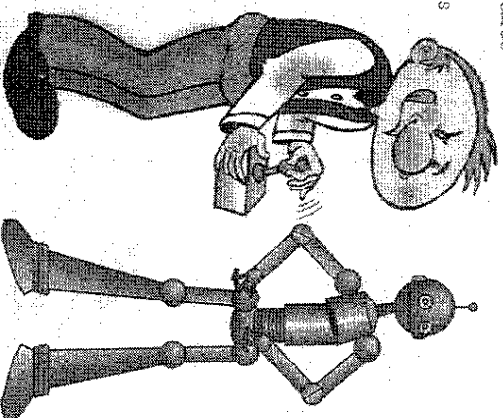


8. Controles e manejos

Este capítulo analisa o processo de transmissão de energia sob forma de forças e movimentos musculares do homem para a máquina.

De acordo com os princípios ergonômicos, as máquinas são consideradas como "prolongamentos" do homem. Uma boa adaptação homem-máquina contribui para reduzir os erros, fadiga e acidentes. Em consequência, melhora-se o desempenho do sistema. Para isso, serão estudadas inicialmente as características humanas para transmissão dos movimentos, especialmente com o uso das mãos. Depois, serão examinados os atributos que devem ter as ferramentas e máquinas, para se adaptarem a essas características humanas.

Juntamente com o Capítulo 10 sobre Dispositivos de Informação, fornece elementos para detalhar o Posto de Trabalho, já apresentado no Capítulo 7.



8.1 Movimentos de controle

Movimento de controle é aquele executado pelo corpo humano para transmitir alguma forma de energia à máquina. Esses movimentos geralmente são executados com as mãos e os pés e podem consistir desde um simples aperto de botão até movimentos mais complexos de perseguição (como nos videogames), alimentados continuamente por uma cadeia de ação-informação-ação (ver Figura 2.2).

Adequação dos controles aos movimentos corporais

Na medida do possível, os movimentos de controle devem seguir aqueles movimentos naturais e mais facilmente realizados pelo corpo humano.

Os movimentos corporais no trabalho foram estudados exaustivamente pelo casal Frank e Lillian Gilbreth, que formularam empiricamente 20 princípios de economia dos movimentos. Esses princípios foram posteriormente aperfeiçoados por Barnes (1977), que os transformou em 22 princípios de economia dos movimentos (ver Tabela 7.1). Segundo esses princípios, as mãos devem realizar movimentos retos, seguindo trajetórias curvas e contínuas, evitando-se paradas bruscas ou mudanças repentinas de direção. Particularmente, o corpo tem dificuldades de realizar movimentos retílineos, preferindo-se aqueles curvos.

Se os controles envolverem movimentos dos dois braços, estes devem ser feitos simultaneamente em direções opostas e simétricas. Observa-se que é muito difícil executar dois padrões diferentes de movimentos musculares simultâneos, como o de estrear o volante e mudar a marcha do carro.

Murrell (1965) dá exemplo de um outro tipo de controle inadequado, em que o movimento da máquina não segue o movimento natural do corpo. No acionamento de pedais articulados, o pedal tende a deslocar-se para trás, afastando-se do corpo, enquanto o pé tende a aproximar-se do corpo e essa incompatibilidade tende a desequilibrar o operador. Se esse problema mecânico não puder ser corrigido, pode-se melhorar a estabilidade do operador, colocando-se uma barra de apoio para as mãos (Figura 8.1).

Esteretótipo popular

O esteretótipo popular é a expectativa de um determinado efeito, manifestada pela maioria da população, diante de uma certa situação. Por exemplo, para ligar o rádio, a maioria gira o botão para direita, no sentido horário. As pessoas adquirem esse esteretótipo pelo treinamento e pela experiência no dia-a-dia.

Alguns desses esteretótipos seriam naturais, ou seja, **inatos**, caracterizados pelo próprio organismo. Povos primitivos, sem contato anterior com a civilização, podem apresentar alguns esteretótipos semelhantes aos dos civilizados. Testes realizados com crianças de 5

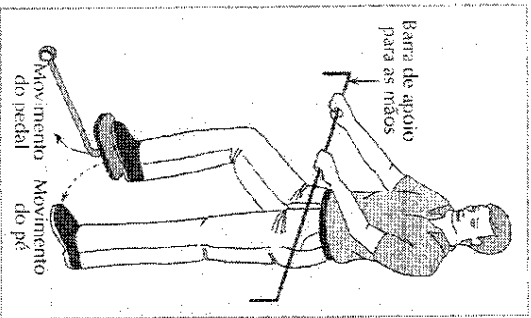


Figura 8.1 Projeto de pedal incompatível com o movimento natural dos pés, provocando desequilíbrio do operador (Murrell, 1965).

Questões	Alternativas	Engenheiros	Mulheres	Especialistas
 Movimento do knob Para mover a seta até o centro do mostrador, o knob deve ser girado no sentido: - Horário - Anti-horário - Anti-horário	Horário Anti-horário	3 97	6 94	2 98
 Chave para desbloquear a fechadura elétrica Para abrir esta caixa você colocaria a chave com os dentes voltados para: - Cima - Baixo	Dentes para cima Dentes para baixo	17 83	23 77	20 80
 Movimento da alavanca Para deslocar o ponteiro para a direita, você moveria a alavanca: - Empurrando - Puxando	Empurrando Puxando Sem resposta	76 24 —	59 41 —	71 25 4
 Torneira de pia Indique em que sentido devem ser giradas as torneiras para abrir a água (vistas de cima): - Anti-horário - Horário - Anti-horário	ESQUERDA DIREITA Horário Horário Horário Anti-horário Anti-horário Horário Anti-horário Anti-horário	17 23 13 47	34 20 26 20	22 13 16 49
 Teclado para calculadora Coloque os algarismos de 1 a 0 como no teclado da máquina de calcular eletrônica:	Calculadora Telefone Outros arranjos	25 49 26	33 14 54	36 35 29

Figura 8.2 Exemplo de pesquisa sobre esteretótipos populares, realizada entre 92 engenheiros, 80 mulheres e 55 especialistas em ergonomia (quase todos homens). Os resultados aparecem em porcentagens (Smith, 1981).

anos, com aparelhos que elas nunca tinham visto antes, mostraram que 70% delas seguem o padrão "esperado". Esse índice aumenta para 87% em adultos de 20 anos. Isso demonstra que há uma forte tendência natural para os movimentos compatíveis que esta se acentua com o aprendizado.

Movimentos compatíveis e incompatíveis

Os movimentos de controle que seguem o estereótipo popular são chamados de **compatíveis**. Inversamente, os que o contrariam, são chamados de **incompatíveis**. Diversas pesquisas realizadas mostram que os movimentos compatíveis são aprendidos mais rapidamente e são executados com mais confiabilidade. Isso levou muitos pesquisadores a investigar os estereótipos em diversas situações. Smith (1981) realizou uma pesquisa em 18 situações diferentes (ver um resumo na Figura 8-2).

Verifica-se que, em alguns casos, como no movimento de *kick*, fechadura de caixa e movimento de uma alavanca, há uma nítida preferência das pessoas. Em outros casos, como nos movimentos de tomada de pia ou no arranjo do teclado de calculadora, isso não aparece claramente. Além disso, em alguns casos, observaram-se diferenças significativas dos resultados entre os três grupos de sujeitos que participaram do experimento, sugerindo que, nestes casos, a experiência e o treinamento podem influir nos resultados. Muitos estereótipos são adquiridos por treinamento e uma vez estabelecidos, fica difícil de modificá-los.

Demonstrou-se também que as pessoas podem ser treinadas para fazer intuitivamente movimentos **incompatíveis**, mas o tempo gasto nesse treinamento é maior do que no caso dos movimentos compatíveis. Além disso, numa situação de emergência ou de pânico, há uma forte tendência de retorno ao movimento compatível.

Murrell (1965) relata o caso de um registro que controlava o fluxo do óleo refrigerante em um navio (Figura 8-3). Esse registro apresentava um movimento incompatível com o mostrador. Partindo-se da posição fechada (*Off*) deveria ser girado à esquerda, no sentido anti-horário para abrir-se. Além da posição aberta (*On*), havia uma terceira posição para *Bypass* (desvio). O ponteiro do mostrador indicava essas posições girando ao contrário, no sentido horário.

Numa situação de emergência, o registro estava na posição ON e alguém gritou para passá-lo para *Bypass* e o operador girou-o imediatamente no sentido horário, seguindo a direção do ponteiro. Assim, realizou um movimento no sentido **contrário** daquele desejado, o que resultou em um sério acidente. Embora o marinheiro tenha sido treinado para girar o registro para a esquerda para desviar o fluxo de óleo, em uma situação de emergência, ele retornou ao seu estereótipo, ao contrário do padrão que deveria ter seguido. Isso demonstra a "força" do estereótipo e a dificuldade em contrariá-lo.

Outro exemplo é o dos motoristas **ingleses**. Na Inglaterra, a posição do motorista no carro e o sentido do tráfego são invertidos, em relação ao padrão do continente europeu. Os ingleses apresentam um dos menores índices de acidentes automobilísticos do mundo. Entretanto, um estudo realizado na Espanha demonstrou que eles

provocam 210% mais acidentes nas estradas espanholas, em comparação com os próprios espanhóis (Bridger, 2003).

Isso indica que, um motorista inglês, dirigindo no continente, precisa prestar muita atenção. Contudo, numa situação de emergência ou pânico, os motoristas retornam ao seu estereótipo, podendo provocar acidentes. Outro problema é o dos turistas do continente, em visitas à Inglaterra. Eles precisam prestar muita atenção para não serem atropelados.

Portanto, os movimentos incompatíveis devem ser evitados, sempre que possível, durante o projeto. No caso em que isso for impossível, é preferível que todos os movimentos sejam incompatíveis, pois isso ainda é menos danoso que uma mistura de alguns movimentos incompatíveis com outros compatíveis, que tendem a causar confusão.

Destros e canhotos

Os canhotos, ou seja, aqueles que manifestam preferência pelo uso da mão esquerda, representam cerca de 10% da população. Apesar desse número não ser desprezível, praticamente todos os projetos de produtos são realizados supondo que todos os usuários são destros. As pesquisas sobre os movimentos dos controles quase sempre são realizadas supondo também que as pessoas são todas destros.

Os canhotos são obrigados a converter no mundo dos destros. Alguns produtos como facas e canetas, não oferecem diferenças para destros ou canhotos. Mas há outros produtos como tesouras e abridores de latas, que causam problemas aos canhotos. Os problemas maiores surgem com os produtos assimétricos, como câmaras fotográficas, carros e teclados.

As pessoas apresentam um desempenho muscular significativamente melhor quando usam a mão **dominante**. Ou seja, os destros conseguem realizar movimentos com maior força, velocidade e precisão usando a mão direita. Com os canhotos, ocorre o inverso. Foi feito um teste com a mão dominante (Garonzik, 1989). Os destros deveriam trabalhar com a mão esquerda, e os canhotos com a mão direita. Constatou-se que os canhotos apresentavam desempenho melhor. Ou seja, elas eram menos dependentes da mão dominante.

Isso talvez seja devido às pressões educacionais e culturais que foram, os canhotos, ao uso da mão direita em proporção maior que os destros, a esquerda. Por exemplo, ao cumprimentar as pessoas ou fazer contências (militares) os canhotos são obrigados a usar a mão direita.

Os canhotos levam uma nítida desvantagem na operação de comandos em que são obrigados a usar a mão direita. A situação tende a agravar-se quando há grandes exigências de força, velocidade e precisão nos movimentos. Os projetistas podem contribuir de três maneiras para a superação dessa desvantagem:

- Substituindo comandos que exigem muita velocidade e precisão, por outros. Por exemplo, colocando alavancas no lugar de manivelas e botões de pressão no lugar daqueles rotatórios;

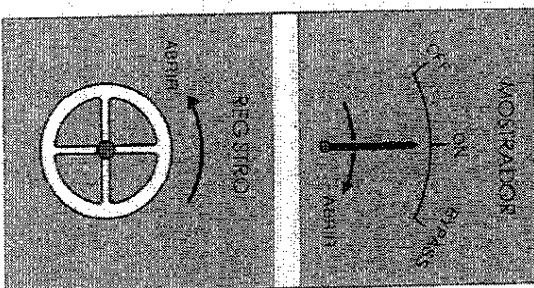


Figura 8.3

Exemplo de movimento incompatível entre o mostrador (abrir à direita) e o registro (abrir à esquerda) associados entre si (Murrell, 1965).

- Desenhando instrumentos simétricos, de modo que possam ser operadas indistintamente, com a mão direita ou a esquerda; e
- Desenhando produtos ou acessórios especiais para os canchãos.

Em alguns casos extremos, quando nada disso for possível ou economicamente justificável, deve-se selecionar um operador destro. Contudo, para que não haja essa discriminação, o projetista deve conceber sempre que possível, produtos e postos de trabalho que possam ser utilizados indiferentemente tanto por destros como canhãos (ver projeto universal, página 318).

Compatibilidade espacial

Além da compatibilidade de movimentos, em que o movimento de controle sugere o movimento do mostrador e vice-versa, há também a compatibilidade espacial, em que a posição relativa dos controladores e mostradores no espaço sugerem essa correspondência.

Um experimento clássico foi realizado com fogões de 4 bocas, fazendo-se 4 arranjos diferentes de queimadores (mostradores) e botões (Figura 8.4). Observou-se que os sujeitos não cometem erros quando há algum tipo de correspondência espacial entre a posição dos botões e dos queimadores (arranjo 1). Quando essa correspondência deixa de existir (arranjos 2, 3 e 4) os erros apareceram a taxas de 6 a 11%. Em outro teste, perguntando-se a 200 sujeitos sobre as suas preferências entre os arranjos 2, 3 e 4 (o arranjo 1 foi excluído deste teste), todos foram mencionados com frequências semelhantes, demonstrando, pelo menos nesse caso, a inexistência de um estereótipo determinante para a compatibilidade espacial. Observa-se também que os botões dos fogões não seguem o estereótipo popular (ghnan para esquerda) para "acender" ou "ligar".

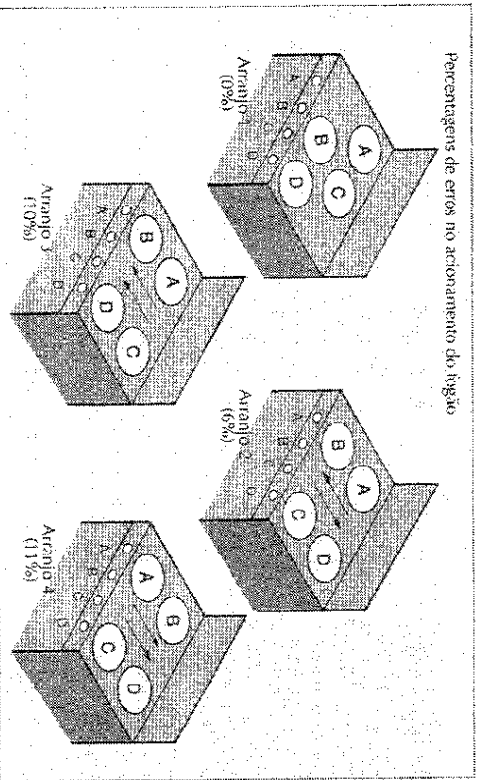


Figura 8.4

Resultados dos testes de compatibilidade, em percentagens de erros no acionamento, na associação entre botões e queimadores do fogão (Chapanis e Lindensbaum, 1959)

Nesses casos, em que a correspondência espacial entre mostradores e controles não fica evidente, há dois artifícios que podem ser usados para se reduzir os erros. O primeiro é desenhar **linhas** no painel ligando os controles aos respectivos mostradores. O segundo é o uso de um código de **cores** (correspondência de cores entre mostradores e controles). Em arranjos incompatíveis verificou-se que o uso das linhas de ligação reduziu os erros em até 95% e, os tempos de reação em 40%, com o uso de cores. Entretanto, nos casos em que já havia uma compatibilidade espacial, o acréscimo desses artifícios não aumentou a eficiência.

Em segundo lugar, no caso de grandes painéis, os botões podem ser arranjados em grupos de 3 a 5, diferenciados pelas funções, ou ter formas, tamanhos e cores diferentes em cada grupo, para facilitar a identificação dos mesmos.

Controles associados a mostradores

No caso de controles associados a movimentos de mostradores, *displays* ou luzes de um painel, o relacionamento entre eles é regido pelos seguintes princípios:

1º princípio — Os movimentos rotacionais no sentido horário estão associados a movimentos de mostradores "para cima" e "para direita".

2º princípio — Nos movimentos de controles e mostradores situados em planos perpendiculares entre si, o mostrador segue o movimento da ponta de um "ponteiro" executado pelo controle, ou seja, a rotação do controle à direita tende a afastar o mostrador e vice-versa.

3º princípio — Os controles e mostradores executam movimentos no mesmo sentido, no ponto mais próximo entre ambos. Em outras palavras, é como se existisse uma engrenagem imaginária, de modo que o movimento de um deles "arrastasse" o outro. Esse princípio (Warrick, 1947) se aplica também aos controles e mostradores situados em planos diferentes.

A Figura 8.5 ilustra os casos mais frequentes da aplicação desses princípios. Em outros casos, o relacionamento entre mostradores controlados não segue padrões definidos, como acontece com mostradores controlados por alavancas, situados em planos diferentes.

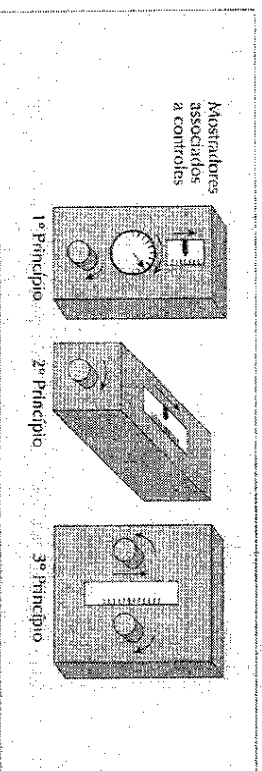


Figura 8.5
Aplicação dos princípios para associação entre movimentos de mostradores e controles.

Sensibilidade do deslocamento

Quando se discute a questão do relacionamento entre mostradores e controles, além da compatibilidade dos movimentos, um outro aspecto é o da sensibilidade do deslocamento. A sensibilidade é medida pela razão entre o deslocamento do mostrador e do controle. Assim, quando o deslocamento do mostrador é pequeno em relação ao movimento do controle, a sensibilidade é **baixa** e, inversamente, se o movimento do mostrador for grande em relação ao movimento do controle, a sensibilidade é **alta**.

Em um movimento contínuo de controle, há dois tipos de ajustes. Um é o ajuste "grosso" ou deslocamento, quando o operador desloca o ponteiro até a vizinhança do seu objetivo e depois um outro tipo de ajuste "fino" em que, finalmente, o ponteiro é colocado na posição exata. Os controles de baixa sensibilidade exigem maior tempo de deslocamento, mas são mais facilmente ajustados e, ao contrário, controles de alta sensibilidade se deslocam rapidamente, mas são mais difíceis ao ajuste fino.

Isso sugere que deve existir um ponto de **ótima** sensibilidade, onde a soma do tempo de deslocamento com o de ajuste fino seja mínimo. Esse ponto ótimo pode ser determinado graficamente (Figura 8.6), a partir das curvas de sensibilidade.

Naturalmente, existem também casos em que se usam deliberadamente baixas ou altas sensibilidades, conforme sejam mais importantes os ajustes "fino" ou "grosso", respectivamente. Por exemplo, no caso do **mouse**, o ajuste fino e preciso é mais importante.

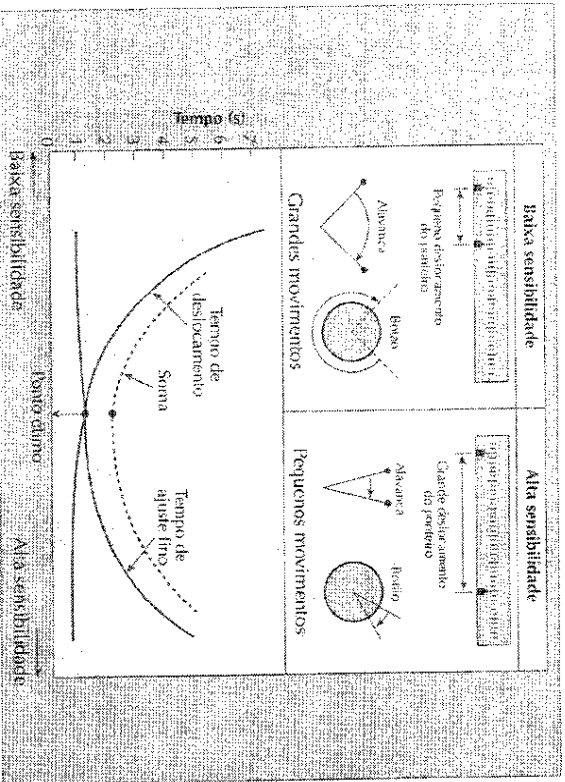


Figura 8.6
Curvas de sensibilidade dos movimentos de mostradores associados a movimentos de controles (McCormick, 1970).

A facilidade ou dificuldade desses ajustes está relacionada também com a resistência e a inércia dos movimentos envolvidos. Tanto um como outro podem dificultar a realização de movimentos, mas têm uma vantagem importante, pois servem para evitar os acionamentos acidentais e conservar os controles na posição desejada, principalmente nos casos em que mesmos estejam sujeitos a vibrações, como no caso dos rádios instalados em carros.

8.2 Controles

Para possibilitar as interações no sistema homem-máquina deve haver sub-sistemas próprios para que o homem possa introduzir informações no sistema. Esses sub-sistemas são chamados de controles. Os tipos usuais de controles são volantes, manivelas, botões, teclados, *mouse*, *joysticks*, controles remotos e outros. Esses controles são acionados principalmente com os movimentos das mãos e dedos. Pesquisas em andamento indicam que, futuramente, poderão ser utilizados outros meios como a voz (reconhecimento da fala) e expressões faciais.

Tipos de controles

Os controles são classificados geralmente em dois tipos básicos, de acordo com a função: discreto e contínuo.

Controle discreto — O controle discreto é o que admite apenas algumas posições bem definidas, não podendo assumir valores intermediários entre as mesmas. O controle discreto abrange as seguintes categorias:

- **Atravessão:** admite somente dois estados possíveis: ligado/desligado.
- **Posicionamento:** admite selecionar um número limitado de posições, como no caso do botão rotativo para selecionar o modo de operar uma máquina.
- **Entrada de dados:** conjunto de botões, como um teclado, que permite compor séries de letras e/ou números. Exemplo: teclados de computadores, calculadoras e telefones.

Controle contínuo — O controle contínuo é o que permite realizar uma infinidade de diferentes ajustes. Pode ser subdividido em duas categorias:

- **Posicionamento quantitativo:** quando deseja-se fixar um determinado valor dentro de um conjunto contínuo, como no caso do *drag* de um rádio.
- **Movimento contínuo:** quando serve para alterar continuamente o estado da máquina, acompanhando a sua trajetória, como o volante de um automóvel.











Seleção dos controles

Para a correta seleção dos controles deve-se considerar, em primeiro lugar, as características das informações que se quer transmitir ao sistema (discreto ou contínuo). Em segundo lugar, as características operacionais, como a frequência, velocidade, precisão e força dos movimentos exigidos do operador.

Figura 8.7
Funções e características

dos principais tipos de controles (Grandjean, 1983).

De maneira geral, podemos dizer que a precisão vai diminuindo quando se passa do movimento do dedo para as mãos, daí para os braços, ombros e o corpo, mas a força desses movimentos aumenta na mesma sequência.

Tipo de controle	Função			Características	
	Discreta	Contínua	Velocidade	Precisão	Força
 Botão liga-desliga	Ótimo para ativação 2 posições	Não	Bom	Baixa	Pequena 0,1 a 0,2 kg
 Interruptor	Ótimo para ativação 2 ou 3 posições	Não	Bom	Regular	Pequena até 1,0 kg para dedos até 5 kg para a mão
 Teclado	Para entrada de dados	Não	Bom	Regular	Pequena 0,1 a 2,0 kg
 Botão rotativo	Mão	Bom	Bom	Regular	Até 2,5 kg x cm com diâmetro de 75 mm
 Botão discreto	Regular para 3 a 20 posições	Não	Bom	Bom	Até 1,5 kg x cm com diâmetro máximo de 100 mm
 Alavanca	Bom para 2 a 10 posições	Bom	Bom	Bom	Até 13 kg
 Manivela	Recomendada só para grandes forças	Bom	Lenta	Bom	Até 3,5 kg com braço de 150 a 220 mm
 Volante	Não	Excelente	Regular	Bom	Até 25 kg com diâmetro de 180 a 500 mm
 Pedal liga-desliga	Bom para ativação 2 posições	Não	Bom	Regular	Até 10 kg
 Pedal simples	Regular	Bom	Bom	Baixa	Até 90 kg

Controle com os pés

O movimento dos pés só serve para controles grosseiros. Embora a força transmitida pelos pés possa alcançar valores elevados, de até 200 kg para o operador sentado, ela será restrita a poucas combinações de direção e de sentido, e os movimentos são pouco precisos. Só se pode exercer o movimento de empurrar (e não o de puxar) com os pés. De qualquer forma, tem a grande vantagem de liberar as mãos para outras tarefas que exijam mais precisão. Tipicamente, são realizadas com os pés operações do tipo liga-desliga ou operações de prender e soltar materiais, no começo e no fim das operações. Na posição de pé, há risco de provocar desequilíbrio (Figura 8.1).

Discriminação dos controles

Muitos artifícios podem ser utilizados para se diferenciar os controles e facilitar a sua correta identificação e operação, reduzindo-se o índice de erros e acidentais.

Um exemplo clássico de padronização dos controles foi aquela adotada em aeronaves, pela força aérea dos EUA, durante a II Guerra Mundial (Figura 8.8). Isso ocorreu depois que observaram 400 acidentes em apenas 22 meses, devido a confusão entre os controles do trem de pouso e dos flaps, principalmente em situações de emergência. Os controles foram redesenhados para que pudessem ser identificados pelo tato, mesmo sem o acompanhamento visual. Assim, o controle do trem de pouso foi desenvolvido com a forma de preta, feito de borracha. O controle dos flaps, com forma de asa, feito de alumínio.

Para facilitar a discriminação entre os controles (não se confundir), podem-se fazer combinações entre diversas variáveis, tais como: forma, tamanho, cores, textura, modo operacional, localização e letrados.

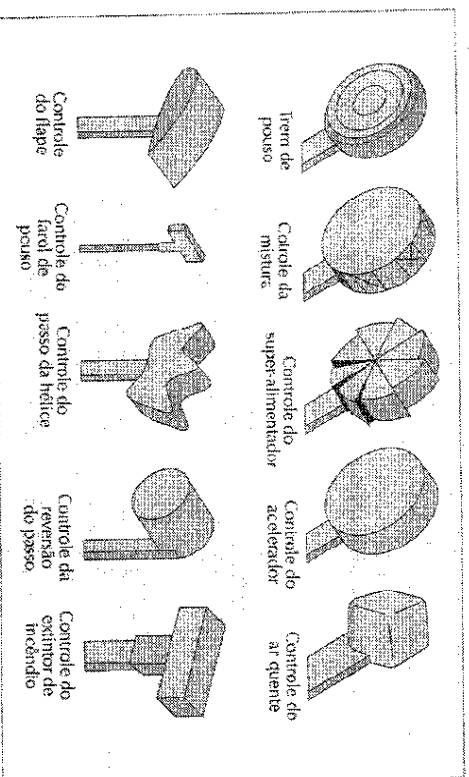


Figura 8.8
Padronização dos controles para uso aeronáutico, para facilitar a discriminação tátil, sem necessidade de acompanhamento visual dos mesmos. (Sorokin in Silverdy, 1987)

Forma — A discriminação pela forma é aquela que ocorre apenas pelo tato. A seleção é feita apresentando-se os controles aos pares a sujeitos com os olhos vendados, que devem dizer se os mesmos são iguais ou diferentes, apenas pelo uso do tato. Nesses testes consegue-se chegar a curva de 15 *knobs*, que não são confundidos, uns com os outros. Um exemplo de 12 controles desse tipo é apresentado na Figura 8.9 (Sorkin, 1987).

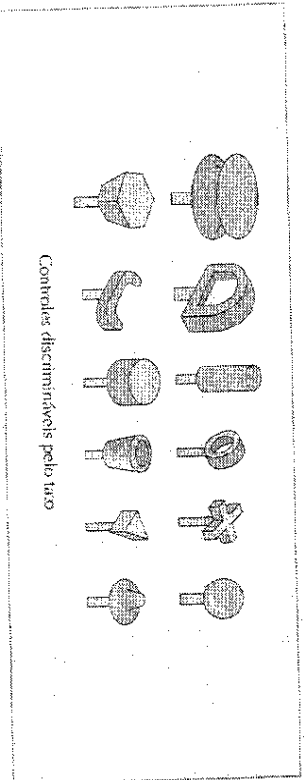
Tamanho — A discriminação pelo tamanho (com a mesma forma) já é mais difícil do que pela forma. Ela só funciona bem se os controles estiverem próximos entre si, para que possam ser comparados visualmente. Nesse caso, as diferenças entre eles devem seguir uma **progressão geométrica**, com incrementos mínimos de 20% em relação à anterior, para que possam ser discriminados. Exemplo: distâncias na seqüência: 10,0 — 12,0 — 14,4 — 17,3 — 20,7 — 24,9. Esse tipo de seqüência deveria ser adotado para moedas de diferentes valores.

Cores — O uso de cores pode ser um elemento importante para a discriminação de controles. Além disso, as cores podem ser associadas a determinados **significados**, como a verde para ligar a máquina e a vermelha para desligar. A desvantagem é que exige um acompanhamento visual e não funciona bem em locais mal iluminados ou quando se saiam facilmente. As cores podem sofrer mudanças sob diferentes tipos de iluminação. Deve-se considerar também que 2% das mulheres e 3,5% dos homens são daltônicos.

Textura — A textura refere-se ao tipo de acabamento superficial do controle. Experiências realizadas com controles cilíndricos construídos de mesmo material demonstraram que é possível discriminar **três tipos** de texturas: a superfície lisa, a superfície rugosa (releada) ou com pequenas sulistas, e aquelas com pequenos sulcos no sentido axial. A discriminação das mesmas, naturalmente, é prejudicada quando o operador usa luvas.

Modo operacional — Cada tipo de controle pode ter um modo operacional diferente. Por exemplo, alguns podem ser do tipo alavanca, outros do tipo puxar/empurrar e outros ainda, do tipo rotacional. Cada um deles só pode ser operado com determinados tipos de movimentos. No uso desse tipo de controle, deve ser verificada a compatibilidade dos seus movimentos com os estereótipos (ver Figura 8.2).

Figura 8.9
Controles com formas que podem ser discriminados apenas pelo tato, sem necessidade de acompanhamento visual (Sorkin in Salvendy, 1987).



Localização — A localização dos controles supõe a sua identificação pelo senso cinestésico, sem acompanhamento visual. É o que ocorre, por exemplo, com o motorista manejando o câmbio, tendo a sua visão fixada no trânsito. Essa identificação exige um certo distanciamento entre os controles, porque o senso cinestésico não tem muita precisão. Tais testes realizados demonstram que as distâncias mínimas entre dois controles, para que não sejam confundidos entre si, devem ser de pelo menos 6,3 cm, para deslocamentos verticais e de 10,2 cm, para aqueles horizontais.

Letreiros — Os letreiros referem-se à colocação de palavras ou códigos numéricos nos controles. Dessa forma, consegue-se discriminar uma **grande quantidade** de controles, sem exigir treinamento especial. As salas de controle em centrais nucleares, por exemplo, têm paredes inteiras com centenas de controles iguais, identificadas apenas pelos letreiros. Esses letreiros devem ser colocados acima dos controles, para que não sejam cobertos pelas mãos do operador. Tem a desvantagem de exigir espaço adicional no painel para a colocação dos letreiros, exigir certo tempo para leitura, não funcionar no escuro e exigir operadores altamente treinados.

Combinação de códigos

Naturalmente, essas diferentes maneiras de codificar os mostradores podem ser combinadas entre si, facilitando-se a discriminação dos mesmos. Em casos críticos, podem ser usados códigos **redundantes**, para melhorar essa discriminação. Por exemplo, com a diferenciação simultânea de formas e cores. A Figura 8.10 apresenta exemplos de aplicação de formas e cores para a eliminação de ambigüidades. Contudo, a diferenciação entre os controles não deve ser exagerada, pois isso provoca confusão, além de dificultar a manutenção. Quando um controle danificado não tiver um similar no estoque, há risco de ser substituído por um outro tipo, o que aumenta o risco de erro na operação.

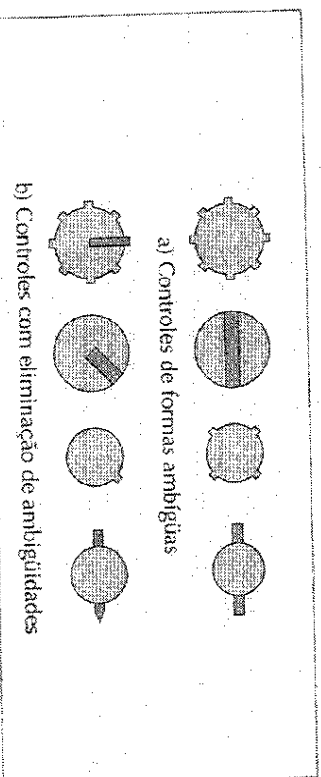


Figura 8.10
Exemplos de introdução de ambigüidades para a eliminação de ambigüidades (Oborne, 1982).

Prevenção de acidentes com controles

Os controles cujos acionamentos acidentais ou inadvertidos podem produzir consequências indesejáveis devem ser cercados de certos cuidados especiais no projeto. Entre estes, destacam-se os seguintes:

Localização — Colocar os controles para serem acionados sequencialmente, dentro de uma determinada lógica de movimentos. Exemplo: ligar um conjunto de interruptores da esquerda para a direita.

Orientação — Movimentar o controle na direção em que não possa ser movido por forças acidentais do operador. Exemplo: botão que precisa ser puxado para ligar (não se liga acidentalmente com esbarros).

Rebato — Encaixar os controles em um rebato no painel, de forma que não apresentem saliências sobre a superfície.

Cobertura — Proteger os controles por um anel ou uma caixa protetora ou colocá-los no interior de caixas com tampas.

Canalização — Usar guias na superfície do painel para fixar o controle numa determinada posição — o deslocamento é precebido de um movimento perpendicular ao mesmo, para destravá-lo.

Batente — Usar borlas para ajudar o operador a manter uma determinada posição, evitando, por exemplo, que os pés se escurreguem.

Resistência — Dotar o controle de atrito ou inércia para anular pequenas forças acidentais.

Biogueto — Colocar um obstáculo, de modo que os controles só possam ser acionados quando forem precebidos de uma operação de deslhoqueio, como a remoção da tampa, retirada de um cadeado ou a ligação da energia.

Luzes — Associar o controle a uma pequena lâmpada que se acende, indicando que está ativado.

Código — Em sistemas computadorizados, exige-se a digitação de um código para permitir acesso ao sistema. Esse código pode estar contido em cartões magnéticos.

A Figura 8.11 apresenta alguns exemplos dessas dispositivos. Observa-se que dois ou mais desses dispositivos podem ser combinados entre si, para criar redundância e aumentar a segurança. Por exemplo, a orientação pode ser combinada com luzes e assim por diante.

Em modernos sistemas informatizados, há métodos para identificações dos indivíduos pelo reconhecimento automático das impressões digitais ou forma e cores da íris (olhos).

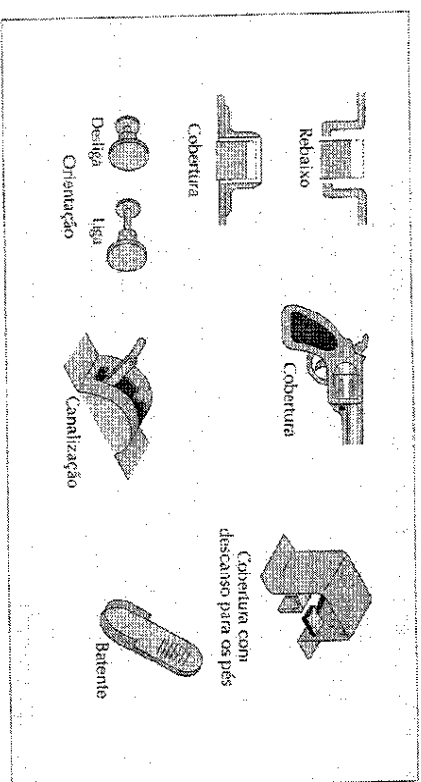


Figura 8.11
Exemplos de pro-
jetos para prevenir
acidentes no uso
de controles.

Teclado QWERTY

Os teclados estão cada vez mais presentes na vida dos cidadãos modernos. Eles fazem parte dos telefones, máquinas de calcular, controles remotos, computadores e diversos outros instrumentos. Provavelmente, o teclado mais difundido é o tipo QWERTY, usado em computadores. Ele é assim chamado devido à sequência dessas letras na fileira superior esquerda.

O teclado QWERTY foi desenvolvido por volta de 1860, patenteadó em 1879 e adotado como **padrão internacional** em 1966. Os requisitos ergonômicos desse teclado são apresentados na norma ISO/DIS 9241-4 (1994). A versão original funcionou até 1868 como um conjunto de carimbos. O papel deveria ser posicionado sob as letras, a cada batida. Depois houve uma evolução mecânica, fazendo com que as teclas batesssem sempre na mesma posição, usando-se um sistema de alavancas.

O teclado mecânico foi baseado em dois princípios: a alternância de batidas entre as mãos esquerda e direita, para haver tempo de retorno, sem encavalhar as teclas, e letras de formas semelhantes colocadas próximas entre si (*a,s*), (*l,j*), (*m,n*) para que os erros de digitação fossem mais facilmente corrigidos. Numa evolução mais recente, o sistema mecânico foi substituído pelos sistemas eletrônico e eletrônico, que reduzem a resistência mecânica do teclado, contribuindo para aliviar a fadiga. Contudo, o seu arranjo linear e a disposição das teclas permaneceram praticamente inalterados durante mais de um século.

A configuração plana e linear do teclado foi determinada pelas soluções mecânicas, em sua versão tradicional. Na década de 1960 começaram a surgir as máquinas de escrever elétricas e, na década de 1980, os teclados de computadores. Apesar de não existirem mais as restrições mecânicas, a configuração plana e linear dos teclados foi conservada, na maioria dos casos.

Problemas ergonômicos do teclado tradicional

No teclado tradicional, os antebraços e as mãos assumem uma posição forçada (Figura 8.12). Os antebraços ficam voltados para dentro e os punhos fazem ângulos de 30 a 40° com o antebraço, provocando desvio ulnar. As palmas das mãos ficam voltadas para baixo. Todos esses movimentos não são naturais e provocam estresse muscular, que resultam em desconforto físico, dores nos braços, ombros e pescoço e, em alguns casos, inflamações nos tendões.

Para aliviar esse estresse, os digitadores tendem a mover os cotovelos para cima e para fora. Mas isso provoca posturas ainda mais desconfortáveis das mãos, braços, ombros, cabeça e tronco, aumentando a incidência de dores musculares e fadiga. Outro problema relaciona-se com a distribuição das letras, provocando sobrecarga sobre alguns dedos de pouca mobilidade e sobre a mão esquerda.

Teclado Dvorak

Ao longo dos anos, já se realizaram muitos estudos e propostas para melhorar o desenho do teclado. Um dos mais conhecidos é o de Dvorak (1936). Ele propôs uma redistribuição das letras, baseando-se em estudo de tempos e movimentos (Figura 8.13). Com esse novo arranjo, há uma redistribuição da carga entre os dedos e as mãos. No teclado tradicional, o dedo indicador esquerdo ficava com 22,9% da carga e a mão esquerda, com 57% (para textos em inglês).

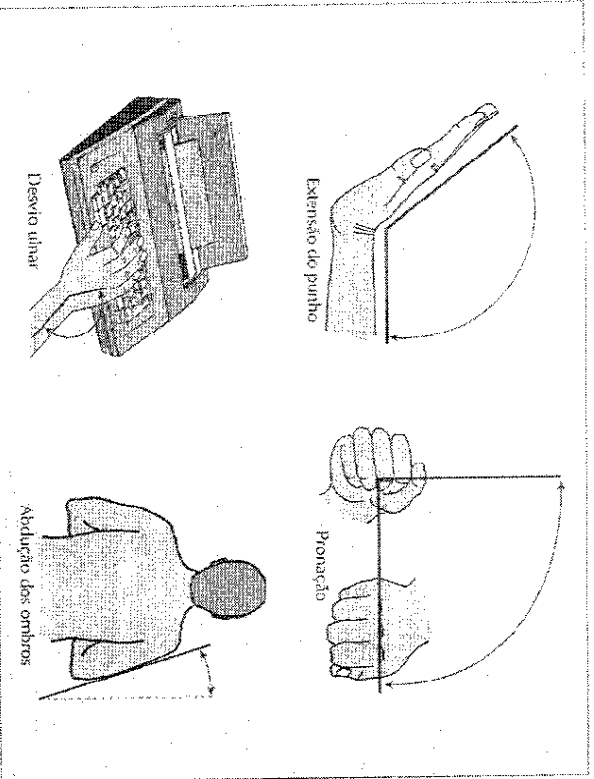


Figura 8.12
O teclado tradicional provoca uma postura forçada das mãos, antebraços e ombros, estressando diversos músculos.

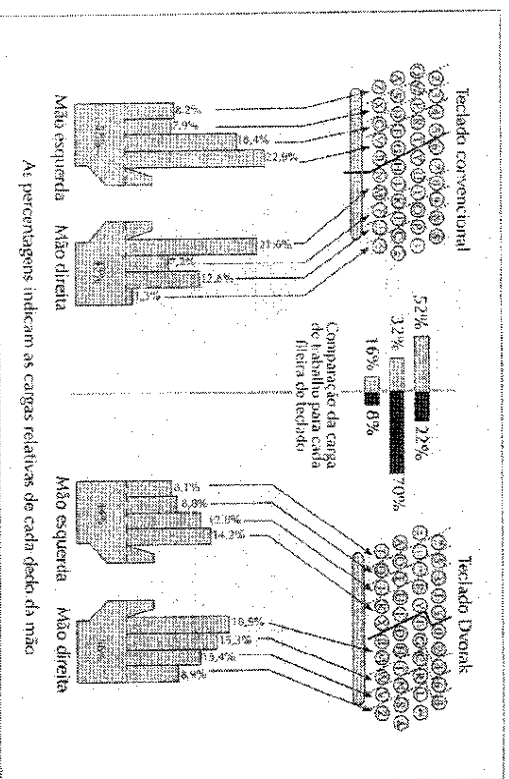


Figura 8.13
Proposta de Dvorak para redistribuição das letras do teclado, com o objetivo de reduzir as cargas com as capacidades de cada dedo (In Barnes, 1977).

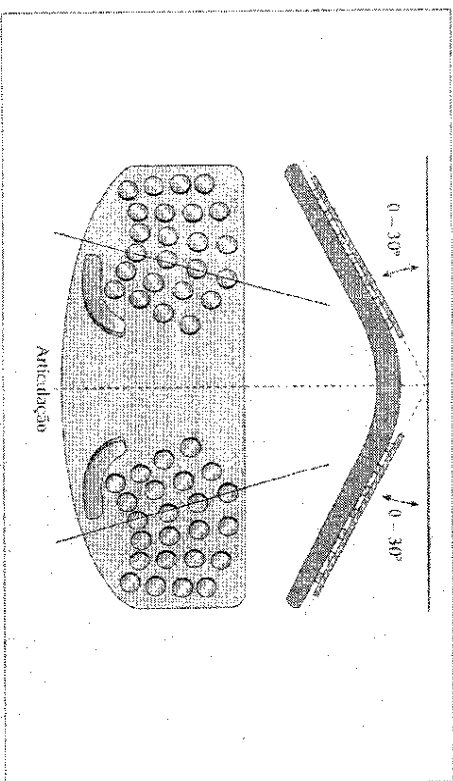
No teclado proposto, reduziu-se para 14,2% e 43%, respectivamente. Cerca de 70% das palavras podem ser escritas com as letras dispostas na linha central, contra apenas 32% do teclado convencional. A distância percorrida pelos dedos, durante um dia em trabalho de digitação, de 3,5 km foi reduzida para 1,7 km. Evidentemente, não seria mais possível mudar o teclado QWERTY, por ser um dos produtos mais difundidos no mundo. Contudo, esse estado é apresentado apenas para comprovar que mudanças relativamente simples podem provocar grandes impactos na ergonomia.

Teclados experimentais

Estudos biomecânicos demonstram que uma postura mais adequada seria aquela com os dois antebraços voltados para frente, quase paralelos entre si, e com as palmas das mãos próximas da vertical. Essa postura se aproxima daquela usada pelo jogador de acordeão. Baseado nesses princípios, Kroemer (1972) construiu um teclado experimental, composto de dois segmentos independentes: um para cada mão (ver Figura 8.14). As duas partes eram articuladas, podendo ser reguladas em ângulos de 0 a 30°.

Outro experimento foi realizado com teclados articulados, tendo ângulos reguláveis, entre 0 e 30° (Yakit, 1995). Foram realizados testes com 26 digitadores experientes (média de 28 mil caracteres/d) em 6 sessões consecutivas de 20 min com 5 min de pausa entre as sessões. Nas sessões iniciais, os ângulos foram fixados em 0°, 15° e 30°. Na última sessão, foi solicitado, a cada sujeito, que regulasse o ângulo de acordo com as preferências pessoais.

Figura 8.14
Proposta de teclado articulado, ajustável entre 0° a 30°, com um conjunto de teclas separadas para cada mão (Kroemer, 1972).



Em relação ao teclado tradicional, observou-se que o pior desempenho (80%) ocorre com a regulação de 30°. Nas regulações de 0° e 15°, esse desempenho situou-se em torno de 95%. Nas regulações voluntárias, a maioria ajustou entre 0° (teclado plano) e 10°. Contudo, a maior diferença ocorreu nas avaliações do **conforto postural** e incidência de fadiga, onde o teclado articulado foi considerado significativamente melhor. O pesquisador argumenta dizendo que a pequena queda do desempenho foi devido a falta de adaptação dos sujeitos ao novo teclado. Base processo demonstraria cerca de 6 semanas. De qualquer forma, a redução das dores de cabeça, pescoço, braços, punhos e dedos, por si, já justificaria o novo projeto.

Pode-se concluir que o teclado tradicional é uma "passada hora" que a humanidade recebeu do passado. Embora se conheçam os seus problemas e de como eles poderiam ser resolvidos, as soluções não podem ser implementadas por outros motivos. Se esse produto fosse desenvolvido hoje, com os conhecimentos atuais de ergonomia, provavelmente seria bem diferente. Teclados, controles e ferramentas manuais com desenhos inadequados ainda são muito frequentes na indústria e na vida diária. Eles provocam baixo desempenho, erros, fadiga e lesões que prejudicam tanto os trabalhadores como as empresas.

8.3 Automação dos controles

Antigamente havia pouca integração entre os diversos postos de trabalho. Cada trabalhador exercia os controles dentro de um âmbito restrito. Muitos controles eram realizados com operações manuais. O controle da temperatura era feito com atuação direta sobre o termostato e o de pressão, sobre válvulas e manômetros.

A "filosofia" básica da automação é substituir a mão-de-obra humana, que é considerada cara e pouco confiável, em relação às máquinas. Por outro lado, as máquinas

não são capazes de executar todas as tarefas humanas. O operador humano ainda exerce as tarefas que não puderam ser automatizadas.

Controle de processos contínuos

Em fábricas modernas, com a introdução da automação de processos, todos os controles podem ser realizados de uma só vez, a partir de um **centro de controle operacional** também conhecido pela sigla CCO (ver Figura 7.1), onde o operador tem uma visão geral do processo. Naturalmente, o trabalho do operador ficou mais eficiente e cômodo. Em contrapartida, uma falha pode provocar consequências desastrosas.

No controle **automático**, o operador atua como vigilante, devendo tomar providências só em casos de anomalias. Pode passar longos períodos com poucas exigências. Mas, de repente, pode ocorrer uma situação de emergência, quando o operador pode enfrentar situações desconhecidas. As consequências de um erro humano podem ter um impacto enorme em termos econômicos, danos ambientais e vidas humanas.

Nas indústrias de processo contínuo, como na petroquímica e fábricas de celulose e papel, a tarefa básica do operador é manter o processo funcionando dentro de certos parâmetros. Ou seja, deve acompanhar a evolução desses parâmetros e, ao constatar algum tipo de desvio, tomar providências necessárias para restabelecer o estado normal do processo.

Para se entender o trabalho do operador não basta fazer uma descrição das diferentes tarefas. É necessário entender o caráter dinâmico do trabalho, com as seguintes características (Perrson, Wänck e Johansson, 2001):

- Várias decisões devem ser tomadas para se atingir o objetivo;
- As decisões não são independentes entre si — uma decisão anterior pode produzir resultados que influem na decisão posterior;
- O quadro das decisões altera-se tanto devido às decisões anteriores, como pela evolução própria do processo; e
- As decisões devem ser tomadas em tempo real e pode haver uma certa demora até que o efeito do controle se manifeste.

Assim, para tomar decisões corretas, o operador deve entender a natureza do processo e conhecer os efeitos provocados pelas suas atuações.

Controles passivos e ativos

O controle passivo ocorre quando há predominância das tarefas de monitoramento. Isso significa que o operador fica esperando pela ocorrência de desvios ou perturbações no processo para tomar as providências. Como essas situações são imprevisíveis, os operadores não podem controlar a sua carga de trabalho. Ao contrário, o ritmo do seu trabalho passa a ser ditado pelo próprio processo.

O controle **ativo** é aquele em que o operador não fica apenas esperando pelos acontecimentos. Ele exerce diversas outras tarefas. Pode, por exemplo, realizar estimativas e prever a evolução do processo, baseando-se em experiências anteriores. Ele pode alargar um plano, para manter o processo sob controle, para as próximas horas. Também pode realizar algumas outras tarefas adicionais, como a manutenção preventiva, controle de qualidade e preenchimento de relatórios de acompanhamento.

No controle **passivo**, o operador tem baixo nível de excitação e seu trabalho pode ficar muito monótono. Quando ocorrer uma emergência, ele pode estar despreparado. O controle ativo procura manter o controlador em atividade; o tempo todo, a fim de reduzir a monotonia e deixá-lo alerta, para que possa agir mais rapidamente, no caso de uma eventualidade.

Transferência da aprendizagem

Muitos produtos mecânicos e eletromecânicos estão sendo substituídos por produtos eletrônicos. Em diversos casos, esses novos produtos preservam as características operacionais daqueles antigos. Assim, a pessoa que estava acostumada com o análogo, não terá problema com o novo. Nesse caso, dizemos que há uma **transferência positiva** do aprendizado. Quando isso não ocorre, dizemos que a transferência é **negativa**.

Por exemplo, quando se introduziram os aparelhos de vídeo-cassete, muita gente já estava acostumada a operar os gravadores de fita (áudio). Os aparelhos de vídeo conservaram as mesmas funções básicas de *Play*, *Rewind* e *Record* e a maioria das pessoas não teve dificuldade em adaptar-se rapidamente à essa nova classe de aparelhos.

Contudo, os aparelhos de vídeo introduziram novas funções, como o *Timer* para a programação. A maioria nunca utiliza essa função, pois não estava contida em seu repertório anterior e a mudança desse repertório é um processo demorado. O mesmo se pode dizer das câmeras fotográficas digitais, que conservam as mesmas funções básicas das câmeras com filmes, inclusive com configurações físicas semelhantes.

Outro exemplo interessante é o dos automóveis. Apesar das substituições de muitos componentes mecânicos por aqueles eletrônicos, o processo de dirigir continua sendo basicamente o mesmo em todo o mundo.

Os telefones celulares apresentam aspectos de transferências positivas e negativas. Provavelmente, um novato não conseguiria operá-los sem o manual de instruções. Do lado positivo destaca-se o arranjo das teclas e a forma de operação, que são semelhantes ao do telefone convencional. Contudo, há muitas diferenças significativas. No telefone convencional, basta tirá-lo do gancho para que o mesmo fique ligado e, ao término da discagem, a transmissão é feita automaticamente. No celular, é necessário pressionar o botão *on* para ligá-lo e o *send* para a transmissão. Além disso, o celular oferece muitos outros serviços que não eram disponíveis no telefone tradicional. Todos esses aspectos que exigem uma nova aprendizagem representam transferências negativas.

Do ponto de vista do mercado, é conveniente que essas inovações sejam introduzidas gradualmente, para que os consumidores tenham tempo para assimilar as inovações. Essas assimilações são mais difíceis para os idosos e aquelas com baixo nível de escolaridade.

8.4 Manejos

Manejo é uma forma particular de controle, onde há um predomínio dos dedos e da palma das mãos, pegando, prendendo ou manipulando alguma coisa.

A mão humana é uma das "ferramentas" mais completas, versáteis e sensíveis que se conhece (Kaplan, 1983). Graças à grande mobilidade dos dedos, e o dedo polegar trabalhando em oposição aos demais, pode-se conseguir uma grande variedade de manejos, com variações de força, precisão e velocidade dos movimentos. Em cada tipo de manejo pode haver predominância de alguns desses aspectos. Cortar arame com alicates exige força, montar pequenas peças exige precisão e tricotar exige velocidade.

Características do manejo

Existem diversas classificações de manejo, mas, de uma forma geral, elas recaem em dois tipos básicos: o manejo fino e o manejo grosseiro (Figura 8.15).

Manejo fino — O manejo fino é executado com as **pontas dos dedos**. É chamado também de manejo de precisão. Os movimentos são transmitidos principalmente pelos dedos, enquanto a palma da mão e o punho permanecem relativamente estáticos. Esse tipo de manejo caracteriza-se pela grande precisão e velocidade, com pequena força transmitida nos movimentos. Exemplos: escrever a lápis, entrar linha na agulha, sintonizar o rádio.

Manejo grosseiro — O manejo grosseiro ou de força é executado com o **centro da mão**. Os dedos têm a função de prender, mantendo-se relativamente estáticos, enquanto os movimentos são realizados pelo punho e braço. Em geral, transmite forças maiores, com velocidade e precisão menores que no manejo fino. Exemplos: segurar, martelar, capilar.

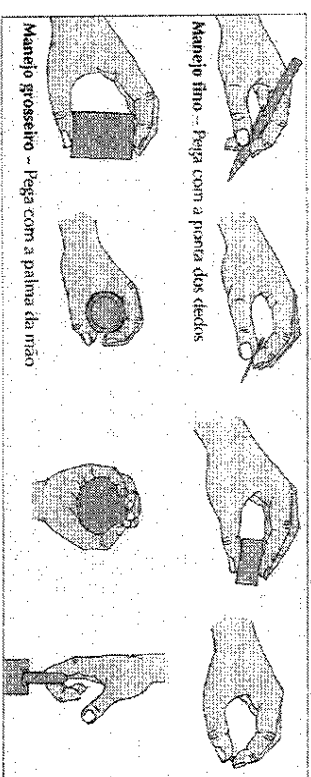
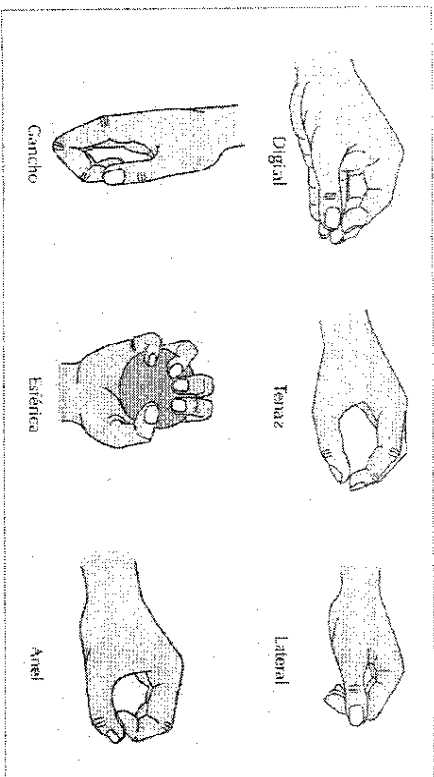


Figura 8.15
Os dois tipos básicos de manejo.

Figura 8.16
Analogia mecânica dos manjeios
(Taylor, 1924).



Outra classificação de manjeios é feita segundo analogias mecânicas (Taylor, 1924), em seis categorias (Figura 8.16): digital, tenaz, lateral, gancho, esférico e de anel. As três primeiras assemelham-se ao manjeio fino e as três últimas, ao manjeio grosseiro.

Seleção do manjeio

Com o progresso tecnológico e contínuo aperfeiçoamento das máquinas e ferramentas, a operação das mesmas passou a exigir mais precisão e menor força. Com isso, muitos manjeios grosseiros foram substituídos por manjeios finos.

Por exemplo, os bisturis para dissecação, usados na Idade Média, tinham cabos grossos e eram operados com o punho. Com o guine mais cortante das novas ligas de aço e a consequente exigência de menores forças, foi possível desenvolver bisturis mais leves, com massas balanceadas, para permitir movimentos mais precisos com a ponta dos dedos. Modernamente, com os movimentos de corte realizados por um motor elétrico, essa precisão tornou-se ainda maior, pois os dedos só direcionam os movimentos, com pouca exigência das forças de pressão.

Entretanto, há também exemplos de casos inversos, ou seja, manjeios finos que eram executados sem necessidade e que foram substituídos por manjeios grosseiros, que podem ser executados com maior rapidez. Assim, um torne mecânico tinha um botão do tipo *knob* para ligar e desligar. Ora, esse controle não exige precisão, pois apresenta apenas duas posições discretas (ligar/desligar) e pode ser substituído por um manjeio grosseiro, como uma pequena alavanca movida com a palma das mãos ou até mesmo uma barra horizontal movida com os joelhos, ou um dispositivo movido por um pedal.

Também existem diversos casos em que se usam os dois tipos de manjeio na mesma tarefa. Por exemplo, para colocar uma lâmpada, inicialmente há uma ação precisa, com as pontas dos dedos, para posicionar a lâmpada na segunda etapa, se

houver necessidade de força, pode-se usar o manjeio grosseiro para afarraxá-la. Isso acontece também com a chave de fenda. Inicialmente, há um giro rápido com a ponta dos dedos e, no final, um aperto mais forte com a palma das mãos.

Força dos movimentos

Os movimentos de pega com a ponta dos dedos, tendo o dedo polegar em oposição aos demais, permitem transmitir uma força máxima de 10 kg. Já para as pegas grosseiras do tipo empunhadura, com todos os dedos fechando-se em torno do objeto, a força pode chegar a 40 kg. Para levantar e abaxar peso com um braço, sem usar o peso do tronco, a força máxima é de 27 kg e para movimentos de empurrar e puxar (para frente e para trás) é de 55 kg. Para girar o antebraço, conseguem-se torques máximos de 66 kg × cm para a direita e de 100 kg × cm para a esquerda, usando a mão direita. Entretanto, para fins operacionais, os valores recomendados são de 13 kg × cm e de 20 kg × cm, respectivamente.

Diâmetro da pega

Para investigar a influência do diâmetro da pega, Pheasant e O'Neill (1975) construíram cilindros de aço polido com diâmetros variando 1 a 7 cm, com intervalos de 1 centímetro. Inicialmente, foram medidas as áreas de contato entre as mãos e os cilindros. Isso é feito pintando-se as mãos dos sujeitos com tinta para canhão e pedindo para agarrar os cilindros envolvidos em papel. Desse modo, esse papel, obtém-se a marca deixada pela mão (Figura 8.17). A Figura 8.18 apresenta os resultados obtidos, de forma normalizada, ou seja, em porcentagens em relação à média global obtida.

Pode-se avaliar também a força transmitida pela pega, colocando-se sensores de pressão em diversos pontos de contato entre a mão e o objeto.

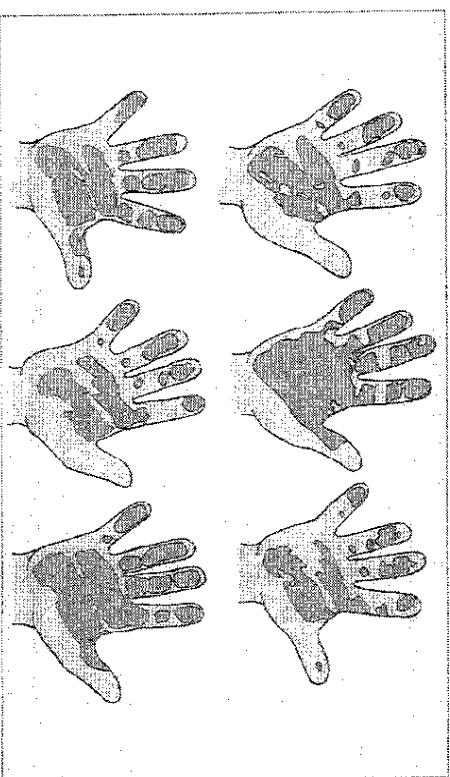
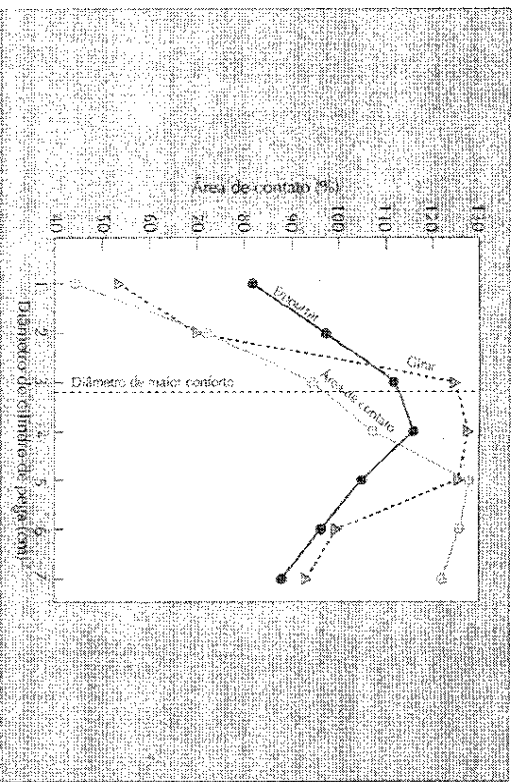


Figura 8.17
O grau de adaptação entre as pegas e a mão pode ser avaliado pelas suas áreas de contato (García, 2001).

Figura 8.18
Áreas de contato entre a mão e cilindros de aço de diferentes diâmetros e as respectivas forças máximas transmitidas para empurrar e girar. Os resultados são apresentados de forma normalizada, atribuindo-se o valor 100 à média de cada variável (Phasant e O'Neill, 1975).



Na segunda etapa, foram medidas as forças de girar e empurrar (no sentido axial) esses cilindros. Os resultados também aparecem na Figura 8.18. Observa-se os melhores resultados quanto à transmissão de forças são obtidos com os diâmetros de cilindros entre 3 a 5 cm. As áreas de contato são maiores com os diâmetros de 5 a 7 cm, mas estes cilindros não permitem uma boa pega, cujos dedos não conseguem transmitir muita pressão sobre a superfície da pega.

Em um outro estudo realizado com um cone de variação contínua do diâmetro, para determinar o conforto subjetivo da pega, chegou-se ao valor médio de **3,2 cm** para o diâmetro que apresenta maior conforto. Recomenda-se esse diâmetro para o projeto de cabos de ferramentas manuais e também nos balancetes dos veículos esportivos.

Desenho de pegas

O desenho adequado da pega tem uma grande influência no desempenho no sistema homem-máquina. Assim, uma ferramenta desenhada ao manejo fino deve ter formas menores que aquelas de manejo grosseiro. Isso pode ser visto, por exemplo, nas chaves de fenda: algumas destinadas à transmissão de grandes torques têm cabos de maior diâmetro, enquanto aquelas de manejo fino têm diâmetros menores (Figura 8.19).

Entretanto, há casos em que as características do manejo fino devem ser conjugadas com as do manejo grosseiro. Por exemplo, na chave de fenda, pode-se combinar forma cilíndrica (manejo fino) com forma ovalada para facilitar a transmissão de forças (Figura 8.20).

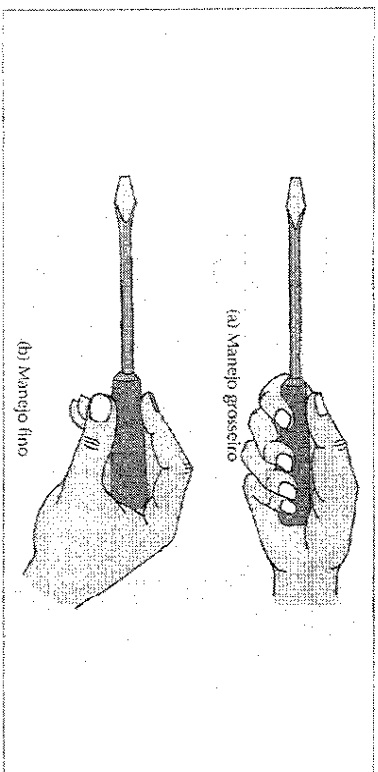


Figura 8.19

Manejos grosseiro e fino da chave de fenda. Cada um deles é mais adequado para um certo tipo de uso (Iida, 1971).

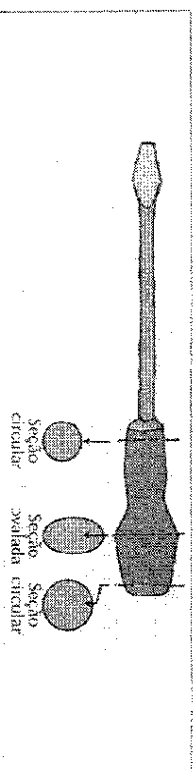


Figura 8.20

Chave de fenda combinando características para os manejos fino e grosso.

Existem muitas formas diferentes de pegas, desde um simples arame (caldes) até formas mais elaboradas, em *plásticas* e volantes. Basicamente, podem ser classificadas em dois tipos: geométrica e antropométrica.

Pega geométrica

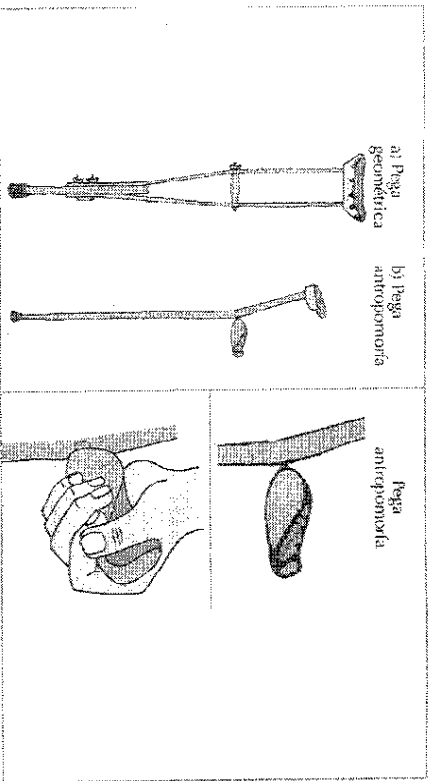
A pega geométrica é aquela que se assemelha a uma figura geométrica regular, como cilindros, esferas, cones, paralelepípedos e outras. Essas figuras, sendo um tanto quanto diferentes da anatomia humana, apresentam relativamente pouca superfície de contato com as mãos.

Tem a vantagem da flexibilidade de uso, permitindo variações de pega e adaptando-se melhor às variações das medidas antropométricas. Mas tem a desvantagem de concentrar as tensões em alguns pontos da mão e transmitir menos força. Portanto, o desenho geométrico, embora seja menos eficiente, pode ser mais adequado quando não se exigem grandes forças. Nesse caso, pode resultar em trabalho menos fatigante para o operador.

Pega antropométrica

O desenho antropométrico da pega geralmente apresenta uma superfície arredondada, conformando-se com a anatomia da parte do organismo usada no manejo. Geral-

Figura 8.21
Aplicação das pe-
gas geométrica e
do antropomorfo
em muletas (Fru-
ner, 1965).



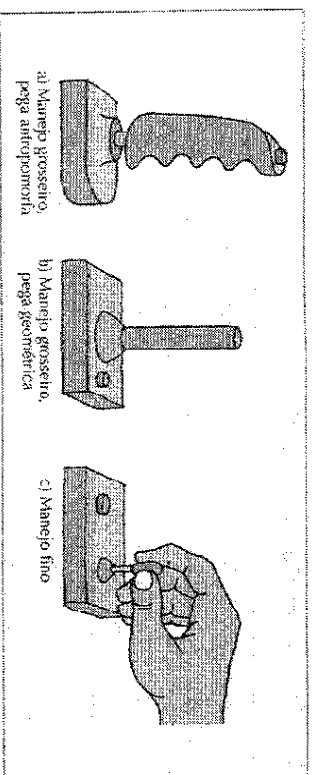
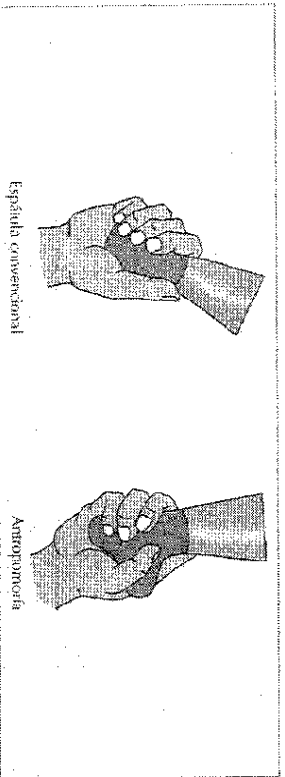
mente possuem depressões ou saliências para o encaixe da palma da mão, dos dedos ou das pontas dos dedos. Por esta razão, as formas antropomorfas são consideradas como "anatomicas".

O desenho antropomorfo apresenta maior superfície de contato, permite maior firmeza de pega, transmissão de maiores forças, com concentração menor de tensões em relação à pega geométrica. Entretanto, pode ser mais fadigante em um trabalho prolongado, pois limita o manuseio a uma ou duas posições.

Portanto, o desenho antropomorfo pode ser usado vantajosamente quando: o trabalho é de curta duração, quando a pega exige poucos movimentos relativos; há necessidade de maiores forças; e quando a população de usuários apresenta poucas variações nas medidas antropométricas. É o caso, por exemplo, de muletas (Figura 8.21) e espátulas (Figura 8.22).

Em certos casos, não se justifica o uso da pega antropomorfa. Por exemplo, em *joysticks* para videogames, o uso de formas antropomorfas não é conveniente porque não há necessidade de transmitir grandes forças; há necessidades de variações

Figura 8.22
Redesenho da
pega da espátula,
substituindo-se
a pega geomé-
trica da espátula
convencional pela
pega antropo-
morfa, com maior
área de contato
(Titchauer, 1978).



de pega; há necessidade de velocidade e precisão nos movimentos; e, finalmente, há uma grande variação nas medidas antropométricas (desde adultos até crianças de 4 a 6 anos de idade).

Nesse caso, a forma geométrica seria mais conveniente. Entretanto, no caso dos *joysticks*, onde a velocidade e a precisão dos movimentos são mais importantes que a força, eles podem ser vantajosamente substituídos pelo manejo fino, com as pontas dos dedos. O botão de "fogo" deve situar-se na parte central, ou ter dois botões situados simetricamente, para não prejudicar os canhotos (Figura 8.23).

Observe-se finalmente, que existe um grande número de formas intermediárias entre o geométrico e o antropomorfo, procurando combinar as vantagens de cada uma delas, ou seja, suavizando-se a rigidez da pega antropomorfa, mas procurando-se aumentar a área de contato da pega geométrica.

Acabamento superficial

O acabamento superficial das pegas tem uma grande influência. No manejo fino são preferíveis superfícies lisas para facilitar a mobilidade. Já no manejo grosseiro, onde estão envolvidas maiores forças, é melhor uma superfície áspera, para se aumentar o atrito com as mãos. As superfícies emborrachadas também contribuem para isso, com uma vantagem adicional, pois elas diluem as tensões.

A presença de cantos "vivos", protuberâncias e rebarbas na pega são prejudiciais porque concentram pressões nessas partes. Garcia (2001) realizou desenho do cabo da chave de fenda com estrías em forma de espiral logarítmica, inspirado-se em formas naturais (abacaxi, fúria do conde). Essas estrías (Figura 8.24) melhoram o atrito com a mão, mas não chegam a traumatizá-la porque não tem cantos "vivos".

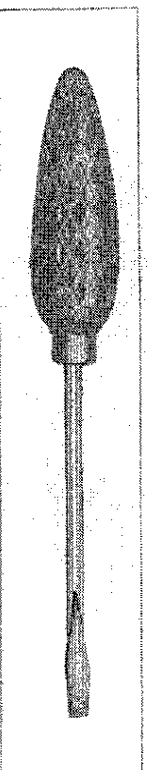


Figura 8.24
Chave de fenda
com estrías super-
ficiais em espiral
logarítmica (Gar-
cia, 2001 – paten-
teada pelo autor).

Figura 8.23
Diferentes tipos de
desenhos de *joys-*
ticks para video-
games. O tipo C é
o mais adequado
para o caso, em
que as exigências
de velocidade e
precisão são maio-
res, com pouca
força.

8.5 Ferramentas manuais

Todas as pessoas usam dezenas de ferramentas manuais, tanto na vida diária (escova de dentes, tesouras, falheras) como na profissional (alfarates, martelos, furadeiras).

Diversas pesquisas indicam que há uma relação entre o projeto das ferramentas manuais e os traumas cumulativos que elas provocam nas mãos e antebraços de seus usuários. Kaderfors *et al.* (1993) propuseram um diagrama (Figura 8.25) para o levantamento das áreas dolorosas das mãos, punhos e antebraços, à semelhança do diagrama de Corlett e Manenica (Ver Figura 6.7).

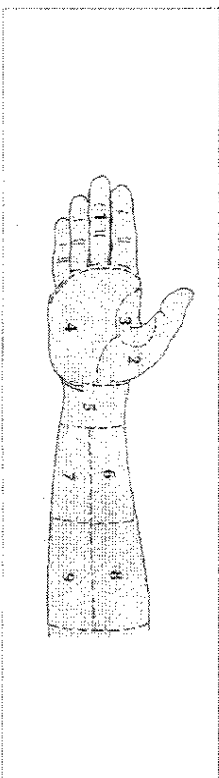
Geramente existem grandes variedades de desenhos de ferramentas manuais disponíveis para cada tipo de função. Elas devem ser selecionadas adequadamente de acordo com as características da tarefa. Aquelas que exigem velocidade e precisão com pouca força devem ser mais leves e ter um perfil mais delicado, aproximando-se de formas geométricas, enquanto aquelas que exigem transmissão de maiores forças, devem ser mais robustas, com a pega aproximando-se de formas antropomorfas.

Na escolha da ferramenta adequada deve ser considerado, em primeiro lugar, a sua funcionalidade. No caso de uma serra, por exemplo, se ela corta bem. Se ela não tiver uma boa funcionalidade, provavelmente esta será a primeira fonte de problemas. Em seguida lugar, vem as características ergonômicas para se garantir a segurança e conforto do operador. Estas dependem basicamente de dois fatores:

Características da pega — As características a serem consideradas na pega incluem: as diferentes formas de pega; os movimentos a serem transmitidos (força, velocidade, precisão); possibilidade de usar as duas mãos (para aumentar a força ou precisão); e se é adaptável aos cantos. A concentração das tensões na mão pode ser reduzida, melhorando-se o desenho da pega, aumentando-se o diâmetro da pega, eliminando-se as superfícies angulosas ou “cantos vivos” e substituindo-se as superfícies lisas por outras rugosas ou emborrachadas.

Centro de gravidade — O centro de gravidade da ferramenta deve situar-se o mais próximo possível do centro da mão. Isso, além de permitir um melhor controle motor, reduz os momentos (no sentido da física), e consequentemente, os esforços musculares e os gastos energéticos durante a sua operação.

Figura 8.25 Diagrama para levantamento das áreas dolorosas no uso de ferramentas manuais (Kaderfors *et al.*, 1993).



O modelo do cubo

Sperling *et al.*, (1993) elaboraram o modelo do cubo, combinando três variáveis críticas no uso repetitivo das ferramentas manuais: força, precisão e duração da tarefa. A conjugação dessas três variáveis pode provocar um efeito cumulativo com danos musculoesqueléticos.

Força (F) — A força é definida em termos relativos, como uma porcentagem da capacidade voluntária máxima (CVM) necessária para a realização da tarefa. São consideradas tarefas altamente exigentes (FA) aquelas que demandam mais de 30% da CVM. Nesses casos, a musculatura suporta, no máximo, 4 minutos. As tarefas de baixa exigência (FB) são aquelas abaixo de 10% da CVM. As tarefas repetitivas ou contínuas nessas condições podem ser mantidas até o máximo de 30 min. Os níveis intermediários entre esses dois extremos são considerados médios (FM).

Precisão (P) — A precisão é definida pela folga ou tolerância permitida aos movimentos de posicionamento. A tarefa é considerada de alta precisão (PA) quando o efeito resultante da ferramenta manual pode oscilar 1mm no máximo. A de baixa precisão (PB) quando superar 5 mm. Entre 1 e 5 mm é considerada de média precisão (PM).

Duração (D) — É o tempo de uso da ferramenta manual. Ela é considerada alta (DA) se uma tarefa repetitiva durar mais de 30 min contínuos ou mais de 4 horas descontínuas durante a jornada. É baixa (DB) para duração contínua menor que 10 min ou menos de 1 hora descontínua durante a jornada. Entre 10 a 30 min contínuos e 1 a 4 horas descontínuas é considerada média (DM).

O cubo proposto (Figura 8.26) é dividido em três regiões: limites **aceitáveis**, correspondendo à região de baixa duração, combinado com forças baixas e médias, com

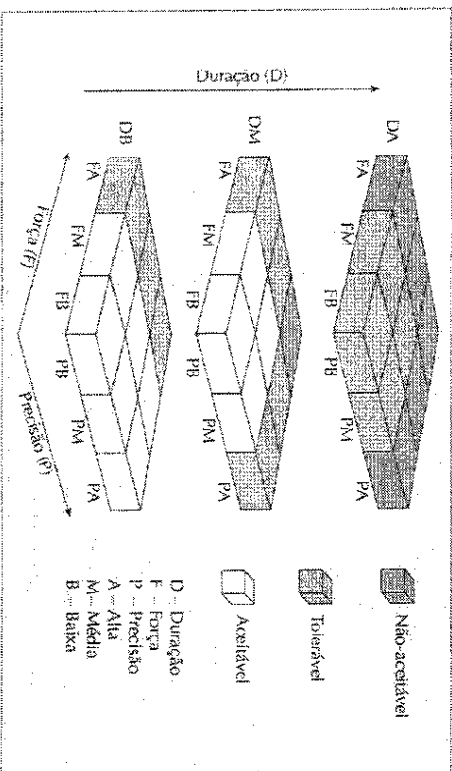


Figura 8.26 Modelo do cubo para classificação das ferramentas manuais (Sperling *et al.*, 1993).

qualquer nível de precisão. No outro extremo, **não-aceitáveis**, estão as combinações de alta duração com altas forças e altas precisões. No nível intermediário estão as combinações **toleráveis**, mas que precisam ser melhor examinadas.

Cabe ao projetista, em primeiro lugar, eliminar as condições não-aceitáveis, atuando em uma, duas ou três dessas variáveis. Ele pode atuar principalmente nas variáveis força e precisão, projetando ferramentas que exijam menores forças e apresentem as precisões exigidas, com menor controle muscular. Por exemplo, se uma ferramenta estiver na posição DM (duração média), FA (força alta) e PA (precisão alta) será considerada não-aceitável. Se ele conseguir reduzir a força para FM ou a precisão para PL, cairá na zona tolerável. Se conseguir os dois, já estará na zona aceitável.

Para fazer isso, o projetista poderá aderir a forma da ferramenta para melhorar a transmissão das forças ou reposicionar o seu centro de gravidade para melhorar o controle muscular. Do contrário, há necessidade de se atuar na organização do trabalho, reduzindo o tempo de duração da tarefa, intercalando-a com outros tipos de tarefas ou concedendo pausas frequentes.

Desenhos das ferramentas manuais

O desenho das ferramentas manuais tem uma grande influência sobre a postura no trabalho, ângulo de flexão do punho, distribuição da pressão sobre a mão, carga muscular, fadiga e risco de lesões. Muitas vezes, mudanças de alguns detalhes no desenho podem provocar efeitos enormes, considerando-se que certos tipos de profissionais usam a mesma ferramenta de forma contínua, durante meses e anos seguidos. As principais variáveis a serem consideradas pelo projetista são:

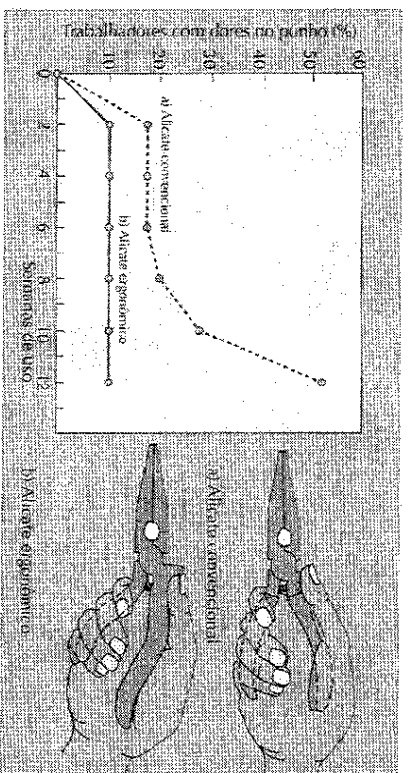
- Resultados mecânicos (força, torque, aceleração);
- Peso e centro de gravidade;
- Forma e dimensões da pega;
- Possibilidade de mudar o manjeiro; e
- Superfície de contato com as mãos.

Vamos examinar dois casos de ferramentas manuais que foram redesenhadas para se adaptar melhor ao uso.

Alicates

A empresa de eletrônica Western Electric Company, dos EUA, descobriu que havia uma incidência anormal de tenossinovite (uma inflamação dolorosa dos tendões) entre seus trabalhadores, além de dores generalizadas no pulso, cotovelo e ombros. Um exame mais detalhado desse problema demonstrou que todos trabalhavam com um certo tipo de alicate para cortar a fiação elétrica. Devido ao desenho inadequado desse instrumento, os trabalhadores eram obrigados a uma postura forçada do pulso, com concentrações de tensões, que provocavam as dores.

Após uma cuidadosa análise (Damon, 1965), o alicate foi redesenhado de forma a: a) diminuir a inclinação forçada do punho; b) reduzir a concentração de tensões



provocada pelo cabo na palma da mão; c) permitir a realização de movimentos necessários à execução da tarefa. O desenho obtido pode ser visto na Figura 8.27.

Os dois tipos de alicates foram submetidos a testes experimentais. Para isso, foram usados como sujeitos, dois grupos de pessoas, todos sem prática anterior na tarefa e que estavam sendo treinados. Entre os que usaram o alicate convencional mais de 60% reclamaram de dores no punho após 12 semanas de treinamento, enquanto apenas 10% dos sujeitos que usaram o alicate redesenhado fizeram essa reclamação.

Soluções semelhantes podem ser encontradas no desenho de instrumentos cirúrgicos e odontológicos, adaptados para cada uso específico.

Por exemplo, Pece (1985) desenvolveu um fórceps de exodontia (para extração de dentes), modificando a configuração dos instrumentos tradicionais. A forma da pega foi redesenhada, aumentando-se a área de contato com as mãos e colocando-a perpendicularmente à garras. Com isso, melhorou a postura da mão, reduzindo-se o desvio ulnar e aumentando o controle motor. Além disso, facilitou o trabalho do dentista, melhorando a visualização dos dentes.

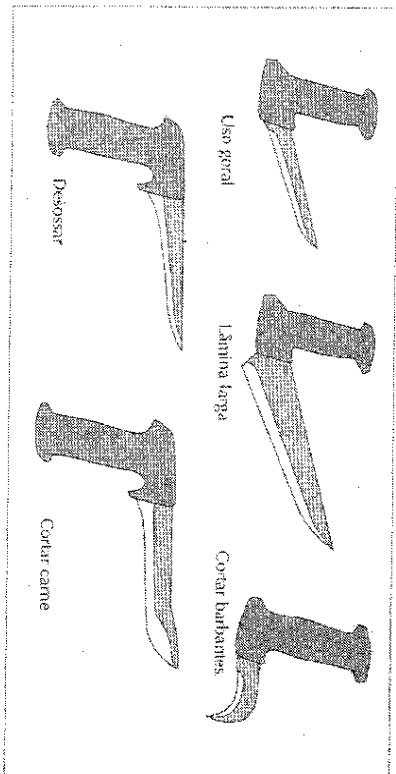
Desenho de facas

A faca é um a ferramenta simples e de baixo custo. Alguns profissionais como cozinheiros e magarites fazem uso contínuo da mesma. O projeto inadequado pode provocar inúmeros sofrimentos a esses tipos de profissionais. As seguintes variáveis influem no desempenho de faca (Hsiang *et al.*, 1977):

- Comprimento da lâmina: lâminas curtas permitem transmitir maior força na ponta e as lâminas longas aumentam a velocidade de corte na ponta;
- Largura da lâmina: as lâminas estreitas reduzem o atrito com o material cortado e as lâminas largas melhoram o controle sobre o corte;

Figura 8.27
Comparação das dores nos punhos apresentados pelos trabalhadores usando alicate convencional e alicate redesenhado para reduzir as tensões no punho (Tichauer, 1978).

Figura 8.28
Facas com desenhos diferentes para cada tipo de uso específico (O.T. 2001).



- Ângulo cabo/lâmina: a angulação entre o cabo e a lâmina melhora a postura e reduz o estresse sobre o punho;
- Perímetro do cabo: perímetros maiores aumentam a área de contato e reduzem as pressões sobre os nódos, mas podem dificultar o controle e reduzir a pressão do corte.

Naturalmente, um requisito essencial é a qualidade do aço para manter um bom fio de corte, mas esse fator foi adotado como constante durante o experimento. Os testes realizaram-se com 9 desenhos diferentes de facas, com variações em quatro características: comprimento da lâmina (85 a 155 mm), largura da lâmina (10 a 15 mm), ângulo cabo/lâmina (0° a 90°) e perímetro do cabo (44,4 a 63,5 mm).

Foram realizados experimentos com 10 sujeitos, que usaram os 9 modelos de facas para realizar cortes na horizontal (12 cm), vertical (15 cm) e curva (raio de 7 cm). Entre eles, 7 escolheram a faca com lâmina de 85 mm de comprimento, 15 mm de largura, ângulo cabo/lâmina de 45° e perímetro do cabo de 50,8 mm.

Contudo, dependendo da tarefa, pode haver outros desenhos mais específicos para cada finalidade (Figura 8.28). Além disso, as pessoas podem manifestar preferência para algum tipo particular de faca.

Conceitos introduzidos no capítulo 8

estereótipo popular	controle automático
movimentos compactos	controle ativo
compatibilidade espacial	aprendizagem positiva
sensibilidade ao deslocamento	manejo fino
controle discreto	manejo grosso
controle contínuo	pega geométrica
discriminação dos controles	pega antropomorfa
teclado QWERTY	medido do cubo

10. Dispositivos de informação

Os dispositivos de informação constituem a parte do sistema que fornece informações ao operador humano, para que este possa tomar decisões. O ser humano é dotado de muitos tipos de células sensíveis, mas principalmente a visão e audição são importantes no contexto do trabalho e, portanto, são mais estudadas pela ergonomia. A visão, em particular, se destaca como o principal órgão para recepção de informações no trabalho.

Os dispositivos de informação estão presentes em muitos tipos de produtos, ambientes e situações. Isso inclui desde objetos de uso cotidiano, como rádios, relógios e carros, até painéis de controle complexos, como cabines de aeronaves e centrais de controle de uma usina nuclear. Um projeto inadequado de tais instrumentos pode causar erros, demoras e acidentes. Em alguns casos, as consequências podem ser desastrosas.

Este capítulo analisa as formas de organizar e apresentar as informações para que possam ser captadas e processadas com mais eficiência. Até recentemente, essas informações eram fornecidas basicamente pela palavra, escrita e diversos tipos de mostradores. Muitas delas foram substituídas por meios informatizados, estabelecendo um novo tipo de relacionamento homem-máquina.

Juntamente com o Capítulo 8, este capítulo constitui um detalhamento do posto de trabalho, já apresentado no Capítulo 7.

