

4. Antropometria: medidas

A antropometria trata das medidas físicas do corpo humano. Aparentemente, medir as pessoas seria uma tarefa fácil, bastando para isso ter uma régua, trena e balança. Entretanto, isso não é tão simples assim, quando se pretende obter medidas representativas e confiáveis de uma população, que é composto de indivíduos dos mais variados tipos e dimensões. Além disso, as condições em que essas medidas são realizadas (com roupa ou sem roupa, com ou sem calçado, ereto ou na postura relaxada) influem consideravelmente nos resultados.

A indústria moderna precisa de medidas antropométricas cada vez mais detalhadas e confiáveis. De um lado, isso é exigido pelas necessidades da produção em massa de produtos como vestuários e calçados. No projeto de um carro, o dimensionamento de alguns centímetros a mais, sem necessidade, pode significar um aumento considerável dos custos de produção, se considerarmos a série de centenas de milhares de carros produzidos. Um outro exemplo ainda mais dramático é o da indústria aeroespacial, onde cada centímetro ou quilograma tem uma influência significativa no desempenho e economia da aeronave.

Do outro lado, surgiram muitos sistemas de trabalho complexos, como centros de controle operacional de usinas nucleares, onde o desempenho humano é crítico, sendo indispensável tomar todos os cuidados durante o projeto e dimensionamento desses sistemas.



Assim, até a década de 1940, as medidas antropométricas visavam determinar apenas algumas **grandezas médias** da população, com pesos e estaturas. Depois passou-se a determinar as variações e os alcances dos movimentos. Hoje, o interesse maior se concentra no estudo das diferenças entre grupos e a influência de certas variáveis como etnias, alimentação e saúde. Com o crescente volume do comércio internacional, pensa-se, hoje, em estabelecer os padrões mundiais de medidas antropométricas, para a produção de produtos “universais”, adaptáveis aos usuários de diversas etnias.

4.1 Variações das medidas

Até a Idade Média, todos os calçados eram do mesmo tamanho. Não havia sequer a diferença entre o pé direito e o pé esquerdo. Essa seria uma situação desejável pelo fabricante, pois a produção de único modelo “padronizado” do produto simplifica enormemente os seus problemas de produção, distribuição e controle de estoques.

Em alguns casos, os produtos destinam-se a apenas um segmento da população. Por exemplo, até a década de 1950, os automóveis eram projetados apenas para os homens, pois raramente as mulheres dirigiam.

Do lado do consumidor, a padronização excessiva nem sempre se traduz em conforto, segurança e eficiência. Para que esse tipo de problema seja tratado adequadamente, são necessárias três tipos de providências:

- a) Definir a natureza das dimensões antropométricas exigidas em cada situação;
- b) Realizar medições para gerar dados confiáveis; e
- c) Aplicar adequadamente esses dados.

Diferenças entre os sexos

Homens e mulheres diferenciam-se entre si desde o nascimento. Os meninos são 0,6 cm mais compridos e 0,2 kg mais pesados, em média. Até o final da infância, em torno dos 9 anos, ambos os sexos apresentam crescimento semelhante.

As diferenças começam a surgir na puberdade. O **crescimento** começa a acelerar-se em torno dos 10 anos e, as meninas crescem aceleradamente dos 11 aos 13 anos e, os meninos, 2 anos mais tarde, dos 12,5 a 15,5 anos. Esse crescimento ocorre primeiro nas extremidades, como mãos e pés. Nessa fase de pré-puberdade, as meninas geralmente são mais altas, mais pesadas e têm uma superfície corporal maior. Os meninos começam a adquirir maior peso durante a puberdade, quando ultrapassam as meninas. Após essa fase acelerada, tanto meninas como meninos continuam a crescer lentamente, atingindo a estatura final em volta dos 20 a 23 anos de idade.

Na fase adulta, os homens apresentam os ombros mais largos, tórax maior, com clavículas mais longas e escápulas mais largas, com as bacias relativamente estreitas. As cabeças são maiores, os braços mais longos e os pés e mãos são maiores. As mulheres têm ombros relativamente estreitos e torax menores e mais arredondados,

com as bacias mais largas. As diferenças de estaturas entre homens e mulheres são de 6 a 11%.

Há uma diferença significativa da proporção músculos/gordura entre homens e mulheres. Os homens têm proporcionalmente mais músculos que gordura. Além disso, a localização da gordura também é diferenciada.

As mulheres têm uma maior quantidade de gordura sub-cutânea, que é responsável pelas suas formas arredondadas. Esta se localiza também nas nádegas, na parte frontal do abdômen, nas superfícies laterais e frontais da coxa e nas glândulas mamárias (Figura 4.1). A maior parte dessa gordura concentra-se entre a bacia e as coxas. Assim, quando uma pessoa engorda ou emagrece, há uma mudança das proporções corporais, afetando por exemplo, a indústria do vestiário.

Variações intra-individuais

As variações intra-individuais são aquelas que ocorrem durante a **vida** de uma pessoa. Pode-se dizer que o ser humano sofre contínuas mudanças físicas durante toda a vida. Estas ocorrem de diversas maneiras. Há uma alteração do tamanho, proporções corporais, forma e peso. Em algumas fases, como durante a infância e adolescência, essas mudanças se aceleram. Na fase de crescimento, as proporções entre os diversos segmentos do corpo também se alteram.

O recém-nascido possui, proporcionalmente, cabeça grande e membros curtos (Figura 4.2). A estatura do recém-nascido é de 3,8 vezes da dimensão da cabeça e o seu tronco é equivalente ao comprimento do braço. Com o crescimento, essas pro-

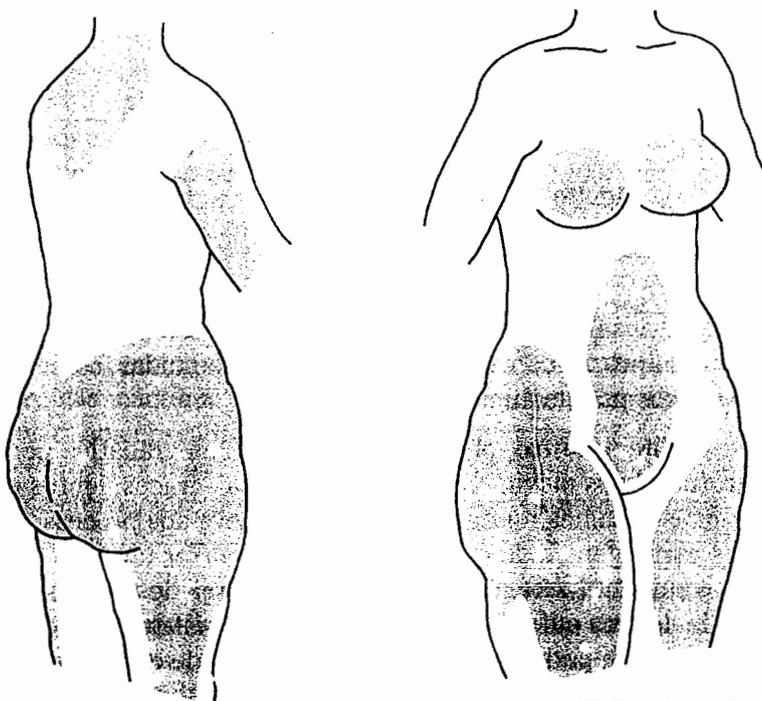


Figura 4.1
Áreas de maior
concentração
de gorduras nas
mulheres (Croney,
1971).

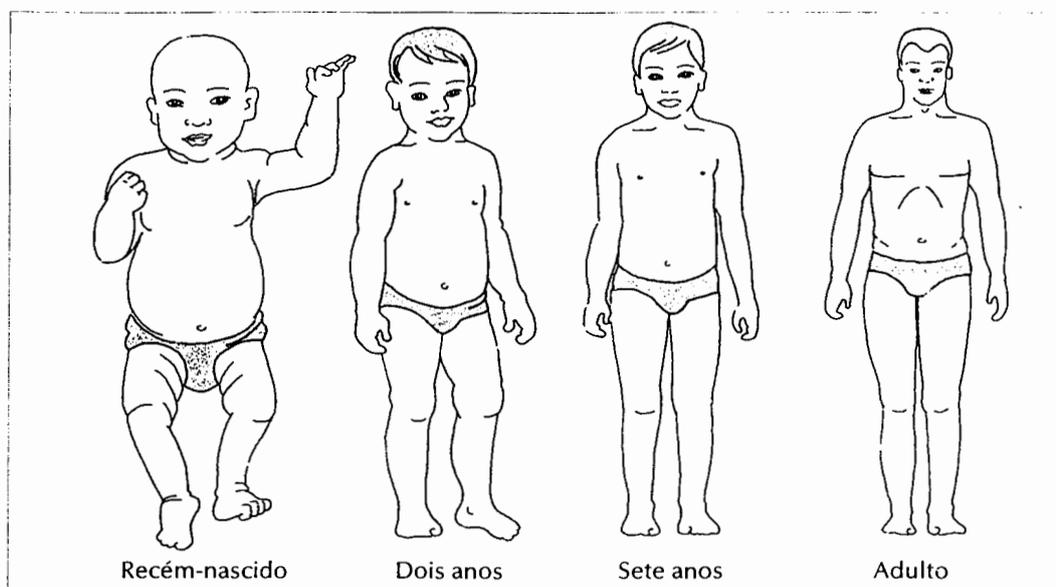


Figura 4.2
Mudanças das proporções corporais durante o crescimento (Cronney, 1971).

porções vão se alterando, conforme se vê na Tabela 4.1. Enquanto isso, o cérebro desenvolve-se precocemente. Aos 5 anos, já atinge 80% do seu tamanho definitivo.

TABELA 4.1

As proporções corporais vão se modificando com a idade

Idade	Estatura/cabeça	Tronco/braço
Recém-nascido	3,8	1,00
2 anos	4,8	1,14
7 anos	6,0	1,25
Adulto	7,5	1,50

A estatura atinge o ponto máximo em torno dos 20 anos e permanece praticamente inalterada dos 20 aos 50 anos (Figura 4.3). Entretanto, a partir dos 55 a 60 anos, todas as dimensões lineares começam a decair. Outras medidas, como o peso e a circunferência dos ossos podem aumentar.

Durante o **envelhecimento**, observa-se também uma gradativa perda de forças e mobilidade, tornando os movimentos musculares mais fracos, lentos e de amplitude menor (ver mais detalhes no item 12.5). Isso se deve aos processos de perda da elasticidade das cartilagens e de calcificação. Pode ocorrer também o fenômeno da osteoporose, que aumenta a fragilidade dos ossos. A força de uma pessoa de 70 anos equivale à metade de uma outra de 30 anos. Contudo, o sistema nervoso degenera-se a uma velocidade menor, podendo haver um mecanismo de compensação à perda no sistema muscular.

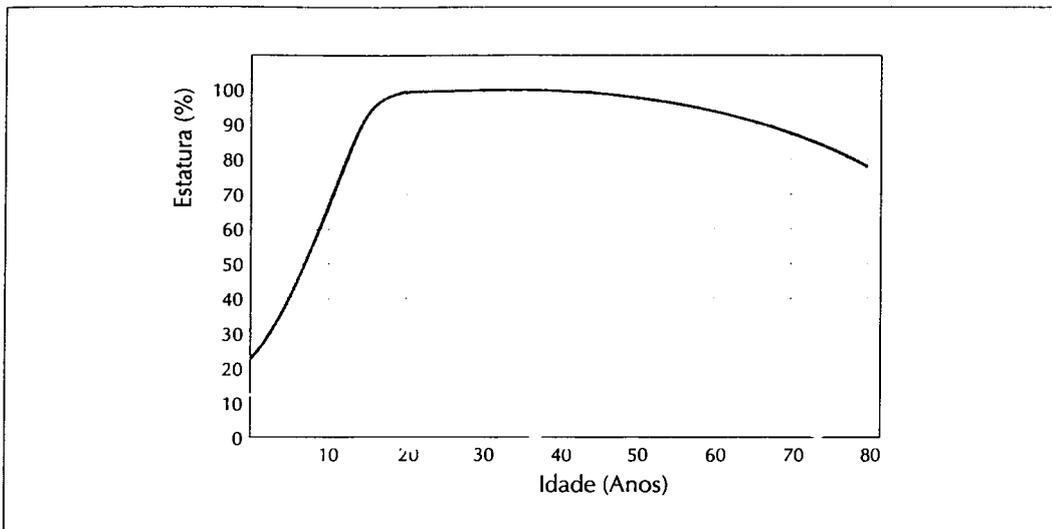


Figura 4.3
Evolução da estatura com a idade (em % da estatura máxima).

Além dessas variações intra-individuais, que acompanham a pessoa ao longo da vida, existem também as variações inter-individuais, que diferenciam os indivíduos de uma mesma população. Estas são decorrentes de duas causas principais: etnia e genética.

Variações étnicas

Diversos estudos antropométricos, realizados durante várias décadas, comprovaram a influência da etnia nas variações das medidas antropométricas.

Em termos de diferenças étnicas, as variações extremas são encontradas na **África**. Os menores são os pigmeus da África Central, que medem, em média 143,8 cm para homens e 137,2 cm para mulheres. O menor homem pigmeu mede cerca de 130 cm. Os povos de maior estatura no mundo também estão na África. São os negros nilóticos que habitam a região sul do Sudão. Os homens medem 182,9 cm, com desvio-padrão de 6,1 cm e as mulheres, 168,9 cm com desvio-padrão de 5,8 cm. Os homens mais altos do Sudão medem cerca de 210 cm. Isso significa que a diferença entre o homem mais alto (sudanês) e o mais baixo (pigmeu) é de 62% em relação ao mais baixo.

Existem muitos exemplos de inadequação dos produtos que foram exportados para outros países sem considerar as necessidades de adaptação aos usuários. Por exemplo, as antigas máquinas e locomotivas exportadas pelos ingleses para a Índia, não se adaptavam aos operadores indianos. Durante a guerra do Vietnã, os soldados vietnamitas, com altura média de 160,5 cm tinham muita dificuldade de operar as máquinas bélicas fornecidas pelos norte-americanos, projetados para a altura média de 174,5 cm.

Uma máquina projetada para acomodar 90% da população masculina dos EUA acomoda também 90% dos alemães. Mas não ofereceria a mesma comodidade para os latinos e orientais. Ela acomodaria 80% dos franceses, 65% dos italianos, 45% dos japoneses, 25% dos tailandeses e apenas 10% dos vietnamitas (Bridger, 2003).

Hoje, esse problema tornou-se mais grave com o grande aumento do comércio internacional. O mesmo produto deve ser fabricado em diversas versões ou ter regulagens suficientes para se adaptar às diferenças antropométricas de diversas populações. Essas adaptações geralmente envolvem peças móveis, que aumentam os custos e fragilizam o produto. É necessário saber, então, quais são as variáveis que devem ser adaptadas e quais são as faixas de variação de cada uma delas.

Influência da etnia nas proporções corporais

Com o intenso movimento migratório que ocorreu durante o século XIX e início do século XX, diversos povos foram viver em locais com clima, hábitos alimentares e culturas diferentes dos seus locais de origem. Isso possibilitou a realização de estudos sobre a influência desses fatores sobre as medidas antropométricas e verificar até que ponto as etnias são determinantes dessas medidas. Os filhos de imigrantes indianos, chineses, japoneses e mexicanos, nascidos nos EUA, são mais altos e mais pesados que os seus ancestrais, indicando a influência de outros fatores, além da etnia.

Entretanto, mesmo no caso dos descendentes de imigrantes, que já viviam há várias gerações nos EUA, constatou-se que as proporções corporais não haviam se modificado significativamente. Isso faz supor que há uma forte correlação da carga genética com as proporções corporais, mas não com a dimensão do corpo em si (Figura 4.4). Essa teoria foi comprovada com o estudo das proporções corporais dos negros norte-americanos que, mesmo tendo vivido durante vários séculos nos EUA, conservaram as proporções corporais semelhantes aos dos africanos, que são diferentes dos povos brancos. Os mestiços, coerentemente, têm proporções corporais intermediárias entre negros e brancos.

Figura 4.4
As proporções corporais são típicas de cada etnia e se mantêm inalteradas, mesmo que haja uma evolução da estatura média da população (Newman e White, 1951; Ishii, 1957; Siqueira, 1976).

Estatura (cm)	180			
	160			
	140			
	120			
	100			
	80			
	60			
	40			
	20			
	0			
		Branco americano	Negro americano	Japonês
				Brasileiro
Nº da amostra		25.000	6.684	233
Idade média		23	23	25
Estatura (média)		174	173	161
Peso (kg)		70	69	55
				63

Medidas em cm					
	Comprimento máximo	Perímetro máximo	Perímetro do peito do pé	Perímetro intermediário	Perímetro da articulação
Europeus	28,6	22	26	24	23
Brasileiros	25,8	24	27	25	26

Figura 4.5
Comparação entre as medidas dos pés de europeus e brasileiros. Os brasileiros têm, relativamente, pés mais curtos e mais "gordos" (Lacerda, 1984).

Esse tipo de problema é enfrentado pela indústria de confecções, que produz roupas para exportação, pois não basta alterar as dimensões, mas deve-se mudar também as proporções das peças, conforme o mercado a que se destina. Os árabes, por exemplo, tem os membros (braços e pernas) relativamente mais longos que os europeus, enquanto os orientais os têm mais curtos.

A diferença nas proporções corporais existe até na medida dos pés, constatou Lacerda (1984). Os pés dos brasileiros são relativamente mais curtos e mais "gordos" em relação aos pés dos europeus (Figura 4.5), que são mais finos e mais longos. Como muitos moldes para a fabricação de calçados brasileiros são baseados em formas européias, isso explicaria casos de "aperto" nos pés dos brasileiros. Isso acontece até com brinquedos: uma boneca norte-americana não foi bem aceita pelas meninas japonesas porque apresentava os membros muito longos, diferindo do biótipo oriental.

Em consequência dessas diferenças nas proporções corporais, não se pode aplicar simplesmente a "regra de três" para as medidas antropométricas. Por exemplo, um norte-americano pode ser 10 cm mais alto que um japonês, na posição ereta. Contudo, na posição sentada, essa diferença se reduz à faixa de 0,5 a 2,5 cm.

Observa-se que a variabilidade inter-individual na população brasileira provavelmente é maior em relação aos povos de etnia homogênea. Isso se deve à grande variedade dos biótipos existentes no Brasil, resultante da **miscigenação** de diversas etnias. Além disso, há diferenças acentuadas das condições de nutrição e saúde em diferentes segmentos sociais e entre regiões do país.

Influência do clima nas proporções corporais

Os povos que habitam regiões de climas quentes têm o corpo mais fino e os membros superiores e inferiores relativamente mais longos. Aqueles de clima frio têm o corpo mais cheio, são mais volumosos e arredondados. Em outras palavras, no corpo dos povos de clima quente predomina a dimensão linear, enquanto, no de clima frio, tende para formas esféricas. Parece que isso é o resultado da adaptação durante vários séculos, pois os corpos mais magros facilitam a troca de calor com o ambiente, enquanto aqueles mais cheios têm maior facilidade de conservar o calor do corpo.

As pesquisas de Sheldon

Uma das demonstrações mais interessantes das diferenças inter-individuais, dentro da mesma população, foi apresentado por William Sheldon (1940). Ele realizou um minucioso estudo de uma população de 4 000 estudantes norte-americanos. Além de fazer levantamentos antropométricos dessa população, fotografou todos os indivíduos de frente, perfil e costas. A análise dessas fotografias, combinada com os estudos antropométricos, levou Sheldon a definir três tipos físicos básicos, cada um com certas características dominantes: ectomorfo, mesomorfo e endomorfo (Figura 4.6).

Ectomorfo — Tipo físico de formas **alongadas**. Tem corpo e membros longos e finos, com um mínimo de gorduras e músculos. Os ombros são mais largos, mas caídos. O pescoço é fino e comprido, o rosto é magro, queixo recuado e testa alta e abdômen estreito e fino.

Mesomorfo — Tipo físico **musculoso**, de formas angulosas. Apresenta cabeça cúbica, maciça, ombros e peitos largos e abdômen pequeno. Os membros são musculosos e fortes. Possui pouca gordura subcutânea.

Endomorfo — Tipo físico de formas **arredondadas** e macias, com grandes depósitos de gordura. Em sua forma extrema, tem a característica de uma pêra (estreita em cima e larga embaixo). O abdômen é grande e cheio e o tórax parece ser relativamente pequeno. Braços e pernas são curtos e flácidos. Os ombros e a cabeça são arredondados. Os ossos são pequenos. O corpo tem baixa densidade, podendo flutuar na água. A pele é macia.

Naturalmente, a maioria das pessoas não pertence rigorosamente a nenhum desses tipos básicos e misturam as características desses três tipos, podendo ser mesomorfo-endofórnica, ectomorfo-mesofórnica e assim por diante. Sheldon observou também diferenças comportamentais entre os três tipos, que influem até na escolha da profissão.

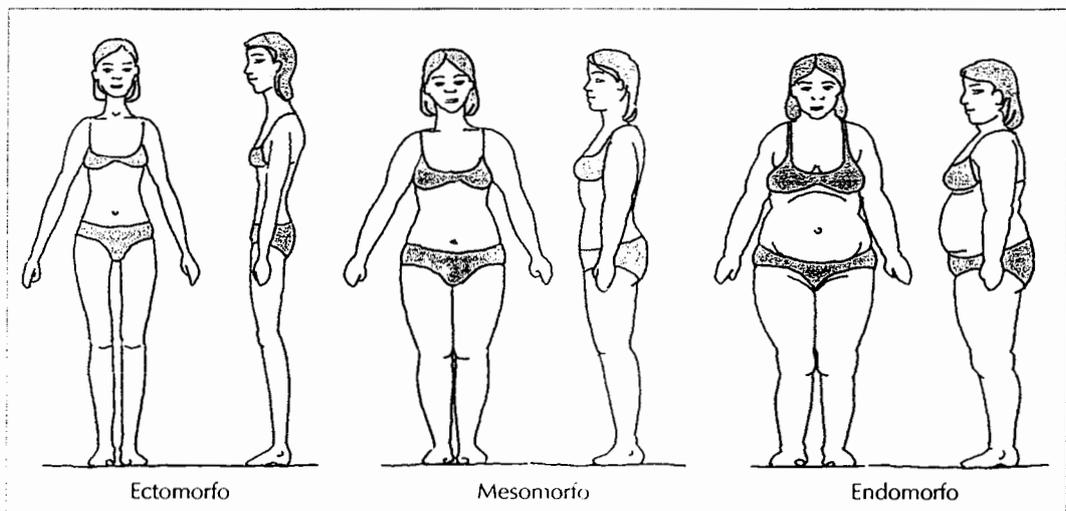


Figura 4.6
Os três tipos básicos do corpo humano (Sheldon, 1940).

Variações extremas

Dentro de uma mesma população de adultos, as diferenças de estaturas entre os homens mais altos (97,5% da população) e as mulheres mais baixas (2,5% da população) oscilam, respectivamente, entre 188,0 e 149,1 cm, ou seja, estatisticamente, o homem mais alto é 25% mais alto que a mulher mais baixa. Os comprimentos dos braços são de, respectivamente, 78,2 cm e 62,7 cm, com a mesma diferença percentual de 25% (Figura 4.7).

Evidentemente, isso não representa diferença entre o homem mais alto, individualmente, e da mulher mais baixa, mesmo porque essas pessoas extremas seriam excluídas, estatisticamente, dentro da margem de 2,5%, que foi considerada.

Em relação à dimensão lateral (largura do abdômen) essa diferença é mais pronunciada, variando de 43,4 cm a 14,0 cm, ou seja, há uma diferença de 210% da maior relação à menor. Algumas mudanças das medidas antropométricas podem ser temporárias e reversíveis, como no caso de pessoas que engordam e emagrecem ou mulheres que engravidam. As mulheres grávidas aumentam essa dimensão lateral do abdômen em 80% (de 16,5 cm para 29,7 cm) no último mês de gravidez. Em outros casos, como ocorre com as doenças crônico-degenerativas, o processo pode ser irreversível.

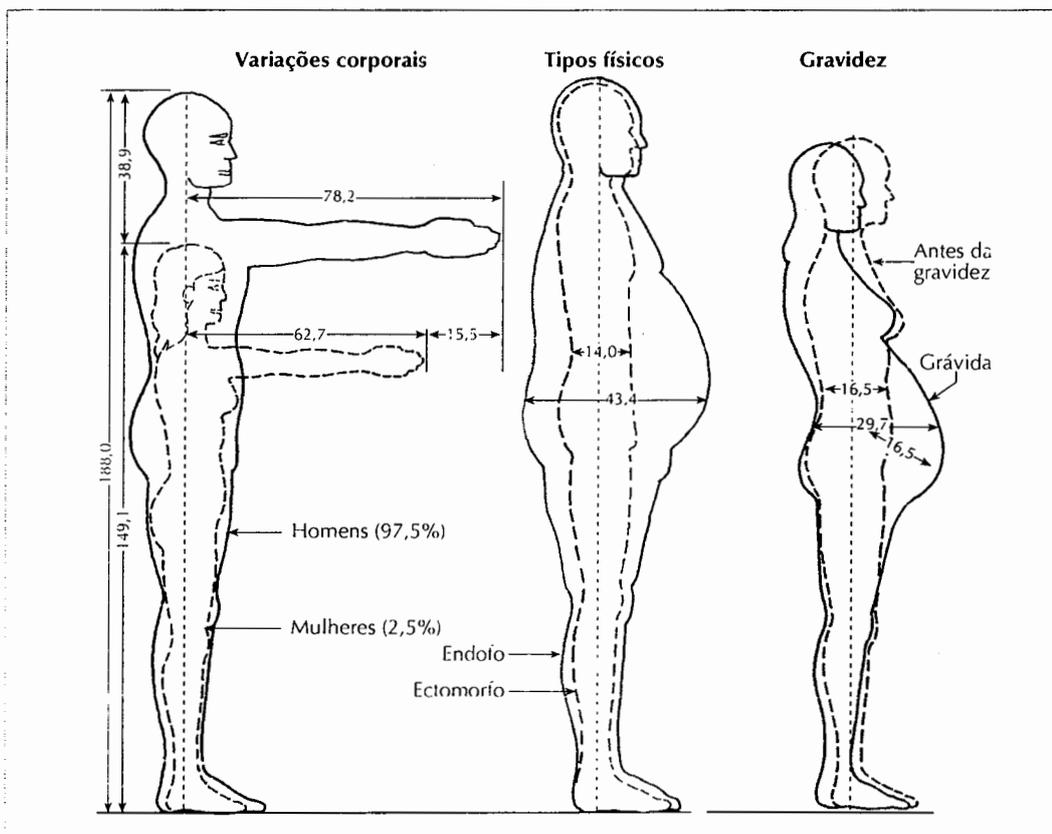


Figura 4.7
Variações extremas do corpo humano (Diffrient et al., 1974).

Variações seculares

As variações seculares estudam as mudanças antropométricas ocorridas a longo prazo, abrangendo várias gerações. Diversos estudos comprovam que os seres humanos têm aumentado de peso e dimensões corporais ao longo dos últimos séculos. Isso seria explicado pela melhoria da alimentação, saneamento, abolição do trabalho infantil e adoção de hábitos mais salutar, como as práticas desportivas. Isso ocorreu sobretudo nos últimos 200 anos, com a crescente urbanização e industrialização, e conseqüente melhoria das condições de vida.

Em épocas de grandes privações, como ocorre durante longas guerras ou secas, as medidas antropométricas da população tendem a reduzir-se. Mas, nas gerações seguintes, quando esses problemas estiverem superados, o crescimento pode ser recuperado de forma acelerada, compensando o atraso.

O avanço tecnológico, principalmente a tecnologia dos alimentos e a sua conservação pelo frio, aliado ao avanço dos meios de transporte, melhorou a oferta de alimentos. Antigamente, certos alimentos eram disponíveis apenas durante alguns dias do ano, no tempo da colheita. Isso acontecia principalmente nos países de clima temperado. Hoje, esses alimentos estão disponíveis praticamente em todo o mundo, durante todo o ano.

O crescimento das medidas antropométricas de uma população é mais pronunciado quando povos sub-alimentados passam a consumir maior quantidade de proteínas. Já se observou, por exemplo, crescimento de até 8 cm na estatura média de homens de uma população, em apenas uma década.

O acompanhamento da estatura de recrutas holandeses durante um século, no período de 1870-1970, demonstrou um crescimento médio de 14 cm e, além disso, constatou-se que esse processo está se acelerando (Figura 4.8). A taxa de crescimento médio anual entre 1870 e 1920 foi de 0,9 mm ao ano e passou para 1,6 mm/ano nas quatro décadas seguintes e, finalmente, para 3,0 mm/ano na década de 1960. Isso provavelmente foi devido à crescente melhoria das condições de vida desse povo.

Nos EUA e Inglaterra, a estatura média da população aumentou 1 cm a cada 10 anos. Na Inglaterra, entre 1981 e 1995, constatou-se que os homens cresceram 1,7 cm e as mulheres, 1,2 cm. Na Dinamarca, em 140 anos, registrou-se um crescimento médio de 13 cm (Bridger, 2003).

É interessante notar que essa aceleração do crescimento é um fenômeno mundial e não se restringe apenas aos adultos. Crianças recém-nascidas cresceram 5 a 6 cm no comprimento e 3 a 5% no peso, nos últimos 100 anos. O início da puberdade antecipou-se de 2 a 3 anos, respectivamente, para meninos e meninas. A menarca adiantou-se e a menopausa foi retardada em 3 anos. Contudo, essas transformações não ocorrem uniformemente. Em um século, entre 1830 e 1930, o crescimento médio dos jovens foi de 0,5 cm por década. Em 1930 houve uma súbita aceleração, crescendo 5 cm a cada década. A explicação para isso seriam as mudanças dos hábitos alimentares e das condições de vida em geral.

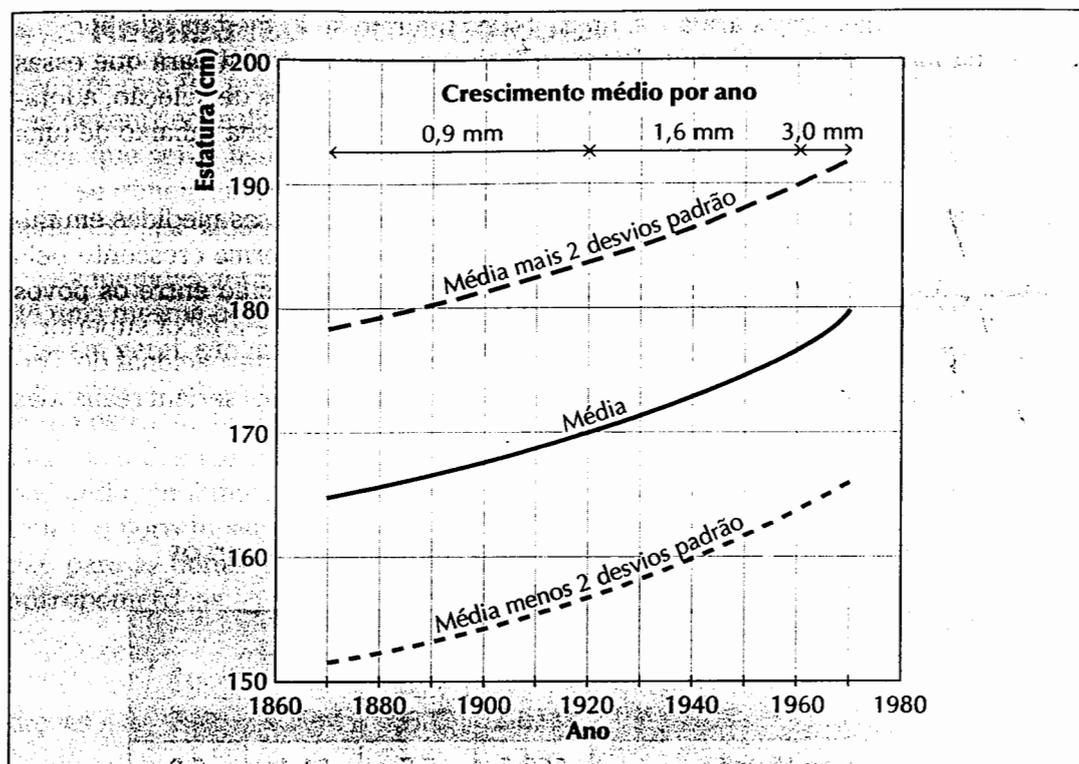


Figura 4.8
Evolução da estatura média de recrutas holandeses durante 100 anos, entre 1870 e 1970 (De Jong, *in* Chapanis, 1975).

Padrões internacionais de medidas antropométricas

Até meados do século passado, houve preocupação em diversos países em estabelecer seus padrões nacionais de medidas antropométricas. Contudo, a partir da década de 1950, três fatos novos contribuíram para reverter essa tendência. Em primeiro lugar, houve uma crescente internacionalização da economia. Alguns produtos, produzidos em certos países, passaram a ser vendidos no mundo todo. Por exemplo, aviões, computadores, aparelhos de videocassete, armamentos, automóveis e outros, têm, hoje, padrões mundiais.

Em segundo, os acordos de comércio internacional, formando blocos econômicos, com redução das tarifas alfandegárias entre os países signatários, acelerou esse processo.

Em terceiro, as alianças militares, surgidas após a II Guerra Mundial, exigiram certa padronização internacional de produtos militares, com diversos reflexos na indústria em geral. Entre eles, citam-se a Organização do Tratado do Atlântico Norte – OTAN, e o extinto Pacto de Varsóvia.

Tudo isso contribuiu para ampliar os horizontes dos projetistas. Hoje, quando se projeta um produto, deve-se considerar que os usuários do mesmo podem estar espalhados em 50 países diferentes, incluindo muitas diversidades étnicas, culturais e sociais.

Da mesma forma, na área de antropometria, há tendência de evolução para se determinar os padrões mundiais, embora ainda não existam medidas antropométricas confiáveis para a população **mundial**. Grande parte das medidas disponíveis é

de contingentes das forças armadas: quase todos referem-se às medidas de homens adultos, na faixa de 18 a 30 anos. Porém o fato que mais contribui para que essas medidas sejam diferentes da população em geral, são os critérios de seleção, adotados para o recrutamento militar, que excluem, por exemplo, pessoas abaixo de uma determinada estatura ou peso mínimo.

De qualquer forma, a Tabela 4.2 dá uma idéia da variação dessas medidas em militares de diversos países. Como os dados estão ordenados de forma crescente pela estatura, pode-se observar que as menores estaturas e pesos estão entre os povos asiáticos. Os povos mediterrâneos estão na faixa intermediária e a faixa superior é ocupada pelos nórdicos. Existe uma proposta da Organização Internacional do Trabalho para classificar a população mundial em 20 grupos, nos quais seriam realizadas 19 medidas antropométricas.

TABELA 4.2
Medidas de estatura e peso para militares de diversos países (Chapanis, 1975)

País	Homens			
	Estatura (cm)		Peso (kg)	
	Média	D.P.	Média	D.P.
República do Vietnã	160,5	5,5	51,1	6,0
Tailândia	163,4	5,3	56,3	5,8
República da Coreia	164,0	5,9	60,3	5,1
América Latina (18 países)	166,4	6,1	63,4	7,7
Irã	166,8	5,8	61,6	7,7
Japão	166,9	4,8	61,1	5,9
Índia	167,5	6,0	57,2	5,7
Turquia	169,3	5,7	64,6	8,2
Grécia	170,5	5,9	67,0	7,6
Itália	170,6	6,2	70,3	8,4
França	171,3	5,8	65,8	7,0
Austrália	173,0	6,0	68,5	8,4
Estados Unidos da América	174,5	6,6	72,2	10,6
Alemanha	174,9	6,1	72,3	8,1
Canadá	177,4	6,1	76,4	9,9
Noruega	177,5	6,0	70,1	7,5
Bélgica	179,9	5,8	68,6	7,8

* D.P. = Desvio-padrão.

4.2 Realização das medições

Sempre que for possível e economicamente justificável, as medições antropométricas devem ser realizadas diretamente, tomando-se uma amostra significativa de sujeitos que serão usuários ou consumidores do objeto a ser projetado. Por exemplo, para se dimensionar cabinas de ônibus, deve-se medir os motoristas de ônibus, que serão os seus usuários.

As medidas antropométricas podem variar de acordo com a classe social, dentro de uma mesma população. Nos EUA, existem estudos demonstrando que os executivos, em geral, são mais altos que a média dos trabalhadores da empresa. Assim, para dimensionar utensílios de cozinha, deve-se considerar que, em países desenvolvidos como os EUA, Japão e países europeus, as próprias donas-de-casa de classe média farão uso dos mesmos. No Brasil, onde ainda existem empregadas domésticas trabalhando em famílias de classe média, serão elas as usuárias desses utensílios. Portanto, o correto seria que esses utensílios fossem projetados para as empregadas e não para as donas-de-casa, considerando-se que o nível social influi nas dimensões antropométricas.

A execução dessas medições compreende as etapas de definição de objetivos, definição das medidas, escolha dos métodos de medidas, seleção da amostra, as medições e as análises estatísticas.

Definição de objetivos

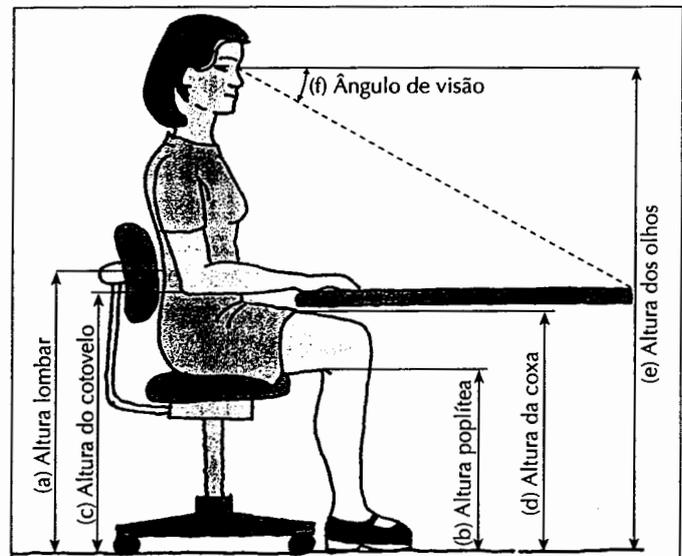
A primeira providência é definir **onde** ou **para quê** serão utilizadas as medidas antropométricas. Dessa definição decorre a aplicação da antropometria estática ou dinâmica, escolha das variáveis a serem medidas e os detalhamentos ou precisões com que essas medidas devem ser realizadas.

Por exemplo, para o projeto de um posto de trabalho para digitadores, devem ser tomadas pelo menos seis medidas críticas (Figura 4.9) do operador sentado:

- a) altura lombar (encosto da cadeira)
- b) altura poplíteia (altura do assento)
- c) altura do cotovelo (altura da mesa)
- d) altura da coxa (espaço entre o assento e a mesa)
- e) altura dos olhos (posicionamento do monitor)
- f) ângulo de visão

Essas medidas já podem ser insuficientes para um outro tipo de posto de trabalho, como caixa de supermercado, que deve manipular a mercadoria para conferir o seu código ou preço, exigindo, portanto maior movimentação corporal. Nesse caso, deveriam ser incluídas outras medidas, como o alcance do braço.

Figura 4.9
Principais dimensões antropométricas a serem consideradas no projeto de um posto de trabalho para a pessoa sentada.



Antropometrias estáticas, dinâmica e funcional

A antropometria **estática** é aquela em que as medidas se referem ao corpo parado ou com poucos movimentos e as medições realizam-se entre pontos anatômicos claramente identificados. Ela deve ser aplicada ao projeto de objetos sem partes móveis ou com pouca mobilidade, como no caso do mobiliário em geral. A maior parte das tabelas existentes é de antropometria estática. O seu uso é recomendado apenas para projetos em que o homem executa poucos movimentos.

A antropometria **dinâmica** mede os alcances dos movimentos. Os movimentos de cada parte do corpo são medidos mantendo-se o resto do corpo estático. Exemplo: alcance máximo das mãos com a pessoa sentada. Deve-se aplicar a antropometria **dinâmica** nos casos de trabalhos que exigem muitos movimentos corporais ou quando se devem manipular partes que se movimentam em máquinas ou postos de trabalho.

As medidas antropométricas relacionadas com a execução de tarefas específicas, são chamadas de antropometria **funcional**. Na prática, observa-se que cada parte do corpo não se move isoladamente, mas há uma conjugação de diversos movimentos para se realizar uma função. O alcance das mãos, por exemplo, não é limitado pelo comprimento dos braços. Envolve também o movimento dos ombros, rotação do tronco, inclinação das costas e o tipo de função que será exercido pelas mãos (as mãos podem exercer 17 funções diferentes, como agarrar, posicionar e montar — ver Barnes, 1977).

Passando-se da antropometria estática para a dinâmica e, desta para a funcional, observa-se um aumento do grau de complexidade, exigindo-se também instrumentos de medida mais complexos.

Definição das medidas

A definição das medidas envolve a descrição dos pontos do corpo, entre os quais serão tomadas as medidas. Uma descrição mais detalhada indica a postura do corpo, os instrumentos antropométricos a serem utilizados e a técnica de medida a ser utilizada, além de outras condições. Por exemplo, a estatura pode ser medida com ou sem calçado e o peso, com ou sem roupa.

Em geral, cada medição a ser efetuada deve especificar claramente a sua localização, direção e postura. A localização indica o ponto do corpo que é medido a partir de uma outra referência (piso, assento, superfície vertical ou outro ponto do corpo); a direção indica, por exemplo, se o comprimento do braço é medido na horizontal, vertical ou outra posição; e a postura indica a posição do corpo (sentado, em pé ereto, relaxado).

Exemplo: *comprimento ombro-cotovelo* — “Medir a distância vertical entre o ombro, acima da articulação do úmero com a escápula, até a parte inferior do cotovelo direito, usando um antropômetro, com a pessoa sentada e o braço pendendo ao lado do corpo, com o antebraço estendendo-se horizontalmente” (Figura 4.10).

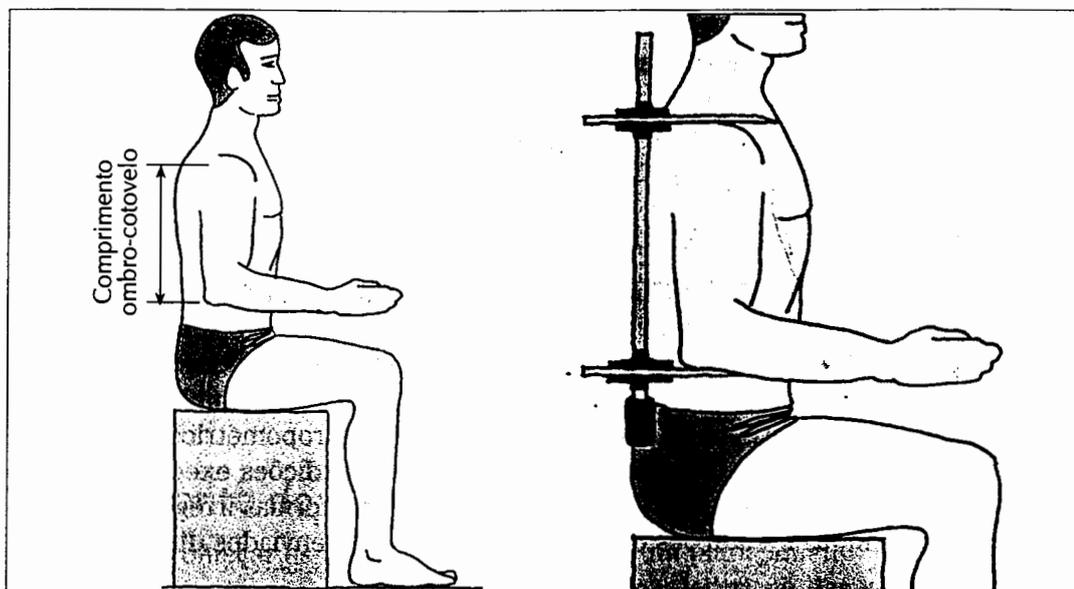


Figura 4.10
A figura mostra a postura e os pontos entre os quais deve ser feita a medida antropométrica do comprimento ombro-cotovelo.

Escolha dos métodos de medição

Os métodos para realizar as medições antropométricas se classificam basicamente em dois tipos: diretos e indiretos.

Os métodos **diretos** envolvem instrumentos que entram em contato físico com o organismo. Usam-se réguas, trenas, fitas métricas, raios laser, esquadros, paquímetros, transferidores, balanças, dinamômetros e outros instrumentos semelhantes. São tomadas medidas lineares, angulares, pesos, forças e outras. Na bibliografia (ver Roebuck, Kroemer e Thomson, 1975), pode-se observar dezenas de aparelhos especialmente construídos para determinadas medidas antropométricas. A Figura 4.11 apresenta exemplo de uma “gaiola” especialmente construído para medir alcance dos braços, usando-se réguas graduadas (Dempsey, 1953).

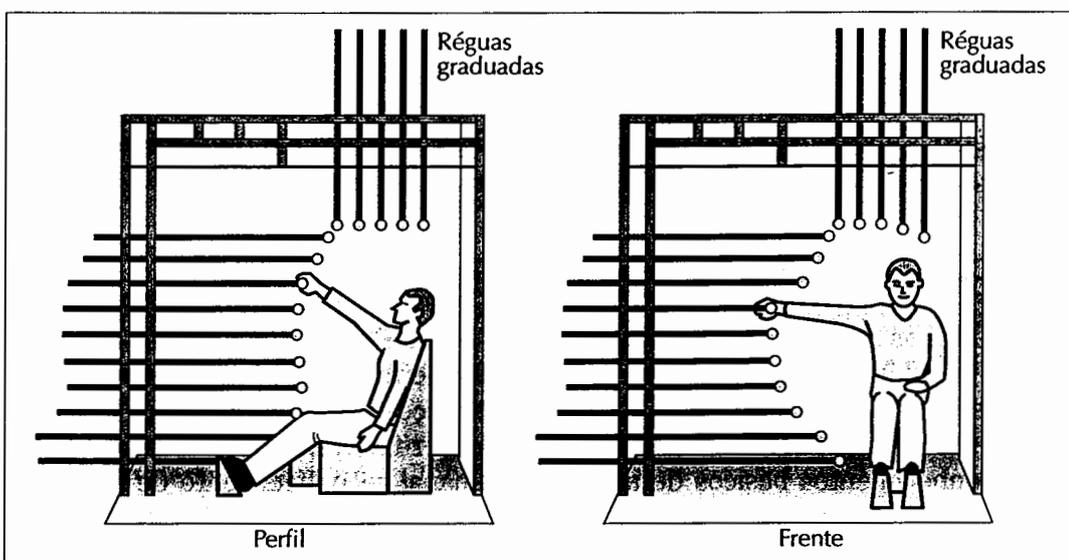


Figura 4.11
Aparelho especialmente construído para medir o alcance das mãos na posição sentada, (Dempsey, 1953).

As medições **indiretas** geralmente envolvem fotos do corpo ou partes dele contra uma malha quadriculada. Uma variante dessa técnica é a de traçar o contorno da sombra projetada sobre um anteparo transparente ou translúcido. As medidas são então tomadas posteriormente da imagem, podendo haver uma correção do paralaxe. Essas técnicas são interessantes para se tomar medidas de contornos complicados ou de movimentos. Quando se desejam certos tipos de detalhes, pode ser necessário fazer uma montagem mais ou menos complicada para a obtenção da imagem, envolvendo 2 a 3 câmaras fotográficas situadas em diferentes posições e conjugadas com espelhos.

Desenvolvimentos recentes em fotogrametria digital permitem associar as imagens digitais ou digitalizadas aos métodos computacionais. Um exemplo desses *softwares* é o *Digita*, que permite fazer o registro de pontos antropométricos, a partir de fotografias digitais, gerando uma planilha com todas as medições executadas (Barros, 2004). Outras técnicas usam o raio laser para registrar formas irregulares. Essas técnicas permitem fazer rotações do corpo e os dados são enviados diretamente ao computador.

Seleção da amostra

A amostra dos sujeitos a serem medidos, evidentemente, deve ser **representativa** do universo onde serão aplicados os resultados. Nessa escolha, devem ser determinadas as características biológicas, inatas, e aquelas adquiridas pelo treinamento ou pela experiência no trabalho. Entre as características biológicas citam-se o sexo, idade, biótipo e deficiências físicas. As adquiridas são devido à profissão, esportes, nível de renda e outros.

Já vimos que pessoas de biótipos diferentes apresentam certas preferências profissionais e, além disso, muitas profissões apresentam critérios de seleção para seus candidatos, como no caso do serviço militar ou de jogadores de vôlei, enquanto outras profissões apresentam predomínio de um dos sexos.

A docência fundamental e a enfermagem geralmente são dominadas por mulheres, assim como existem diversas ocupações com predominância do elemento masculino, como na construção civil. Todas essas características fazem com que a amostra de pessoas que ocupam uma determinada atividade seja diferente, se comparadas com a população em geral.

Medições

Para realizar as medições propriamente ditas, poderão ser adotados certos cuidados prévios. Entre eles se inclui a elaboração de um roteiro para a tomada de medidas e o desenho de formulários apropriados para as anotações das mesmas. As pessoas envolvidas nas medições (medidores) deverão receber um treinamento prévio, abrangendo conhecimentos básicos de anatomia humana, reconhecimento de posturas, identificação dos pontos de medida e uso correto dos instrumentos de medida. Deve ser feito um teste inicial, após o treinamento, antes de se passar às medições reais,

medindo-se um determinado grupo de sujeitos e analisando-se os resultados obtidos por diversos medidores. Deve-se verificar se há **consistência** entre eles.

Pode-se escolher um determinado sujeito como “padrão” para efeito de controle de qualidade dos procedimentos adotados. As diversas pessoas que realizam as medidas devem, de vez em quando, medir esse “padrão” para se verificar se os seus procedimentos continuam **consistentes** e se os resultados obtidos correspondem aos do “padrão” adotado. Nos casos de divergências em relação ao padrão, acima de um certo limite de tolerância, o medidor respectivo deveria ser submetido a um novo treinamento. Esse procedimento é aconselhável para medições antropométricas de grandes amostras (milhares de sujeitos), onde muitos medidores são envolvidos durante vários meses de trabalho (Ferreira,1998).

Planejamento do experimento

Antes de se começar as medições, deve-se fazer um planejamento do experimento. Esse planejamento envolve as definições sobre: a) descrição das variáveis a serem medidas; b) a precisão desejada, que vai influir no tamanho da amostra; c) amostragem dos sujeitos, envolvendo os tipos e a quantidade de pessoas a serem medidas; d) os procedimentos a serem adotados, descrevendo como serão efetuadas as medições (Chapanis, 1959).

O **tamanho da amostra**, ou seja, a quantidade de sujeitos que precisam ser medidos, pode ser calculado estatisticamente. Ela depende da variabilidade da medida e da precisão que se deseja. Teoricamente, se uma determinada medida não tiver variações, bastaria fazer apenas uma única medição. Se, por outro lado, as pessoas apresentarem grandes diferenças individuais, a amostra deve ser maior.

Apenas como referência, as medidas adotadas pelas forças armadas no EUA são geralmente baseadas em amostras de 3 a 5 mil sujeitos. Para a OMS (Organização Mundial de Saúde, 1995), as dimensões antropométricas a serem usadas como padrão devem basear-se em uma amostragem mínima de 200 pessoas. Entretanto, para a maioria das aplicações em ergonomia, em que não se exigem graus de confiança superiores a 90 ou 95%, amostras de 30 a 50 sujeitos geralmente são satisfatórios, desde que se refiram a populações homogêneas (não misturar homens com mulheres, adultos com adolescentes).

Análises estatísticas

Para se fazer a análise estatística, a variável pode ser dividida em classes ou intervalos. Por exemplo, no caso da estatura, se as medidas extremas de uma população oscilam entre 156 a 201 cm, pode-se dividir em 15 classes, com 3 cm de intervalo entre uma classe e outra. A última classe, no caso, abrangeria as medidas de 198,0 a 200,9 cm. Supondo que haja apenas uma pessoa nesse intervalo, medindo 199cm, a frequência dessa classe será 1 (Tabela 4.3)

Tendo-se as frequências, pode-se construir um gráfico chamado **histograma**, que é representado por barras de alturas proporcionais às frequências de cada classe.

Pode-se também fazer uma outra representação gráfica, chamada de **polígono de freqüências**, unindo-se os pontos médios dos patamares do histograma. Além disso, pode-se também construir o polígono de percentagens acumuladas, somando-se cumulativamente as percentagens de cada classe.

TABELA 4.3

Distribuição das freqüências das estaturas de 2 960 cadetes da Força Aérea dos EUA (Chapanis, 1962)

Classe	Intervalo (cm)	Freqüências absolutas	Freqüências acumuladas	Percentagens acumuladas
1	156-158,9	3	3	0,1
2	159-161,9	17	20	0,7
3	162-164,9	68	88	3,0
4	165-167,9	208	296	10,0
5	168-170,9	377	673	22,7
6	171-173,9	467	1 140	38,5
7	174-176,9	575	1 715	57,9
8	177-179,9	522	2 237	75,6
9	180-182,9	358	2 595	87,7
10	183-185,9	226	2 821	95,3
11	186-188,9	87	2 908	98,2
12	189-191,9	42	2 950	99,7
13	192-194,9	7	2 957	99,9
14	195-197,9	2	2 959	100,0
15	198-200,9	1	2 960	100,0
Total		2 960	2 960	100,0%

O polígono da Figura 4.12 assemelha-se a uma distribuição normal ou de Gauss. Muitas medidas biológicas e psicológicas seguem essa distribuição. Nessa distribuição, as maiores freqüências se concentram nas classes centrais e elas vão decrescendo, simetricamente, nas duas extremidades. No caso da Tabela 4.3, significa que é mais fácil encontrar pessoas com 174 a 179,9 cm e elas se tornam escassas nas classes abaixo de 158,9 cm ou acima de 198 cm.

A **distribuição normal** é representada por dois parâmetros: a média e a desvio-padrão (ver fórmula para cálculo em livros de Estatística, como o de Costa Neto, 1997). A média é obtida pela soma de todos os valores, dividido pela quantidade de medidas realizadas. O desvio-padrão representa a dispersão das medidas. Se todas as medidas forem iguais, o desvio padrão será zero. Se o seu valor for pequeno, significa que há uma grande concentração das medias em torno da média. Entretanto, se

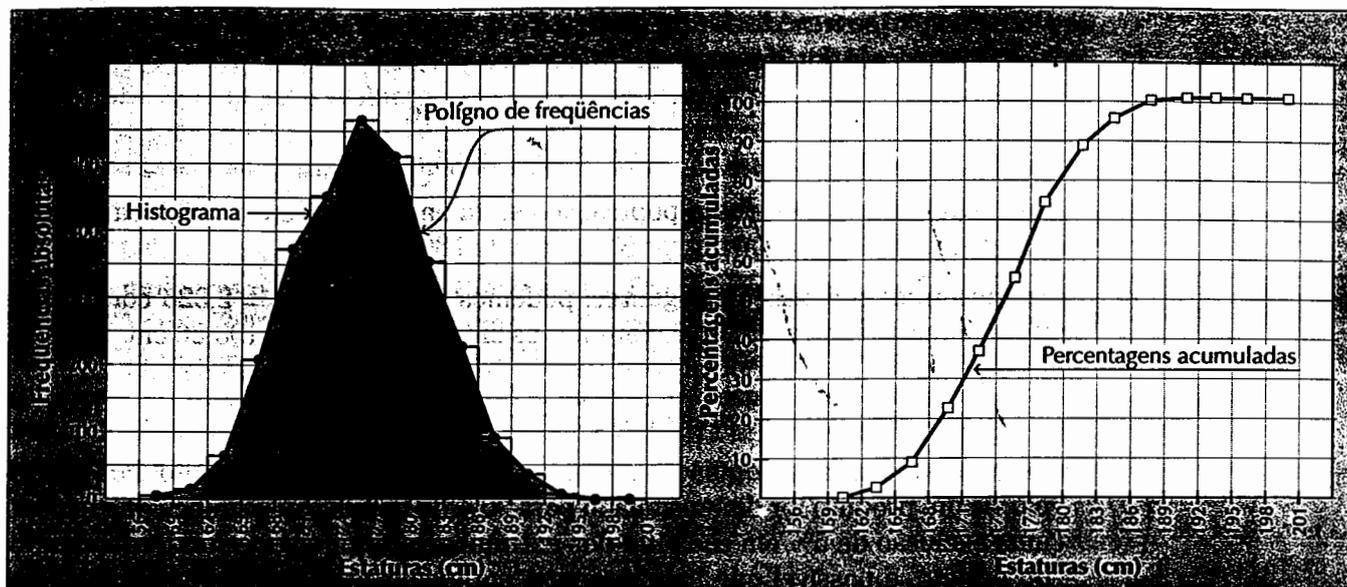


Figura 4.12
Representações gráficas da distribuição de frequências.

esse valor for grande, significa que há uma grande dispersão das medidas em torno da média. Por exemplo, o perímetro da cabeça não difere muito entre as pessoas – o desvio padrão será pequeno. Entretanto, ao perímetro do abdômen já apresentará um desvio padrão maior.

O intervalo de confiança é obtido pela fórmula:

$$x = \bar{x} \pm k \cdot s$$

Onde \bar{x} é a média e s é o desvio-padrão. Os coeficientes k indicam nível de confiança e são apresentados na Tabela 4.4.

TABELA 4.4

Valores do coeficiente k para cálculo dos intervalos de confiança

0,00	50	50
0,67	25	75
0,84	20	80
1,00	16,6	83,5
1,28	10	90
1,65	5	95
1,96	2,5	97,5
2,326	1	99
2,576	0,5	99,5

Por exemplo, se a média for de 170 cm e o desvio-padrão de 10 cm, podemos calcular o intervalo de 5 a 95% usando o valor de $k = 1,65$.

$$\text{para } 5\% = 170 - 1,65 \times 10 = 153,5 \text{ cm}$$

$$\text{para } 95\% = 170 + 1,65 \times 10 = 186,5 \text{ cm}$$

Isso significa que 90% dessa população estará entre 153,5 cm e 186,5 cm, sendo há 5% abaixo de 153,5 cm e outros 5% acima de 186,5 cm.

Se quisermos ser mais abrangentes, podemos usar o fator $k = 2,326$ correspondente ao intervalo entre 1 e 99%. Teremos os limites de 146,74 a 193,26 cm. Isso significa que haverá 1% da população abaixo de 146,74 cm e 1% acima de 193,26 cm.

O uso desses percentis apresenta duas vantagens:

- a) Permite especificar a população incluída (ou excluída) em um projeto. Por exemplo, se um produto for dimensionado para 90% da população, significa que haverá uma exclusão de 5% em cada um dos extremos, inferior e superior. Dependendo do projeto, é possível que haja interesse em incluir uma percentagem maior ou menor dessa população.
- b) Permite selecionar as pessoas para testes. Por exemplo, um posto de trabalho para caixa de supermercado pode ser dimensionado para a média. Entretanto, deseja-se saber como comportar-se-iam os extremos da população. Nesse caso, pode-se selecionar alguém que represente 5% da população e outra, 95%, para realizar os testes. É possível que esse posto, mesmo sendo projetado para a média, acabe acomodando satisfatoriamente os dois extremos, introduzindo-se pequenas adaptações para eles.

4.3 Antropometria estática

Na antropometria estática, as medidas são realizadas com o corpo **parado** ou com poucos movimentos. Essas medidas de antropometria estática da população já são realizadas há muito tempo, principalmente pelas forças armadas. Mas, como já vimos, a partir da década de 1950, começaram a adquirir maior significado econômico. Um produto melhor adaptado à anatomia do usuário pode significar maior conforto, menores riscos de acidentes e de doenças ocupacionais.

Hoje são disponíveis muitas medidas antropométricas, realizadas principalmente na Alemanha e nos EUA, mas também de outros países. Recentemente, a partir da década de 1990, surgiram também medidas de povos asiáticos, em consequência da emergência econômica dessa região.

Tabelas de medidas estrangeiras

Uma das tabelas de medidas antropométricas mais completas que se conhece é a norma alemã DIN 33402 de junho de 1981. Ela apresenta medidas de 54 variáveis do corpo, sendo 9 do corpo em pé, 13 do corpo sentado, 22 da mão, 3 dos pés e 7 da cabeça. Para cada variável, a norma descreve os pontos entre os quais são tomadas

as medidas, a postura adotada durante a medida e o instrumento de medida usado em cada caso. Os resultados são apresentados em percentís de 5%, 50% e 95% da população de homens e mulheres, para 19 faixas etárias, entre 3 a 65 anos de idade, e a média para adultos, entre 16 a 60 anos. Essa norma não fornece dados sobre os pesos. As principais variáveis apresentadas podem ser vistas na Figura 4.13 e os respectivos valores, na Tabela 4.5.

Em 1988, o Exército dos EUA realizou um amplo levantamento antropométrico de 2208 mulheres e 1774 homens (Tabela 4.6). Entre as mulheres, 46% tinham menos de 25 anos, 32% entre 25 e 30 anos e 22% tinham mais de 31 anos. Entre os homens, 45% tinham menos de 25 anos, 25% entre 25 e 30 anos e 30% tinham mais de 31 anos. Cerca de 51% eram brancos, 42% negros, 3% hispânicos e 4% outras etnias. Segundo Kroemer *et al.* (1994), este seria uma amostra representativa da população adulta dos EUA.

Figura 4.13
Principais variáveis usadas em medidas de antropometria estática do corpo.

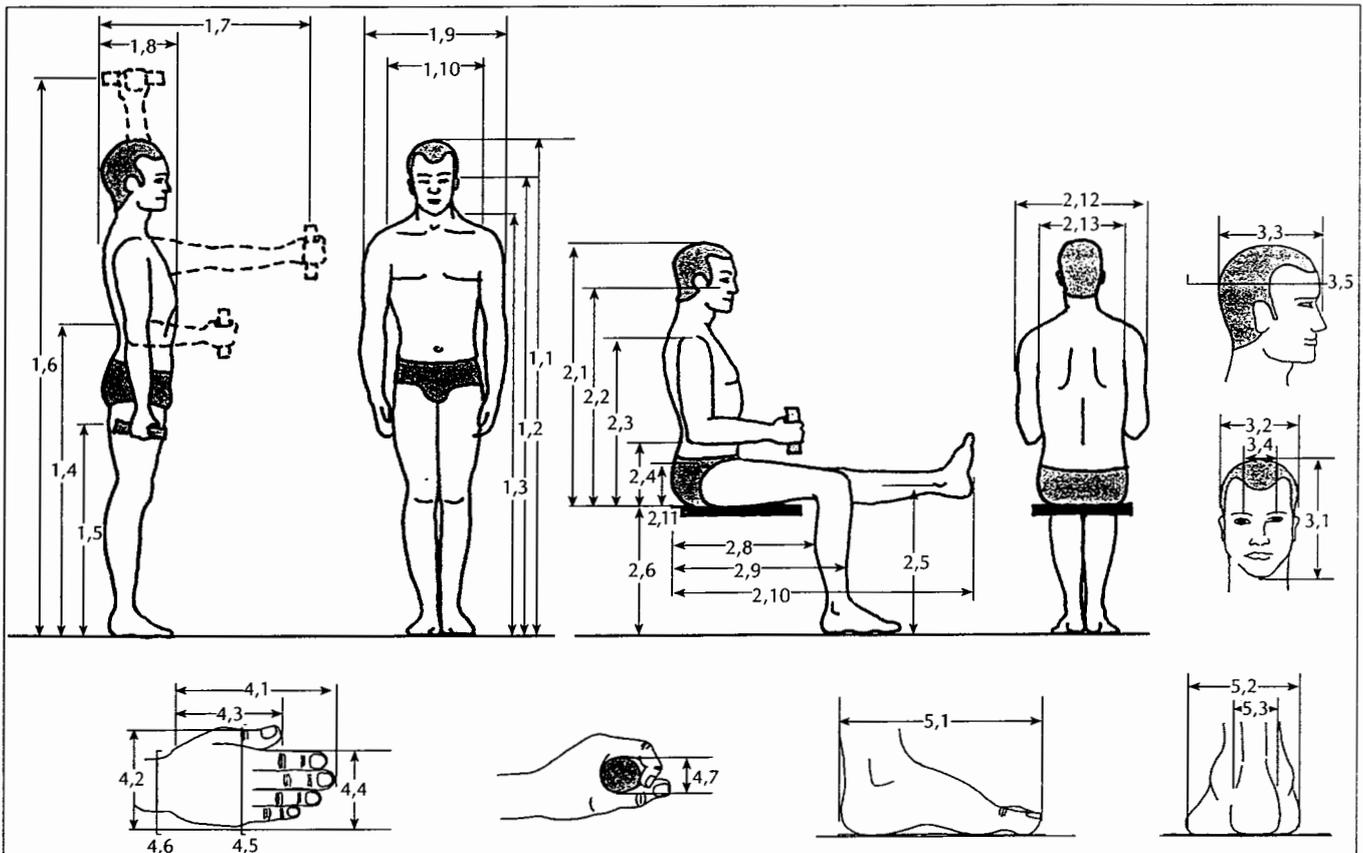


TABELA 4.5

Medidas de antropometria estática, resumidas da norma alemã DIN 33402 de 1981.
As numerações das medidas correspondem às da Figura 4.13. Origem: Alemanha

Medidas de antropometria estática (cm)		Mulheres			Homens		
		5%	50%	95%	5%	50%	95%
1 CORPO EM PÉ	1.1 Estatura, corpo ereto	151,0	161,9	172,5	162,9	173,3	184,1
	1.2 Altura dos olhos, em pé, ereto	140,2	150,2	159,6	150,9	161,3	172,1
	1.3 Altura dos ombros, em pé, ereto	123,4	133,9	143,6	134,9	144,5	154,2
	1.4 Altura do cotovelo, em pé, ereto	95,7	103,0	110,0	102,1	109,6	117,9
	1.5 Altura do centro da mão, braço pendido, em pé	66,4	73,8	80,3	72,8	76,7	82,8
	1.6 Altura do centro da mão, braço erguido, em pé	174,8	187,0	200,0	191,0	205,1	221,0
	1.7 Comprimento do braço, na horizontal, até o centro da mão	61,6	69,0	76,2	66,2	72,2	78,7
	1.8 Profundidade do corpo, na altura do tórax	23,8	28,5	35,7	23,3	27,6	31,8
	1.9 Largura dos ombros, em pé	32,3	35,5	38,8	36,7	39,8	42,8
	1.10 Largura dos quadris, em pé	31,4	35,8	40,5	31,0	34,4	36,8
2 CORPO SENTADO	2.1 Altura da cabeça, a partir do assento, tronco ereto.	80,5	85,7	91,4	84,9	90,7	96,2
	2.2 Altura dos olhos, a partir do assento, tronco ereto	68,0	73,5	78,5	73,9	79,0	84,4
	2.3 Altura dos ombros, a partir do assento, tronco ereto	53,8	58,5	63,1	56,1	61,0	65,5
	2.4 Altura do cotovelo, a partir do assento, tronco ereto	19,1	23,3	27,8	19,3	23,0	28,0
	2.5 Altura do joelho, sentado	46,2	50,2	54,2	49,3	53,5	57,4
	2.6 Altura poplíteia (parte inferior da coxa)	35,1	39,5	43,4	39,9	44,2	48,0
	2.7 Comprimento do antebraço, na horizontal, até o centro da mão	29,2	32,2	36,4	32,7	36,2	38,9
	2.8 Comprimento nádega-poplíteia	42,6	48,4	53,2	45,2	50,0	55,2
	2.9 Comprimento da nádega-joelho	53,0	58,7	63,1	55,4	59,9	64,5
	2.10 Comprimento nádega-pé, perna estendida na horizontal	95,5	104,4	112,6	96,4	103,5	112,5
	2.11 Altura da parte superior das coxas	11,8	14,4	17,3	11,7	13,6	15,7
	2.12 Largura entre os cotovelos	37,0	45,6	54,4	39,9	45,1	51,2
	2.13 Largura dos quadris, sentado	34,0	38,7	45,1	32,5	36,2	39,1
3 CABEÇA	3.1 Comprimento vertical da cabeça	19,5	21,9	24,0	21,3	22,8	24,4
	3.2 Largura da cabeça, de frente	13,8	14,9	15,9	14,6	15,6	16,7
	3.3 Largura da cabeça, de perfil	16,5	18,0	19,4	18,2	19,3	20,5
	3.4 Distância entre os olhos	5,0	5,7	6,5	5,7	6,3	6,8
	3.5 Circunferência da cabeça	52,0	54,0	57,2	54,8	57,3	59,9
4 MÃOS	4.1 Comprimento da mão	15,9	17,4	19,0	17,0	18,6	20,1
	4.2 Largura da mão	8,2	9,2	10,1	9,8	10,7	11,6
	4.3 Comprimento da palma da mão	9,1	10,0	10,8	10,1	10,9	11,7
	4.4 Largura da palma da mão	7,2	8,0	8,5	7,8	8,5	9,3
	4.5 Circunferência da palma	17,6	19,2	20,7	19,5	21,0	22,9
	4.6 Circunferência do pulso	14,6	16,0	17,7	16,1	17,6	18,9
	4.7 Cilindro de pega máxima (diâmetro)	10,8	13,0	15,7	11,9	13,8	15,4
5 PÉS	5.1 Comprimento do pé	22,1	24,2	26,4	24,0	26,0	28,1
	5.2 Largura do pé	9,0	9,7	10,7	9,3	10,0	10,7
	5.3 Largura do calcanhar	5,6	6,2	7,2	6,0	6,6	7,4

TABELA 4.6
Dimensões antropométricas de adultos norte-americanos (Kroemer et. al. 1994)

Medidas (cm)	Mulheres				Homens			
	5%	50%	95%	D.P.	5%	50%	95%	D.P.
1 CORPO EM PÉ								
1.1 Estatura, corpo ereto	152,78	162,94	173,73	6,36	164,69	175,58	186,65	6,68
1.2 Altura dos olhos, em pé	141,52	151,61	162,13	6,25	152,82	163,39	174,29	6,57
1.3 Altura dos ombros, em pé	124,09	133,36	143,20	5,79	134,16	144,25	154,56	6,20
1.4 Altura do cotovelo, em pé	92,63	99,79	107,40	4,48	99,52	107,25	115,28	4,81
1.5 Altura do centro da mão, em pé	72,79	79,03	85,51	3,86	77,79	84,65	91,52	4,15
1.8 Profundidade do tórax	20,86	23,94	27,78	2,11	20,96	24,32	28,04	2,15
2 CORPO SENTADO								
2.1 Altura da cabeça, sentado, a partir do assento	79,53	85,20	91,02	3,49	85,45	91,39	97,19	3,56
2.2 Altura dos olhos, sentado, a partir do assento	68,46	73,87	79,43	3,32	73,50	79,20	84,80	3,42
2.3 Altura dos ombros, sentado, acima do assento	50,91	55,55	60,36	2,86	54,85	59,78	64,63	2,96
2.4 Altura do cotovelo, acima do assento	17,57	22,05	26,44	2,68	18,41	23,06	27,37	2,72
2.6 Comprimento nádega- joelho, sentado	54,21	58,89	63,98	2,96	56,90	61,64	66,74	2,99
2.9 Comprimento nádega-poplíteia, sentado	44,00	48,17	52,77	2,66	45,81	50,04	54,55	2,66
2.11 Altura das coxas, acima do assento	14,04	15,89	18,02	1,21	14,86	16,82	18,99	1,26
2.13 Largura dos quadris, sentado	34,25	38,45	43,22	2,72	32,87	36,68	41,16	2,52
3 CABEÇA								
3.2 Largura da cabeça	13,66	14,44	15,27	0,49	14,31	15,17	16,08	0,54
3.4 Distância entre olhos	5,66	6,23	6,85	0,36	5,88	6,47	7,10	0,37
3.5 Circunferência da cabeça	52,25	54,62	57,05	1,46	54,27	56,77	59,35	1,54
4 MÃOS								
4.1 Comprimento da mão	16,50	18,05	19,69	0,97	17,87	19,38	21,06	0,98
4.4 Largura da palma	7,34	7,94	8,56	0,38	8,36	9,04	9,76	0,42
4.5 Circunferência da palma	17,25	18,62	20,03	0,85	19,85	21,38	23,03	0,97
5 PÉS								
5.1 Comprimento do pé	22,44	24,44	26,46	1,22	24,88	26,97	29,20	1,31
5.2 Largura do pé	8,16	8,97	9,78	0,49	9,23	10,06	10,95	0,53
7 PESO (kg)	39,2*	62,01	84,8*	13,8*	57,7*	78,49	99,3*	12,6*

OBS. As numerações das medidas referem-se à Figura 4.13 (*) Valores estimados (Kroemer, 1981)

Devido à grande importância, principalmente para os projetistas, menciona-se o excelente trabalho *Human Scale* (Diffrient, Tilley e Bardagiy, 1974), baseado em medidas norte-americanas. Os autores coletaram medidas antropométricas para os três tipos físicos, (ectomorfo, mesomorfo e endomorfo) e diversas medidas detalhadas de partes do corpo, cabeça, mão, pés. Esses dados foram organizados em cartões, para facilitar o uso dos mesmos em projetos.

Outra publicação importante é o *Dimensionamento Humano para Espaços Interiores* (Tradução de *Human Dimension & Interior Space*) de Panero e Zelnik, 2002. Apresenta as dimensões antropométricas de adultos em percentis de 1, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95 e 99% para faixas etárias de 18-24, 25-30, 35-44, 45-54, 55-64, 65-74 e 75-79 anos. São também apresentadas medidas antropométricas de crianças de 6 a 11 anos, além de exemplos de aplicações no projeto de escritórios, bares, restaurantes, consultórios médicos, odontológicos e outros. As medidas foram compiladas de várias fontes disponíveis, principalmente da publicação *Weight, Hight and Selected Dimensions of Adults*, publicado pela do U.S. Public Health Service, baseado em 6672 medidas de adultos (civis) da população norte-americana. A Tabela 4.7 apresenta um resumo das mesmas.

Comparando as medidas apresentadas nas Tabelas 4.5, 4.6 e 4.7 verificam-se pequenas diferenças entre elas. Isso pode ser explicado pelas diferenças de amostragem, critérios de medições ou época em que foram realizadas.

TABELA 4.7

Medidas de antropometria estática da população norte-americana, baseadas em uma amostra de 52 744 homens de 18 a 79 anos e 53 343 mulheres de 18 a 79 anos, realizada entre 1960 e 1962 (US Public Health Service Publication n.1000 – Série 11, 1965). Origem: EUA

Medidas de antropometria estática (cm)	Mulheres			Homens		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
1.0 Peso (kg)	47,2	62,1	90,3	57,2	75,3	96,2
1.1 Estatura, corpo ereto	149,9	159,8	170,4	161,5	173,5	184,9
2.1 Altura da cabeça, sentado a partir do assento, ereto	78,5	84,8	90,7	84,3	90,7	96,5
2.4 Altura do cotovelo, a partir do assento, natural	18,0	23,4	27,9	18,8	24,1	29,5
2.5 Altura do joelho, sentado	45,5	49,8	54,6	49,0	54,4	59,4
2.6 Altura poplíteia (parte inferior da coxa)	35,6	39,9	44,5	39,3	43,9	49,0
2.8 Comprimento da nádega-poplíteia	43,2	48,0	53,3	43,9	49,0	54,9
2.8 Comprimento da nádega-joelho	51,8	56,9	62,5	54,1	59,2	64,0
2.11 Altura das coxas, a partir do Assento	10,4	13,7	17,5	10,9	14,9	17,5
2.12 Largura entre os cotovelos	31,2	38,4	49,0	34,8	41,9	50,5
2.13 Largura dos quadris, sentado	31,2	36,3	43,4	31,0	35,6	40,4

OBS: As numerações das medidas referem-se à Figura 4.13

Medidas brasileiras

Ainda não existem medidas abrangentes e confiáveis da população brasileira. Entretanto, diversos levantamentos já foram realizados, quase sempre restritos a determinadas regiões e ocupações profissionais. Apenas para efeito ilustrativo, apresentamos dois resultados de levantamentos efetuados.

O Instituto Nacional de Tecnologia (1988) realizou um levantamento antropométrico em 26 empresas industriais do Rio de Janeiro, abrangendo 3100 trabalhadores (só homens adultos), dividido em duas partes. Na primeira, foram medidos 42 variáveis antropométricas e 3 variáveis biomecânicas, cujo resumo é apresentado na Tabela 4.8. Na segunda, foram medidas 26 variáveis antropométricas destinadas à confecção de vestuário.

TABELA 4.8

Medidas de antropometria estática de trabalhadores brasileiros, baseadas em uma amostra de 3 100 trabalhadores do Rio de Janeiro (Ferreira, 1988)
Origem: Brasil

Medidas de antropometria estática (cm)		Homens			
		5%	50%	95%	
1 CORPO EM PÉ	1.0 Peso (kg)	52,3	66,0	85,9	
	1.1 Estatura, corpo ereto	159,5	170,0	181,0	
	1.2 Altura dos olhos, em pé, ereto	149,0	159,5	170,0	
	1.3 Altura dos ombros, em pé, ereto	131,5	141,0	151,0	
	1.4 Altura do cotovelo, em pé ereto	96,5	104,5	112,0	
	1.7 Compr. do braço na horizontal, até a ponta dos dedos	79,5	85,5	92,0	
	1.8 Profundidade do tórax (sentado)	20,5	23,0	27,5	
	1.9 Largura dos ombros (sentado)	40,2	44,3	49,8	
	1.10 Largura dos quadris, em pé	29,5	32,4	35,8	
	1.11 Altura entre pernas	71,0	78,0	85,0	
	2 CORPO SENTADO	2.1 Altura da cabeça, a partir do assento, corpo ereto	82,5	88,0	94,0
2.2 Altura dos olhos, a partir do assento, corpo ereto		72,0	77,5	83,0	
2.3 Altura dos ombros, a partir do assento, ereto		55,0	59,5	64,5	
2.4 Altura do cotovelo, a partir do assento		18,5	23,0	27,5	
2.5 Altura do joelho, sentado		49,0	53,0	57,5	
2.6 Altura poplíteia, sentado		39,0	42,5	46,5	
2.8 Comprimento nádega-poplíteia		43,5	48,0	53,0	
2.9 Comprimento nádega-joeelho		55,0	60,0	65,0	
2.11 Largura das coxas		12,0	15,0	18,0	
2.12 Largura entre cotovelos		39,7	45,8	53,1	
2.13 Largura dos quadris (em pé)		29,5	32,4	35,8	
5 PÉS		5.1 Comprimento do pé	23,9	25,9	28,0
		5.2 Largura do pé	9,3	10,2	11,2

OBS: As numerações das medidas referem-se à Figura 4.13

Couto (1995) apresenta os resultados resumidos de um levantamento realizado com 400 trabalhadores masculinos da região paulista do ABC. Levantamento semelhante foi realizado com 100 trabalhadoras de escritório em uma fábrica, também do ABC (Tabela 4.9).

Realizou-se um levantamento antropométrico com uma amostra de 200 pessoas, moradoras de Recife, entre 18 a 65 anos, de ambos os sexos, usando-se a técnica da fotogrametria digital (Barros, 2004). No total, foram tomadas 19 medidas. As estaturas médias foram de 157,5 e 173,5 cm, respectivamente, para mulheres e homens, e as alturas poplíteas, 39,4 e 44,7 cm.

TABELA 4.9

Medidas de 400 trabalhadores em fábricas e 100 trabalhadoras de escritório na região paulista do ABC (Couto, 1995) Origem: Brasil

Medidas antropométricas estática (cm)	Mulheres					Homens				
	5%	50%	95%	Média	D.P.	5%	50%	95%	Média	D.P.
1.1 Estatura	149	159	169	158,8	6,13	160	171,5	183,5	171,5	6,79
1.2 Altura dos olhos	138,5	147,5	157,5	147,6	5,98	149	159,5	172	160	6,61
1.3 Altura dos ombros	122	131	139,5	131	5,45	133	143	154,5	143,2	6,46
1.4 Altura dos cotovelos	92,5	99,5	107	99,5	4,29	100,5	109	118	109,1	5,31
1.5 Altura das mãos	56,5	61,5	67	61,8	3,31	59,5	66	73	66,1	4,31
1.9 Largura do tronco	34	38	44	38,9	3,27	36	43	49	42,8	4,70
1.10 Largura do quadril	33	39	45	39,1	4,03	29	36	42	35,5	3,63
2.6 Altura poplíteia.	36,5	40,5	45,5	40,9	2,56	44	48,5	53	48,8	2,75
2.9 Compr. poplíteia-nádegas	41,6	45,5	49	45,3	2,62	42,5	47	51	46,9	2,67
4.1 Tamanho da mão	15	16,5	17,5	16,6	1,06	16	18	20	18,2	1,17

OBS.: As numerações das medidas referem-se à Figura 4.13. D.P. = desvio-padrão.

Comparando-se as medidas estrangeiras com aquelas brasileiras, constata-se que aquelas brasileiras são ligeiramente **menores**. Percentualmente, essas diferenças situam-se em torno de 4%, no máximo. Parte dessas diferenças pode ser explicada pelas variações inter-individuais. Mas também podem ocorrer variações seculares, dependendo da época em que as medidas foram realizadas.

Além disso, existem duas outras fontes de variações que podem ser mais significativas. Uma delas é o critério de **amostragem**, que pode ter sido “viciada”, não representado a população em geral. Em muitos casos, essas amostras foram baseadas em contingentes militares ou de trabalhadores industriais. Como já vimos, o próprio critério de seleção para essas ocupações já causa distorção. Outra fonte de variação possível pode estar nos critérios de medição. As estaturas podem ser medidas com o corpo ereto ou relaxado, com calçado ou sem calçado e assim por diante.

Em geral, essas pequenas diferenças não chegam a comprometer a solução da maioria dos problemas em ergonomia. Contudo, nos casos em que se exigem maiores precisões, os dados tabelados devem ser usados apenas como uma primeira **aproximação**. Para se ter maior confiabilidade, é aconselhável fazer as medições diretamente, com uma amostra dos usuários reais de produtos ou serviços. Em outros casos, pode-se fazer um ante-projeto baseando-se nos dados da tabela e depois, testá-lo com alguns usuários reais, fazendo-se os ajustes necessários.

4.4 Antropometrias dinâmica e funcional

A antropometria dinâmica mede o alcance dos movimentos corporais. A funcional, aqueles para execução de uma tarefa, como acionar uma manivela para fechar o vidro do carro.

Os dados de antropometria estática são recomendados para o dimensionamento de produtos e locais de trabalho que envolvem apenas pequenos movimentos corporais. Porém, isso não acontece na maioria dos casos. As pessoas estão quase sempre fazendo movimentos de maior amplitude, manipulando, operando ou transportando algum objeto.

Se o produto ou posto de trabalho for dimensionado com dados da antropometria estática, será necessário, posteriormente, promover alguns **ajustes** para acomodar os principais movimentos corporais. Ou, quando esses movimentos já estão previamente definidos, pode-se usar os dados da antropometria dinâmica, fazendo com que o projeto se aproxime mais das suas condições reais de operação.

Um ajuste mais preciso pode ser realizado pela antropometria funcional. Esta se aplica principalmente quando há uma **conjugação** dos movimentos corporais, executados simultaneamente. Esses movimentos interagem entre si, modificando os alcances, em relação aos valores da antropometria dinâmica. Por exemplo, para apanhar um objeto sobre a mesa, a extensão do braço é acompanhada da inclinação do tronco para frente.

Movimentos articulares

O corpo humano assemelha-se a uma estrutura articulada. Cada junta do corpo pode fazer um movimento angular em uma ou mais direções, em torno de uma articulação. Devido a esses movimentos articulares, é mais fácil realizar movimentos **curvos**, em arco, do que movimentos retos. Estes resultam da conjugação de diversos movimentos articulares. Uma cadeia de ligações complexas como o movimento dos ombros, braços e mãos, têm vários graus de liberdade. A transmissão de força nesse movimento ocorre através dos músculos esqueléticos que se ligam aos ossos.

As articulações são recobertas por uma cartilagem hialina, embebida por uma substância do tipo gel, que serve para **lubrificar** as juntas. Quando há compressão e relaxamento alternados dos músculos, essa cartilagem funciona como uma esponja, expelindo e reabsorvendo líquido. Quando a compressão é mantida por longo tempo, a película líquida desaparece e a lubrificação da junta fica prejudicada. A cartilagem tem pouca capacidade de se regenerar. Em casos de lesão, provocam dores agudas. À medida que a pessoa envelhece, as articulações, principalmente aquelas que sustentam peso, tendem a degenerar-se, dificultando os movimentos.

As mulheres geralmente têm maior mobilidade articular que os homens. Dependendo do movimento, esses valores oscilam entre 105 a 110% em relação aos homens. As pessoas que praticam esportes também apresentam maior capacidade de movimentos articulares e essa flexibilidade pode ser mantida ao longo da vida. Pessoas obesas sofrem redução do movimento articular, devido à massa extra de tecido em torno das articulações.

Um determinado movimento só se torna possível quando há uma **estabilização** da articulação anterior (mais próxima do corpo). Por exemplo, para girar a maçaneta para abrir a porta com o punho, é necessário que o cotovelo e os ombros se estabilizem para suportar a reação requerida para o movimento do punho e transmitir a força necessária a esse movimento.

Os músculos quase sempre trabalham em conjunto com outros músculos para produzir um movimento. Quando ocorre contração de um certo músculo, outros músculos vizinhos são acionados para estabilizar as articulações e permitir o movimento pretendido. Do contrário, o organismo ficaria completamente “mole” e não seria possível transmitir a força. Em movimentos muito repetitivos, quando um músculo se fatiga, outros músculos entram em ação para realizar os mesmos movimentos. Em muitos casos, isso pode implicar na perda de velocidade e precisão.

Por exemplo, para escrever, usam-se os movimentos dos dedos. Quando eles se fatigam, passam a ser substituídos pelos movimentos do punho e dos ombros. Contudo, como esses músculos não têm a mesma precisão da musculatura dos dedos, a qualidade da escrita tende a piorar. Isso acontece também com os trabalhadores que devem fazer encaixes precisos, e os erros tendem a aumentar.

Registro dos movimentos

Existem diversas técnicas que podem ser aplicadas no registro de movimentos. Muitas delas usam recursos de cinema, TV, fotografia e informática. Por exemplo, pode-se “fotografar” um movimento com uma câmara fotográfica colocando-se uma pequena luz na parte do corpo que se movimenta, deixando o obturador aberto enquanto o movimento é realizado.

Para realizar as medições, esses registros podem ser feitos contra um fundo graduado, que serve de escala para medida. A graduação dessa escala pode ser feita de modo que ela já inclua a correção do paralaxe, introduzido pelo método de medida. Devido à projeção da imagem sobre a escala, esta teria que ser um pouco maior, para registrar a verdadeira grandeza do objeto.

Entretanto, os movimentos podem ser também registrados de forma mais simples e direta, fixando-se uma folha de papel sobre um plano e fazendo riscos sobre a mesma com caneta ou giz.

O registro dos movimentos geralmente é realizado em um sistema de planos ortogonais (Figura 4.14). Um plano bem definido é aquele vertical, que “divide” o homem em duas partes simétricas, à direita e à esquerda, e se chama plano **sagital de simetria**. Todos os planos paralelos a ele são chamados também de planos sagitais, à esquerda ou à direita do plano sagital de simetria. Os planos verticais perpendiculares aos planos sagitais chamam-se planos **frontais**. Os que ficam na frente são os frontais anteriores e os que ficam às costas, planos frontais posteriores. Os planos horizontais, paralelos ao piso, são chamados de planos **transversais**.

O alcance das mãos pode ser registrado nesses três planos e, se os mesmos forem conjugados entre si, fornecem o traçado de um **volume** de alcance. A Figura 4.15

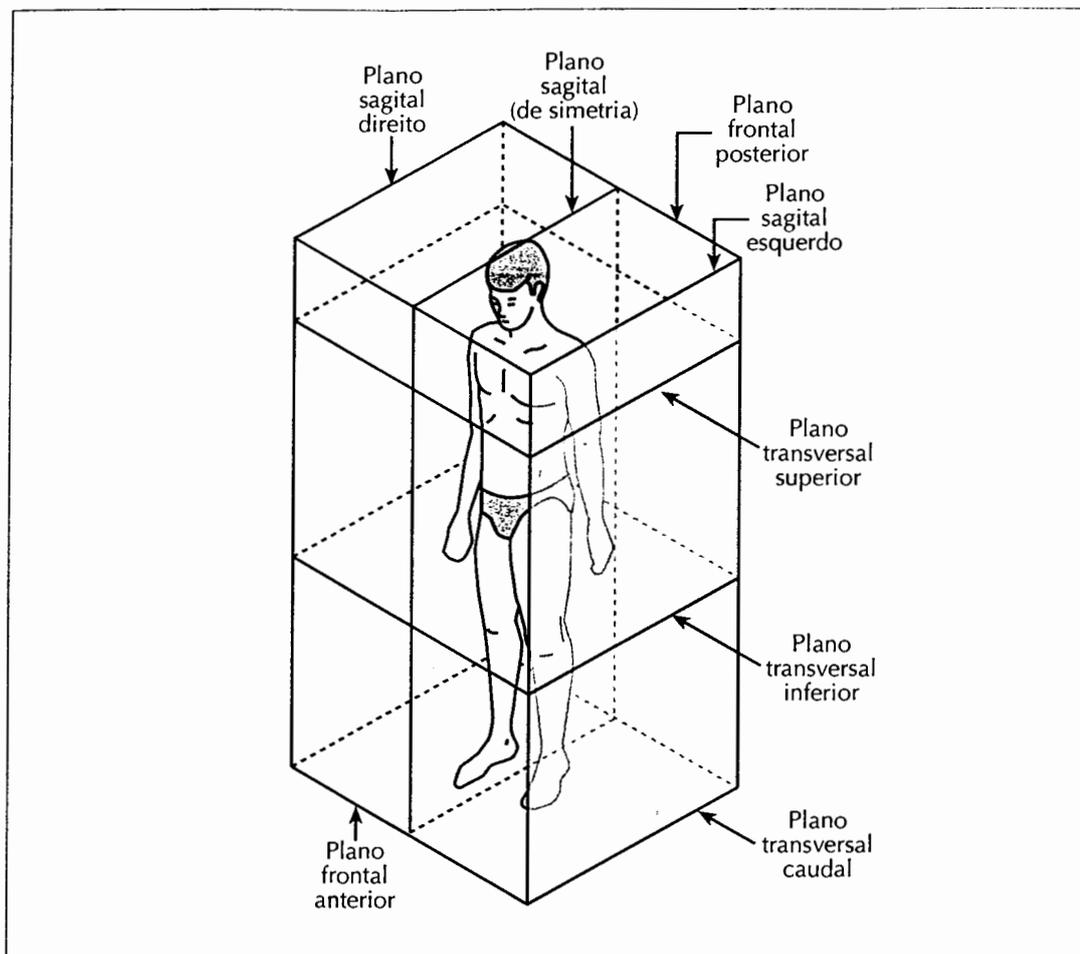


Figura 4.14
Definição dos planos para registro dos movimentos corporais.

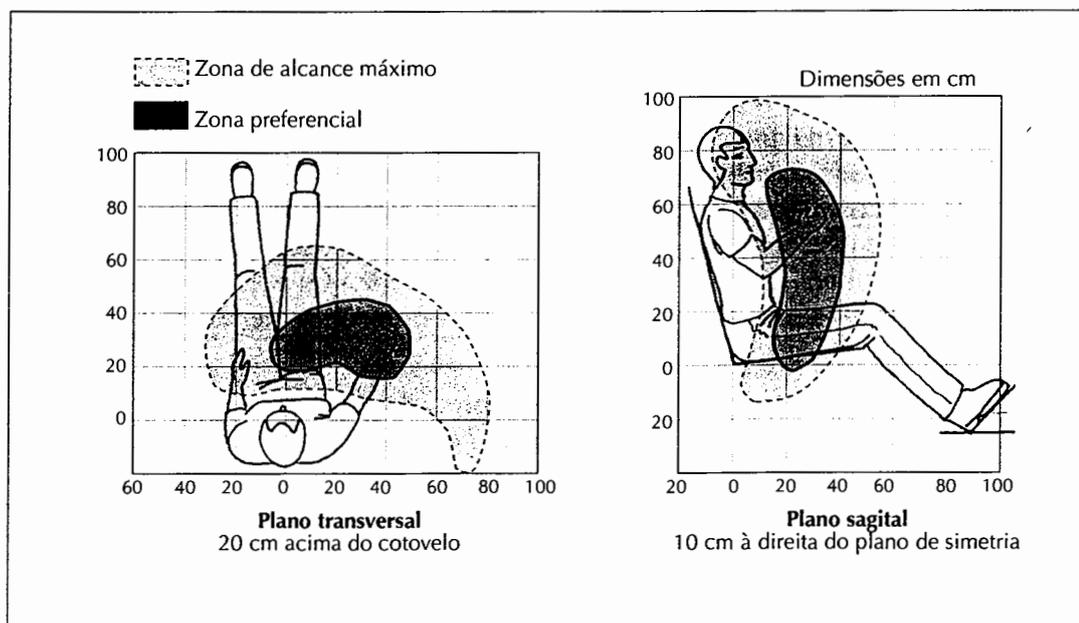
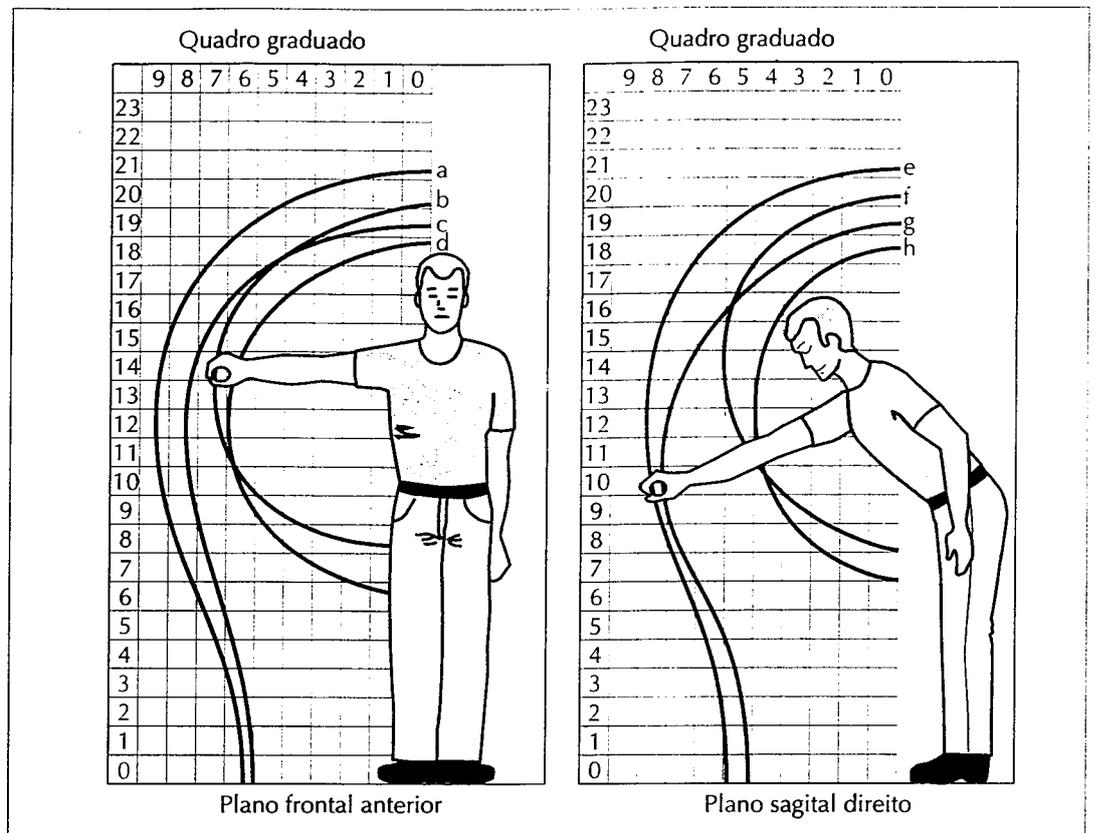


Figura 4.15
Exemplo de zonas de alcances máximos e preferenciais para a posição sentada.

Figura 4.16
Os alcances máximos da mão podem ser determinados traçando-se os envoltórios em um quadro graduado, para diferentes distâncias e posturas do corpo (Seminara, 1979).



apresenta exemplos de registros nos planos transversal e sagital, para uma pessoa sentada, e a Figura 4.16, para os planos frontal e sagital, para uma pessoa em pé. Esses registros podem apresentar dois tipos de alcances, um para a zona **preferencial**, e outra para o alcance máximo. O primeiro corresponde ao movimento realizado mais facilmente, apenas com o movimento dos braços e menos gasto energético. Enquanto isso, o de alcance **máximo** envolve movimentos simultâneos do tronco e ombros. Podem ser mais demorados e menos precisos.

Os registros dos movimentos são importantes, porque delimitam o espaço onde deverão ser colocados os objetos. Os controles das máquinas ou peças para montagem, que exigem manipulação freqüente, devem ser colocados na zona preferencial, enquanto aqueles de manipulação ocasional podem ser colocados na zona de alcance máximo. Isso acontece, por exemplo na cabina do avião. Os controles de uso freqüente são colocados na zona preferencial, enquanto aqueles de uso ocasional são posicionados fora dessa zona, até no teto.

Alcance dos movimentos

A fisiologia usa alguns termos próprios para designar os movimentos musculares. Movimentos dos membros que tendem a afastar-se do corpo ou de suas posições normais de descanso chamam-se abdução e o movimento oposto, aproximando-se chama-se adução (Figura 4.17).

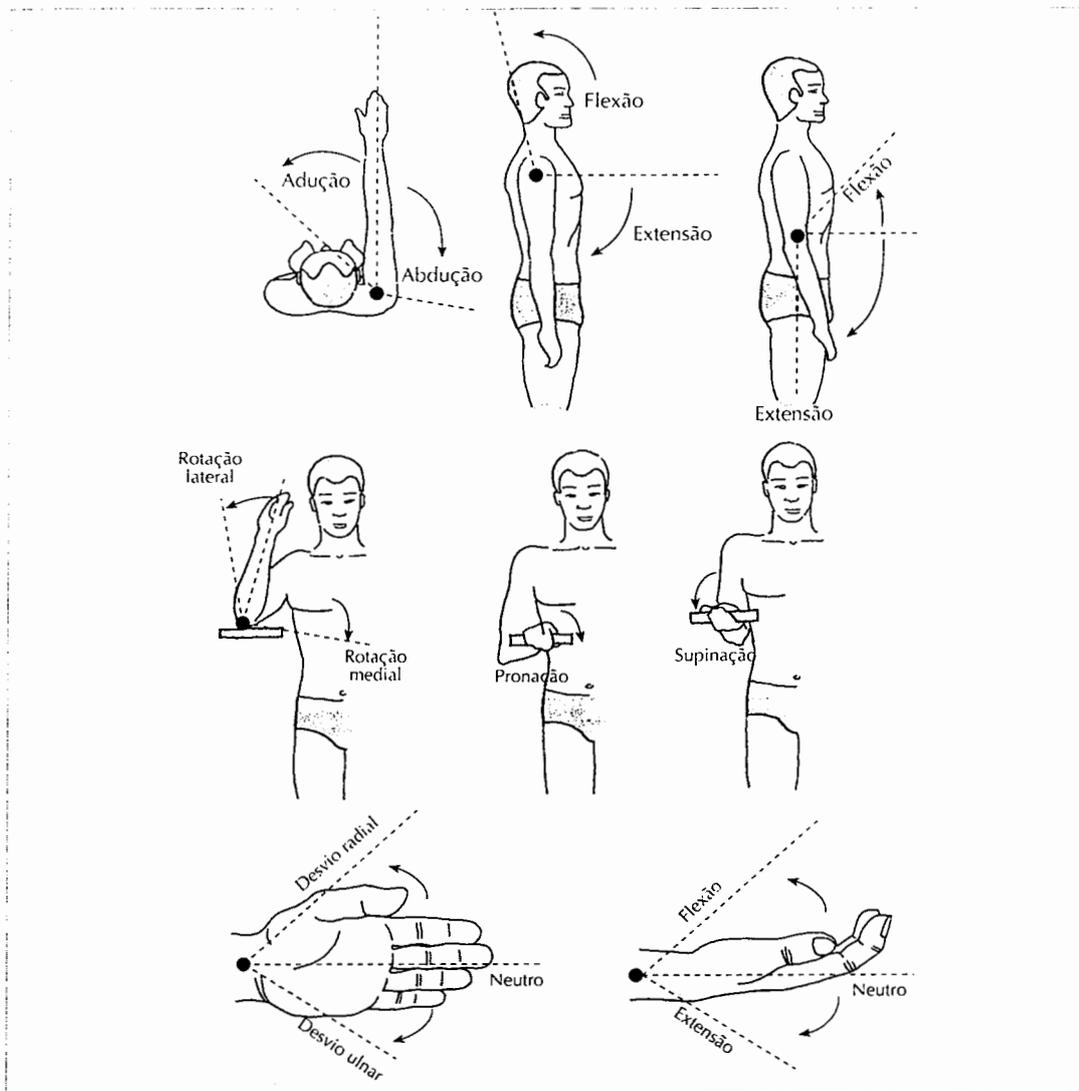


Figura 4.17
Principais tipos de
movimentos dos
braços e mãos.

O movimento do braço acima da horizontal é flexão e, para baixo, extensão. O movimento de dobrar o antebraço sobre o braço é flexão. O movimento inverso é extensão. Girando o antebraço sobre o cotovelo, para fora é a rotação lateral e, ao contrário, rotação medial. O movimento de rotação da mão, com o polegar girando-se para dentro do corpo, chama-se pronação e quando gira para fora, supinação. A mão, fechando-se faz uma flexão e, abrindo, extensão. Deslocando-se, na horizontal, no sentido do dedo mínimo, faz o desvio ulnar e, no sentido do polegar, o desvio radial.

A Figura 4.18 apresenta valores médios dos movimentos voluntários, ou seja, aqueles que podem ser feitos pelo próprio indivíduo. Existem ainda valores para os movimentos passivos, ligeiramente superiores a esses, que correspondem aos valores dos movimentos feitos com a ajuda de outra pessoa. Existe uma grande semelhança entre os movimentos para os lados direito e esquerdo do corpo. Naturalmente, com o treinamento, as pessoas conseguem aumentar o alcance desses movimentos voluntários.

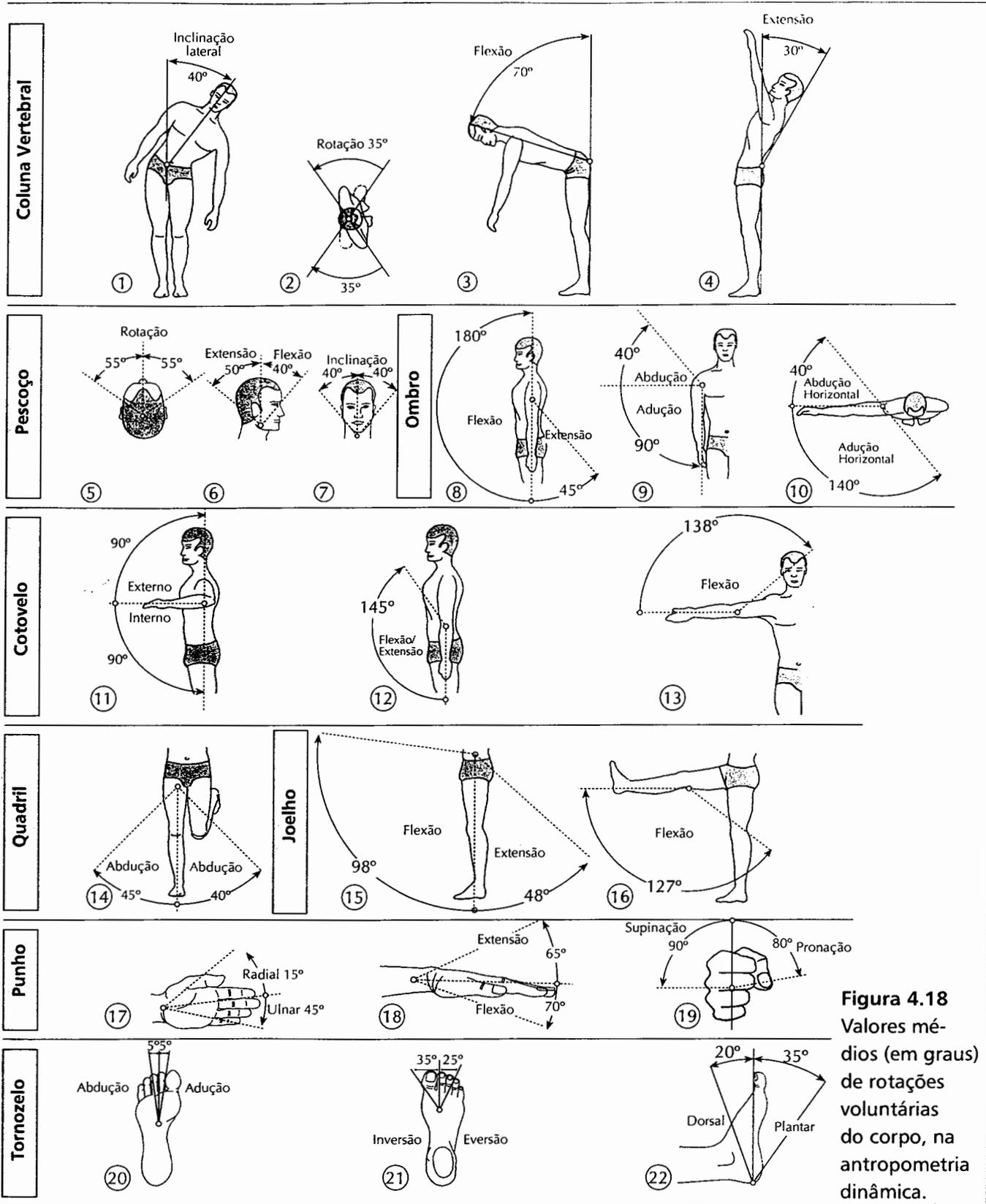


Figura 4.18 Valores médios (em graus) de rotações voluntárias do corpo, na antropometria dinâmica.

4.5 Construção de modelos humanos

A partir das medidas antropométricas podem ser construídos diversos tipos de modelos humanos, que podem ser úteis no projeto e avaliação de produtos e postos de trabalho. Esses modelos podem ser bidimensionais, tridimensionais, computacionais ou matemáticos. Cada um pode ter diferentes graus de detalhamento e de realismo na representação do corpo humano.

Modelos bidimensionais

Os modelos bidimensionais mais simples geralmente são construídos de papelão, plástico ou madeira compensada, representando homens ou mulheres com percentis de 5%, 50% e 95%. Podem ser construídos em escalas de diversos tamanhos. Um tipo de modelo muito usado é a figura humana em escala reduzida, geralmente, 1:50, construída em madeira ou plástico (Figura 4.19).

Esses modelos são usados para ajudar o projetista de produtos e postos de trabalho. São muito úteis para testar certos aspectos críticos, como o posicionamento dos controles em postos de trabalho (Figura 4.20). Os modelos reduzidos apresentam diversas vantagens, como o baixo custo e a facilidade de transporte e armazenamento, embora não possam ser utilizados em trabalhos que exijam medidas mais precisas. A principal desvantagem é a sua representação planificada, representando uma das vistas: lateral, frontal ou superior.

Figura 4.19
Exemplos de modelos humanos bidimensionais articulados, representando percentis de 50%, em escala reduzida (Felizberto e Paschoarelli, 2000).

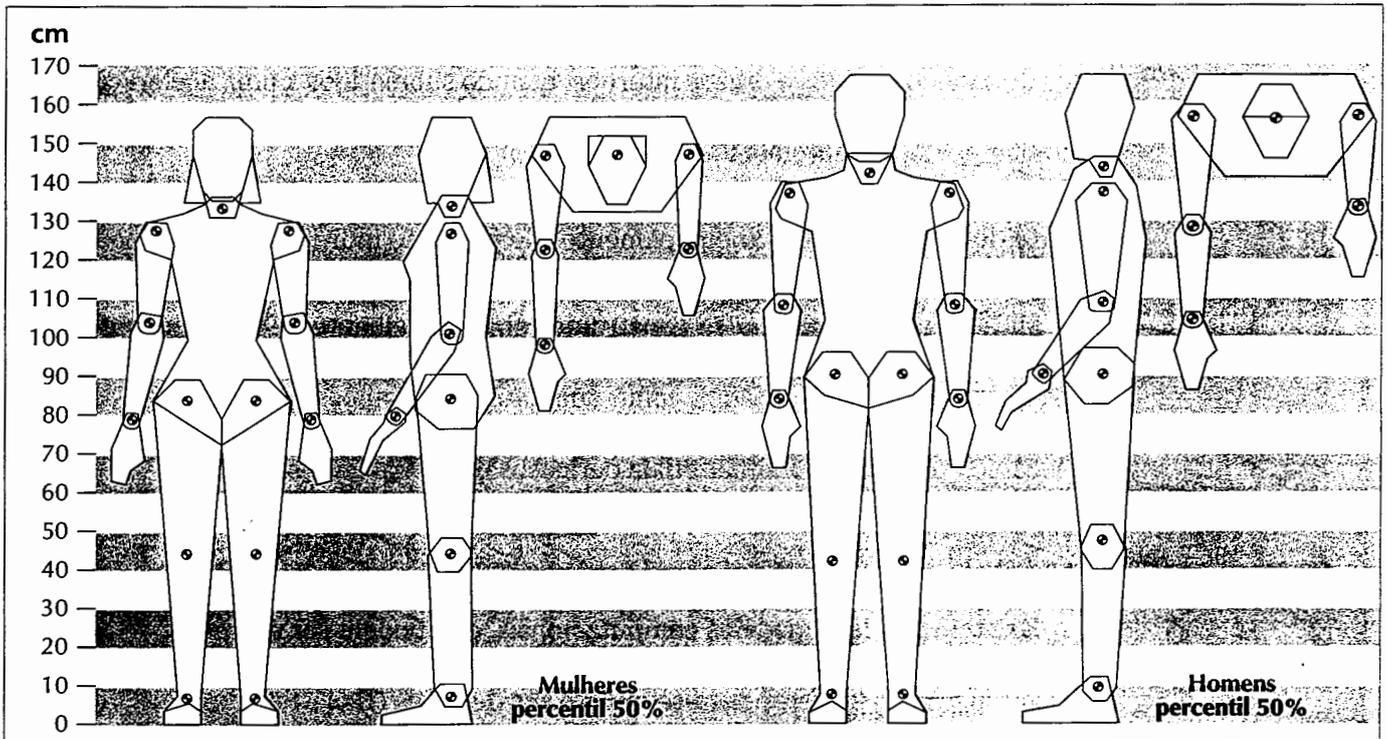
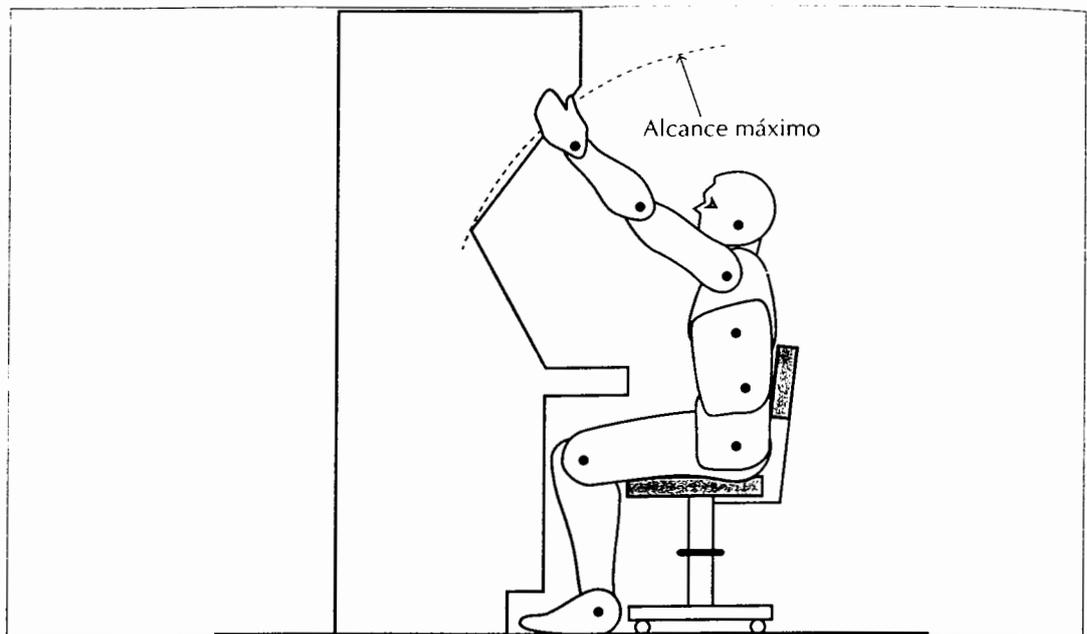


Figura 4.20
Exemplo de modelo bidimensional articulado, usado para testar o dimensionamento de postos de trabalho.



Modelos tridimensionais

Para estudos mais completos podem ser construídos modelos tridimensionais, também chamados de manequins, não apenas para testar o dimensionamento de espaços mas também para medir outros parâmetros, como a distribuição de pesos, momento de inércia, resistência ao impacto, e assim por diante.

Manequins mais sofisticados reproduzem por completo, todo o contorno do corpo e apresentam pesos, durezas e resistências semelhantes ao do organismo vivo. Sensores instalados nesses modelos conseguem detectar, por exemplo, os movimentos do sangue, tecidos e órgãos internos, quando submetidos a uma aceleração brusca em aeronaves ou colisões violentas. Esse tipo de manequim é muito usado para simular acidentes automobilísticos.

Existem também modelos parciais, que reproduzem apenas uma determinada parte do corpo, para testar equipamentos de proteção individual como capacetes ou óculos de segurança (cabeça), botas (pés) e luvas de segurança (mãos).

Mais recentemente tem-se construído robôs semelhantes à figura humana, também chamados de **andróides**, que têm movimentos próprios e diversos instrumentos de teste. Eles são usados como substitutos humanos em áreas perigosas, por exemplo, onde ocorre radiação nuclear. Em alguns casos constrói-se apenas o braço mecânico para manipular materiais perigosos ou contagiantes.

Modelos computacionais

Existem diversos modelos computacionais, que podem ser utilizados em projetos de equipamentos e postos de trabalho. Alguns desses modelos foram projetados para usos específicos e diferenciam-se quanto aos detalhes (Das e Sengupta, 1995). Entre aqueles comercialmente disponíveis destacam-se:

Cyberman — Foi desenvolvido pela Chrysler e comercializado pela Control Data Corporation. O programa pode gerar modelos humanos em perspectiva, vista de qualquer direção e focalizar detalhes em 11 escalas diferentes (Figura 4.21.a).

Combiman — Foi desenvolvido pela Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory. É usado para analisar posturas sentadas em aeronaves e helicópteros.

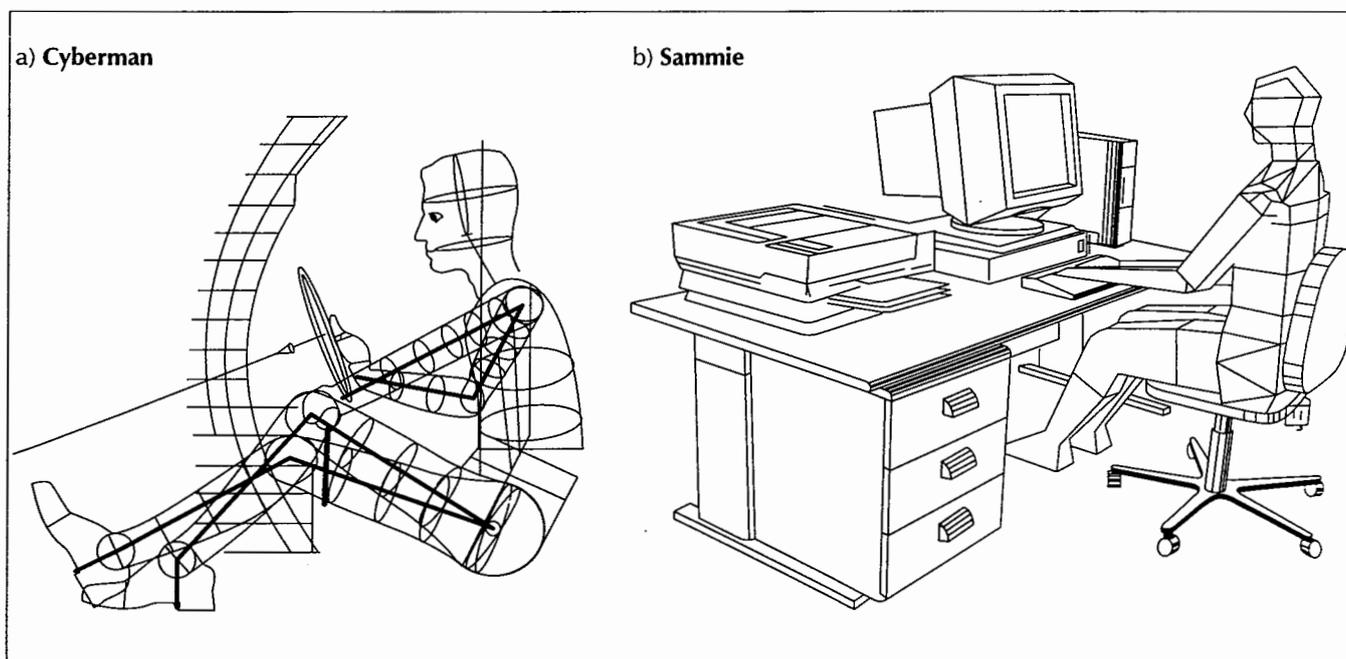
Crew chief — Foi desenvolvido também pela Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory. É usado para dimensionar os alcances manuais, manipulação de ferramentas e fazer acompanhamentos visuais em aeronaves e outros sistemas complexos.

Jack — Foi desenvolvido pela Computer Graphics Laboratory da Universidade de Pensilvânia. O modelo humano é apresentado com 88 juntas e o dorso com 17 segmentos flexíveis sendo usados para estudos dinâmicos de posturas e orientações dos segmentos corporais.

Sammie — Foi desenvolvido pela Universidade de Nottingham. O modelo é representado por 17 juntas e 21 segmentos corporais. O programa pode produzir vistas do corpo humano em qualquer direção (Figura 4.21.b).

Mannequin — Foi produzido pela Humancad, da Biomechanics Corporation of America. O modelo contém dados antropométricos de 10 países e é apresentado em três biótipos. É representado por 46 segmentos corporais e as mãos são representadas pelos cinco dedos. É o único programa que pode ser operado em PC/DOS.

Figura 4.21
Exemplos de ma-
nequins eletrô-
nicos.



Modelos matemáticos

Muitos pesquisadores já se dedicaram à construção de modelos matemáticos do ser humano. A idéia é bem simples e tentadora. Em vez de realizar medições de dezenas de variáveis antropométricas, seriam realizadas apenas duas ou três, e as demais seriam deduzidas por fórmulas matemáticas.

Contudo, não é uma tarefa fácil, pois nem todos os segmentos corporais são proporcionais entre si. O grau dessa proporcionalidade é medido pelo coeficiente de correlação, que tem o valor máximo de 1,00, quando há correlação de 100%. Por exemplo, Kroemer (1994) demonstrou que a estatura tem correlação elevada com algumas medidas lineares como a altura sentada (correlação de 0,786) e altura poplítea (0,841). Contudo, essa correlação é menor com o peso (0,495) e praticamente nenhuma com a circunferência do tórax (0,240) e comprimento da cabeça (0,249).

Em um levantamento antropométrico realizado em indústria automobilística da região paulista do ABC, foram realizadas medições de 13 variáveis antropométricas em uma amostra de 249 trabalhadores (Siqueira, 1976). Em 58% dos casos foram obtidas correlações acima de 0,5 entre as variáveis, apenas 15% dessas medidas apresentaram correlações acima de 0,8.

A partir dessas correlações maiores foi possível estabelecer algumas fórmulas. Por exemplo:

$$y = 53,95 + 0,57x$$

sendo:

x = peso dos trabalhadores, em kg;

y = diâmetro do tórax, em cm.

Contini e Drillis (1966) apresentam fórmulas para calcular 21 medidas lineares do corpo em pé a partir de uma única medida, a da estatura H (Figura 4.22). De forma semelhante, Roozbazar (1977) apresenta fórmulas para calcular 14 medidas lineares do corpo sentado (Figura 4.23).

Existem ainda fórmulas mais complexas (ver Roozbazar, Bosker e Richerson, 1979) que permitem calcular a superfície e a densidade do corpo a partir de sua estatura e peso.

$$\text{Superfície: } S = 0,02350 H^{0,42246} \cdot P^{0,51456}$$

onde:

S = superfície do corpo em m^2 ;

H = estatura em cm;

P = peso do corpo em kg.

$$\text{Densidade: } D = 0,6905 + 0,00898 H \cdot P^{-1/3}$$

onde:

D = densidade do corpo em g/cm^3 ;

H = estatura em cm;

P = peso do corpo em kg.

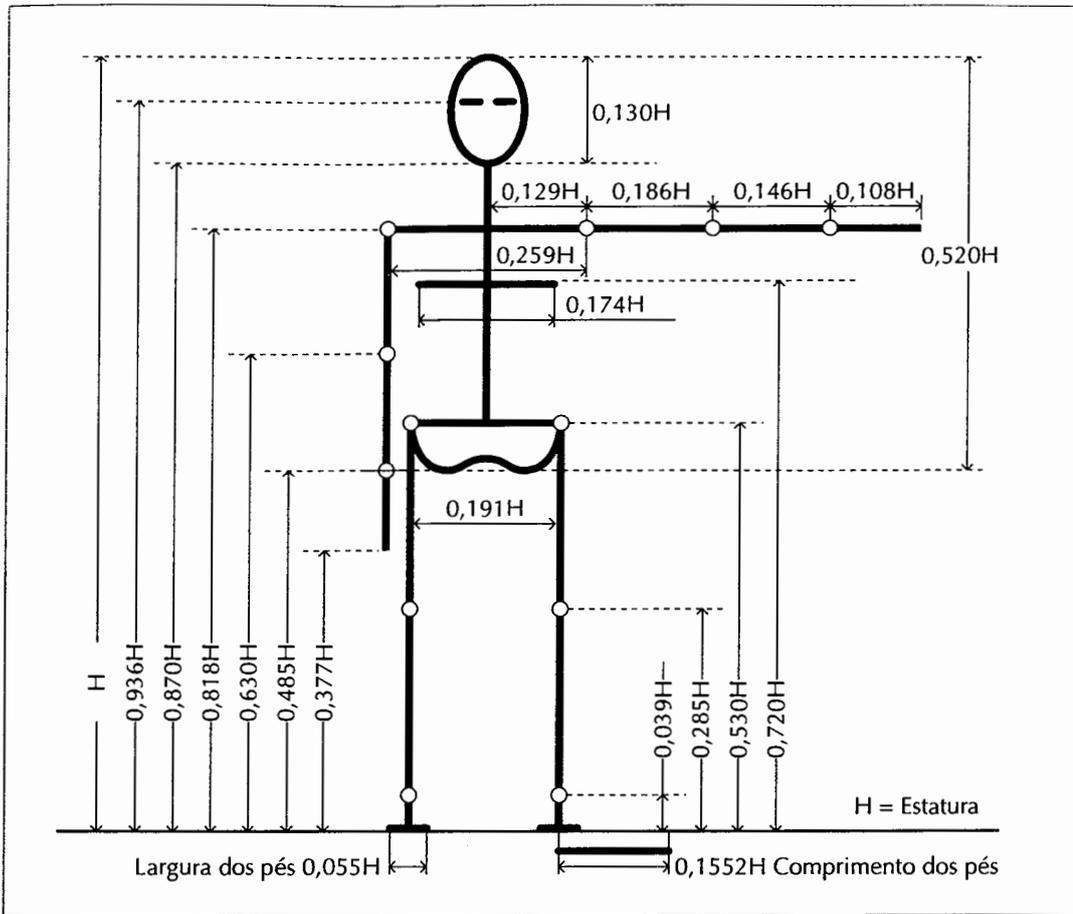


Figura 4.22
Estimativas de comprimentos de partes do corpo em pé, em função da estatura H (Contini e Drillis, 1966).

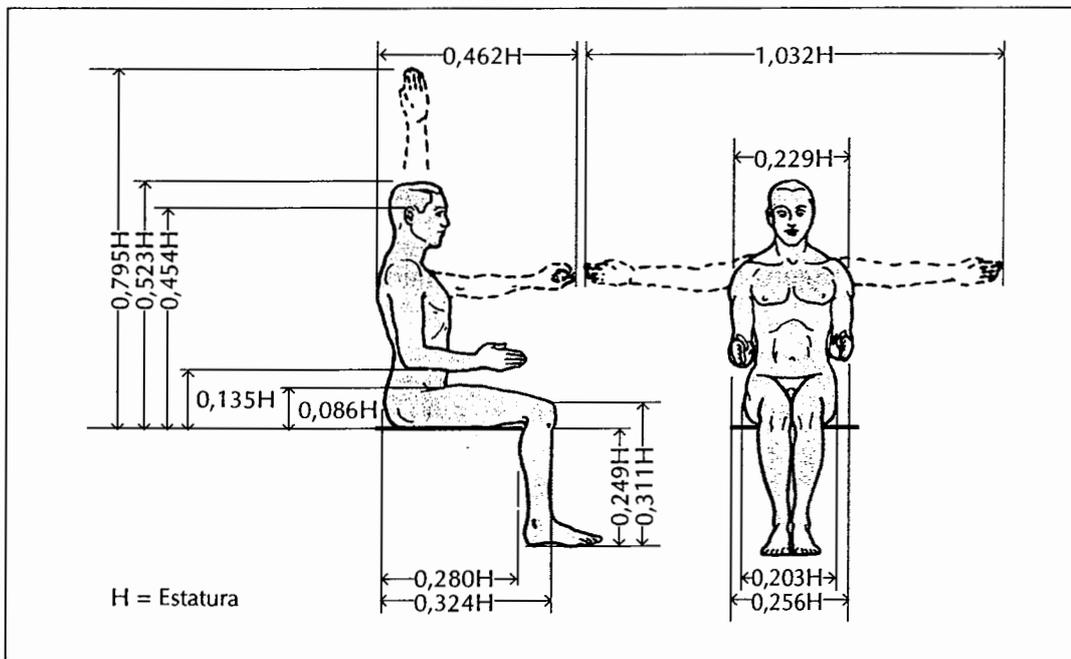


Figura 4.23
Estimativas de comprimentos de partes do corpo sentado, em função da estatura H (Roosbazar, 1977).

Todas essas fórmulas devem ser usadas com certa restrição, sendo válidas apenas para uma estimativa inicial ou uma abordagem geral do sistema.

Observa-se, finalmente, que todos esses tipos de modelos só são utilizados para um projeto preliminar ou no caso de testes que envolvam riscos de acidentes, como é o caso de alguns testes destrutivos. O teste final deve ser feito, sempre que possível, com sujeitos humanos. De preferência estes devem representar uma amostra significativa dos usuários reais do produto. Uma cabina de ônibus deve ser testado com motoristas de ônibus, uma cabina de aeronave, com pilotos e uma enfermaria, com enfermeiras. Só assim se consegue determinar corretamente a dificuldade operacional e o grau de adaptação ou desconforto experimentado pelos operadores.

Conceitos introduzidos no capítulo 4

antropometria estática	variação secular
antropometria dinâmica	definição das medidas
antropometria funcional	seleção da amostra
variação étnica	tabela antropométrica
influência genética	modelo humano

Questões do capítulo 4

1. Quais são as principais diferenças antropométricas entre homens e mulheres?
2. Como ocorrem as mudanças intra-individuais?
3. Quais são as principais variações étnicas das medidas antropométricas?
4. Quais são as principais variações genéticas das medidas antropométricas?
5. Como ocorrem as variações seculares das medidas antropométricas?
6. Quais são as vantagens dos padrões internacionais de medidas antropométricas?
7. Descreva sucintamente as etapas para realização das medições antropométricas.
8. Até que ponto pode-se aplicar as tabelas antropométricas de medidas estrangeiras, no Brasil?
9. Quais são as vantagens das antropometrias dinâmica e funcional?
10. Para que servem os modelos humanos?

Exercício

Realize medidas poplíteas de pelo menos 5 pessoas sentadas usando réguas ou trenas. Compare essas medidas com aquelas encontradas em tabelas.

5. Antropometria: aplicações

Este capítulo é uma continuação do anterior. No Capítulo 4 foram apresentadas as principais conceituações e a forma de realizar as medidas antropométricas para a construção de tabelas.

Neste capítulo, serão apresentadas formas de aplicar os dados antropométricos em projetos. Como se verá, nem sempre os dados encontrados em tabelas podem ser diretamente aplicados. Além disso, há casos em que é mais conveniente usar a média (50%) e, em outros casos, o extremo superior (95%) ou inferior (5%) da distribuição das medidas. Em qualquer caso, verificações adicionais se tornam necessárias para promover ajustes à população de usuários efetivos.

A seção 5.5, que trata do problema do assento, é importante porque os homens modernos passam grande parte do seu tempo sentado. Um assento adequado deve atender a uma série de requisitos, que são discutidos neste capítulo.



5.1 Uso de dados antropométricos

Naturalmente, é mais rápido e econômico usar dados antropométricos já disponíveis na bibliografia (veja, por exemplo, os livros do Damon, Stoudt e McFarland, 1971; Cronney, 1971; Panero e Zelnik, 1996; e Diffrient, Tilley e Bardagiy, 1974), do que fazer levantamentos antropométricos próprios. Se isso constitui uma solução prática, por outro lado, deve ser acompanhado de certos cuidados, que serão apresentados a seguir.

Uso de tabelas

Como já vimos no item 4.3, a maioria das medidas disponíveis foi realizada no exterior. Portanto, antes de se usar tabelas de medidas antropométricas, é necessário verificar certos fatores que influem nos resultados dessas medidas, tais como:

- *Etnia* — Como já vimos no item 4.1, há diferenças étnicas das medidas antropométricas, principalmente nas proporções dos diferentes segmentos corporais.
- *Profissão* — Algumas medições foram realizadas no âmbito de certas profissões. Deve-se tomar cuidado especial quando foram realizadas nas forças armadas, devido ao critério de seleção e a faixa etária dos militares, que se diferenciam da população em geral.
- *Faixa etária* — Como já vimos em 4.1, as medidas e o peso do corpo variam continuamente com a idade.
- *Época* — Também já vimos em 4.1 que as medidas antropométricas dos povos evoluem com o tempo.
- *Condições especiais* — Referem-se às condições em que as medidas foram tomadas, se as pessoas estavam vestidas, nuas, semi-nuas, com sapatos, descalças e assim por diante.

As diferenças antropométricas podem ser facilmente comprovadas com as máquinas e equipamentos importados que não se adaptam aos operadores brasileiros. No caso das máquinas industriais e postos de trabalho, esse problema pode ser parcialmente resolvido, providenciando-se estrados e banquetas para os operadores, para compensar as diferenças de estaturas. A solução desse problema já fica mais difícil no caso dos alcances horizontais. Um trabalho realizado nessas condições exigirá maiores flexões com o tronco, provocando fadiga.

O problema tende a agravar-se no caso das mulheres, porque as diferenças antropométricas, em relação às populações estrangeiras, costumam ser mais significativas para elas.

Portanto, todas essas precauções são necessárias ao usar as tabelas de medidas antropométricas. Na medida do possível, elas deveriam ser usadas apenas para um dimensionamento preliminar do projeto, até a construção de um modelo (*mock-up*) em tamanho real. Este deveria ser testado com uma população representativa dos usuários efetivos, fazendo-se os ajustes necessários, antes de se passar ao dimensionamento definitivo do projeto.

Antropometrias estática e dinâmica

Outro problema reside na escolha entre antropometrias estática e dinâmica. Para projetos de produtos e equipamentos que exigem relativamente poucos movimentos, podem ser usados os dados de antropometria estática, inclusive porque são mais facilmente disponíveis.

Em equipamentos que exigem maiores movimentos corporais, é conveniente utilizar os dados da antropometria dinâmica, principalmente para se determinar os alcances e as faixas de movimentos.

Antropometria funcional

Na antropometria funcional, como o próprio nome sugere, as medidas são associadas à análise da **tarefa** como já vimos na página 110. Assim, o alcance das mãos pode atingir valores diferentes de acordo com o tipo de ação exercida pela mão, como apertar ou girar um botão, agarrar uma alavanca, colocar um livro na estante, e assim por diante. Os valores das medidas obtidas na antropometria funcional podem apresentar diferenças em relação à antropometria dinâmica, pois esta última considera cada movimento isoladamente, ou seja, o alcance da mão é medida com o ombro estático.

Na prática, os movimentos geralmente aparecem conjugados. Por exemplo, os movimentos dos braços são realizados simultaneamente com os movimentos dos ombros e troncos. Além disso, alguns movimentos são dependentes entre si. Prova disso é que não se consegue erguer o pé direito e girá-lo no sentido horário ao mesmo tempo em que o braço direito faz movimentos anti-horários. Essa conjugação afeta tanto os alcances, como a velocidade e precisão dos movimentos.

Portanto, os dados de antropometria estática e dinâmica disponíveis devem ser adaptados às características funcionais de cada posto de trabalho, principalmente no caso em que há diversos movimentos exercidos simultaneamente pelo organismo.

5.2 Critérios para aplicação dos dados antropométricos

Do ponto de vista industrial, o ideal seria fabricar um único tipo de produto padronizado, pois isso reduziria os custos. Contudo, do ponto de vista do usuário/consumidor, isso nem sempre proporciona conforto e segurança. Essa adaptação ao usuário torna-se crítico no caso de produtos de uso individual, como vestuários, calçados e equipamentos de proteção individual.

Nesses casos, a falta dessa adaptação pode reduzir a eficiência do produto, justificando-se os custos industriais envolvidos. Para fazer essa adaptação, há cinco princípios para a aplicação das medidas antropométricas, apresentados a seguir.

1º Princípio: Os projetos são dimensionados para a média da população

De acordo com esse princípio, os produtos são dimensionados para a média da população, ou seja, para o percentil de 50%. Esse princípio é aplicado principalmente em produtos de uso coletivo, que devem servir a diversos usuários, como o banco do ponto de ônibus. Isto não quer dizer que seja ótimo para todas as pessoas. Mas, coletivamente, causa menos inconveniências e dificuldades para a maioria. Assim, em produtos de uso coletivo, costuma-se adotar a média dessa população de usuários, principalmente quando não for possível defini-los com mais precisão.

Contudo, esse conceito de média é discutível. Ouvimos falar freqüentemente do homem médio ou padrão, mas isto é, num certo sentido, uma abstração. A pessoa média é uma abstração matemática obtida de medições quantitativas como estatura e peso. No domínio da antropometria humana, provavelmente existem poucas pessoas que poderiam ser classificadas como padrão em todos os aspectos. Por exemplo, uma pessoa pode ter a estatura média, mas não o peso médio.

Para exemplificar melhor este fato, a Força Aérea dos EUA executou uma pesquisa antropométrica com 10 variáveis, medindo 4 000 pessoas. Como resultado, encontrou apenas 1,8% das pessoas dentro de uma faixa de 30% em torno da média, para quatro das 10 variáveis medidas. Se fossem consideradas todas as 10 variáveis, nenhuma das 4 000 pessoas estaria dentro da faixa 30% em torno das médias.

2º Princípio: Os projetos são dimensionados para um dos extremos da população

De acordo com esse princípio, emprega-se um dos extremos, superior (percentil de 95%) ou inferior (5%) para o dimensionamento de projetos.

Existem certas circunstâncias em que os projetos feitos para as pessoas médias não seriam satisfatórios. Por exemplo, se dimensionássemos uma saída de emergência para a pessoa média, em caso de acidente, simplesmente 50% da população não conseguiria passar. Também, construindo-se um painel de controle a uma distância conveniente para o homem médio, estaríamos dificultando o acesso das pessoas abaixo da média, para operá-lo. Da mesma forma, construindo uma mesa, embaixo da qual houvesse espaço para uma perna média, estaríamos causando graves incômodos às pessoas com pernas maiores que a média, se elas conseguissem sentar.

Para utilizarmos esse 2º princípio, é necessário saber qual é a variável limitante. Por exemplo, se considerarmos o painel de controle, a variável limitante é o alcance do braço. Assim, se quisermos englobar 95% da população, a distância ao painel não pode ser maior que comprimento dos braços de 5% da população. Analogamente, temos o caso de uma dimensão máxima, como o vão entre a cadeira e a mesa, que é limitada pelas dimensões das pernas maiores. Neste caso, o vão deve ser maior que 95% das pernas, o que representa o nível da população que pretendemos acomodar (excluindo-se 5% da população).

A maioria dos produtos industrializados é dimensionada para acomodar até 95% da população, por uma questão econômica. Acima disso, teríamos que aumentar muito o tamanho dos objetos, para acomodar, relativamente, uma pequena faixa adicional da população, elevando os custos.

Por exemplo, não teria sentido dimensionar um automóvel para acomodar pessoas de até 200 cm de estatura, pois existem apenas algumas pessoas, em milhões, com essa estatura, e o custo seria muito grande para a população em geral, que, em 95% dos casos, situa-se abaixo de 182 cm. Isso se aplica também ao dimensionamento das alturas de portas (Figura 5.1). A rigor, uma porta de 182 cm seria suficiente para acomodar 95% da população. Entretanto, nesse caso, aumentou-se essa altura para 210 cm para permitir também a passagem de cargas.

3º Princípio: Os projetos são dimensionados para faixas da população

Alguns produtos são fabricados em diversos tamanhos, de modo que cada um acomode uma determinada parcela da população. É o caso por exemplo, de camisas que são fabricadas nas dimensões P (pequeno), M (médio) e G (grande). Nos casos em que se requer uma adaptação melhor, essa quantidade de faixas pode ser aumentada, para um ajuste mais preciso. Por exemplo, no caso de calçados masculinos para adultos, existem 8 faixas, de tamanhos 37 ao 44.

Embora as medidas da população obedeam a distribuições contínuas, esses produtos são fabricados em tamanhos discretos, para tentar aumentar o conforto e, ao

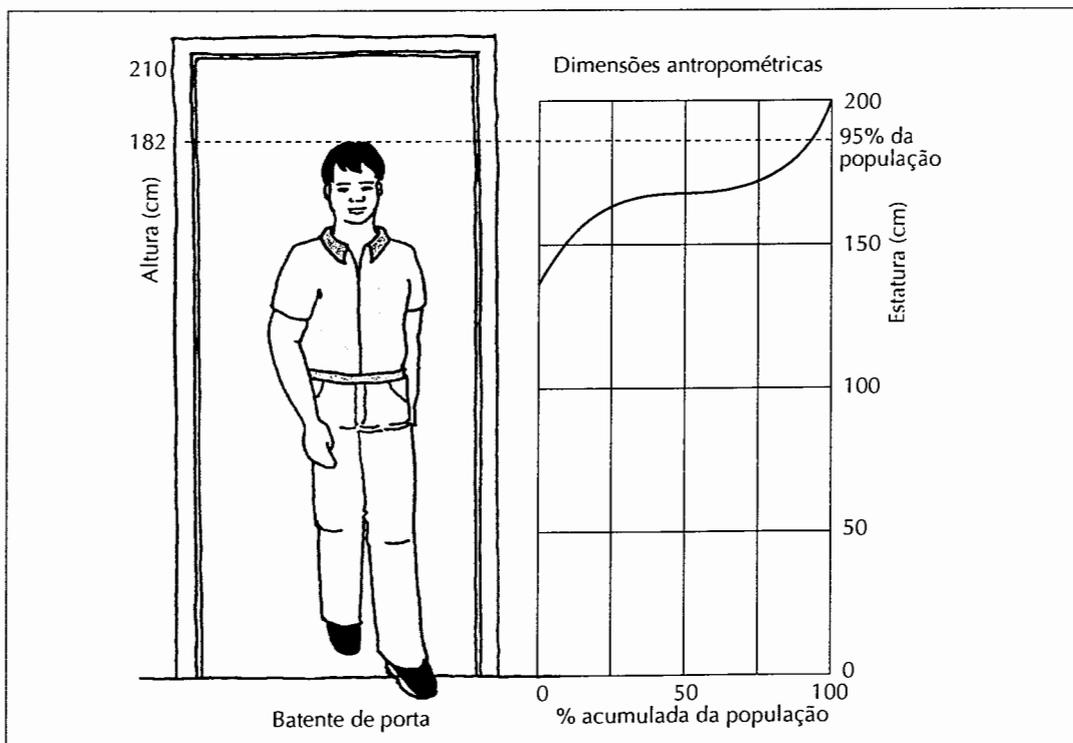


Figura 5.1
Um batente de porta bastaria ter altura de 182 cm para permitir a passagem de 95% da população, mas costuma ter 210 cm para permitir também a passagem de cargas.

mesmo tempo, não aumentar demasiadamente os custos de fabricação. Estes seriam muito elevados se fossem produzidas variedades infinitas de tamanhos em produtos como camisas e sapatos. Isso significa dizer que certas pessoas usarão esses produtos com mais conforto e outras com menos conforto, conforme as suas medidas se aproximem ou se afastem dos tamanhos de produtos disponíveis no mercado.

4º Princípio: Os projetos apresentam dimensões reguláveis

Alguns produtos podem ter certas dimensões reguláveis para se adaptar aos usuários individuais. Essas regulagens geralmente não abrangem o produto como um todo, mas apenas algumas variáveis consideradas críticas para o desempenho. Por exemplo, as cadeiras operacionais podem ter regulagens para a altura do assento e ângulo do encosto. Outras dimensões, como os tamanhos do assento e do encosto podem permanecer fixas. Os assentos de avião só têm regulagens para o ângulo do encosto. Automóveis permitem regular a altura do assento, ângulo do encosto e a distância assento/volante. Mesas de computadores permitem regular a altura e a distância do monitor e a altura do teclado.

Em todos esses casos, deve-se considerar que cada tipo de regulagem implica em maiores custos de fabricação e elas só devem ser aplicadas se resultarem em melhorias de segurança, conforto e eficiência que justifiquem esses investimentos adicionais.

5º Princípio: Os projetos são adaptados ao indivíduo

Existem também casos, embora mais raros no meio industrial, de produtos projetados especificamente para um indivíduo. São os casos de aparelhos ortopédicos, roupas feitas sob medida pelo alfaiate, pessoas que tenham pé maior que o tamanho 44 ou tenham deformidades físicas que precisem encomendar os seus sapatos.

Naturalmente, esse princípio proporciona melhor adaptação entre o produto e o seu usuário, mas também é o mais oneroso. Do ponto de vista industrial, só se justifica em casos de extrema necessidade ou quando as consequências de uma falha podem ser tão elevadas que as considerações de custo são deixadas de lado. Exemplos disso são as roupas de astronautas e os carros de Fórmula 1. Nesses casos, embora os custos de adaptação individual dos projetos sejam elevados, tornam-se irrelevantes, frente ao custo total desses projetos.

Considerações sobre a aplicação dos princípios

Do ponto de vista industrial, quanto mais padronizado for o produto, menores serão os seus custos de produção e de estoques. Assim, as aplicações dos primeiros e segundo princípios são mais econômicas, e o custo aumenta consideravelmente para o terceiro e quarto princípios, sendo praticamente proibitivo para o quinto princípio.

O projeto para a média é baseado na idéia de que isso maximiza o conforto para a maioria. Na prática, isso não se verifica. Deve-se considerar que há diferenças signi-

ficativas entre as médias dos homens e das mulheres. Ao se adotar uma média geral para toda a população, acaba-se, na realidade, beneficiando apenas uma faixa relativamente pequena da população.

Nos casos em que há predominância de usuários de um dos sexos, deve-se adotar, de preferência, as medidas desse sexo predominante. Quando isso não ocorre, pode-se optar pela realização de dois projetos, um para homens e outro para mulheres, desde que esses usuários não se misturem, como no caso de sanitários públicos. Nesse caso, seria justificável realizar projetos de aparelhos sanitários diferentes para cada sexo, devido às suas diferenças antropométricas e anatômicas.

Até a década de 1950, os automóveis eram dimensionados somente para motoristas homens, porque havia uma grande predominância desse sexo entre os seus usuários. Mesmo as poucas mulheres que dirigiam eram da classe sócio-econômica superior, que, em geral, apresentavam estaturas maiores que as da média da população. Era, então, antieconômico dimensionar carros para as mulheres. À medida que foi aumentando o número de mulheres na direção de veículos, tornou-se necessário fazer uma adaptação do projeto, aumentando a faixa de ajustes do banco, para que as mulheres pudessem alcançar os controles.

Medidas mínimas e máximas

Em muitas aplicações de medidas antropométricas, há necessidade de combinar as medidas mínimas e máximas de uma população. Como quase todas as medidas antropométricas de homens são maiores que as de mulheres, com algumas exceções, o máximo é representado pelo percentil 95% dos homens e, o mínimo pelo percentil 5% das mulheres. Em geral, as aberturas e passagens são dimensionadas pelo máximo, ou seja, para 95% dos homens. Os alcances dos locais de trabalho, onde devem trabalhar tanto homens como mulheres, geralmente são dimensionados pelo mínimo, ou seja, 5% das mulheres. Em outros casos, há necessidade de se combinar as medidas máximas com as mínimas.

Na Figura 5.2 é apresentado um exemplo de projeto de um posto de trabalho destinado tanto aos homens como às mulheres. As medidas antropométricas indicadas pelas letras A,B,E e G correspondem às máximas (95% dos homens), enquanto aquelas indicadas pelas letras C,D,I e J pelas mínimas (5% das mulheres). Observa-se que as medidas F (largura da coxa) e H (profundidade do tórax) deveriam ser dimensionadas pela medida de 95% dos homens, mas elas são exceções (Tabela 5.1).

Isso costuma ocorrer também com a largura dos quadris, para o dimensionamento da largura dos assentos. Nesses casos, devem-se adotar, como máximos, as medidas correspondente a 95% das mulheres. A altura do assento, G, foi recomendada pelo valor máximo, porque as pessoas mais baixas podem corrigi-la colocando-se um pequeno estrado para os pés, que pode chegar até a 13 cm de altura para as mulheres mais baixas. Se for necessário introduzir regulagens da altura do assento, os custos de implantação seriam maiores.

Figura 5.2
No dimensionamento de postos de trabalho usam-se algumas medidas antropométricas mínimas e outras máximas da população.

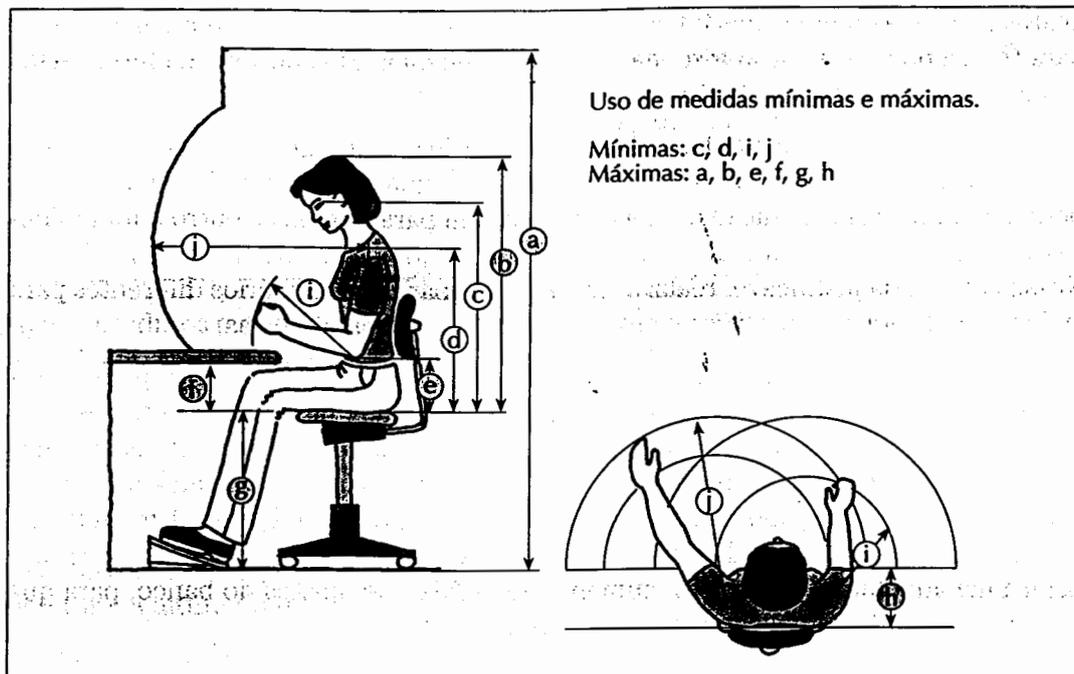


TABELA 5.1

Uso de medidas antropométricas mínimas (5%) e máximas (95%) da população, para o dimensionamento de posto de trabalho. As medidas foram retiradas da Tabela 4.5 e estão indicadas na Figura 4.13

Medida antropométrica	Unidade	Mínimo	Médias		Máximos		Máximo
			5%	95%	5%	95%	
a) Estatura		•	151,0	172,5	162,9	184,1	184,1
b) Altura da cabeça sentado		•	80,5	91,4	84,9	96,2	96,2
c) Altura dos olhos, sentado	•		68,0	78,5	73,9	84,4	68,0
d) Altura dos ombros, sentado	•		53,8	63,1	56,1	65,5	53,8
e) Altura do cotovelo, sentado		•	19,1	27,8	19,3	28,0	28,0
f) Altura das coxas		•	11,8	17,3	11,7	15,7	17,3
g) Altura do assento (poplíteo)	•		35,1	43,4	39,9	48,0	48,0
h) Profundidade do tórax		•	23,8	35,7	23,3	31,8	35,7
i) Comprimento do antebraço	•		29,2	36,4	32,7	38,9	29,2
j) Comprimento do braço	•		61,6	76,2	66,2	78,7	61,6

* As medidas em negrito correspondem as medidas adotadas no projeto.

5.3 O espaço de trabalho

O espaço de trabalho é um volume imaginário, necessário para o organismo realizar os movimentos requeridos durante o trabalho. Assim, para um jogador de futebol, o espaço de trabalho seria um paralelepípedo cuja base seria o campo de futebol e com altura de 2,5 m (altura para cabecear). Este espaço já seria bem menor para o goleiro, visto que ele não se desloca no campo todo. O espaço de trabalho para um

carteiro seria um sólido sinuoso acompanhando a sua trajetória nas entregas de correspondências e tendo uma seção retangular com cerca de 60 cm de largura por 170 cm de altura.

Certos trabalhos exigem muitos deslocamentos do corpo, andando, correndo ou subindo escadas, mas a maioria das ocupações da vida moderna é desempenhada em espaços relativamente pequenos, com o trabalhador em pé ou sentado, realizando movimentos só com os membros enquanto o resto do corpo permanece relativamente estático. Incluem-se, aí, os trabalhadores sedentários, que passam a maior parte do tempo sentados.

Contudo, o espaço pessoal não se restringe apenas à área física ocupada pelo volume do corpo e movimentos necessários à realização do trabalho. Em áreas densamente ocupadas, o espaço deve proporcionar também conforto psicológico (ver mais detalhes na página 583).

Examinaremos, a seguir, os fatores que devem ser considerados no dimensionamento do espaço de trabalho.

Postura

O fator mais importante no dimensionamento do espaço de trabalho é a postura. Existem três posturas básicas para o corpo: deitada, sentada e de pé (ver página 165). A Figura 5.3 apresenta os espaços de trabalho recomendados para algumas posições mais usuais. Para os trabalhos que exigem movimentos corporais mais amplos, devem ser feitos registros de antropometria dinâmica, como já foi apresentado na seção 4.4.

Tipo de atividade manual

A natureza da atividade manual a ser executada influi nos limites do espaço de trabalho. Os trabalhos que exigem ações de agarramento com o centro das mãos, como no caso de alavancas ou registros, devem ficar pelo menos 5 a 6 cm mais próximos do operador dos que as tarefas que exigem a atuação apenas das pontas dos dedos, como pressionar um botão. Nesses casos, os dimensionamentos devem ser feitos com aplicação da antropometria funcional (ver seção 4.4).

Vestuário

O vestuário pode tanto aumentar o volume ocupado pelas pessoas, como limitar os seus movimentos. Os vestuários pesados, de inverno, influem, por exemplo, no dimensionamento de volume para cabines de elevadores ou veículos de transporte coletivo e também limitam o movimento de alcance em até 5 cm. Os calçados femininos de salto alto também podem aumentar a estatura das mulheres em até 7 cm. Em alguns casos, há também equipamentos de proteção individual de uso obrigatório, que podem aumentar o volume.

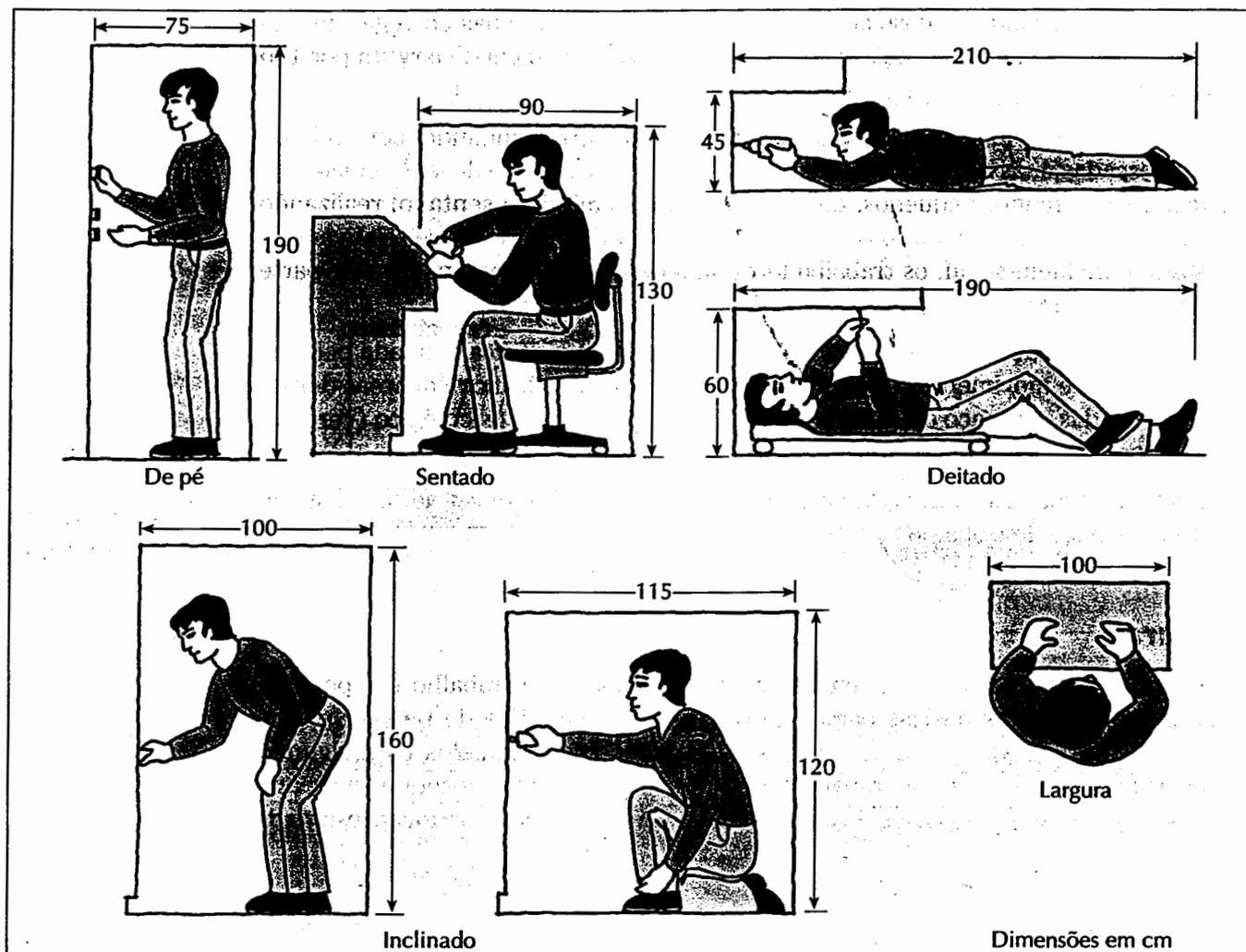


Figura 5.3

Espaços de trabalho recomendados para algumas posturas típicas.

Cadeiras de roda

As larguras das passagens, corredores e postos devem ser dimensionadas para permitir a circulação das cadeiras de roda. Estas têm uma dimensão aproximada de 110 cm de comprimento e 65 cm de largura. O espaço de giro deve ter pelo menos 160 cm (ver Figura 18.9).

Espaço pessoal

Cada pessoa tem necessidade de um espaço para guardar seus objetos pessoais, desde ferramentas de uso exclusivo como artigos de higiene (pasta dental, escova de dentes, toalhas). As pessoas também gostam de introduzir algumas mudanças no espaço de seu uso exclusivo, a fim de personalizá-lo, deixando a sua "marca pessoal". Por exemplo, mudando a posição dos móveis ou colocando um boneco ou vaso de planta para "enfeitar" o ambiente. Além disso, há um espaço psicológico em que as pessoas se sentem seguras. A invasão desse espaço provoca inseguranças e aumenta o estresse, reduzindo a produtividade (ver seção 18.5).

5.4 Superfícies horizontais

As superfícies horizontais de trabalho têm especial interesse em ergonomia, pois é sobre elas que se realiza grande parte dos trabalhos de montagens, inspeções, serviços de escritórios e outros.

Dimensões da mesa

Existem duas variáveis importantes no dimensionamento da mesa: a sua altura e a superfície de trabalho. A altura deve ser regulada pela posição do cotovelo e deve ser determinada após o ajuste da altura da cadeira. Em geral, recomenda-se que esteja 3 a 4 m acima do nível do cotovelo, na posição sentada. Se a mesa tiver uma altura fixa, a cadeira deve ter altura regulável. Se a cadeira for fixa e tiver uma altura superior à altura poplíteia, deve-se providenciar apoio para os pés.

Em geral, a altura da mesa pode oscilar entre 54 cm (altura mínima, para 5% das mulheres) a 74 cm (altura máxima, para 95% dos homens). Uma mesa muito baixa causa inclinação do tronco e cifose lombar, aumentando a carga sobre o dorso e o pescoço, provocando dores. Uma mesa muito alta causa abdução e elevação dos ombros, além de uma postura forçada do pescoço, provocando fadiga dos músculos dos ombros e pescoço (Chaffin, 2001). É importante ressaltar que, nem sempre o trabalho é realizado na superfície da mesa. Por exemplo, no caso de digitação, a superfície de trabalho é o nível do teclado. Nesse caso, a mesa deve estar 3 a 5 cm abaixo dessa superfície.

A altura inferior da superfície de trabalho é importante para acomodar as pernas e permitir a sua mobilidade. O vão livre, entre o assento e a mesa deve ter pelo menos 20 cm.

Baseado-se nessas medidas, e partindo do princípio que é mais fácil ajustar a altura da cadeira e manter a altura da mesa fixa, Redgrove (1979) propõe um arranjo com mesa de 74 cm de altura e cadeiras reguláveis entre 47 e 57 cm, complementado com um estrado, também regulável, para os pés, com 0 a 20 cm de altura, para acomodar as pessoas de menor estatura (Figura 5.4).

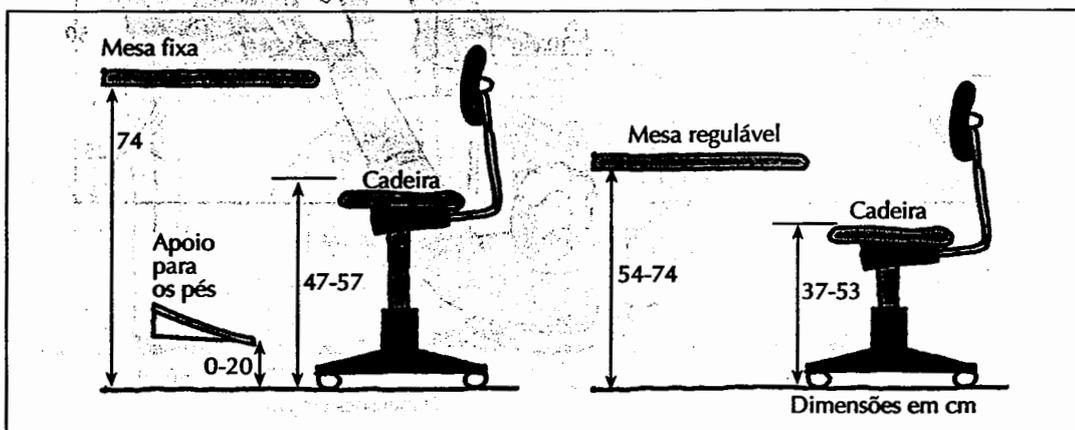


Figura 5.4
Dimensões recomendadas para alturas de mesas, conjugadas com alturas de cadeiras e apoio para os pés, a fim de acomodar as diferenças antropométricas dos usuários (Redgrove, 1979).

Na hipótese de se fazer uma mesa regulável, esta deveria ter entre 54 e 74 cm de altura e a cadeira, também regulável, entre 37 a 53 cm (mais detalhes serão apresentados na seção 5.5), dispensando-se o apoio para os pés. Em certos casos, esse apoio para os pés poderia ser mantido, pois ajuda o trabalhador a realizar pequenas mudanças na postura, enquanto permanece sentado, contribuindo assim para aliviar a fadiga.

Alcances sobre a mesa

A superfície da mesa deve ser dimensionada de acordo com o tamanho da peça a ser trabalhada, os movimentos necessários à tarefa e o arranjo do posto de trabalho.

A área de alcance ótimo sobre a mesa pode ser traçada, girando-se os antebraços em torno dos cotovelos com os braços caídos normalmente ao lado do tronco. Estes descreverão um arco com raio de 35 a 45 cm. A parte central, situada em frente ao corpo, fazendo interseção com os dois arcos, será a **área ótima** para se usar as duas mãos (Figura 5.5).

A área de alcance máximo será obtida girando-se os braços estendidos em torno do ombro. Estes descrevem arcos de 55 a 65 cm de raio.

As tarefas mais importantes, de maior frequência ou com maiores exigências de precisão, devem ser executadas dentro da área ótima. A faixa situada entre a área ótima e aquela de alcance máximo deve ser usada para colocação das peças a serem usadas na montagem, ou tarefas menos frequentes e que exijam menos precisão.

As tarefas que exigem acompanhamento visual constante devem colocar-se entre 20 a 40 cm de distância focal. Para leitura ou inspeções visuais em grandes superfícies, pode-se providenciar um tampo de mesa com 45° de inclinação, a fim de manter essa distância focal com poucas alterações.

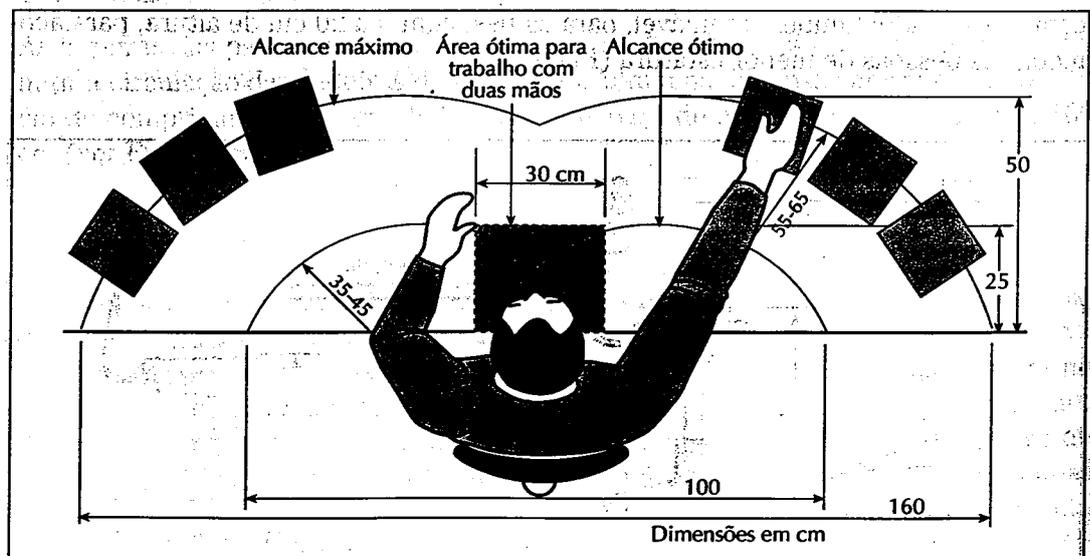


Figura 5.5
Áreas de alcances ótimo e máximo na mesa, para o trabalhador sentado (Grandjean, 1983).

Bancada para trabalho em pé

A altura ideal da bancada para trabalho em pé depende da altura do cotovelo e do tipo de trabalho que se executa. Em geral, a superfície da bancada deve ficar 5 a 10 cm abaixo da altura dos cotovelos (Figura 5.6). Para trabalhos de precisão, é conveniente uma superfície ligeiramente mais alta (até 5 cm acima do cotovelo) e aquela para trabalhos mais grosseiros e que exijam pressão para baixo, superfícies mais baixas (até 30 cm abaixo do cotovelo). Quando se usam medidas antropométricas tomadas com o pé descalço, é necessário acrescentar 2 ou 3 cm referentes à altura da sola do calçado.

No caso de **bancada fixa**, é melhor dimensioná-la pelo trabalhador mais alto e providenciar um estrado, que pode ter altura de até 20 cm para o trabalhador mais baixo. Esse estrado pode ter uma altura diferente para cada trabalhador, ajustando-se às suas dimensões antropométricas. Se ele mudar de bancada, pode carregar esse estrado para o novo local. Assim, as alturas dos postos de trabalho podem ser ajustadas individualmente, a custos reduzidos. Embora o homem seja, geralmente, cerca de 10 cm mais alto que a mulher, no caso de bancadas, bastam 7 cm de diferença na altura das mesmas.

Observa-se que essas alturas recomendadas são para superfícies de trabalho. No caso de manipulação de objetos que tenham uma certa altura, estas devem ser descontadas. Por exemplo, para esculpir peças de madeira com 10 cm de espessura, a altura ideal de trabalho para o homem médio seria de 100 cm e, portanto, a bancada deveria ter altura de 90 cm.

Se houver uma superfície vertical próxima à bancada, deverá haver um recuo de 10×10 cm junto ao piso, para permitir o encaixe da ponta dos pés (Figura 5.7). Sem isso, o trabalhador é obrigado a assumir uma postura inclinada, forçando a coluna e os músculos lombares, aumentando a fadiga.

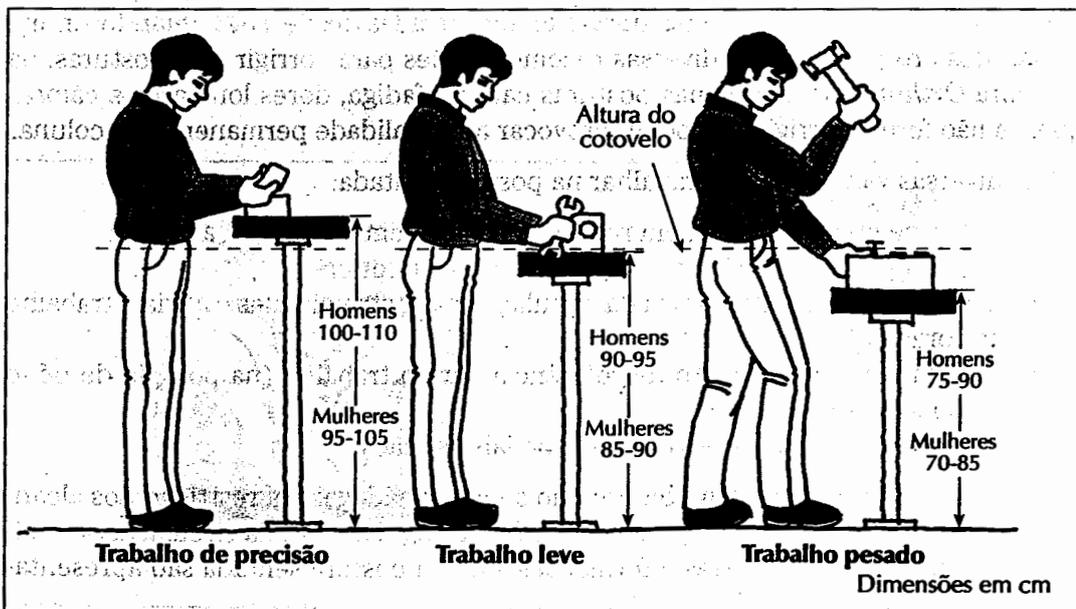


Figura 5.6
Alturas recomendadas para as superfícies horizontais de trabalho, na posição de pé, de acordo com o tipo de tarefa (Grandjean, 1983).

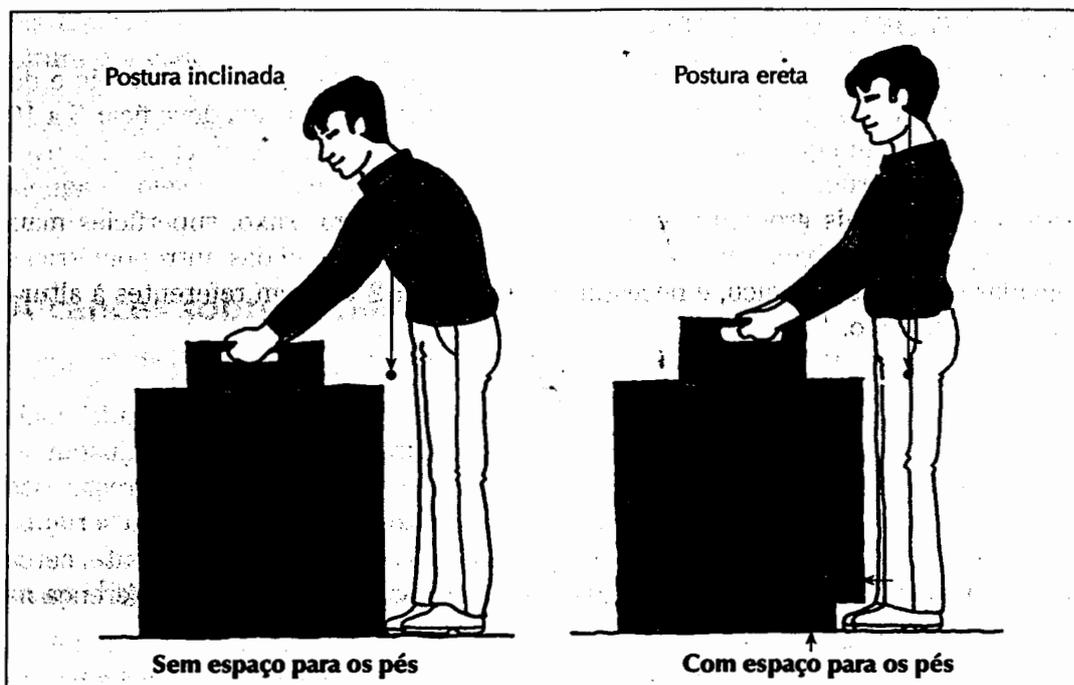


Figura 5.7
O espaço para os pés facilita a postura ereta.

5.5 O problema do assento

O assento é provavelmente, uma das invenções que mais contribuiu para modificar o comportamento humano. Na vida moderna, muitas pessoas chegam a passar mais de 20 horas por dia nas posições sentada e deitada. Diz-se até que a espécie humana, *homo sapiens*, já deixou de ser um animal ereto, *homo erectus*, para se transformar no animal sentado, *homo sedens*. Daí deriva-se o termo sedentário, que significa sentado.

O problema do assento tem despertado grande interesse entre os pesquisadores em ergonomia. Análises sobre posturas são encontradas desde 1743, quando Andry, o “pai” dos ortopedistas, fez diversas recomendações para corrigir más posturas, na sua obra *Orthopedia*. Essas más posturas causam fadiga, dores lombares e câibras que, se não forem corrigidas, podem provocar anormalidade permanente da coluna.

Há diversas vantagens em trabalhar na posição sentada:

- Consome menos energia, em relação à posição em pé e reduz a fadiga;
- Reduz a pressão mecânica sobre os membros inferiores;
- Reduz a pressão hidrostática da circulação nas extremidades e alivia o trabalho do coração;
- Facilita manter um ponto de referência para o trabalho (na posição de pé, o corpo fica oscilando); e
- Permite o uso simultâneo dos pés (pedais) e mãos.

A desvantagem é o aumento da pressão sobre as nádegas e a restrição dos alcances. Um assento mal projetado pode provocar estrangulamento da circulação sanguínea nas coxas e pernas. Outras informações sobre a postura sentada são apresentadas na seção 6.3.

Suporte para o peso do corpo

Na posição sentada, todo o peso do tronco, acima da bacia, é transferido para o assento, aliviando a pressão sobre os membros inferiores.

O corpo entra em contato com o assento praticamente só através de sua estrutura óssea. Esse contato é feito por dois ossos de forma arredondada, situados na bacia (Figura 5.8) chamadas de **tuberosidades isquiáticas**, que se assemelham a uma pirâmide invertida, quando vistos de perfil com duas protuberâncias que distam, entre si, de 7 a 12 cm. Essas tuberosidades são cobertas apenas por uma fina camada de tecido muscular e uma pele grossa, adequada para suportar grandes pressões. Em apenas 25 cm² de superfície da pele sob essas tuberosidades concentram-se 75% do peso total do corpo sentado.

Até recentemente, costumava-se recomendar estofamento duro, pois é mais adequado para suportar o peso do corpo. Os estofamentos muito macios não proporcionam um bom suporte porque não permitem um equilíbrio adequado do corpo. Por outro lado, o estofamento muito duro provoca concentração da pressão na região das tuberosidades isquiáticas, gerando fadiga e dores na região das nádegas (Figura 5.9). Porém, uma situação intermediária, com uma leve camada de estofamento mostrou-se benéfica, reduzindo a pressão máxima em cerca de 400% e aumentando a área de contato de 900 para 1 050 cm², sem prejudicar a postura. Esse estofamento deve ser montado sobre uma base rígida, para suportar o peso do corpo.

Portanto, um estofamento pouco espesso, de 2 a 3 cm, colocado sobre uma base rígida, que não se afunde com o peso do corpo, ajuda a distribuir a pressão e proporciona maior estabilidade ao corpo, contribuindo para redução do desconforto e da fadiga. Contudo, o aumento desse estofamento não melhora o conforto. Ao contrário, pode prejudicá-lo.

O material usado para revestir o assento deve ter característica anti-derrapante e ter capacidade de dissipar o calor e suor gerados pelo corpo, não sendo recomendados, por conseguinte, plásticos lisos e impermeáveis.

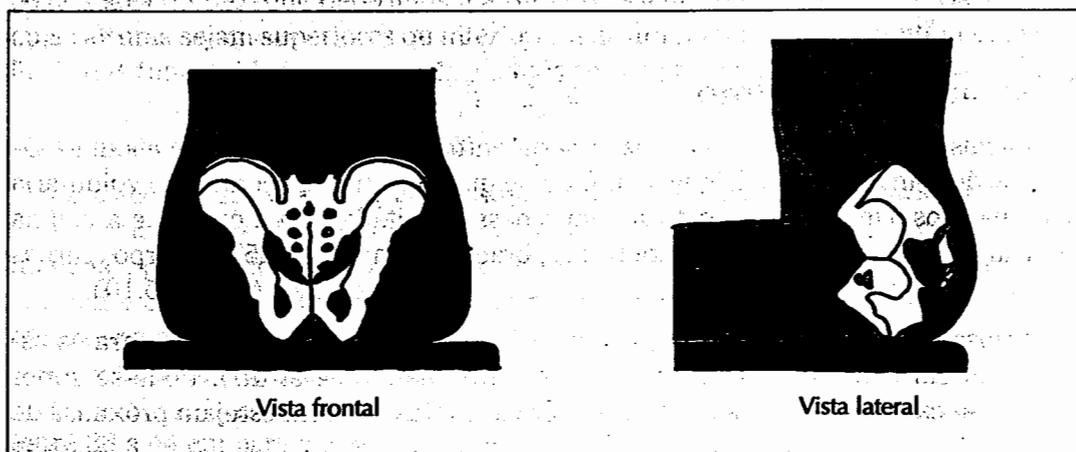


Figura 5.8
Estrutura óssea da bacia, mostrando as tuberosidades isquiáticas, responsáveis pelo suporte do peso corporal, na posição sentada.

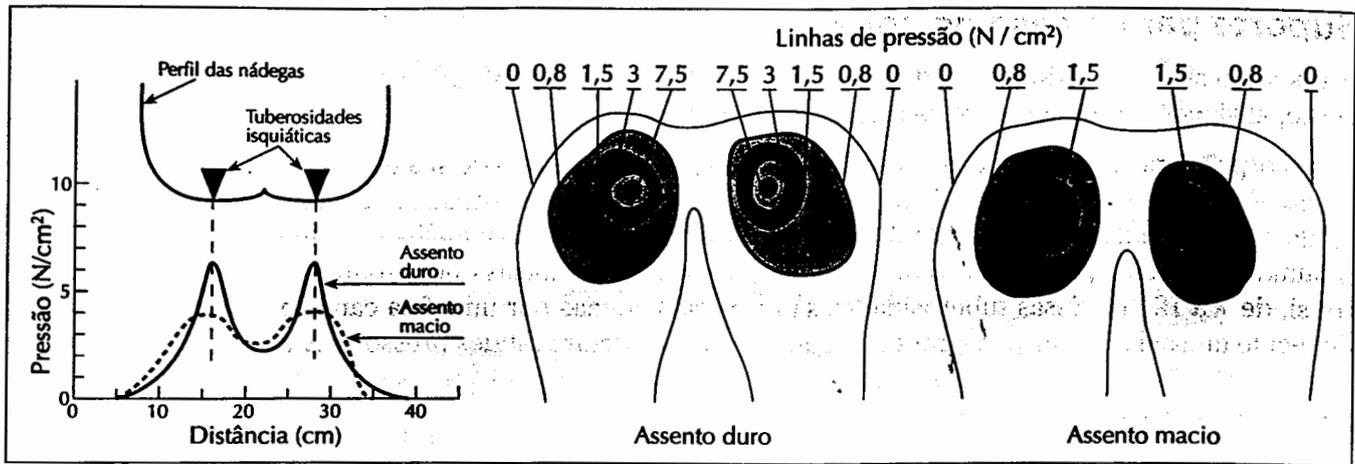


Figura 5.9
Distribuição de pressões sobre o assento, com estofamento duro e estofamento macio (Oborne, 1982).

Conforto no assento

Conforto é uma sensação subjetiva produzida quando não há nenhuma pressão localizada sobre o corpo. É mais fácil falar em ausência de desconforto, pois este pode ser avaliado. O desconforto é medido de forma indireta, por exemplo, pedindo-se para uma pessoa preencher o “mapa” corporal das zonas de desconforto (Figura 6.8). Pode-se também registrar a frequência das mudanças de posturas. As frequências elevadas evidenciam o desconforto.

O conforto no assento depende de muitos fatores e é muito difícil de estabelecer as características que o determinam. Em princípio, há um tipo de assento mais adequado para cada finalidade. Cada pessoa adapta-se melhor a um certo tipo de assento. Assim, o conforto é influenciado por muitos fatores e preferências individuais, até pela sua aparência estética (Corlett, 1989).

Em geral, as avaliações de conforto podem ser realizadas após 5 min no assento e não variam muito com as avaliações de longa duração, de 2 a 3 horas. Além disso, nem todas as cadeiras que seguem as normas técnicas (ver NBR 13962 – Móveis para escritório – cadeiras) são consideradas confortáveis, pois elas estabelecem apenas alguns requisitos mínimos, que não são suficientes para assegurar o conforto (ver mais detalhes na página 582).

Relaxamento máximo

O fisiologista G. Lehmann (1960) fez experimentos sobre o relaxamento máximo. Os sujeitos ficavam imersos na água, evitando-se qualquer tipo de contração voluntária dos músculos. Obteve uma postura com a pessoa deitada com a cabeça e a coluna cervical ligeiramente inclinada para frente, braços levantados a 45° do corpo, pernas ligeiramente levantadas, fazendo um ângulo de 130° nos joelhos (Figura 5.10).

Curiosamente, a NASA registrou, em 1978, uma postura semelhante para os astronautas em condições de gravidade zero (Kroener, 1994 *et al.*). Pode-se supor que, nesse caso, as pressões exercidas sobre as juntas também estejam próximas de zero.

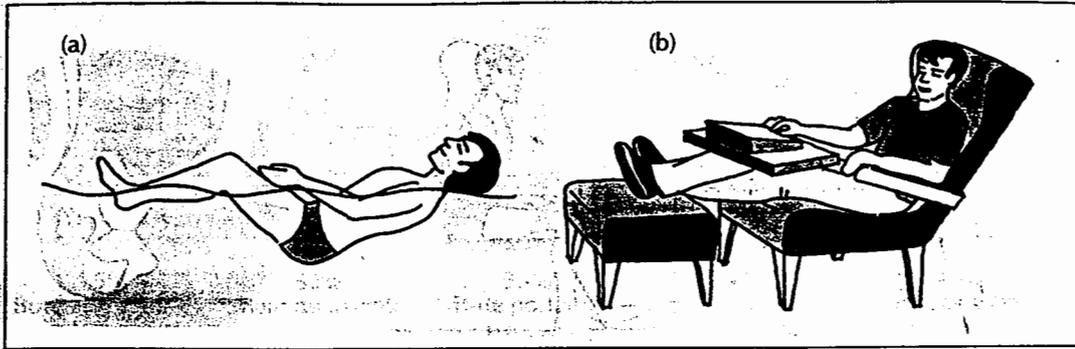


Figura 5.10
Semelhança entre:
(a) postura corporal de relaxamento máximo (Lehmann, 1960) e; (b) uma poltrona considerada de conforto máximo (Kroemer *et al.*, 1994).

Sempre que possível, as pessoas tendem a assumir posturas desse tipo. É o que acontece, por exemplo, quando se assiste à TV, completamente relaxado, em casa, colocando-se os pés sobre a mesa de centro ou sobre o pufe. Ocorre também quando trabalhadores burocráticos inclinam o encosto da cadeira para trás e colocam os pés sobre a mesa. Entre os digitadores, observou-se que muitos preferem assumir uma postura mais relaxada, esticando os pés para frente e inclinando o ombro sobre o encosto (ver Figura 7.17). Contudo, em ambientes normais de trabalho, esse tipo de postura não seria amplamente aceito, por uma questão de preconceito e por exigir espaços de trabalhos maiores, além dos investimentos na reformulação dos postos de trabalho.

Existem seis princípios gerais sobre os assentos, derivados de diversos estudos anatômicos, fisiológicos e clínicos da postura sentada. Eles estabelecem também os principais pontos a serem considerados no projeto e seleção de assentos, como veremos a seguir.

Princípio 1: As dimensões do assento devem ser adequadas às dimensões antropométricas do usuário

No caso, a dimensão antropométrica crítica é a altura poplíteia (da parte inferior da coxa à sola do pé), que determina a altura do assento (ver Tabela 4.5). Os assentos cujas alturas sejam superiores ou inferiores à altura poplíteia não permitem um apoio firme das tuberosidades isquiáticas a fim de transmitir o peso do corpo para o assento. Podem também provocar pressões na parte inferior das coxas, que são anatômica e fisiologicamente inadequadas para suportar o peso do corpo.

Para acomodar as diferenças individuais, a altura do assento deveria ser regulável, entre o mínimo de 35,1 cm (5% das mulheres) até o máximo de 48,0 cm (95% dos homens), pelas medidas tabeladas. Contudo, pode-se acrescentar mais 3 cm para a altura dos calçados (38,1 a 51,0 cm). A largura do assento deve ser adequada à largura torácica do usuário (cerca de 40 cm). A profundidade deve ser tal que a borda do assento fique pelo menos 2 cm afastada, para não comprimir a parte interna da perna (Figura 5.11). A norma NBR 13962 recomenda largura de 40 cm e profundidade útil entre 38 a 44 cm para o assento

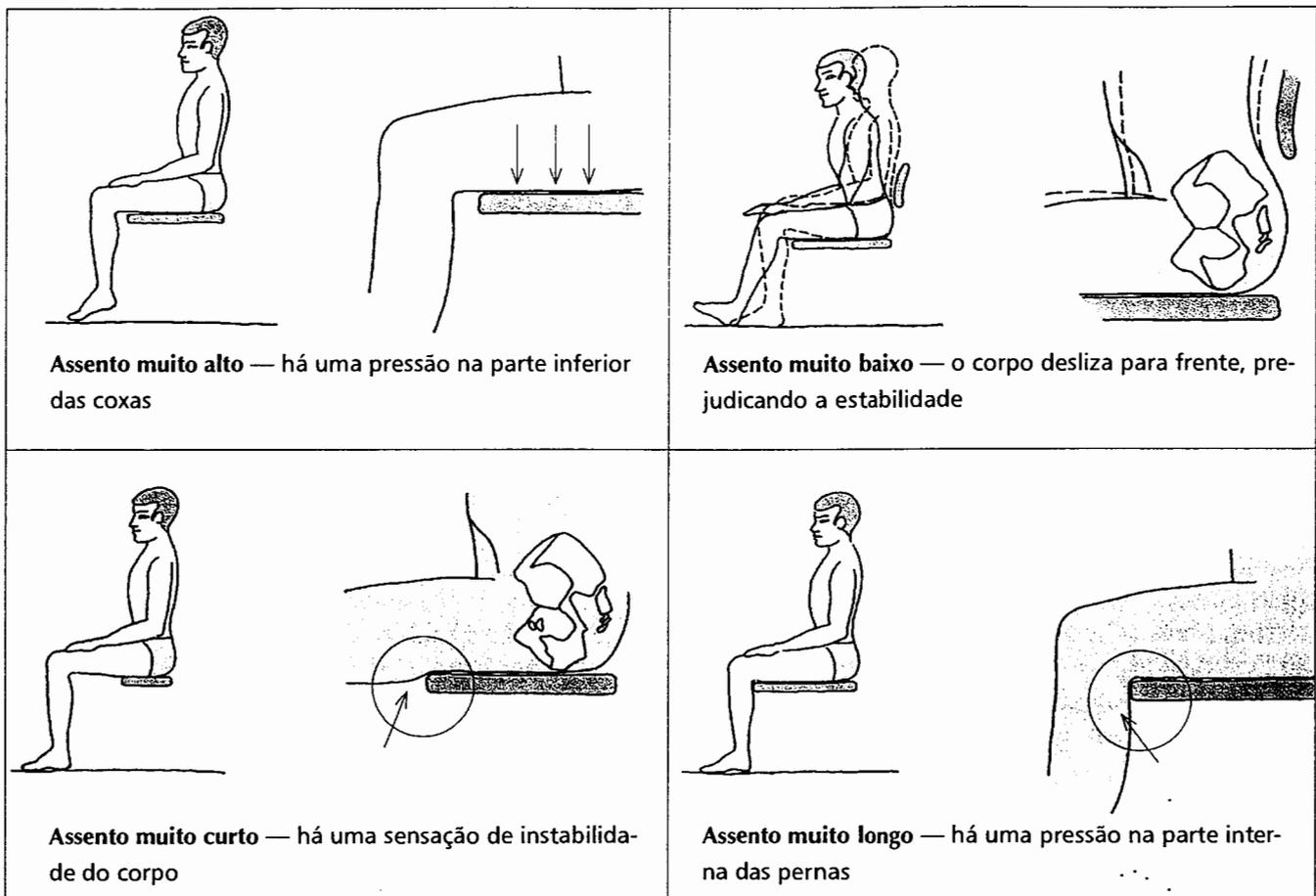


Figura 5.11
Principais problemas provocados por erros no dimensionamento de assentos (Panero e Zelnik, 2002).

Princípio 2: O assento deve permitir variações de postura

As freqüentes variações de postura servem para aliviar as pressões sobre os discos vertebrais e as tensões dos músculos dorsais de sustentação, reduzindo-se a fadiga. Grandjean e Hüttinger (1977) observaram 378 pessoas trabalhando em um escritório e constataram que em apenas 33% dos casos as pessoas mantêm a postura ereta, ocupando toda a área do assento (Figura 5.12). No resto do tempo, as pessoas sentam na borda do assento, inclinam-se para frente ou para trás, com contínuas mudanças de postura.

Essas mudanças de postura são ainda mais freqüentes se o assento for desconfortável ou inadequado para o trabalho, chegando a haver até 83 mudanças de postura por hora (Grieco, 1886), portanto, mais de uma mudança por minuto. Como já foi visto, essas freqüentes mudanças de postura contribuem para a nutrição da coluna e aliviam a tensão dos músculos dorsais.

Assim, os assentos, de formas “anatômicas” em que as nádegas se “encaixam” nelas, permitindo poucos movimentos relativos, não são recomendados (Figura 5.13). Para os postos de trabalho em que a pessoa passa horas a fio sentada, como no caso dos centros de controle operacional e *call centers*, é recomendado colocar apoio para os pés, com dois ou três níveis diferentes, para facilitar as mudanças de postu-

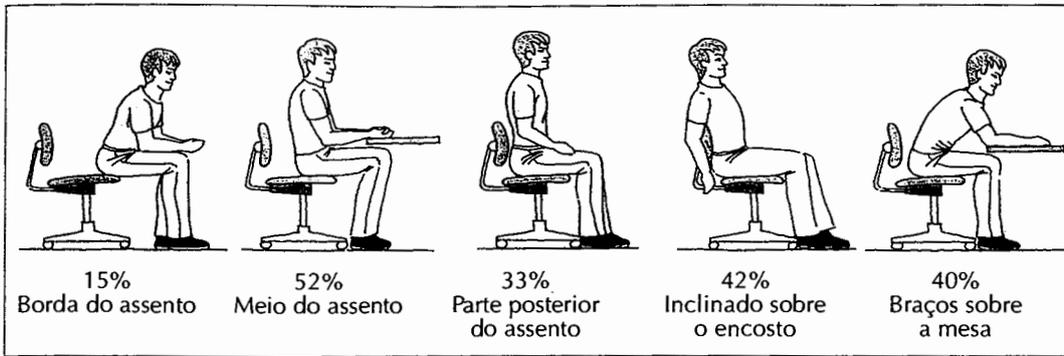


Figura 5.12
Diferentes posições no assento, observadas entre 378 empregados de um escritório. A soma ultrapassa os 100% porque há algumas posturas coincidentes com outras. (Grandjean e Hutter, 1977).

ra. Esse tipo de apoio também pode ser articulado, permitindo rotações em torno de um eixo (ver Figura 7.12). Outra possibilidade é fazer o encosto móvel, para que a pessoa possa reclinar-se para trás, periodicamente, a fim de aliviar a fadiga.

Princípio 3: O assento deve ter resistência, estabilidade e durabilidade

Para ser resistente, o assento deve ter solidez estrutural suficiente para suportar cargas. A norma NBR 14110 recomenda resistência a uma carga mínima de 1 100 N (cerca de 112 kg). Estabilidade é a característica do assento que não tombe facilmente. Quando os assentos são pouco estáveis, as pessoas sentem-se inseguras e ficam tensas. Isso acontece com banquetas de três pés. Antigamente, as cadeiras operacionais tinham 4 patas. Hoje, as normas exigem 5, para melhorar a estabilidade. O problema se agrava em postos de trabalho que exigem muitos movimentos corporais, como na linha de montagens ou caixas de supermercado. Durabilidade é a característica do assento de não se danificar com o uso contínuo. Recomenda-se que essa durabilidade seja de pelo menos 15 anos.

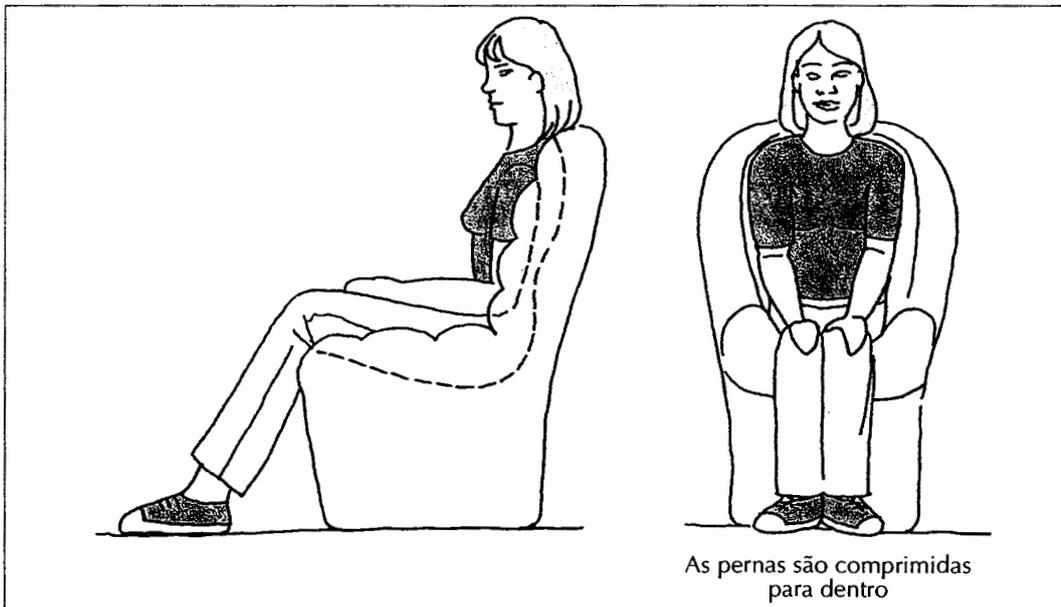


Figura 5.13
Os assentos "anatômicos" ou muito macios e sem um suporte estrutural são desconfortáveis.

Princípio 4: Existe um assento mais adequado para cada tipo de função

Isso quer dizer que não existe um tipo absoluto de assento, ideal para todas as ocasiões. Mas há um assento recomendável para cada tipo de tarefa. Assim, um assento de automóvel pode ser confortável para dirigir, mas provavelmente seria desconfortável para uso em escritório, e vice-versa: uma cadeira confortável para um digitador não seria adequada para ser instalada em um automóvel.

Princípio 5: O encosto e o apóia-braço devem ajudar no relaxamento

Em muitos postos de trabalho, a pessoa não usa continuamente o encosto, mas apenas de tempos em tempos, para relaxar. O encosto deve ter a forma côncava. Encostos de forma plana, principalmente quando são feitos de material rígido, como madeira, são desconfortáveis, pois entram em contato direto com os ossos da coluna vertebral.

O perfil do encosto também é importante, porque uma pessoa sentada apresenta uma protuberância para trás, na altura das nádegas e a curvatura da coluna vertical varia bastante de uma pessoa para outra (Figura 5.14). Devido a isso, pode-se deixar um espaço vazio de 15 a 20 cm entre o assento e o encosto. Um suporte situado entre as 2ª e 5ª vértebras lombares permite maior liberdade de movimento ao tronco. O encosto deve ter cerca de 35 a 50 cm de altura acima do assento. (Para outras dimensões, consultar a norma NBR 13962).

Os apóia-braços também não são usados continuamente, mas para os relaxamentos ocasionais. Servem para descansar os antebraços e ajudam a guiar o corpo durante o ato de sentar-se e levantar-se. Essa ajuda é importante principalmente para as pessoas idosas e aquelas que têm dificuldades de movimentar-se.

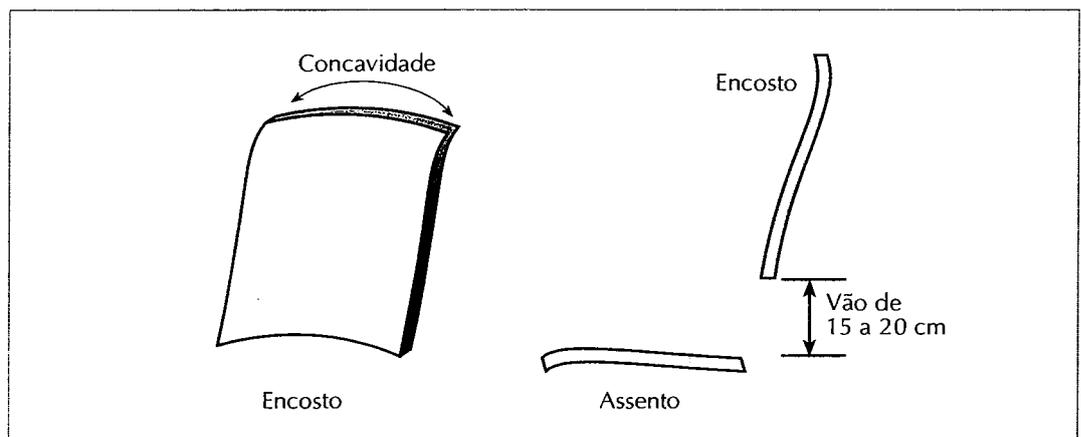


Figura 5.14
O encosto deve ter uma forma côncava e ser afastado do assento com um vão de 15 a 20 cm.

Princípio 6: Assento e mesa formam um conjunto integrado

A altura do assento deve ser estudada também em função da altura da mesa, de modo que a superfície da mesa fique aproximadamente na altura do cotovelo da pessoa sentada (Figura 5.4). Os apoia-braços da cadeira devem ficar aproximadamente à mesma altura ou um pouco abaixo da superfície de trabalho para dar apoio aos cotovelos. Entre o assento e a mesa deve haver um espaço de pelo menos 20 cm para acomodar as coxas, permitindo certa movimentação das mesmas.

Dimensionamento de assentos

Existem muitas recomendações diferentes para o dimensionamento dos assentos. Essas diferenças podem ser explicadas por três causas principais:

- Os assentos diferenciam-se quanto às aplicações, por exemplo, assento de um motorista de ônibus é diferente de um assento para uso em fábrica ou escritório;
- Há diferenças antropométricas entre as populações e, portanto, diferentes autores podem apresentar recomendações que não coincidam, pois podem ter-se baseado em diferentes amostras populacionais;
- Há preferências individuais, principalmente na avaliação de variáveis subjetivas como o conforto.

Deve-se considerar também que muitos projetos são baseados nas respectivas normas técnicas. Existem diferenças entre as normas de diversos países. Além do mais, elas são frequentemente alteradas. Na sua elaboração podem prevalecer interesses e influências ocasionais do governo, indústria ou associações de consumidores. No Brasil, existem as normas NBR 13962 e NBR 14110. Esta última descreve os ensaios de estabilidade, resistência e durabilidade das cadeiras.

A Figura 5.15 apresenta as principais variáveis dimensionais da cadeira operacional, para uso em ambientes profissionais e a Tabela 5.2 resume algumas recomendações apresentadas por autores de ergonomia e normas técnicas sobre essas dimensões.

Observa-se que as alturas mínimas do assento recomendadas pelos autores de ergonomia (Diffrient, Panero & Zelnick e Grandjean) são respectivamente de 35, 36 e 38 cm.

No caso brasileiro, a altura mínima da regulação seria de 37 cm, correspondendo à altura poplíteia de 5% das mulheres (ver Tabela 4.9). Entretanto as normas brasileiras (NBR 139628) recomendam a faixa de 42 a 50 cm, resultando em uma regulação de apenas 8 cm, quando o ideal seria de 37 a 53 cm, ou seja, o dobro da faixa recomendada pela norma. Nesses casos, as pessoas de menor estatura devem providenciar apoio para os pés, para compensar a diferença, entre a regulação mínima da cadeira e as suas próprias medidas poplíteas. Por exemplo, para a cadeira de 42 cm e altura poplíteia de 37 cm, o apoio deve ter 5 cm de altura, ou melhor, deveria ter duas alturas diferentes, entre 5 a 10 cm, para facilitar mudanças de posturas.

TABELA 5.2

Dimensionamentos de cadeiras de escritório recomendados por diversos autores e normas técnicas (os números correspondem às indicações da Figura 5.15)

Autores	Diffrient et al.	Panero e Zelnik	Grand-jean	Normas técnicas				
				BS	SS	DIN	CEN	NBR
Origem	EUA	EUA	Suíça	Inglesa	Sueca	Alemã	Europeia	Brasil
Assento								
1 Altura	35-52	36-51	38-53	43-51	39-51	42-54	39-54	42-50
2 Largura	41	43-48	40-45	41	42	40-45	40	40
3 Profundidade	33-41	39-41	38-42	36-47	38-43	38-42	38-47	38
4 Inclinação(°)	0-5	0-5	4 - 6	0-5	0-4	0-4	0-5	2-7
ENCOSTO								
5 Altura superior	—	—	48-50	33	—	32	—	36
6 Altura inferior	15-23	10-20	—	20	—	—	10	—
7 Altura Frontal	23-25	19-25	30	—	17-22	17-23	17-26	17-22
8 Largura	33	25	32-36	30-36	36-40	36-40	36-40	30,5
9 Raio horizontal	31-46	—	40-50	31-46	40-60	40-47	min. 40	40
10 Raio vertical	—	—	—	convexo	convexo	70-140	—	—
11 Ângulo assento/encosto(°)	100	95-105	—	95-105	—	—	—	—
APOIO DE BRAÇOS								
12 Comprimento	15-21	—	—	22	20	20-28	20	20
13 Largura	6-9	—	—	4	4	—	4	4
14 Altura	18-25	20-25	—	16-23	21-25	21-25	21-25	20-25
15 Largura entre os apoios	48-56	46-51	—	47-56	46	48-50	46-50	46
SAPATAS								
16 Número de patas	—	—	5	—	—	—	—	5

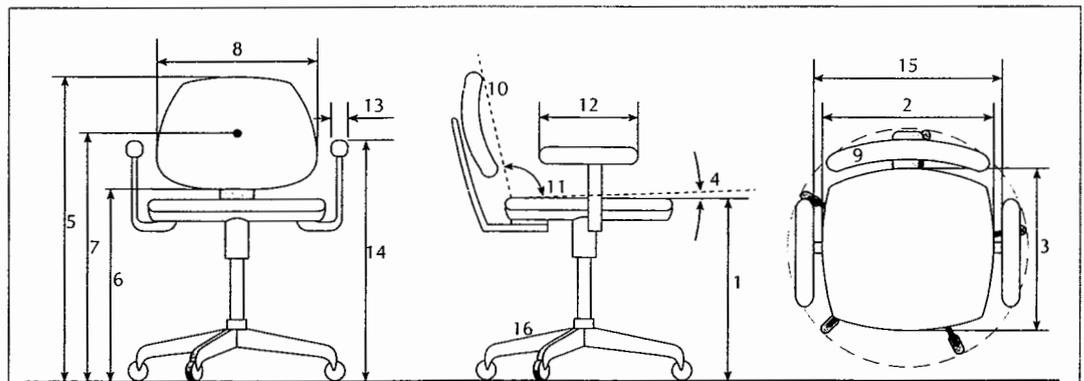


Figura 5.15
Principais variáveis dimensionais da cadeira para escritório.

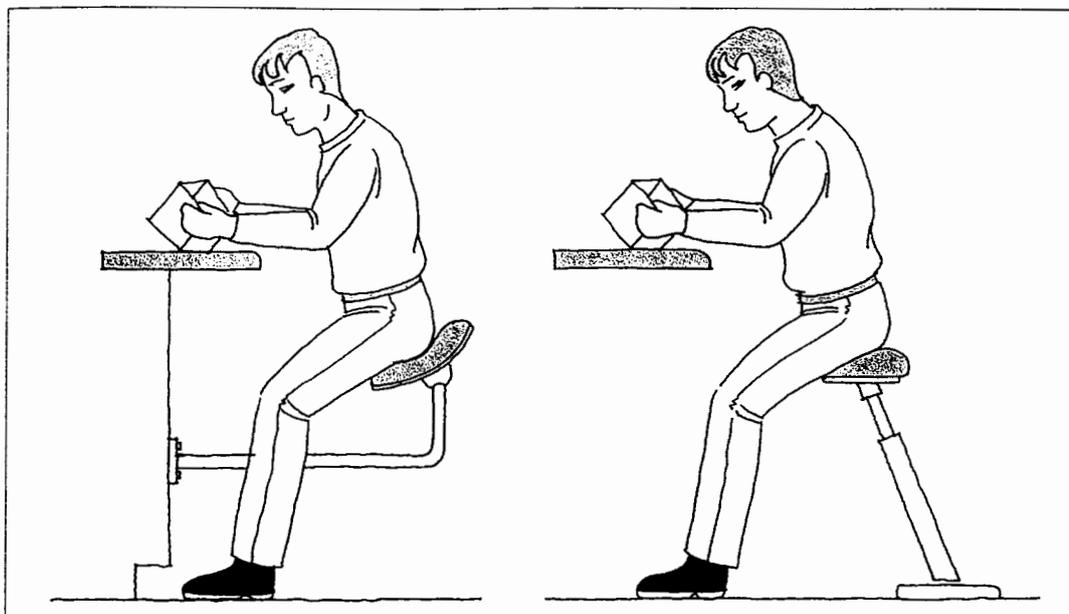


Figura 5.16
Exemplos de assentos para posturas semi-sentadas.

A postura semi-sentada

Os postos de trabalho apresentam, em geral, duas posturas básicas: de pé e sentado. Cada uma tem vantagens e desvantagens. Contudo, há trabalhos que exigem freqüentes mudanças entre as duas posturas. Para esses casos, desenvolveu-se a cadeira semi-sentada (Figura 5.16).

Comparadas com as cadeiras tradicionais, aquelas semi-sentadas são pouco confortáveis. Mesmo assim, podem proporcionar um grande alívio, mesmo que temporário, ao suportar o peso corporal. Além disso, ajudam a estabilizar a postura, pois um trabalhador em pé geralmente fica com o corpo oscilando. Em alguns casos, uma simples barra horizontal onde o trabalhador possa encostar-se já proporciona um bom alívio.

Esse tipo de assento deve ser usado principalmente quando as máquinas não podem ser operadas a partir de uma posição sentada, porque exigem maiores movimentos corporais. É útil também nos casos em que se exigem rápidas mudanças entre as posturas sentada e de pé.

A cadeira Balans (Mandal, 1985) também coloca o usuário em postura semelhante semi-sentada, mas diferencia-se por imobilizar os membros inferiores, além de provocar uma sobrecarga sobre os joelhos e pernas (Figura 5.17). Portanto, envolve maiores contrações estáticas da musculatura. Devido a esses fatores, não se recomenda o uso contínuo dessa cadeira, mas apenas como uma alternativa, durante curtos períodos, como forma de mudar a postura da cadeira tradicional.

Figura 5.17
A cadeira Balans provoca imobilização dos membros inferiores.

