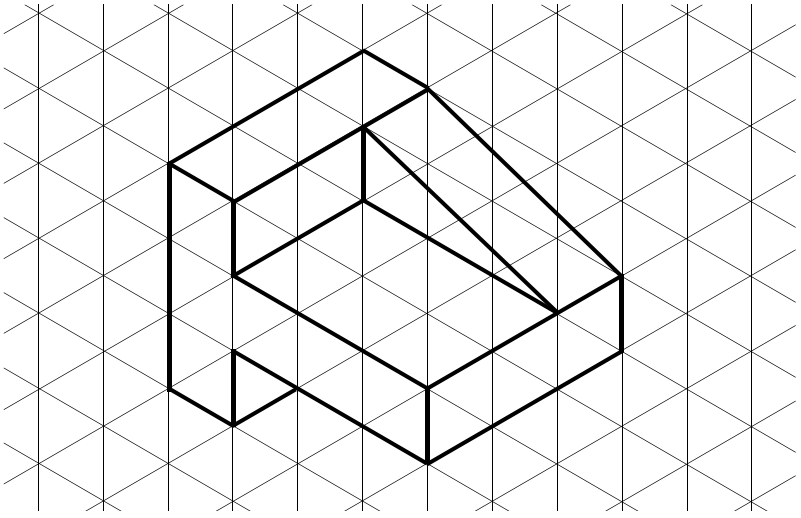

Figura 4.31. – Exemplo de aplicação de uma grelha isométrica de 10 mm.

A figura 4.32. ilustra um exemplo de aplicação do método do paralelepípedo envolvente na leitura de um desenho ortográfico, tendo como finalidade construir a correspondente representação isométrica.

5.2. VISTAS DESLOCADAS

Em geral, em desenho técnico, a organização e localização das vistas de uma representação ortográfica são muito bem definidas, quer se utilize o método europeu, quer se utilize o método americano. A figura 5.7. ilustra a posição relativa das três principais vistas segundo o método do primeiro diedro, em que a planta fica abaixo da vista principal, e a vista da esquerda fica se localiza do lado direito.

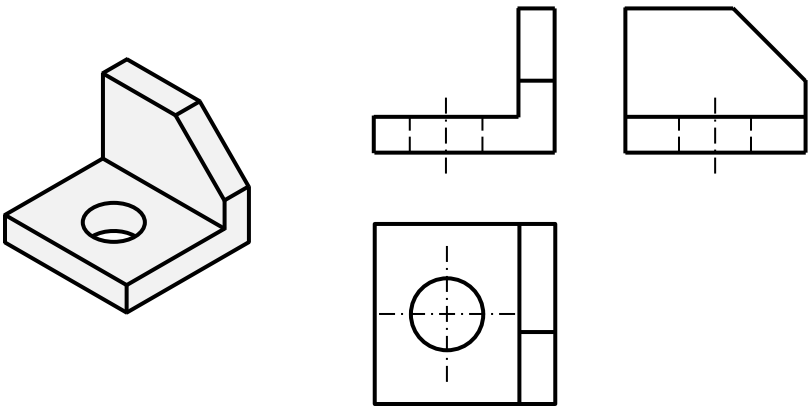

Figura 5.7. – Disposição genérica das três vistas principais de acordo com o método europeu ou do primeiro diedro.

Todavia, situações há em que uma, ou mais vistas, se representa fora da sua posição natural. Quando assim acontece a vista chama-se deslocada.

Para se utilizar uma vista deslocada, deve recorre-se ao método das setas, ou flechas, referenciadas, tal como se mostra na representação ortográfica da figura 5.8.

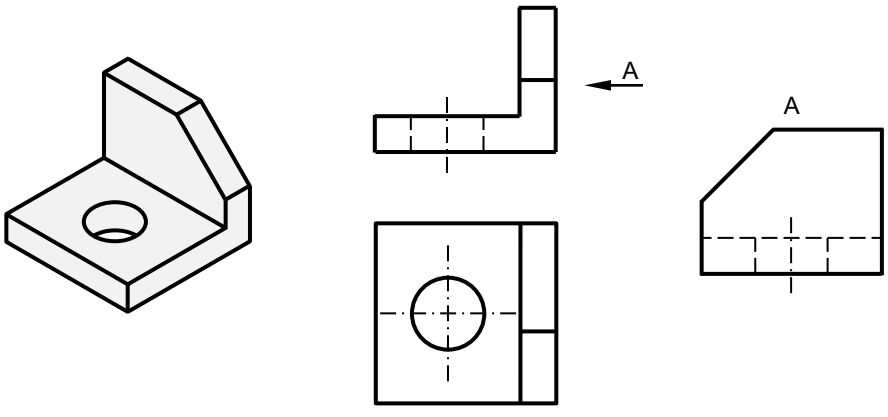

Figura 5.8. – Exemplo de aplicação de uma vista deslocada.

A figura 5.18. inclui a representação ortográfica de uma peça com várias vistas auxiliares, devidamente referenciadas.

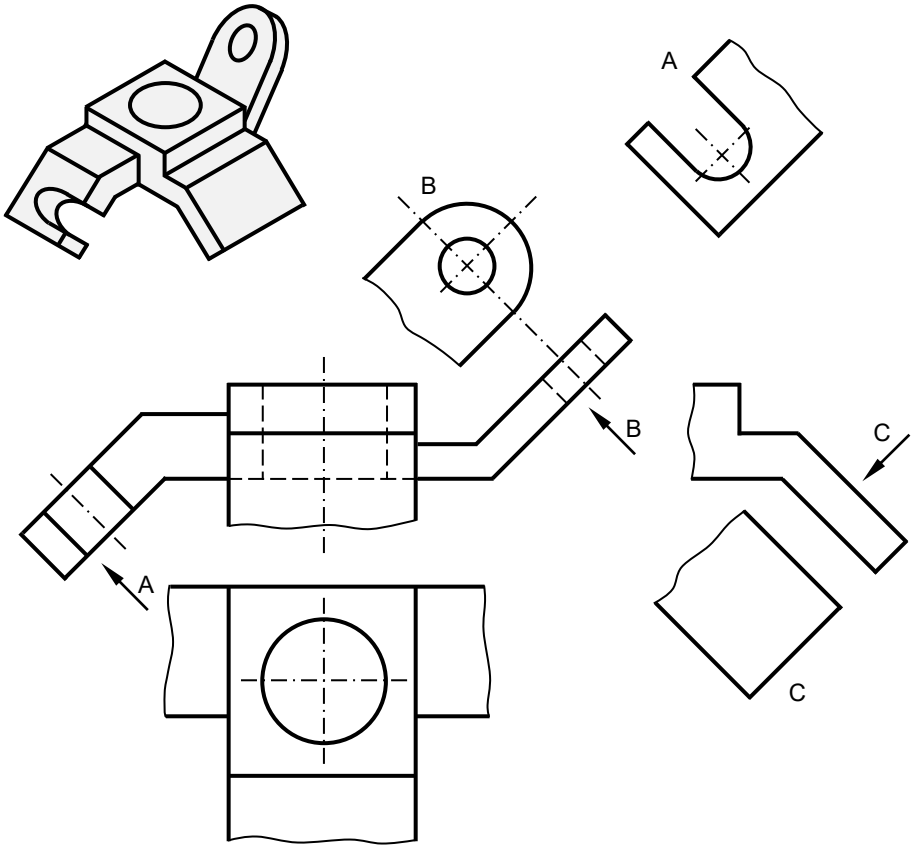

Figura 5.18. – Representação ortográfica utilizando várias vistas auxiliares.

Uma vista auxiliar pode combinar outras caraterísticas particulares, tal como a simetria. A figura 5.19. mostra um exemplo de uma peça em que a representação ortográfica utiliza uma vista auxiliar que é simultaneamente simétrica e local. Estas representações devem obedecer às regras a elas inerentes.

A simetria, materializada por meia vista, decorre do facto de peça apresentar planos de simetria, tal como se pode inferir na representação isométrica da figura 5.19.

Deve notar-se que a vista auxiliar utilizada na representação ortográfica da figura 5.19. é útil e interessante, quando a peça a representar tem elementos de ligação, como, por exemplo, flanges de tubos.

5.6. Representações Convencionais

A finalidade básica do desenho técnico tem que ver com a representação completa, clara e objetiva de toda e qualquer peça, obedecendo às normas e regras vigentes. Há algumas situações específicas, em que as regras do desenho não são cumpridas, e que podem ser simplificadas com o intuito de facilitar a sua execução, sem, no entanto, penalizar a sua interpretação. Com efeito, nesta secção apresentam-se alguns casos de representações convencionais e simplificadas, as quais devem ser adotadas em desenho.

Existem determinadas peças que, pela sua simplicidade, podem ser representadas por uma única vista, a qual é complementada com informação adicional para ajudar a definir a configuração geométrica dos elementos que a constituem. A figura 5.22. ilustra uma peça que pode ser representada utilizando somente uma vista. Atente-se a que, nesta situação, se faz uso do símbolo Ø para se definir o diâmetro dos elementos.

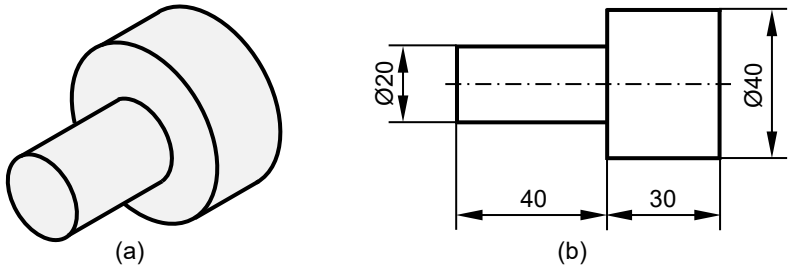

Figura 5.22. – Exemplo de peça que pode ser representada por uma única vista: **(a)** Representação isométrica; **(b)** Representação ortográfica.

A indicação de superfícies planas em representações ortográficas usando uma única vista deve ser feita recorrendo a duas linhas diagonais executadas a traço contínuo fino, tal como se mostra na figura 5.23. Aquelas diagonais designam-se cruz de Santo André, e têm como objetivo informar que existe uma superfície plana em peças essencialmente cilíndricas.

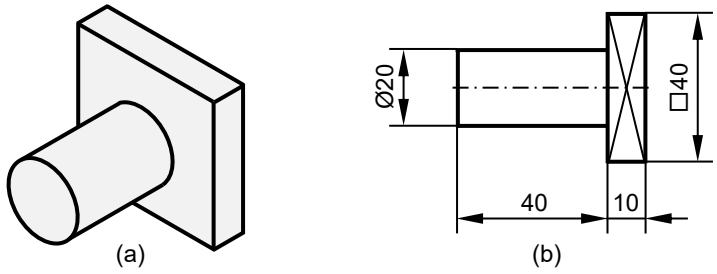

Figura 5.23. – Exemplo de peça com superfície plana representada por uma única vista: **(a)** Representação isométrica; **(b)** Representação ortográfica.

5.7. Exercícios de Aplicação

Considerando as técnicas de simplificação de desenhos mais apropriadas, execute a representação ortográfica das peças que estão representadas em axonometria isométricas nas figuras 5.35.-5.40.

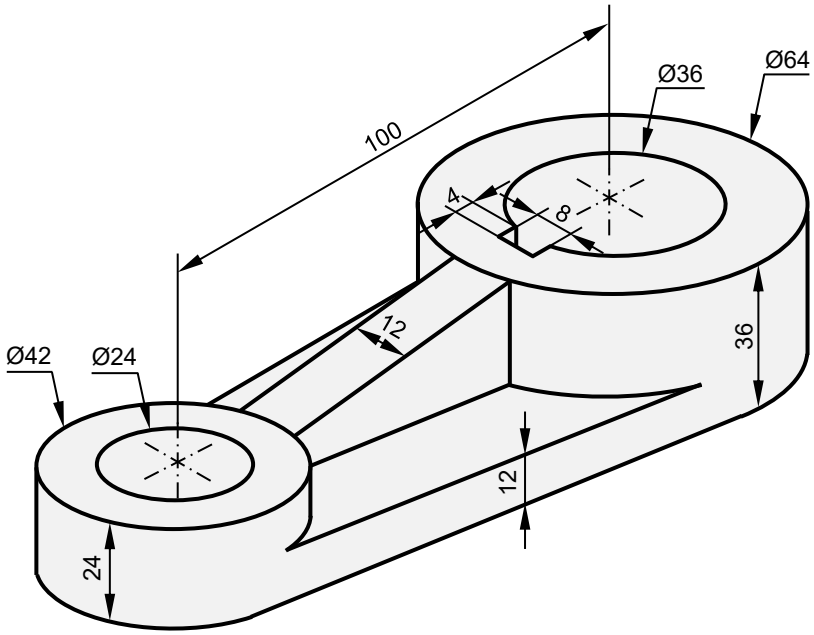

Figura 5.35. – Utilizando técnicas de simplificação de desenhos adequadas, execute a representação ortográfica da peça descrita em isométrica.

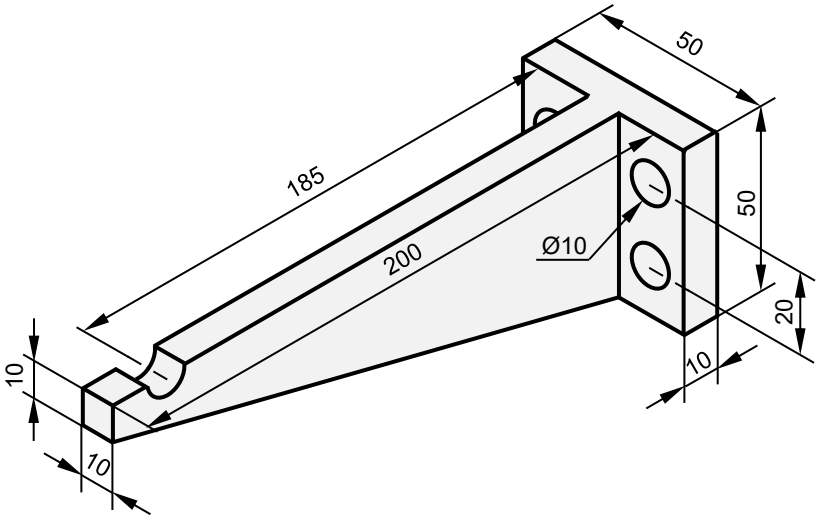

Figura 5.36. – Utilizando técnicas de simplificação de desenhos adequadas, execute a representação ortográfica da peça descrita em isométrica.

6.1. Conceito de Corte

A figura 6.1. inclui a representação isométrica e ortográfica de uma peça que contém alguns elementos ocos, nomeadamente um furo central e um rasgo na periferia. Atendendo à natureza oculta dos elementos, a sua representação ortográfica materializa-se por linhas do tipo traço interrompido, uma vez que dizem respeito a contornos invisíveis ao observador.

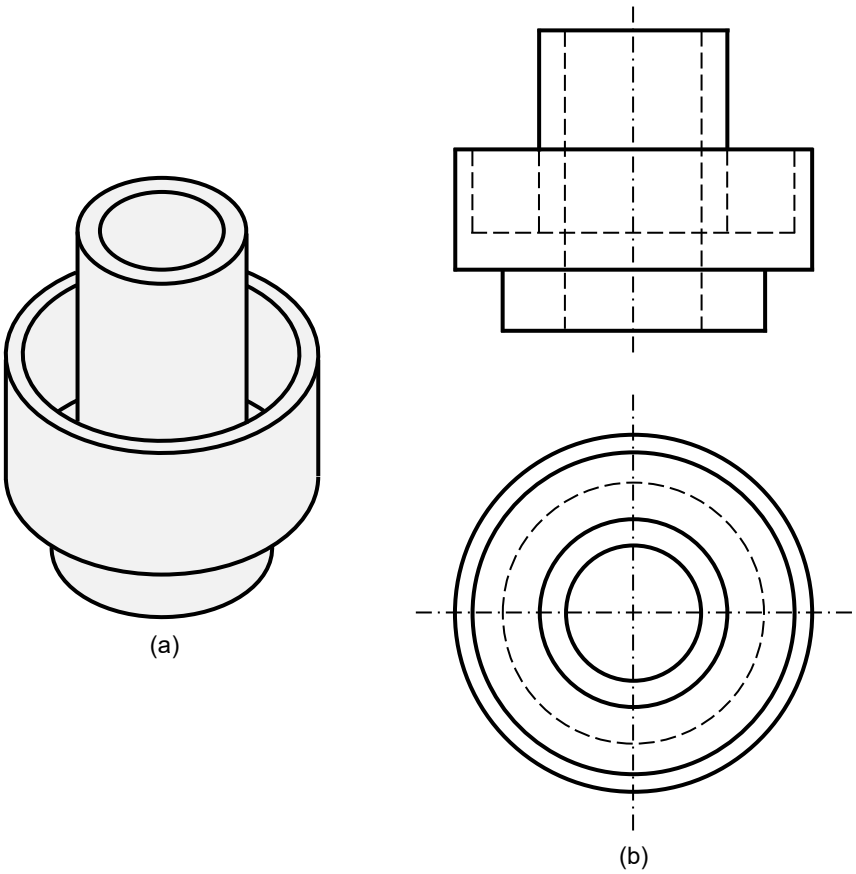

Figura 6.1. – **(a)** Representação isométrica; **(b)** Representação ortográfica.

Tendo em vista facilitar a leitura e interpretação dos detalhes internos da representação da figura 6.1.b., é conveniente utilizar uma vista em corte. A sequência relativa à aplicação de um corte está ilustrada na figura 6.2. Uma vista em corte não é mais do que a sua projeção ortogonal efetuada a partir do plano de corte que secciona[50] a peça em análise, tal como se mostra na figura 6.2.b. Na verdade, aquela representação diz respeito à

[50] Seccionar significa dividir em secções ou cortar algo.

6.2. Tipos de Tracejados

As superfícies de corte são o resultado da interseção da peça com o plano de corte, sendo, nas mais das vezes, representadas por tracejados[56], isto é, linhas a traço contínuo fino, paralelas entre si, equidistantes e com inclinação de 45º. O espaçamento[57] entre as linhas do tracejado deve ser uniforme e estar compreendido entre 1 e 3 mm.

A inclinação dos tracejados não deve coincidir, nem ser perpendicular a contornos de peças cortadas. A figura 6.6. ilustra algumas representações corretas e incorretas no que a tracejados de corte diz respeito.

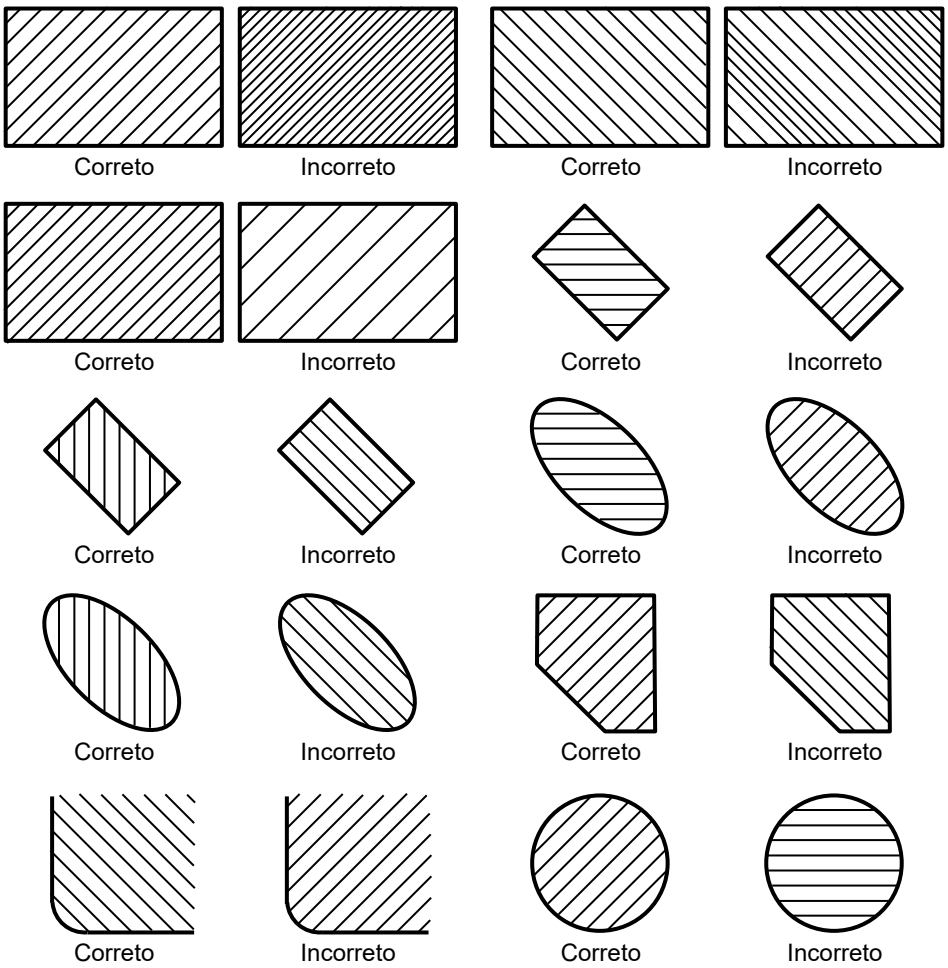

Figura 6.6. – Exemplos de tracejados de corte corretos e incorretos.

[56] Os tracejados de corte representam as partes maciças quando se corta uma peça.

[57] O espaçamento dos tracejados pode variar com a dimensão da área das zonas cortadas, porém, numa mesma peça, o espaçamento do tracejado deve ser constante.

6.4. Elementos Que Não se Cortam

Existem alguns elementos de peças que, quando são intersetados longitudinalmente por planos secantes, não são cortados e, por conseguinte, não são tracejados. Esta abordagem permite obter representações mais fáceis de executar, mais esclarecedores e sem ambiguidades, no que à interpretação diz respeito. Nervuras de reforço, braços de tambores e orelhas de peças são exemplos elucidativos de elementos que não se devem cortar. Na prática, o plano de corte, que é imaginário, afasta-se paralelamente a si próprio para um local anterior aos elementos que não se cortam.

A figura 6.20. mostra a representação ortográfica em corte de uma peça com quatro nervuras[65] de reforço e outra que apresenta uma configuração geométrica semelhante, mas que é maciça na sua periferia. Da análise atenta daquelas representações pode observar-se a importância e necessidade de não tracejar as nervuras. Este procedimento evita ambiguidades na leitura e interpretação de representações ortográficas, em que existem nervuras em vistas em corte. Na verdade, se as nervuras fossem cortadas e, por isso, tracejadas, a vista em corte poderia induzir em erro e levar a concluir, erroneamente, que se trataria de uma peça troncocónica.

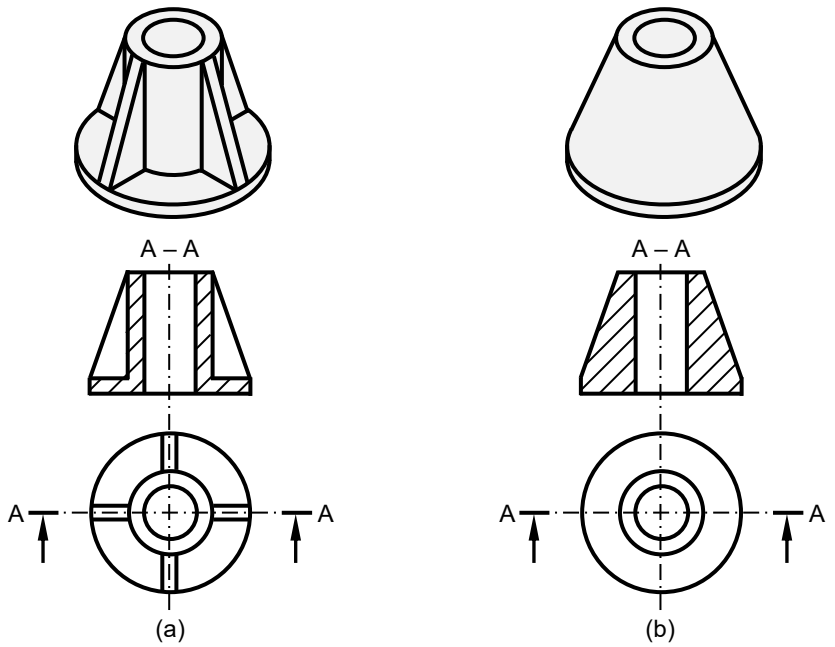

Figura 6.20. – **(a)** Representação ortográfica em corte de uma peça com quatro nervuras; **(b)** Representação ortográfica em corte de peça troncocónica.

[65] Nervuras são elementos de peças que visam reforçar a resistência mecânica de locais de peças.

7.3. Inscrição de Cotas

As cotas[70] são inscritas sobre as linhas de cota e numa posição central em relação às linhas de chamada, tal como se mostra na figura 7.9.a.

Quando se torna necessário utilizar linhas de cota com as setas exteriores às linhas de chamada, a cota pode ser inscrita entre as linhas de chamada, se o espaço for suficiente para o efeito, ou ser colocada exteriormente às linhas de chamada, preferencialmente à direita. Estas duas últimas situações estão ilustradas na figura 7.9.b.

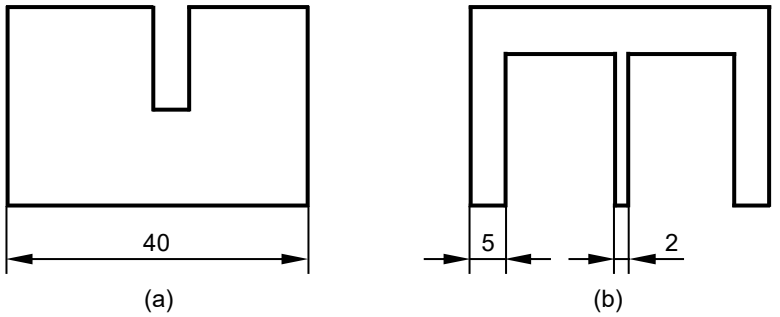

Figura 7.9. – Exemplos de colocação de cotas interior e exteriormente às linhas de chamada.

A posição relativa da cota e da linha de cota mantém-se qualquer que seja o ângulo que a linha de cota faz com a horizontal, ou seja, as cotas devem ser inscritas da esquerda para a direita e sobre as linhas de cota, tal como se mostra na figura 7.10.

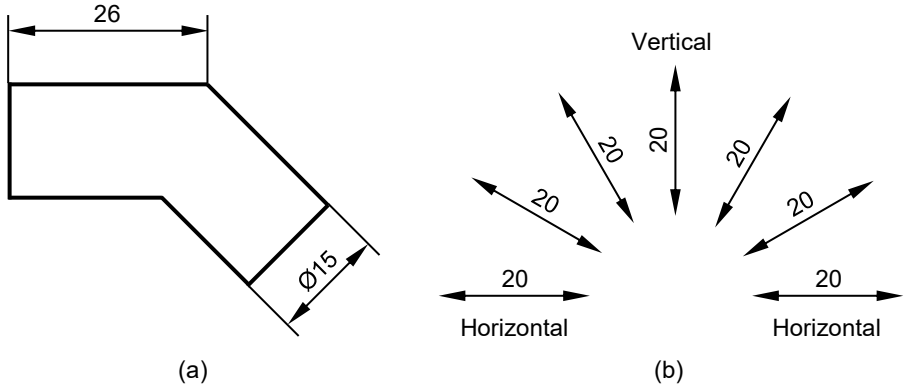

Figura 7.10. – **(a)** Posição de cotas relativamente às linhas de cota; **(b)** Cotas lineares alinhadas e sobre as linhas de cota.

[70] Deve relembrar-se que as cotas correspondem sempre às dimensões reais, independentemente da escala utilizada no desenho.

A exatidão, ou rigor, de um conjunto de medidas relativas à mesma grandeza, é tanto maior quanto maior for a proximidade entre o valor convencional (*e.g.* valor médio) e o valor verdadeiro da grandeza medida.

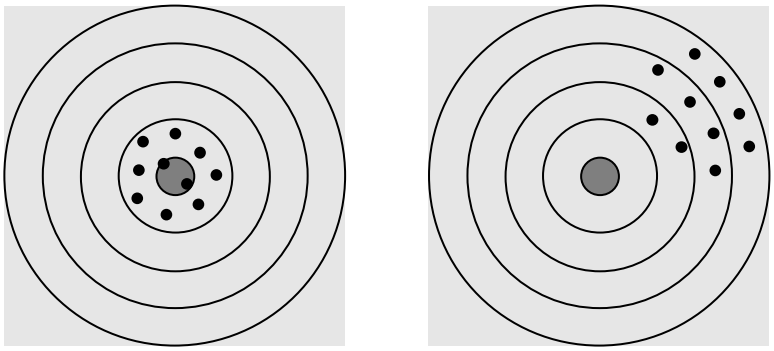

Figura 8.4. – **(a)** Exemplo de exatidão alta; **(b)** Exemplo de exatidão baixa.

A precisão de um processo de medição refere-se à proximidade, entre si, dos resultados das várias medições efetuadas de uma mesma grandeza. Considerando novamente o exemplo de 10 lançamentos de setas acima descrito, pode dizer-se que a precisão do jogo é tanto melhor quanto mais próximos forem os resultados entre si, independentemente de estarem, ou não, próximos do centro do alvo.

Quando os resultados dos lançamentos estão muito dispersos, o jogo pode ser classificado como pouco preciso. A figura 8.5. mostra dois casos distintos de lançamentos de setas, em que se está perante um exemplo de precisão alta (cf. figura 8.5.a.) e outro de precisão baixa (cf. figura 8.5.b.). A precisão, ou fidelidade, diz respeito à repetibilidade e à reprodutibilidade de um conjunto de medidas de uma mesma grandeza.

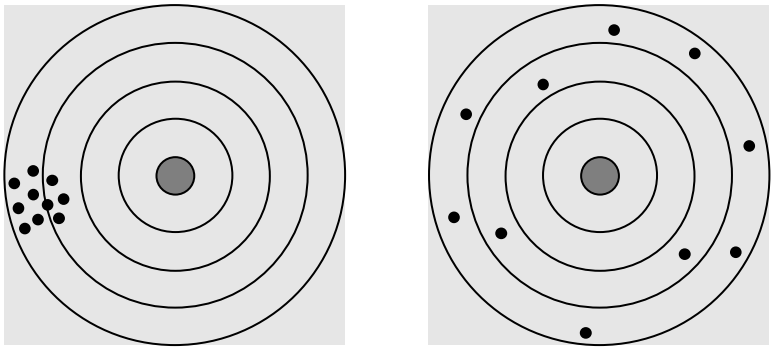

Figura 8.5. – **(a)** Exemplo de precisão alta; **(b)** Exemplo de precisão baixa.

DESENHO E REPRESENTAÇÃO GRÁFICA

PAULO FLORES

Sobre a obra

Este livro foi escrito para estudantes de engenharia interessados em estudar as bases fundamentais no domínio da representação gráfica. Esta obra apresenta, de forma estruturada, o quadro teórico dos assuntos abordados, bem como um leque diverso de aplicações no que diz concerne ao estudo do desenho técnico e dos sistemas de representação. As matérias versadas neste livro estão agrupadas em capítulos, incluindo uma breve introdução à representação gráfica, uma resenha sobre noções propedêuticas em desenho técnico, a representação ortográfica, a axonométrica, algumas técnicas de simplificação de desenhos, o tema de cortes e secções, e ainda a cotagem. Nesta obra faz-se também uma muito breve apresentação sobre metrologia dimensional.

Sobre o autor

Paulo Flores nasceu em Vieira do Minho a 19 de dezembro de 1972. Obteve a sua graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade do Minho em 1997, seguida de provas científico-pedagógicas (2000), doutoramento (2005) e agregação (2011) em Engenharia Mecânica pela Universidade do Minho. O doutoramento foi realizado em colaboração com o Instituto Superior Técnico e a Wichita State University. Em 2009 concluiu um pós-doutoramento no *Swiss Federal Institute of Technology*, *ETH-Zurich*, e em 2010 foi *Visiting Professor* na *The University of Arizona*. Em 2024 recebeu o doutoramento *Honoris Causa* pela "*Gheorghe Asachi" Technical University of Iaşi*. Trabalha na Universidade do Minho há 30 anos, onde os seus tópicos de interesse no ensino e investigação científica estão ligados às áreas da Dinâmica de Sistemas Mecânicos, Projeto e Seleção de Componentes Mecânicos, Contacto Mecânico, Biomecânica e Desenho e Representação Gráfica. Professor Catedrático desde 2013, é autor de inúmeras publicações científicas e pedagógicas.

Também disponível em formato *e-book*

ISBN: 978-989-917-778-9

9 789899 177789

www.**quanticaeditora**.pt

engebook