

# **ANTROPOMETRIA**

**Fevereiro 2003**

## 1. Antropometria

A antropometria foi definida como a ciência de medida do tamanho corporal (NASA, 1978). A antropometria é um ramo das ciências biológicas que tem como objectivo o estudo dos caracteres mensuráveis da morfologia humana. Como diz Sobral (1985) "o método antropométrico baseia-se na mensuração sistemática e na análise quantitativa das variações dimensionais do corpo humano".

O tamanho físico de uma população pode ser determinado através da medição de comprimentos, profundidades e circunferências corporais, e os resultados obtidos podem ser utilizados para a concepção de postos de trabalho, equipamentos e produtos que sirvam as dimensões da população utilizadora.

A antropometria divide-se em: (1) somatometria que consiste na avaliação das dimensões corporais do indivíduo- (2) cefalometria que se ocupa do estudo das medidas da cabeça do indivíduo- (3) osteometria que tem como finalidade o estudo dos ossos cranianos- (4) pelvimetria que se ocupa das medidas pélvicas- (5) odontometria que se ocupa do estudo das dimensões dos dentes e das áreas dentárias.

As técnicas antropométricas de que iremos falar parecem ser muito simples. Contudo o seu domínio requer um treino rigoroso e uma selecção criteriosa tanto das técnicas pré-estabelecidas como dos instrumentos de medida, das medidas e dos pontos de referência antropométricos. Deste modo pretendemos minimizar erros de observação, causa real de muitos erros encontrados nos resultados de trabalhos deste tipo.

### 1.1. Perspectiva histórica da antropometria

Na era romana a antropometria e o design eram considerados como relacionados. O teórico e arquitecto romano Vitruvius argumentou que o design de edifícios devia ser baseado em certos princípios estéticos pré-estabelecidos do corpo humano. Foi dele o sistema de proporções humanas mais detalhado que nos chegou dos tempos clássicos. Vitruvius via a ciência das proporções humanas como um principio fundamental na concepção.

Foi provavelmente Albrecht Dürer (1471-1528) que marcou o inicio da ciência antropometria. Ele tentou categorizar a diversidade de tipos físicos humanos de acordo com uma observação sistemática e

medição de um largo número de pessoas. No entanto, neste período renascentista a teoria da estética permanecia a mais importante. O desenho de Leonardo da Vinci (1452-1519) no qual um homem é mostrado inscrito dentro de um quadrado e de um círculo deriva directamente de Vitruvius, e é uma das imagens mais conhecidas.

A ciência antropométrica desenvolveu-se no século XIX e princípio do século XX. Era o tempo onde eram feitas tentativas para subdividir e classificar a raça humana de acordo com as dimensões físicas. Na última parte deste século o foco tem incidido no crescimento humano e classificação de características físicas. Os avanços tecnológicos como as viagens espaciais e as actividades militares têm também requerido substanciais fontes de dados.

## 1.2. Básico da antropometria

Uma simples observação de pessoas mostrará que a espécie humana varia grandemente de tamanhos físicos. Um bom indicativo é o facto das roupas serem feitas para diferentes tamanhos, que contam não só com diferentes alturas, mas também com comprimentos e circunferências dos braços e pernas, circunferências da cintura e do peito, e largura dos ombros. Tudo isto tem derivado dos dados antropométricos. No entanto, estas observações não são suficientes para permitir que o envolvimento seja adequado às formas e tamanhos das pessoas. Ou melhor, é necessário dispor de dados objectivos que tenham sido cuidadosamente colhidos de um largo número de pessoas. Exemplos são as pesquisas antropométricas de militares que foram utilizados para determinar o posto de trabalho e o vestuário adequado das respectivas populações militares.

## 1.3. Diferenças individuais

As diferentes populações mundiais são compostas de indivíduos de diferentes tipos físicos ou biótipos. Pequenas diferenças nas proporções de cada segmento corporal existem desde o nascimento e tendem a acentuar-se com o crescimento, maturação, até à idade adulta. Sheldon, W. (1940) estudou a população americana tendo definido, a partir desse estudo, três tipos de características dominantes individuais:

O endomorfo - indivíduo de formas arredondadas e macias, com grandes depósitos de gordura. A sua forma externa extrema é semelhante

a uma pêra (estreita em cima e larga em baixo). O abdómen é grande e cheio e o tórax parece ser relativamente pequeno. Os braços e pernas são curtos e flácidos. Os ombros e cabeça são arredondados. Os ossos são pequenos. O corpo tem baixa densidade podendo flutuar na água. A pele é macia.

O mesomorfo - indivíduo musculoso, de formas angulosas. Apresenta cabeça cúbica, maciça, ombros e peito largo, bem como um abdómen pequeno. Os membros são musculosos e fortes. Possui pouca gordura subcutânea.

O ectomorfo - indivíduo de corpo e membros finos, com um mínimo de gordura e músculos. Os ombros são largos mas descaídos. O pescoço é fino e comprido, o rosto é magro, queixo recuado e testa alta, tórax e abdómen estreitos e finos.

Naturalmente, a maioria dos indivíduos não se encontram rigorosamente em nenhum destes tipos básicos, misturando características dos três tipos. Assim, podem ser meso-endomorfos, endo-ectomórficos, ecto-mesomórficos, etc. Foram ainda observadas diferenças comportamentais entre os três tipos, que influenciam até a escolha profissional.

#### 1.4. Variação ou diversidade humana

Os tamanhos, formas e forças dos seres humanos são muitas vezes baralhados pela idade e pelo sexo. Definindo uma população alvo para propósitos antropométricos, também temos de levar em conta a etnia, classe social e ocupação. Sobrepostas a estas diferenças estão mudanças que ocorrem dentro das populações durante um período de tempo. Algumas destas mudanças são atribuídas à migração e mistura genética de grupos étnicos distintos; outras a outros processos históricos mais complexos, que no último século levou a um aumento geral da altura na população mundial, que é designado por “tendência secular para o crescimento”.

Existem dados disponíveis sobre tamanhos corporais de adultos americanos, britânicos, alemães, japoneses, suecos, holandeses, franceses, polacos, brasileiros, indianos, chineses, japoneses e crianças para quase todas as idades. Os dados americanos provêm de pessoal da força aérea americana de 1988. Apesar da amostra militar poder estar de alguma maneira viciada devido à selecção, estes dados são os melhores

disponíveis da população total norte americana adulta. A principal reserva diz respeito ao peso corporal, que é mais variável na população civil do que na militar. Os tamanhos da mão, pé e cabeça não devem ser grandemente diferentes entre soldados e civis.

#### 1.4.1. Diferenças sexuais

Homens e mulheres apresentam diferenças antropométricas significativas, não apenas em dimensões absolutas, mas também nas proporções dos diversos segmentos corporais. A maioria dos homens excede a estatura da maioria das mulheres da mesma origem étnica. Os homens apresentam braços mais compridos, devido ao antebraço ser maior. Os homens ultrapassam as mulheres em quase todas as variáveis antropométricas (exceto na largura e circunferência da anca). Além das dimensões antropométricas atrás descritas, os homens e as mulheres diferem na composição corporal. Em geral a gordura representa uma maior proporção do peso do corpo na mulher adulta, do que no homem. A percentagem com que a gordura contribui para o corpo é de 13.5% para o homem adulto e 24.2% para a mulher adulta. A gordura subcutânea é diferentemente distribuída entre os sexos, as mulheres acumulam gordura no peito, coxas, ancas e antebraços. A gordura abdominal é acumulada acima do umbigo no homem, e abaixo do mesmo na mulher.

#### 1.4.2. Diferenças étnicas

Um grupo étnico é uma amostra ou população de indivíduos que fazem parte duma distribuição geográfica específica e que têm em comum certas características físicas que servem, em termos estatísticos, para os distinguir de outros grupos de pessoas. Assume-se que estas características são fundamentalmente hereditárias de origem, apesar de até certo ponto isto ser motivo de contencioso.

Os grupos étnicos podem ou não ser identificados com barreiras nacionais linguísticas ou outras. Por exemplo os vários tipos étnicos encontrados entre a população europeia são distribuídos para além das fronteiras nacionais, apesar da frequência com que um dado tipo é encontrado variar de local para local. Normalmente os grupos étnicos derivam de agrupamentos mais ou menos naturais, que podem ser divididos e designados como Negroides, Caucasoides e Mongolóides constituindo assim os maiores grupos da natureza humana.

Os Negroides incluem a maioria das pessoas de pele escura de África, conjuntamente com algumas minorias étnicas da Ásia e das ilhas do Pacífico. Nos caucasoides estão incluídas todas as pessoas de pele clara e escura residentes na Europa, Norte de África, Ásia menor, Médio Oriente, Índia e Polinésia (conjuntamente com a população indígena da Austrália e outros grupos étnicos que formam eles mesmo uma subdivisão). Dos mongolóides fazem parte um largo número de grupos étnicos distribuídos através da Ásia central, do leste e do sudeste, e as populações indígenas das Américas.

Tem havido e continua a haver um processo de migração e casamentos cruzados entre as três divisões atrás referidas. Isto significa que a maioria das amostras das populações nacionais incluirá outros grupos étnicos além dos que pertencem a uma mesma nação. Cerca de 10% dos membros destas amostras são de outras origens étnicas identificáveis, e que mesmo estes 10% constituem uma mistura complexa de etnias.

As amostras de adultos podem variar umas das outras no tamanho total (como a estatura ou o peso) ou nas proporções corporais. As diferenças étnicas mais características são deste último tipo pois as maiores divisões da humanidade incluem tanto populações altas como baixas.

Os africanos negros têm os membros inferiores proporcionalmente maiores do que os europeus; as amostras de Leste tem os membros inferiores proporcionalmente mais curtos, sendo a diferença mais marcante nos japoneses, menor nos chineses e coreanos e ainda menos nos tailandeses e vietnamitas. Se considerar-mos apenas os dados europeus, estes sugerem que os membros inferiores contribuem mais para as diferenças de estatura do que o tronco. As populações da Turquia, do Médio Oriente e da Índia, classificados como 'indo-mediterraneos', têm proporções similares aos Europeus mas possuem uma estatura total menor. Todas estas diferenças têm também a ver com condições climáticas. Investigações indicam que grupos étnicos que habitam climas quentes têm um ratio maior entre a área de superfície e a massa corporal o que é vantajoso para a perda de calor.

#### 1.4.3. Tendência secular para o crescimento

O termo 'tendência secular' é normalmente utilizado para descrever as alterações nas características mensuráveis de uma população

de seres humanos durante um dado período de tempo. Pelo menos durante o último século, ocorreram alterações bio-sociais na população de quase todo o planeta que levaram ao:

- aumento da estatura nos adultos, com uma possível diminuição da idade na qual a estatura adulta é atingida;
- aumento da taxa de crescimento das crianças;
- aparecimento da puberdade mais cedo - com o aparecimento do período menstrual nas raparigas, e o crescimento repentino nos rapazes e raparigas.

De 1880 até pelo menos 1960, em virtualmente todos os países europeus (incluindo a Escandinávia), os EUA, a Austrália e o Canadá, a magnitude da tendência tem sido similar. A taxa de mudança tem sido aproximadamente:

- 15 mm por década em estatura e 0.5kg por década em peso aos 5-7 anos de idade;
- 25 mm e 2kg por década durante o tempo da adolescência;
- 10 mm por década na estatura adulta.

#### 1.4.4. Influência da Idade – Envelhecimento

Durante as diversas fases da vida o corpo sofre alterações na sua forma e dimensões. Essas mudanças são mais visíveis durante o crescimento. Cada parte do corpo tem uma velocidade diferente de crescimento: as extremidades crescem mais depressa; a cabeça aos 4, 5 anos de idade já atinge 80% do seu tamanho em adulto.

O processo de envelhecimento inicia-se após os 30 anos de idade, altura a partir da qual o organismo vai perdendo gradualmente a sua capacidade funcional e a estatura começa a diminuir. É aparente um declínio na estatura à volta dos 50 anos nos homens e dos 60 nas mulheres. O peso aumenta para posteriormente diminuir á volta dos 50 anos nos homens e dos 60 nas mulheres.

Quando considerar-mos estes cenários é importante que a combinação dos efeitos do envelhecimento e da tendência secular sejam examinados. Damon (1973) mostrou que os homens que possuíam um peso e altura médias tinham uma longevidade maior do que os que possuíam grandes desvios tanto num como noutro aspecto. Outros estudos longitudinais mostraram que à volta dos 40 anos começamos a diminuir em altura, que essa diminuição aumenta com a idade, e que as mulheres diminuem mais do que os homens.

Com o incremento da disponibilidade de cuidados médicos para a maioria dos cidadãos mais idosos dos países mais desenvolvidos, e com o aumento também nos países do terceiro mundo, a longevidade está também a aumentar. O efeito deste facto no design do espaço de trabalho pode não ser crítico, pois a idade da reforma ronda os 55 ou 65 anos, mas os efeitos da idade no espaço quotidiano é mais crucial.

#### 1.4.5. Classe social e ocupação

Num estudo fascinante Thomson (1959) descobriu que a estatura era estratificada pela ocupação do pai do sujeito, pela sua própria ocupação, e pela ocupação do seu marido. As diferenças na estatura das diferentes classes sociais continuam marcantes.

#### 1.5. Os adultos “normativos” versus as “pessoas reais”

Sem tomar propriamente consciência, normalmente concebemos para um grupo de pessoas “regulares” que estão entre os 25 e os 45 anos; que são antropométricamente “normais”, isto é, têm dimensões corporais como a estatura, alcance da mão ou peso perto do percentil 50; que são “saudáveis” nos seus subsistemas metabólico, circulatório e respiratório; cujo controlo nervoso, capacidades sensoriais e inteligência estão “perto da média”, e que sejam capazes e dispostas a realizar com “normalidade”. Assim, por defeito, o estereotipo normativo de muitos factores humanos é o adulto regular homem ou mulher. De facto, a “pessoa média” apenas aparece nos jornais e livros de texto.

Este adulto normativo mítico tornou-se o nosso utilizador protótipo ao qual comparamos outros subgrupos, como crianças, pessoas temporariamente ou permanentemente debilitadas, mulheres durante a gravidez, ou pessoas idosas. Além disso, a maior parte dos indivíduos e subgrupos da população total desviam-se no tamanho, força, ou outras capacidades de performance em relação ao adulto normativo. Nem num sentido estatístico, nem na realidade existem pessoas que sejam médias na maior parte ou em todos os aspectos, e produtos ou processos “concebidos para a média” não servirão bem a ninguém. Para encontrar com facilidade, eficiência e segurança, é obrigatório considerar as extensões, as variações, e as combinações de traços fisiológicos e psicológicos.



### 1.6. Adequação entre a diversidade humana e os diferentes envolvimentos?

Coloca-se então um problema. Como vamos conceber os componentes do envolvimento que nos rodeia tendo em conta a enorme variabilidade humana existente? A adequação só seria perfeita se fosse individual, ou seja, se um produto fosse concebido para um dado sujeito. Mas isso não é viável em termos práticos, e muito menos em termos económicos. Então que adequação para servir a população em geral? Neste caso a adequação será conseguida com artigos standard, e terá de ser negociada em função do material e do tempo de utilização. Para tal utilizam-se técnicas de optimização.

### 1.7. Base estatística da variabilidade humana

A maioria das dimensões lineares do corpo humano são normalmente distribuídas e a frequência de distribuição de uma dimensão particular revela uma curva simétrica em forma de sino conhecida como curva de Gauss. A maior parte das medidas individuais caem dentro desta curva também designada de Bell. Apenas algumas pessoas são muito baixas ou muito altas, mas muitas situam-se à volta do centro da distribuição (a média).

Por razões praticas, é necessário colocar limites na extensão de população para a qual o posto de trabalho vai ser concebido. Acomodar utilizadores dos extremos superiores e inferiores da curva significaria que os graus de variabilidade no posto de trabalho teriam de ser muitos grandes, e iriam beneficiar poucos indivíduos. As limitações na concepção devem ser bastante limitadas. Por esta razão é prática comum especificar designs onde caibam 90% dos utilizadores, sendo o valor mais baixo definido como o percentil 5 de uma dimensão, e o valor mais alto como o percentil 95.

Os percentis ajudam o conceptor de diversas maneiras. Primeiro, ajudam a estabelecer a porção de população utilizadora que será incluída ou excluída de uma solução específica da concepção. Por exemplo, um certo produto pode necessitar de ser adequado para todas as pessoas que sejam mais altas do que o percentil 5 e mais baixas do que o percentil 60 no tamanho da mão ou no alcance do braço. Assim, apenas 5% das pessoas que têm valores mais baixos que o percentil 5 e 40% das pessoas que têm valores mais altos do que o percentil 60, não estarão adequadas, enquanto 55% (60%-5%) de todos os utilizadores estarão adaptados.

Segundo, os percentis são facilmente utilizáveis para seleccionar sujeitos para testes. Por exemplo, se o produto necessita de ser testado, as pessoas que têm os percentis 5 ou 60 nas dimensões críticas podem ser empregues para utilizar os testes.

Terceiro, qualquer dimensão corporal pode ser localizada com exactidão. Por exemplo, um determinado comprimento do pé pode ser descrito como um dado percentil dessa dimensão, ou uma certa altura de assento pode ser descrita como adequada a um certo valor de percentil de um comprimento da perna altura poplitea).

Quarto, a utilização de percentis ajuda na selecção de pessoas para utilizarem um determinado produto. Por exemplo, se um cockpit de um avião é concebido para ser adequado do percentil 5 até ao percentil 95, pode-se escolher a tripulação do cockpit cujas medidas corporais das dimensões críticas de concepção se insiram dentro deste intervalo.

### 1.8. Condições impostas pela variabilidade humana

A diversidade antropométrica traduzida no facto de os seres humanos variarem consideravelmente em todas as dimensões corporais, da probabilidade de encontrar um indivíduo com o mesmo percentil em todos os segmentos ser mínima, e do chamado homem médio não existir, provoca condições no processo de concepção. Estas condições fazem-se sentir sobretudo ao nível de quatro factores: o espaço livre, o alcance, a força e a postura.

Espaço livre – Mínimo espaço para dar acesso pessoal a passagens sujeitas a limitações espaciais. Na concepção é necessário fornecer espaço suficiente para a cabeça, o cotovelo, as pernas, etc. Os envoltórios devem fornecer um acesso e espaço de circulação adequados. Se for escolhido o percentil 95 da população utilizadora então o que resta da população mais pequeno que este será necessariamente acomodado.

Alcance – Resulta do deslocamento dos segmentos corporais no espaço tendo em vista a execução de uma tarefa. A capacidade para agarrar e operar controlos é um exemplo óbvio. Os estrangimentos do alcance determinam a dimensão máxima aceitável do objecto. O seu estrangimento é determinado pelo membro pequeno da população como o percentil 5.

Força – Este constrangimento diz respeito à aplicação de força no manuseamento de controlos e em outras tarefas físicas. Muitas vezes as limitações de força impõem um constrangimento e é suficiente para determinar o nível de força que é aceitável para um utilizador fraco.

Postura – A postura de uma pessoa é determinada (ao menos em parte) pela relação entre as dimensões do seu corpo e as dimensões do envolvimento. Os problemas posturais são normalmente mais complexos do que os problemas de espaço livre e alcance – pois temos utilizadores limitados em ambos os extremos. Por exemplo, se uma superfície de trabalho que é muito alta para uma pessoa baixa é tão indesejável como uma superfície de trabalho baixa para uma pessoa alta.

## 2. Dados Antropométricos Estáticos e Dados Antropométricos Dinâmicos

As características antropométricas da população utilizadora são distinguidas por dois tipos de dados. Primeiro existem os dados antropométricos estáticos (também conhecidos como estruturais) que dizem respeito às dimensões estruturais fixas do corpo humano. Alguns exemplos incluem a estatura, a altura do ombro (ou mais correctamente a altura acromial), e a altura do olho (que é normalmente utilizada como ponto de referência para a concepção de tarefas visuais).

O segundo tipo de dados antropométricos são os dinâmicos, ou funcionais. Como o título mostra estes dados são diferentes dos dados estáticos, pois a medida pode ser de uma extensão de movimento de uma articulação ou da força das várias acções da articulação. Estes dados também incluem a medida do alcance e espaço livre em condições operacionais.

### 2.1. Dados antropométricos estáticos

As dimensões estáticas são medidas feitas em posições corporais fixas entre pontos anatómicos do esqueleto. O número de possíveis medidas é enorme. Um livro da NASA (1978) ilustra 973 destas medidas. Muitas delas estão relacionadas com o design específico de certas aplicações, como por exemplo capacetes, e no design de espaços de trabalho o número de variáveis pode ser substancialmente reduzido. Na concepção de espaços de trabalho é necessário ter em conta as correcções para o vestuário de trabalho a utilizar. Os dados são utilizados para estabelecer as dimensões mínimas de certos factores como por exemplo o alcance, tamanho e forma da mão, etc.

Estes dados têm no entanto as suas limitações. Por exemplo o limite prático para o alcance do braço não é o comprimento do ombro até á ponta do dedo porque os operadores empregarão outros movimentos articulares para ir além deste comprimento. Assim os dados antropométricos dinâmicos são também necessários para estabelecer outros factores como por exemplo o alcance.

### 2.2. Dados antropométricos dinâmicos

Estas dimensões são tiradas quando o corpo está a efectuar alguma actividade física, como por exemplo o alcançar de um qualquer

controlo. Nestas circunstâncias as partes individuais, ou unidades funcionais, do corpo são coordenadas para agir em unísono e alcançar o objectivo desejado.

Neste tipo de dimensões o alcance tem lugar de destaque. A zona de alcance conveniente pode ser definida como a zona ou espaço na qual o objecto pode ser convenientemente alcançado, isto é sem um esforço excessivo. É descrita pelos movimentos do membro superior centrados na articulação medida do ombro até á ponta do dedo numa série de arcos para cada mão. O volume que é consequentemente definido é a intersecção dos dois hemisférios. O raio de cada hemisfério é o comprimento do membro superior, e os seus centros são a distância igual á largura bi-acromial.

Muitos problemas de concepção têm a ver com a intersecção dos planos horizontal e vertical, com o volume do envelope e a zona de alcance conveniente. A intersecção de um plano horizontal, que pode ser caracterizado no plano industrial por um banco ou linha de produção com a zona de alcance conveniente definindo uma área chamada área de trabalho máxima. Dentro desta existe outra mais pequena, designada como área de trabalho normal.

As zonas de alcance conveniente e a área de trabalho normal são critérios necessários na concepção de postos de trabalho para operações normais. No entanto, é por vezes necessário saber a extensão à qual os operadores podem chegar no seu esforço máximo. Os dois exemplos mais comuns são o alcance da perna e do braço. Considerando o alcance do braço, a antropometria estática diz-nos que o comprimento do braço (pega ou ponta do dedo até ao acrómio) é de uma certa dimensão (ou extensão de dimensão no caso de uma população). No entanto a extensão onde um indivíduo pode chegar é também influenciada pelo movimento do ombro, rotação do tronco, flexão anterior da coluna e função manual.

### 2.3. Posturas versus movimentos

Uma abordagem similar e simplista incorpora a ideia de conceber para a “postura” corporal. Em parte, este falso conceito pode ter sido provocado pela postura erecta estandardizada, sentada ou em pé, utilizada na medida do corpo humano, ou na força estática. Infelizmente esta postura “direita” tem sido empregue como modelo de concepção, provavelmente porque é facilmente visualizável e transferível para um modelo de concepção. Todavia, o homem é incapaz de manter qualquer

postura direita ou outra durante longos períodos de tempo. Manter-se de pé, sentado e imóvel, mesmo confortavelmente, depressa se torna desconfortável e então, com o tempo, torna-se impossível de manter; se reforçada por lesão ou doença, as funções metabólicas e circulatórias ficam debilitadas e aparecem dores. O corpo humano é feito para o movimento.

Os nossos corpos são concebidos para o movimento especialmente nos braços, com as articulações do ombro e do cotovelo fornecendo uma liberdade angular extensiva. As pernas fortes são capazes de mover o corpo no solo, com os maiores movimentos a ocorrerem nas articulações do joelho e da anca. Os movimentos do tronco ocorrem sobretudo em flexão e extensão na coluna lombar. No entanto, estes movimentos são muito limitados, e levam muitas vezes a sobreesforços, especialmente se combinados com torções laterais do tronco: a dor na zona lombar tem sido relatada ao longo da história da humanidade. Os problemas do pulso têm sido associados com requerimentos excessivos de movimento desde o início de 1700. A cabeça e o pescoço têm uma mobilidade limitada na inclinação e na torção. Os nossos polegares e dedos têm uma capacidade de movimento limitada mas grandemente controlada.

As extensões de movimento (também chamadas de mobilidade ou flexibilidade) dependem muito da idade, saúde, forma, treino e habilidade. As extensões de mobilidade têm sido medidas em grupos dissimilares de pessoas com várias instruções e técnicas de medida; por este motivo existe muita diversidade nos resultados obtidos.

Conceber para extensões de movimento em vez de posturas fixas não é difícil. A mobilidade “conveniente” situa-se dentro da extensão de valores máximos, mas nem sempre no meio das extensões; não raras vezes os movimentos convenientes encontram-se perto dos limites de mobilidade. Os hábitos e a habilidade assim como os requerimentos de força podem ter extensões diferentes preferidas.

A concepção para os movimentos começa pelo estabelecimento das extensões actuais de movimento. Os movimentos convenientes podem agrupar-se à volta da média de mobilidade numa articulação corporal, ou podem estar próximo dos limites de flexibilidade. Por exemplo, uma pessoa a andar, ou de pé, tem os joelhos a maior parte do tempo praticamente estendidos – na vista sagital – os ângulos dos joelhos próximo do valor extremo de 180°. O ângulo sagital da anca (entre o tronco e a coxa) também varia na proximidade dos 180°. Ambos os ângulos mudam para cerca de 90° na posição sentada.

As áreas de trabalho preferidas das mãos e pés são em frente do corpo, dentro de envelopes que reflectem a mobilidade do antebraço na articulação do cotovelo, ou do total do braço na articulação do ombro; da perna na articulação do joelho, e da totalidade da perna na articulação da anca. Assim, estes envelopes de alcance são muitas vezes descritos como esferas parciais à volta das presumíveis localizações das articulações corporais. No entanto, as extensões preferidas dentro das zonas possíveis de movimento são diferentes quando os principais requerimentos são a força, a velocidade, a precisão ou a visão. Assim não existe um envelope de alcance mas diferentes envelopes que são preferidos.

### 3. Medida das propriedades dos segmentos corporais físicos

O corpo humano pode ser considerado como um sistema de ligações mecânicas, com cada ligação tendo um tamanho e forma conhecidos.

#### 3.1. Métodos de medida do comprimento dos segmentos corporais

A medida do comprimento de vários segmentos corporais num sistema de ligação assume que os segmentos estão ligados por articulações facilmente identificáveis. Esta hipótese é melhor para os membros do que para o tronco pescoço e cabeça. E mesmo para os membros a identificação da localização das articulações pode ser difícil, porque as marcas ósseas estão muitas vezes cobertas pelo músculo e tecido adiposo, especialmente nas articulações do ombro e da anca.

Os antropometristas dissecaram cadáveres e estimaram a localização dos centros de rotação da articulação durante os últimos 100 anos. Uma vez conhecidos os centros de rotação das articulações os comprimentos dos segmentos podem ser definidos como a distância entre os centros projectados. Estes comprimentos foram depois correlacionados com as distâncias medidas entre as marcas ósseas palpáveis localizadas junto das articulações seleccionadas.

#### 3.2. Localizações do centro de massa dos segmentos corporais

É possível expressar a massa de cada segmento como uma percentagem da massa corporal total, mas conhecer apenas o peso de um segmento corporal pode não ser suficiente. Também devemos ser capazes de localizar no segmento onde é que o efeito gravitacional da massa do segmento actua. Por outras palavras se um segmento está suspenso por um ponto, onde é que este se localizaria de maneira que o efeito gravitacional fosse igual ou equilibrado em qualquer dos lados do ponto, em relação à orientação do segmento no espaço? O ponto resultante no segmento é conhecido como centro de massa.

O conhecimento da localização do centro de massa num segmento corporal, juntamente com o seu peso e comprimento é suficiente para realizar a análise estática das forças e momentos em cada articulação para uma dada postura corporal. A localização do centro de massa também é



dado como uma percentagem do comprimento do segmento a partir do extremo proximal e do extremo distal.

#### Determinação da Massa dos Vários Segmentos Corporais

| <b>Segmento Corporal</b> | <b>Massa total=1</b> | <b>Localização do C.M. (%)</b> |
|--------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Cabeça                   | 0,073                | 47 % proximal                  |
| Tronco                   | 0,507                | 38 “                           |
| Braço                    | 0,026                | 44 “                           |
| Antebraço                | 0,016                | 43 “                           |
| Mão                      | 0,007                | 51 “                           |
| Coxa                     | 0,103                | 43 “                           |
| Perna                    | 0,043                | 43 “                           |
| Pé                       | 0,015                | 44 “                           |

## 4. Sistemas de Medida

### 4.1. Antropometria Estrutural

No levantamento de medidas antropométricas estão subjacentes alguns passos fundamentais. Em primeiro lugar é necessário definir os objectivos do levantamento antropométrico. Depois e consoante os objectivos seleccionados é necessário definir as medidas a serem recolhidas. De seguida há que escolher o método de medida e seleccionar a amostra. Finalmente procede-se à realização das medidas e se necessário for realiza-se uma análise estatística.

Para a recolha de medidas antropométricas existem sistemas bidimensionais e sistemas tridimensionais. Dos sistemas bidimensionais fazem parte o Antropómetro Tradicional e a Fotogrametria. Nos sistemas tridimensionais podemos destacar os sistemas Stereo-Fotogramétricos, os sistemas Opto-Electrónicos, a Tomografia Axial Computadorizada e a Ressonância Magnética Nuclear.

#### 4.1.1. Sistemas Bidimensionais

##### Antropómetro

Nos sistemas bidimensionais a utilização do antropómetro tradicional é a técnica mais antiga. Além do antropómetro propriamente dito apenas é necessário papel e lápis para o registo das medidas recolhidas. As vantagens inerentes à utilização desta técnica é o seu baixo custo (nomeadamente para a realização de um grande número de medidas), a sua fácil utilização (sem necessidade de calibração), e o facto de ser um sistema portátil. Como desvantagens pode referir-se o facto de apenas ser possível a recolha de medidas lineares, de estar sujeito a erros de leitura e orientação se não for cuidadosamente utilizado, a demora na recolha de dados se for necessário medir muitos sujeitos, e finalmente o facto de ser extremamente intrusivo para os sujeitos.

##### Fotogrametria

A fotogrametria é um método de recolha de medidas mais recente que o antropómetro. O material necessário para aplicar este método compõe-se de uma câmara fotográfica, de preferência digital pois possui maior precisão, marcadores (fluorescentes de preferência para uma melhor detecção) para colocar nos sujeitos nos pontos anatómicos de interesse, um software desenvolvido para a recolha das medidas a partir

das imagens, e um computador onde este programa computadorizado possa correr. É de referir que em vez da fotografia pode ser utilizado o vídeo, para o qual se requer evidentemente uma câmara de vídeo, os marcadores e o computador como para a fotogrametria e ainda uma placa de aquisição de imagem para poder transferir a imagem para o software.

A metodologia inerente à fotogrametria deve seguir algumas etapas. Em primeiro lugar é necessário colocar o sujeito numa postura padrão. De seguida são colocados nos sujeitos os marcadores de acordo com as medidas antropométricas a serem recolhidas. Com a ajuda do computador e do software pode então proceder-se à digitalização dos pontos e ao cálculo dos comprimentos e ângulos pretendidos. É no entanto, ter em atenção alguns aspectos. O sujeito deve estar colocado a pelo menos 6m da câmara e a luz do local não deve ser muito intensa (para não provocar muitas sombras que vão dificultar a digitalização dos pontos), nem pouco intensa, pois assim a detecção dos marcadores será mais difícil.

Este sistema é económico e eficaz (em termos de tempo) na recolha de dados, para além de permitir uma generalização ao estudo de posturas. Como desvantagens podem verificar-se erros de paralaxe, pode existir uma menor precisão das medidas, requer uma calibração e pode estar sujeito a erros na digitalização.

#### 4.1.2. Sistemas Tridimensionais

Nos sistemas tridimensionais destacamos dois que permitem a captação de coordenadas externas do corpo como o Moiré e o Cyberware, e dois que permitem a captação de coordenadas internas do corpo como a tomografia axial computadorizada e a ressonância magnética nuclear.

O Moiré é técnica tridimensional mais antiga. Quantifica as áreas e superfícies corporais e tem uma precisão de aproximadamente 0.25mm. É no entanto, um sistema de calibração complexo, limitado a áreas reduzidas e de custo económico elevado.

O Cyberware é um sistema americano mais moderno e também bastante mais dispendioso que o Moiré. Para a sua utilização é necessário um laser de baixa potência e uma workstation com o respectivo software. Este sistema digitaliza simultaneamente coordenadas e cor, constrói um modelo tridimensional, e calcula automaticamente áreas e volumes. Necessita no entanto de calibração.

Com a Tomografia Axial Computadorizada e a Ressonância Magnética Nuclear é possível visualizar as estruturas internas com grande precisão.

#### 4.2. Antropometria Funcional

Na antropometria funcional existem sistemas de medida directos e indirectos. Nos sistemas directos destaca-se a acelerometria (que permite obter a velocidade de um movimento) e a goniometria (que permite obter ângulos entre segmentos corporais).

Nos sistemas indirectos encontramos mais uma vez os sistemas fotogramétricos que seguem vários passos. Em primeiro lugar existe a recolha das dimensões antropométricas estruturais (dimensões lineares, centros de gravidade e massas segmentares). Em segundo lugar procede-se à filmagem da execução de uma tarefa motora. Em terceiro acede-se à trajectória do movimento total e por último calculam-se as velocidades e acelerações angulares.

Com os métodos directos e indirectos é possível obter dados referentes à posição, velocidade e aceleração segmentares que nos permitem calcular o alcance, força e postura de um indivíduo.