

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DA INSEGURANÇA NO TRABALHO
E AO PROJETO DE MÁQUINAS MAIS SEGURAS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM ENGENHARIA MECÂNICA

FRANCISCO DE BAULA ANTONES LIMA

FLORIANÓPOLIS, AGOSTO, 1985

"O que está em jogo não é a transmissão daquilo que se inventa, mas antes a transmissão do poder de inventar". (Juan David Nasio. Citado por Rubem Alves, *Filosofia da Ciência*, São Paulo, Brasiliense, 1982, p.143).

"Se se tem frequentemente deplorada na ordem material, com toda a justiça, o operário que passa sua vida inteira ocupado em fabricar bainhas para punhais ou cabeças de alfinete, a sã filosofia, no fundo, não deve lamentar menos na ordem intelectual o emprego exclusivo do cérebro para a resolução de algumas equações ou para a classificação de uns tantos insetos". (Auguste Comte, *Cours*. Citado por P. Dockès, *A Internacional do Capital*, Rio de Janeiro, Zahar, 1976, p.227)

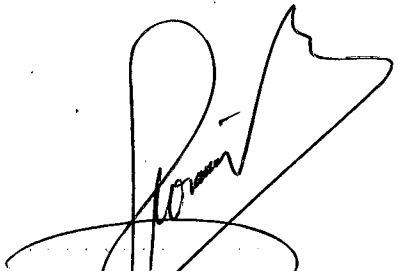
CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DA INSEGURANÇA NO TRABALHO
E AO PROJETO DE MÁQUINAS MAIS SEGURAS

FRANCISCO DE PAULA ANTUNES LIMA

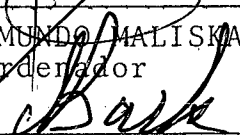
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA




CLÓVIS RAIMUNDO MALISKA - PhD
Coordenador

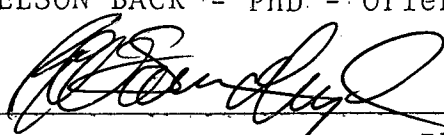


NELSON BACK - PhD - Orientador

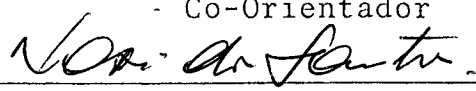
BANCA EXAMINADORA:



NELSON BACK - PhD - Orientador



ROBERT WAYNE SAMOYL - PhD
- Co-Orientador



NERY DOS SANTOS - PhD



EDEMAR SOARES ANTONINI - M.S.c

AGRADECIMENTOS

- Aos professores Nelson Back e Robert Samohyl pela orientação prestada.
- A todos os professores e amigos que me ajudaram a compreender as várias implicações do assunto tratado.
- Aos amigos que, com sua convivência e apoio, ajudaram a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO	1
------------------	---

CAPÍTULO II

TEORIAS DA CAUSALIDADE DAS DOENÇAS E ACIDENTES DO TRABALHO ..	6
2.1 - Introdução	6
2.2 - Teorias Monocausais	8
2.3 - Teorias Multicausais	11
2.4 - Teoria Social do Processo Saúde-Doença	15

CAPÍTULO III

DETERMINAÇÕES DA INSEGURANÇA NO TRABALHO COM MÁQUINAS	20
3.1 - Introdução	20
3.2 - Capitalismo e Saúde no Trabalho	21
3.3 - Formas de Extração de Mais-Valia e Saúde	22
3.4 - Desenvolvimento Científico-Tecnológico e Saúde	26
3.5 - Divisão do Trabalho e Saúde	31
3.6 - Redução dos Custos de Produção e Saúde	39

CAPÍTULO IV

IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE E CONTROLE DE RISCOS	54
4.1 - Introdução	54
4.2 - Avaliação da Segurança de Sistemas	58
4.3 - Análise Preliminar de Riscos (APR)	59
4.4 - Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE)	67
4.5 - Análise de Árvores de Falhas (AAF)	71
4.6 - Técnica de Incidentes Críticos (TIC)	76
4.7 - Testes e Simulação	79
4.8 - Outras técnicas	82
4.8.1 - Análise e Revisão de Critérios	82
4.8.2 - Análise de Energia	83
4.8.3 - Análise de Relacionamentos ou Interface	85

CAPÍTULO V

ASPECTOS ERGONÔMICOS NO PROJETO DE MÁQUINAS MAIS SEGURAS	90
5.1 - Introdução	90
5.2 - Relações Homem-Máquina	93
5.3 - Dimensionamento do Espaço de Trabalho	95
5.3.1 - Obtenção e aplicação de dados antropométricos ..	97
5.3.2 - Espaço de trabalho e posturas	102
5.4 - Projeto de Controles e Mostradores	109
5.4.1 - Controles	109
5.4.2 - Mostradores	114
5.5 - Condições Ambientais	122
5.5.1 - Temperatura	122
5.5.2 - Iluminação	123
5.5.3 - Cores	127
5.5.4 - Vibrações e ruídos	130
5.5.5 - Pó e vapores	142

CAPÍTULO VI

PROTEÇÃO DE MÁQUINAS	145
6.1 - Introdução	145
6.2 - Riscos "inerentes" à máquina	146
6.3 - Princípios gerais para escolha e projeto de dispositi vos de proteção	148
6.4 - Dispositivos de proteção típicos de máquinas-ferramen tas	150

CAPÍTULO VII

CONCLUSÃO	168
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	176

R E S U M O

O caráter patogênico do trabalho se constitui numa preocupação da sociedade industrial em geral e, particularmente, dos países periféricos, como o Brasil, onde prevalece uma elevada incidência de acidentes e doenças ocupacionais. A solução deste problema envolve, antes de tudo, a compreensão das "causas" desses agravos. Assim, num primeiro instante são avaliadas várias teorias (fatalidade, culpabilidade, predisposição, multicausalidade) e, contrapondo-se a elas, uma outra concepção que procura entender o problema em seu caráter histórico e social. O processo saúde-doença no trabalho (com especial interesse no trabalho com máquinas) é relacionado aos processos de desenvolvimento tecnológico, de redução de custos e de alienação do trabalho que operam, paralela e interligadamente, dentro do modo de produção capitalista. Num segundo momento, são propostas algumas técnicas e recomendações que podem ser úteis ao projeto de máquinas-ferramenta com maior segurança. São avaliadas as contribuições da engenharia de segurança de sistemas, da ergonomia e a utilização de dispositivos de segurança sem esquecer que, dada a dimensão histórica da relação saúde-trabalho, a necessidade e a conquista de melhores condições de trabalho dependem, fundamentalmente, da ação dos próprios trabalhadores.

A B S T R A C T

There exists a general concern about the pathogenicity of labour in industrial society, and particularly in periphery countries like Brasil where there is a high evidence of accidents and occupational diseases. The solution for these problems involves, most importantly, the study of their "causes". Thus, as a first step, some theories (fatality, culpability, proneness, multicausality) are evaluated, and counterposed to them is placed another conception seeking the understanding of these problems in their social and historical character. The health-disease process in working process (with special interest in working with machines) is related to technological development, reducing costs and working alienation, which are parallel and interrelated, in capitalist production process. As a second step, some technics and recommendations which can be helpful to safer machines-tool desing are advanced. The contribution of systems engineering safety, ergonomics and the use of safety devices are evaluated without forgetting that, because of the historical dimension of health-labour relation, the need and the conquest of better conditions of work depends, fundamentaly, on the action of the workers themselves:

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A preocupação com a saúde no trabalho data de épocas remotas. Desde a antiguidade clássica alguns riscos de certos trabalhos envolvendo substâncias tóxicas e as medidas de prevenção ou remédios para tratamento dos efeitos nocivos sobre o trabalhador já eram conhecidos. Hipócrates, por exemplo, conhecia o saturnismo (doença provocada pelo chumbo) e Plínio, o Velho, recomendava a utilização de máscaras para proteger os polidores de metal [1]*. Não havia, no entanto, interesse no estudo sistemático da saúde no trabalho devido "em grande parte à organização da pólis grega, baseada no trabalho escravo, com profundo desprezo pelos trabalhos manuais" [2].

A partir do desenvolvimento do capitalismo, principalmente do capitalismo industrial, o desgaste dos trabalhadores assalariados atinge proporções que chegam a ameaçar sua reprodução, como se pode ver na descrição, feita por Marx, da luta pela regulamentação da jornada de trabalho no capítulo VIII de "O Capital". Esta situação despertou a atenção sobre a relação saúde-trabalho, ora movida por interesses econômicos (a força de trabalho era considerada como uma das principais riquezas das nações) e políticos,

* - Os números indicam as referências bibliográficas relacionadas no final do trabalho. O segundo número, quando houver, refere-se à página de onde se retirou a citação.

já que o problema se contituia em foco de tensão social.

No Brasil, o assunto mereceu maior atenção a partir de 1972, quando o país foi proclamado "campeão mundial de acidentes do trabalho". Foram, então, desenvolvidas campanhas de prevenção, sob patrocínio do governo federal, que, na verdade, não alcançaram os resultados anunciados. A permanência do problema, em gravidade praticamente constante ao longo dos anos 70, tem motivado alguns estudos [3, 10, 18, 21, 22] que dão interpretações diferentes da oficial. Possas [3], por exemplo, mostra que, enquanto o número de acidentes registrados decrescia relativamente ao número de segurados pelo INPS, e mesmo de modo absoluto a partir de 1976, o número de mortes e a gravidade dos acidentes crescia relativamente ao número de acidentes. Isto se deve, segundo a autora, ao alto índice de subregistro dos acidentes, menos possível no caso de morte e acidentes graves, ainda assim diminuídos porque a condição irregular de grande parte da mão-de-obra empregada no Brasil (cerca de 40%) permite desvincular acidentes graves e fatais das condições de trabalho.

O presente trabalho tem por finalidade recolher e organizar alguns conhecimentos na área de prevenção que possam ser úteis ao projeto de máquinas com maior segurança para o operador. A escolha do tema - máquina em geral, e máquinas operatrizes em particular - se deve, primeiramente, ao fato das indústrias mecânicas, metalúrgica e de material elétrico terem, ao lado da construção civil, os maiores índices de acidentes do trabalho. Nestas indústrias, os equipamentos de produção estão diretamente envolvidos na maioria dos acidentes, geralmente com gravidade acima da média. Em segundo lugar, selecionou-se um tipo de maquinária - máquinas -

ferramenta ou máquinas operatrizes - porque a variedade de riscos e de soluções exigia a restrição do campo de investigação, ainda assim muito amplo, o que acarretou a abordagem superficial dos assuntos tratados compensada por uma visão global do problema.

Com o avançar da revisão bibliográfica sobre o tema, verificou-se que, apesar do número relativamente grande de recomendações de projeto, técnicas de análise e prevenção de riscos, e dispositivos de proteção disponíveis para incrementar a segurança de máquinas, ou, em suma, do grau de conhecimento técnico - estado da arte - nesta área, os acidentes envolvendo máquinas, devido a sua insegurança ou não, continuam ocorrendo. Tornava-se necessário, portanto, entender quais as verdadeiras causas dos acidentes e doenças do trabalho em geral e, particularmente, aqueles provocados durante o trabalho com máquinas, bem como avaliar a real eficiência das recomendações técnicas coletadas e sua aplicabilidade, ou seja, como viabilizá-las na prática.

Para isto, realizou-se um breve estudo das várias concepções teóricas da causalidade de acidentes e doenças do trabalho e respectivas formas de encarar o problema da prevenção da periculosidade e da insalubridade do ambiente de trabalho. As bases teórico-conceituais de qualquer abordagem científica do fenômeno saúde-doença no trabalho são importantes para estabelecer e compreender os aspectos nocivos presentes nos meios de trabalho e que prática preventcionista leva a soluções mais efetivas dos problemas levantados.

Em seguida, com base na concepção considerada mais adequada à compreensão da "causalidade" dos acidentes e doenças do trabalho, qual seja - estudo do processo saúde-doença, a partir da

análise do processo de produção realizado dentro de uma sociedade historicamente determinada -, procurou-se entender as suas múltiplas determinações, tanto a nível social como a nível das condições concretas do processo de trabalho.

O estudo da evolução histórica da prevenção e da noção conceitual do processo saúde-doença no trabalho, bem como as determinações das condições nocivas do ambiente de trabalho e suas sequelas (acidentes e doenças do trabalho) constituem uma primeira parte da presente pesquisa (Caps. 2 e 3).

A apresentação das técnicas, dispositivos de proteção e recomendações úteis à melhoria das condições de segurança de máquinas, formam a segunda parte dividida em três capítulos (4,5,6) que avaliam a contribuição de três áreas de conhecimento à solução técnica do problema: ergonomia, engenharia de segurança de sistemas e proteção de máquinas.

Os agravos à saúde decorrentes das condições de trabalho se manifestam de duas formas distintas: acidentes e doenças do trabalho, que revelam, respectivamente, a periculosidade e a insalubridade do processo de produção. Esta distinção, juridicamente reconhecida, se fundamenta no caráter mediato da doença do trabalho e no caráter imediato do acidente de trabalho. A legislação acidentária estabelece, também, a diferenciação entre doença ocupacional e doença do trabalho, sendo a primeira aquela decorrente de condições de trabalho legalmente reconhecidas como insalubres, e a última, decorrente de condições de trabalho cuja relação com a doença em questão deve ser comprovada. No âmbito deste estudo, no entanto, é suficiente, em geral, a caracterização de todos estes agravos como eventos danosos à saúde do trabalhador, decorrentes

das condições em que se realiza o processo de trabalho. Em casos específicos, onde necessário, a diferenciação será explicitada.

Outra ressalva que se deve fazer é quanto à caracterização dos trabalhadores de que aqui se fala. Trabalhadores ou classe trabalhadora são aqui entendidos, de forma restrita, como o grupo de produtores fisicamente ligados ao processo de trabalho - operadores, ajudantes, operários de manutenção, preparadores de máquinas, etc. - podendo, em contextos específicos, serem entendidos, de forma mais ampla, como aqueles que nada mais têm a vender para sobreviverem senão sua força de trabalho.

CAPÍTULO II

TEORIAS DA CAUSALIDADE DAS DOENÇAS E ACIDENTES DO TRABALHO

2.1 - Introdução

O estudo dos agravos à saúde (acidentes e doenças) no trabalho tem sido uma preocupação constante na sociedade industrial, surgindo várias interpretações desses fenômenos, quase sempre com a finalidade de evitá-los.

A primeira discussão que se colocou no estudo da origem de acidentes e doenças do trabalho foi a respeito da "causalidade" ou "fatalidade". O próprio significado da palavra acidente está ligado, etimologicamente, à idéia de acaso e de imprevisto. Os acidentes (e também as doenças) decorrentes das condições de trabalho eram considerados como consequência irremediável e natural das atividades humanas. Desta concepção fatalista se originou o conceito de "risco profissional".

Decorre desta noção, a ação de caráter reparativo ou compensatório visando não eliminar ou controlar os riscos, mas sim limitar a gravidade dos acidentes e suas consequências através do atendimento médico e assistência aos feridos colocada em termos humanitários ou morais.

Essa visão assistencialista ainda tem forte influência na política oficial sobre acidentes e doenças do trabalho sen

do registrada, inclusive, a tendência atual de eliminar a discriminação entre estas "contigências sociais" e outras causas de incapacidade previstas na previdência social, como invalidez, doenças ou velhice [3:116]. Para fundamentar sua concepção de acidentes e doenças do trabalho como risco social, Barroso Leite [4:18], então secretário da Previdência Social do MPAS, mostra como a teoria do risco profissional, que leva à responsabilidade civil da empresa, é inadequada. Segundo o autor, a concepção de que "são as máquinas da empresa que ferem ou matam os empregados acidentados ... pode ter tido suas razões de ser, mas hoje está ultrapassada, não só pelo seu teor de paternalismo mas também porque a mecanização das atividades é um imperativo do desenvolvimento tecnológico." Sendo assim, afirma "que o risco profissional constitui de fato o inevitável 'risco do progresso', inerente ao anseio humano por recursos mecânicos e técnicos sempre mais avançados."

Deste modo, os riscos, antes inevitavelmente presentes nos trabalhos de ofício, aparecem, agora, transformados num "risco do progresso" tecnológico. Ainda que o desenvolvimento tecnológico fosse uma resposta ao anseio humano e beneficiasse a todos os componentes de uma sociedade (na verdade não é assim, conforme será visto no capítulo seguinte), é oportuno dizer que as consequências do risco do progresso recaem principalmente sobre a classe trabalhadora e, dentre estes, sobre aqueles mais diretamente ligados à produção.

A teoria da fatalidade, sob qualquer roupagem que se apresente, é, do ponto de vista científico, "estéril em si mesma uma vez que confere características metafísicas" à gênese do acidente, eliminando "no nascedouro qualquer formulação que objeti

ve algum nível de intervenção concreta[5]. Além disso, este caráter fatalista e assistencialista da política de saúde no trabalho vem sendo questionado pelos movimentos organizados de trabalhadores em diversos países, reivindicando a reorientação da saúde e segurança no trabalho no sentido de uma atitude preventiva onde "a morte, mutilamento e doença não fazem necessariamente parte do trabalho" [6:5].

Desse modo várias áreas do conhecimento (medicina, ciências sociais, psicologia, engenharia, direito) têm se preocupado em estabelecer relações causais, com validade científica, que permitam intervir no problema em questão, surgindo daí alguns modelos explicativos que podem ser agrupados segundo três formulações básicas: teorias monocausais, teorias multicausais e uma vertente que vem se formando mais recentemente, notadamente dentro da epidemiologia social, em contraposição aos modelos teóricos convencionais, que será denominada, arbitrariamente, de "teoria social do processo saúde-doença".

2.2 - Teorias Monocausais

As teorias monocausais procuram reconhecer uma causa única e fundamental para a produção do agravo à saúde, presente no indivíduo ou no meio que o cerca. "A doença é vista como um fenômeno biológico que ocorre a nível do indivíduo", dependendo "exclusivamente da constituição, do caráter, da genética, ou seja, da disposição individual para reagir aos estímulos do meio ambiente" [7].

No âmbito da saúde ocupacional, os estudos realizados restringem-se a identificar certos elementos nocivos à saúde do trabalhador, cujo controle é feito diminuindo a exposição ou aliviando suas consequências no organismo, quando possível.

No caso específico de acidentes do trabalho, três abordagens são tradicionais: Culpabilidade, Predisposição aos Acidentes e Acidentabilidade.

A partir da idéia jurídica de responsabilidade profissional, os acidentes são explicados, no primeiro caso, como resultado de uma falta (culpa, negligência, imprudência ou imperícia) dos indivíduos (trabalhador, empregador ou fabricante do equipamento) na realização de suas funções, que é atribuída, na maioria dos casos, aos trabalhadores.

Essa visão de falta profissional tende a visualizar o acidente como um fato isolado, decorrente de ações incorretas dos indivíduos em relação a um padrão estabelecido, e, colocada na prática, leva a considerar certos acidentes decorrentes de operações corretas do ponto de vista profissional como acidentes sem causa (sem culpa), o que retrocede à idéia de fatalidade [5]. Por outro lado, ao regulamentar a ação profissional, evita-se que alguns empresários, motivados pela concorrência, obtenham custos de produção mais baixos em prejuízo das normas e padrões de segurança socialmente estabelecidos e já incorporados em outras empresas ou países.

Atualmente a noção de falta profissional ainda tem penetração inclusive entre os trabalhadores, devido, em grande parte, à ênfase dada aos atos inseguros nas campanhas de prevenção e vem se renovando com a crescente onda de reclamações judiciais, nos

EUA, contra danos físicos causados por produtos industriais, incluindo projeto, fabricação e manutenção deficientes.

Dentro da psicologia, alguns pesquisadores procuram explicar a ocorrência de acidentes através da existência de uma característica própria de alguns indivíduos (susceptibilidade individual aos acidentes). A predisposição aos acidentes explicaria porque a maioria dos acidentes ocorreriam com uma pequena parte dos trabalhadores - os poliacidentados. Porém, como mostra Schulzinger [8], tal característica não é inerente às pessoas e o grupo de poliacidentados se modifica continuamente, com a entrada de novos indivíduos e a saída de outros.

Frente à insuficiência da teoria da predisposição aos acidentes, refutável tanto por suas inconsistências metodológicas [5] quanto pela mínima abrangência e capacidade de explicar grande parte dos acidentes, surge outra linha de pesquisas que procura associar certas características dos sujeitos à ocorrência de acidentes do trabalho. Segundo Dela Coleta [9], foi Moosinger que, evitando "as conotações de determinantes inatos, constitucionais, não modificáveis, inerentes ao conceito de predisposição a acidentes, propôs a utilização do termo **acidentabilidade** para indicar a tendência individual a sofrer acidentes."

O desenvolvimento desta teoria se deu, segundo Vidal [5], sob a influência conjunta do taylorismo e do behaviorismo que se complementavam no âmbito da administração da produção: um pretende a alienação do projeto do trabalho em relação ao executor das tarefas; o outro concebe o indivíduo como dotado de uma estrutura comportamental determinável e controlável via fatores externos. Assim a ocorrência de acidentes era devida, principalmente,

ao fato das características individuais não estarem de acordo com as exigências do posto ocupado e a existência dos poliacidentados, devido ao fato de continuar ocupando o posto com o indivíduo errado.

Procurava-se relacionar aos acidentes e aos poliacidentados variáveis como: inteligência, personalidade, tendências autopunitivas e traços paranóicos, dados anátomo-fisiológicos, dados biográficos, fatores étnicos, sociológicos e sociais, etc.

A prevenção consistiria em identificar os indivíduos que fossem predispostos a sofrer acidentes ou que apresentassem características individuais de acidentabilidade e na seleção e formação dos trabalhadores. Os resultados obtidos não têm confirmado estas hipóteses e, ao contrário, tem-se mostrado que mesmo trabalhadores qualificados e com bastante experiência estão sujeitos a sofrer acidentes [10]. Além disso, não foi possível, até hoje, projetar todas as ações necessárias para se executar uma tarefa, como pretende o taylorismo. Existe, mesmo nas tarefas mais simples, uma variação do trabalho realmente executado em relação ao trabalho planejado pela engenharia de métodos. Esta variação, quando não seguida de uma ação de recuperação (impossível de ser prevista e planejada pelos métodos tayloristas) efetuada pelo próprio trabalhador, pode levar tanto à perda de qualidade do produto como a acidentes.

2.3 - Teorias Multicausais

O desenvolvimento da multicausalidade se consolidou

durante a década de 60 quando a insuficiência das teorias monocausais se revelou custosa para as economias capitalistas que apresentavam graves déficits fiscais, obrigando à diminuição dos gastos estatais (educação, saúde, prevenção social, etc.). Simultaneamente, a conscientização acerca dos problemas de saúde e a consequente movimentação popular forçaram a adoção de novos modelos interpretativos que permitissem atender a estas necessidades, através da identificação de fatores causais na produção do problema, fáceis de atacar com medidas massivas de controle [11].

Esta teoria, conforme apresentada por MacMahon e Pugh [12:21], afirma a coexistência de várias causas na produção de uma doença que podem ser "diretas" ou "indiretas", conforme sua posição em relação à doença, formando "cadeias de causalidade" representativas de uma fração da realidade, onde "cada componente mostrado é em si o resultado de uma complexa genealogia de antecedentes, e que não mostra a miríade de efeitos destes componentes ...". Só são mostrados alguns dos componentes principais, como por exemplo, a penetração do vírus, o estado de imunidade na ocorrência da icterícia. Os autores concluem dizendo que "deve considerar-se toda a genealogia mais propriamente como uma rede, que em sua complexidade e origem está além de nossa compreensão." Mas mesmo assim, segundo os autores, a prevenção se torna possível porque "afortunadamente, para por em execução medidas preventivas, não é necessário compreender os mecanismos causais em sua integridade."

Por isso, ainda que seja importante "conhecer as associações causais que não oferecem possibilidade preventivas seja porque a causa é inalterável ou porque os efeitos colaterais são inaceitáveis", a epidemiologia, para os multicausalistas, persegue o propósito prático de descobrir as relações que ofereçam probabi-

lidades para a prevenção da enfermidade [10:24].

Bastante conhecida no estudo de acidentes é a análise dos fatores técnicos e dos fatores humanos desenvolvida por Heinrich que, de certa forma, sintetiza várias das concepções anteriores. Segundo Heinrich, os traços negativos da personalidade de um homem, adquirida por influências hereditárias, do meio familiar e do social, levam-no a cometer **falhas**, das quais resultarão as causas de acidentes (condições inseguras e atos inseguros) que devem ser eliminadas, dada a impossibilidade de modificar a personalidade de todos que trabalham [13:43]. As variações dentro desta vertente são em torno de uma maior importância dada ora aos atos inseguros (que classicamente gira ao redor de 85%) ora às condições inseguras, cuja proporção assume diferentes relações, demonstrando, por um lado, a indefinição e a subjetividade na conceituação dos "fatores humanos" e dos "atos inseguros" e, por outro, o interesse de continuar atribuindo aos trabalhadores a maior responsabilidade pelos acidentes, evitando ações efetivas sobre o ambiente físico do trabalho. As medidas de prevenção vão, portanto, se concentrar na "educação" dos trabalhadores (como se pode ver nas campanhas de prevenção) e na utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI), quase sempre incômodos e inadequados à execução das tarefas.

Uma variante mais desenvolvida e dinâmica do modelo multicausal é a Tríade Ecológica de Leavell e Clark [14]. Estes autores vêem a doença como um processo dinâmico envolvendo fenômenos de interação entre três categorias de fatores, presentes no hospedeiro (o homem), no agente e no meio, que se encontram em permanente equilíbrio (rompido quando ocorre a enfermidade). Para efetuar a prevenção, pode-se alterar um ou mais destes elementos, interrompendo ou impedindo a interação em favor do homem.

Embora pretenda suplantar a teoria monocausal, o modelo multicausal (aplicado tanto ao estudo de acidentes como de doenças do trabalho) tampouco consegue responder satisfatoriamente aos problemas colocados. As razões deste fracasso, conforme aponta Laurell [15], são de ordem distinta. A mais profunda é o seu caráter declaradamente agnóstico, "que coloca um paradoxo: pretender explicar partindo da impossibilidade de conhecer a essência das coisas"; a mais imediata é a "sua redução da realidade complexa a uma série de fatores que não se distinguem em qualidade e cujo peso no aparecimento da doença é dado por sua distância dela." Segundo esta concepção, prossegue Laurell, "o social e o biológico não se colocam como instâncias distintas, pois ambos são reduzidos a 'fatores de risco' que atuam de maneira igual" [15:154].

Além disso, como aponta Breilh [11:10], "ao separar artificialmente o sujeito social (fator homem) e sua produção (a cultura é classificada como integrante do fator meio ambiente), se distorça a origem social desses produtos (salário, habitação, meios de produção, etc.) e os faz aparecer como um ser estranho, como um poder independente do produtor ao qual pode lesionar, sem que a própria organização do 'fator humano' tenha a ver com o problema".

Em consequência desta distorcida interrelação estabelecida por Leavell e Clark e do conhecimento parcial com que trabalham os multicausalistas, as causas mais profundas do processo saúde-doença permanecem desconhecidas e a resposta prática - cortar a cadeia causal mediante a supressão ou modificação de uma das variáveis intervenientes na aparição do problema - permite, como diz Breilh [11:10], ao mesmo tempo que distorce a realidade, "obter resultados pragmáticos adequados" sem "buscar transformações estruturais que atentam contra o equilíbrio do sistema".

2.4 - Teoria Social do Processo Saúde-Doença

As concepções mono e multicausais, devido às suas deficiências teórico-práticas, não têm sido capazes, na maioria dos casos, de resolver os problemas de saúde das massas trabalhadoras e de aprofundar a relação saúde-trabalho. Numa tentativa de ultrapassar estas deficiências, alguns pesquisadores, principalmente dentro da epidemiologia social, vem desenvolvendo uma concepção do processo saúde-doença que se fundamenta, dentre outras preocupações, sobre três pontos [15:136]: demonstrar o caráter histórico e social da doença; definir o objeto de estudo de tal modo que permita um aprofundamento na compreensão do processo saúde-doença e conceituar a causalidade, ou melhor, a determinação, ou seja, como o processo saúde-doença, enquanto processo social, se articula com outros processos sociais.

A doença, enquanto fenômeno histórico e social, pode ser percebida através dos diferentes perfis patológicos, ao longo do tempo, resultantes das transformações da sociedade; pela comparação entre sociedades com diferentes graus de desenvolvimento e organização social e, finalmente, nas distintas condições de saúde das classes e frações sociais, que compõem uma determinada sociedade [11, 15, 16, 17, 18].

O objeto de estudo é o próprio "processo saúde-doença" presente num determinado grupo de indivíduos, construído em função de suas características sociais e, em segundo plano, de suas características biológicas. Segundo Laurell "a investigação do padrão de desgaste e do perfil patológico tem que ser feita relativamente aos organismos dos membros do grupo pesquisado não com a sin

gularidade de cada caso individual, como é feito pela medicina clínica, mas estabelecendo-se o comum, isto é, que caracteriza o grupo [15:153].

O objeto de estudo deve ser entendido como "o modo específico pelo qual ocorre no grupo o processo biológico de desgaste e reprodução, destacando como momentos particulares a presença de um funcionamento biológico diferente com consequência para o desenvolvimento regular das atividades cotidianas, isto é, o surgimento da doença [15:151].

Segundo Breilh [11], o processo saúde-doença é a síntese de um conjunto de determinações que operam numa sociedade concreta e que colocam os diferentes grupos frente a riscos (contra-valores) ou potencialidades (valores de uso) característicos que se manifestam, por sua vez, na forma de perfis ou padrões de doença ou de saúde. Este conjunto de determinações pode ser dividido em quatro categorias de leis, mutuamente relacionadas, mas com uma ordem hierárquica definida [11:15]: 1) leis de autodeterminação qualitativa; 2) leis causais; 3) leis funcionais e 4) leis estatísticas.

As leis de autodeterminação qualitativa, ou de determinação dialética, operam como princípio orientador das demais leis e explicam a base de mudanças (luta interna e eventual síntese subsequente de seus componentes essenciais opostos) de todos os processos e, particularmente, dos processos de desenvolvimento das forças produtivas e das relações sociais que constituem uma determinada estrutura social.

As leis causais, que explicam a ação de causas externas que incidem sobre os processos produzindo neles certos efei

tos, são as consideradas pelos enfoques tradicionais, ainda que de forma restrita ou isolada, sob a denominação de "fatores" ou "causas". "Ainda que esses fatores e causas sejam parte do problema, não o são de maneira isolada e estática e sim como expressão circunstanciais, particulares, de uma realidade dinâmica onde operam também as demais determinações e, sobre todas elas, as determinações sociais gerais".

As leis funcionais operam em todos os chamados sistemas e explicam suas funções, caracterizadas por ações e reações, que tendem a um equilíbrio relativo (homeostase), influenciado pelas leis anteriores.

As leis estatísticas não têm valor explicativo ou determinante no processo, mas somente explicam a distribuição quantitativa dos processos e a probabilidade de que ocorram certas manifestações, se constituindo em importante ferramenta de investigação.

No entanto, é preciso ressaltar que "o processo saúde-doença não se esgota em sua determinação social, já que o próprio processo biológico humano é social" na medida em que não se pode determinar uma normalidade ahistórica: diferentes padrões de desgaste-reprodução podem ser estabelecidos em função das características da relação entre o homem e a natureza (por ex., diferentes durações do ciclo vital em diferentes épocas) [15:152].

Portanto, para compreender a origem e o sentido verdadeiro dos fatores, das causas, das leis funcionais e estatísticas, é preciso reconhecer e dirigir a atenção até às determinações mais gerais. O processo saúde-doença é, antes de tudo, "determinado pelo modo como o homem se apropria da natureza em um dado momen

to, apropriação que se realiza por meio de processo de trabalho baseado em determinado desenvolvimento das forças produtivas e relações sociais de produção" [15:157].

Assim, somente considerando o trabalho dentro do modo de produção capitalista e, particularmente, dentro da fábrica generalizada pelo capitalismo na sociedade, pode-se entender como a lógica do processo saúde-doença hoje em dia obedece, até um certo ponto, às leis que regem tal modo de produção em suas tendências históricas. Ainda mais importante é que esse conhecimento possibilite transformações que, indo além das reformas ambientais e curas individuais, atinjam a estrutura social. Citando Breilh [19:162]:

"Se tem dito que a saúde é uma expressão de liberdade, e na verdade o é. Porém essa liberdade não significa liberar-se das leis objetivas, sim implicar a conhecê-las para dirigir os processos adequadamente. As verdadeiras conquistas da sociedade humana se produzem quando o homem avança no domínio das leis naturais e fundamentalmente quando dá saltos qualitativos no domínio das leis sociais".

É claro que esta nova concepção de saúde no trabalho procura gerar um conhecimento que corresponda ao ponto de vista da classe trabalhadora. Coloca-se imediatamente, por isso, a questão do sujeito e do objeto na geração desse conhecimento.

A contribuição mais rica neste sentido vem do movimento operário italiano que, colocando a saúde como ponto central de suas lutas a partir do final dos anos 60, deixou de ser simplesmente o objeto no processo de geração de conhecimento sobre condições de trabalho e saúde, para tornar-se em seu sujeito. Consolida-se o papel da subjetividade operária e do operário enquanto investigador, na pesquisa de suas enfermidades e na gestão de sua saúde (princí

pio de não delegação [20]). Isto, por um lado, não pode ser entendido como uma simples técnica de investigação, e, por outro, como absolutização da experiência e subjetividade da classe trabalhadora em detrimento da utilização de conhecimentos científicos objetivos (levando ao que Laurell [17:23] chama de novo "empirismo. o brero"). A experiência e subjetividade operárias são sem dúvida fundamentais e enriquecedoras no processo investigativo da saúde no trabalho e na solução de seus problemas, mas somente a sua mediatização através da ciência, em ação conjunta com os detentores formais do saber, cientistas e intelectuais, pode gerar conhecimentos concretos aplicáveis à melhoria das condições de trabalho em momentos adequados, gerados por suas lutas reivindicativas.

Esta postura, que reunifica ciência e trabalho, leva em conta que a própria integridade psicofísica do indivíduo é alterada pela exploração capitalista [20:48] e que as relações entre experiência e consciência sejam, portanto, mediadas de forma muito complexa [17:23].

CAPITULO III

DETERMINAÇÕES DA INSEGURANÇA NO TRABALHO COM MÁQUINAS

3.1 Introdução

A abordagem do processo saúde-doença sob uma ótica histórico-social permite avançar mais na compreensão da determinação dos momentos identificados como acidentes e doenças do trabalho, no caso em estudo, do trabalho envolvendo operação de máquinas-ferramenta, e como os "fatores" nocivos destes meios de produção "provocam" acidentes/doenças, ou melhor, como certas condições insalubres ou perigosas cristalizadas nas máquinas-ferramenta agravam a saúde e porque elas existem.

Uma das características do sistema capitalista é a separação entre trabalhadores e meios de produção, pertencentes aos donos do capital. Para poderem se unir aos meios de trabalho, garantindo a sua sobrevivência; os trabalhadores estabelecem relações com os possuidores dos meios de produção sob a forma de trabalho assalariado.

Nestas condições, os instrumentos de trabalho devem, ser entendidos não somente a partir de suas características funcionais, técnicas ou do grau de desenvolvimento tecnológico (que nos fornecerá as condições objetivas a que se expõe o trabalhador), mas também analisados como expressões concretas das relações de classe, que vão determinar um modo específico de trabalhar [23:16].

3.2 - Capitalismo e Saúde no Trabalho

O caráter histórico-social da saúde-doença mostra que uma sociedade em diferentes épocas ou diferentes formações sociais numa mesma época e, dentro destas, as diversas classes ou grupos sociais apresentam distintas formas e intensidade de adoecer ou morrer. A lógica do processo saúde-doença, conforme dito anteriormente, obedece às leis que regem uma determinada sociedade no seu movimento de produção-reprodução. A finalidade última do modo de produção capitalista é acumulação ampliada de capital, o que se dá pela produção de mais-valia, através do trabalho assalariado. Sob esta força compulsiva, os processos de produção são continuamente transformados, em resposta, por um lado, à reação da classe trabalhadora contra a exploração a que está submetida e, por outro, à concorrência entre capitais individuais. Para a saúde dos trabalhadores isto pode se manifestar sob novas formas de exploração e dominação envolvendo condições nocivas à saúde sempre renovadas.

Dentro das limitações deste estudo, interessá-nos a dinâmica do desenvolvimento tecnológico que leva simultaneamente à transferência da virtualidade técnica dos trabalhadores qualificados para a máquina e à economia nos meios de produção e as determinações destas leis imanentes ao processo de produção capitalista sobre a saúde dos trabalhadores.

Antes, porém, o processo de desgaste do trabalhador é determinado por sua forma de inserção no processo de produção que se baseia, de imediato, na extração de mais-valia absoluta e/ou relativa, representando diferentes formas de consumo da força de trabalho. De início pode-se afirmar que este consumo é em si irre-

parável, uma vez que a produção de mais-valia se fundamenta na apropriação de trabalho não-pago; contradição inseparável do modo de produção capitalista.

3.3 - Formas de Extração de Mais-Valia e Saúde

O processo de trabalho apresenta um duplo caráter , é, de modo geral, um processo para criar valores de uso e, sob controle do capital, um processo de valorização, de criação de mais-valia. O seu aspecto técnico é, no entanto, dominado e modificado por sua natureza social, caracterizada pelo desequilíbrio de forças entre trabalhador e patrão.

A extração de mais-valia absoluta caracteriza os processos de trabalho em que a subordinação ao capital é apenas formal: o processo de trabalho é pouco transformado caracterizando-se por baixo desenvolvimento tecnológico, maior controle dos trabalhadores sobre a organização do seu trabalho, instrumentos de trabalho relativamente simples, escassez de capital para implementar avanços tecnológicos; etc.

Sob estas condições de baixo nível tecnológico a elevação da taxa de mais-valia ($=\text{mais-valia}/\text{capital variável} = m/v$) é procurada pela elevação da jornada de trabalho e intensificação coercitiva do uso da força de trabalho. A isto tende a se acrescentar um baixo nível salarial, já que a redução absoluta dos salários - V - constitui um importante mecanismo para aumento dos lucros, em função da maior participação do capital variável nos custos de produção. A extração de mais-valia absoluta implicará, portanto, em

grau de trabalho com alto gasto calórico, esforços físicos elevados, tempo insuficiente de descanso, predominância de riscos físicos e químicos de alta gravidade; condições que, agravadas pelos baixos salários, dificulta a reprodução adequada da força de trabalho que traduz num desgaste mais rápido do operário (alta incidência de doenças e acidentes do trabalho, baixa expectativa de vida, etc.); ao consumo individual deficitário, cujos efeitos se expressam tanto no trabalhador como em sua família, se junta a restrição ao consumo de bens coletivos; serviços de saúde, educação, moradia, transporte, etc. [11:29].

O trabalho que envolve máquinas operatrizes, interesse mais imediato deste estudo, se caracteriza geralmente pela extração de mais-valia relativa através do incremento da produtividade. Neste caso o processo de trabalho se caracteriza por gasto calórico médio, jornada intensiva, ritmo monótono, fadiga de posição, esforço limitado, total subordinação aos tempos mecânicos, controle sobre mínima fração do processo produtivo, sobrecarga (ou subcarga) psíquica constante com repercussões orgânico-funcionais, riscos físicos e químicos, etc.

O objetivo de processo de produção é a extração de mais-valia nas condições mais adequadas ao capital. Assim, ainda que a mais-valia relativa seja predominante sob o capitalismo moderno, isto não significa que a mais-valia absoluta seja desprezada. Os métodos utilizados pelo capital para a produção de mais-valia relativa são, ao mesmo tempo, métodos para a produção de mais-valia absoluta. O desenvolvimento contínuo da maquinaria (elevação da composição orgânica) cria condições objetivas que motivam o prolongamento da jornada de trabalho (turnos ou horas extras), desvaloriza a força de trabalho, aumenta o

controle sobre o ritmo de trabalho e aumenta a mão-de-obra excedente. As condições opressivas que caracterizam a extração de mais-valia relativa, juntam-se o salário e o tempo insuficientes para reposição adequada da força de trabalho, que se traduz num desgaste mais rápido do operário.

Isto explica, em parte, o elevado índice de acidentes registrados no Brasil a partir da década de sessenta, simultaneamente ao desenvolvimento acelerado, que se instalou com a consolidação do modelo do "milagre econômico", baseado na mais-valia relativa e auxiliado pela extração de mais-valia absoluta, possível pela desorganização e repressão do movimento dos trabalhadores [24:276].

Os salários baixos estão diretamente ligados ao processo saúde-doença uma vez que não permite ao trabalhador repor adequadamente suas energias, bem como atender as necessidades de sua família. Isto leva por um lado à realização de horas-extras (e consequentemente maior fadiga) como forma de complementar seu salário e, por outro lado, força o ingresso de maior número de membros da família no mercado de trabalho que, por sua vez, vai pressionar para o rebaixamento dos salários individuais.^{1*}

A manutenção de baixos níveis salariais mantém as reivindicações dos trabalhadores restritas à satisfação de suas necessidades básicas desconsiderando segurança e satisfação no trabalho. Além disso, os trabalhadores são pressionados a aceitar remunerações pelo trabalho realizado sob condições perigosas e insalubres como forma de reposição salarial (monetização dos riscos).

* Ver nota no final do capítulo.

A intensificação do trabalho que ocorre, principalmente, ao lado do desenvolvimento tecnológico e da introdução de novos métodos de organização do trabalho, vale dizer, ao lado da elevação das forças produtivas do trabalho social, também pode ser obtida pela eliminação dos períodos de descanso do trabalhador dentro da jornada e através do salário por peças, por produção ou por tarefa (empreitada), onde o operário exige de si próprio um alto ritmo de trabalho para alcançar um nível de produção, normalmente estabelecido acima da média, que lhe dê um salário suficiente (na verdade este jamais é obtido já que seu desgaste é sempre superior ao preço pago pelo uso de sua força de trabalho)².

Algumas pesquisas [3,22,25,26] procuram relacionar acidentes e doenças de trabalho ao nível salarial e ao excesso de trabalho, mostrando que a alta incidência destes agravos à saúde do trabalhador está intimamente ligado à sua forma de inserção num processo de produção extremamente desgastante. De modo geral, estes estudos mostram que grande parte dos acidentes ocorrem devido ao trabalho excessivo (trabalhadores que fazem hora-extra, que trabalham durante as férias, acidentes nas horas finais de turnos) e à deficiência de reposição da força de trabalho (carência alimentar, média salarial dos acidentados é inferior à média geral dos assalariados). Cohn e cols. [10], relacionando graus de qualificação com partes do corpo atingidas em acidentes graves, mostra que, no grupo pesquisado, os trabalhadores se acidentam predominantemente na mão, por estarem diretamente vinculados à produção, mas é o trabalhador qualificado que "apresenta a maior proporção desse tipo de lesão", indicando que quanto maior a qualificação e, portanto, maior o uso da mão, maior é o risco a que ela está exposta; o trabalhador semi-qualifica

do apresenta alta proporção de fraturas do ombro ou amputação de um dos braços, por serem estes importantes instrumentos de trabalho; enquanto que "para o trabalho não qualificado, por exigir o uso do corpo como um todo, especialmente das pernas, a exposição ao risco de lesão na bacia ou coluna e nos membros inferiores é maior" [10:109].

3.4 - Desenvolvimento Científico-Tecnológico e Saúde

Não há dúvida de que o desenvolvimento científico - tecnológico pode aumentar em muito a segurança do trabalho através de inovação de produtos e de processos industriais. No entanto, o que se observa geralmente é que, tendo se eliminado muitos riscos e condições nocivas ao homem, novos riscos à saúde do trabalhador podem ser introduzidos juntos com novos processos e meios de produção. Além disso, outra consideração importante é de que situações perigosas e insalubres conhecidas desde a antiguidade (como a intoxicação por chumbo e outros metais, o trabalho em minas, etc.) não foram eliminados de todo, apesar de todo o conhecimento acumulado.

A resposta a esta contradição, em termos de conhecimento, se encontra na apropriação da tecnologia e da ciência pelo capital à procura de sua valorização. O desenvolvimento científico-tecnológico, determinado pela dinâmica e racionalidade do processo de produção capitalista gera, na sociedade industrial, variações de vida e de trabalho de tal maneira aceleradas que entram em confronto não somente "com a evolução do homem e sua capacidade de adaptação biológica", mas também "com respeito às capacidades de

previsão científica e de adaptação mediante medidas preventivas e sociais" [20:64].

Já que a máquina é fundamental na sociedade industrial moderna, é interessante, antes de se considerar a questão da inovação tecnológica, explicitar o seu papel no processo de produção.

Conforme Marx [28], meio de trabalho, em sentido abstrato,

"é uma coisa ou ... coisas que o trabalhador coloca entre si ... e o objeto do trabalho e que lhe serve como condutor de sua atividade sobre esse objeto. Ele utiliza as propriedades mecânicas, físicas, químicas das coisas para fazê-las atuar como meios de poder sobre outras coisas, conforme seu objetivo ... um órgão que ele acrescenta a seus próprios órgãos corporais."

Sob este aspecto, o homem seria um "animal que faz ferramentas" [28a:150].

Esta é a concepção comumente aceita nos meios técnicos (engenharia, ergonomia, etc.), no entanto, prossegue Marx "os meios de trabalho não são só medidores do grau de desenvolvimento da força de trabalho humana, mas também indicadores das condições sociais nas quais se trabalha". Aliás "não é o que se faz, mas como, com que meios de trabalho se faz, é que se distingue as épocas econômicas" [28a:151].

Assim, no capitalismo, não é o trabalhador em geral, que utiliza os meios de produção, mas sim, é utilizado por estes: é a máquina que dita o ritmo de trabalho, os movimentos, as paradas e a posição de trabalho; o trabalhador é visto apenas como mais um elemento do sistema de máquinas passível, portanto, de ser projetado

(selecionado, treinado) e seus movimentos reduzidos a simples movimentos mecânicos: um acessório vivo.

A tendência do desenvolvimento das máquinas é excluir ao máximo a participação direta do trabalhador na atividade produtiva e, portanto, no produto de seu trabalho (tanto nas características físicas do produto como em seu valor). Dito de outro modo, o capital procura incessantemente substituir as características subjetivas do processo de trabalho, ainda em poder dos trabalhadores e das quais eventualmente dependa, por elementos objetivos, os quais lhe permitem o máximo controle do resultado do processo de produção que diretamente lhe interessa, uma valorização contínua e crescente.

A utilização do conhecimento científico, como instrumento alheio ao trabalhador, para o desenvolvimento da maquinaria vem dar um novo impulso às inovações técnicas que se apresentam também como novas formas de dominação do capital sobre o trabalho gerando condições às quais os trabalhadores conseguem dificilmente se adaptar, daí a gravidade e variedade dos perfis de saúde-doença da classe trabalhadora. No capitalismo maduro, a máquina torna-se a principal arma do capital na luta contra os trabalhadores [28b:51]. E esta arma torna-se tanto mais eficiente quando passa a ser desenvolvida com o emprego sistemático das leis físicas e mecânicas descobertas pelas ciências naturais.

Enquanto a Revolução Industrial se utiliza do conhecimento anteriormente acumulado, mantendo a ciência como propriedade social generalizada eventualmente empregada na produção, a revolução técnico-científica, que começa nas últimas décadas do século XIX e prossegue até hoje, coloca a ciência como propriedade capita

lista no pleno centro de produção, organizando-a sistematicamente, "custeando a educação científica, a pesquisa, os laboratórios, etc, com o imenso excedente do produto social que ou pertence diretamente a ele ou que o capitalista dispõe como um domínio total na forma de rendas de tributo" [29:138].

A revolução técnico-científica, característica da era do capitalismo monopolista, é um importante meio de estimular ainda mais a acumulação e concentração de capital, aumentando a taxa de lucro através da redução dos custos de produção. Procurando alternativas à extensão da jornada de trabalho, aumenta-se a produtividade através da inovação tecnológica.

É verdade que o desenvolvimento tecnológico tem reduzido o esforço físico necessário para realizar muitos trabalhos, isto não significa, contudo, que o desgaste real do trabalhador seja também reduzido. O que ocorre normalmente é que um operador passa a ser responsável por um maior número de máquinas à medida que estas vão se automatizando. Por outro lado, o aumento incessante do ritmo da maquinaria, a um nível incompatível com qualquer medida preventiva, aumenta a fadiga, causa acidentes, cria situações estressantes, provoca problemas ósteo-musculares, etc. Além disso, ao retirar o controle do trabalhador sobre o processo de trabalho e deixar-lhe somente o papel de vigilância ou realizar movimentos cada vez mais simples e repetitivos, retira também o caráter consciente e proposital do trabalho humano, que o distingue da simples repetição instintiva do trabalho animal. Deste modo, o mais poderoso instrumento para libertar o homem do esforço e diminuir o tempo de trabalho, continua a desgastar-lhe física e mentalmente.

Por outro lado, ao elevar constantemente o valor-trabalho incorporado às máquinas, é desejo do capitalista evitar qualquer interrupção do processo de transferência deste valor, mediada pelo trabalho vivo, para as mercadorias. Assim, é de seu interesse evitar acidentes elevando o nível de segurança das máquinas mais caras. Ainda, "contraditoriamente", os acidentes continuam ocorrendo, e isto, por várias razões. Em primeiro lugar, conforme já assinalado, as inovações se dão num ritmo tal que supera a capacidade de adaptação humana e prevenção científica de seus efeitos nocivos, portanto, as medidas de segurança adotadas são sempre insuficientes³. Segundo, as necessidades econômicas e "técnicas" levam ao funcionamento contínuo das máquinas durante 24 horas/dia e, conseqüentemente, ao trabalho noturno⁴. A inversão do ciclo vigília-sono traz repercussões não somente para as funções biológicas humanas como também para as relações familiares e sociais do trabalhador. Terceiro, o ritmo elevado de funcionamento das máquinas, ao lado da operação ininterrupta, ao mesmo tempo que permite igualar a obsolescência física à obsolescência tecnico-econômica, cada vez mais acelerada, possibilita a amortização do investimento num prazo mais curto e, com isto, a recirculação do capital empregado mais rapidamente e, conseqüentemente, maior valorização.

Portanto, a melhoria das condições de trabalho e segurança decorrentes da sofisticação das máquinas será sempre um fator secundário dentro da lógica de acumulação (e subjugado às suas contradições), existindo somente quando interrupções facilmente previsíveis afetarem a produção impedindo a contínua transferência de valor. Além disso, a tendência de desqualificação da mão-de-obra permite a fácil substituição do trabalhador acidentado. Quanto às

doenças do trabalho, por sua característica de manifestação gradual não existirá preocupação de serem evitadas por não representarem interrupção brusca do processo de produção.

O desenvolvimento tecnológico vai se dar, portanto, entre duas tensões fundamentais, tendendo quase sempre a deteriorar as condições de trabalho. De um lado a concorrência intercapitalista estimula o desenvolvimento de máquinas cada vez mais produtivas que reduzem os custos de produção, o que traz consigo a tendência ao uso predatório da força de trabalho. De outro lado, a resistência da classe operária à exploração capitalista, leva as máquinas a assumirem características de controle e dominação sobre os trabalhadores como forma de subjugar-lhes.

Finalmente, a dominação monopolística da ciência e da tecnologia pelo capital, mantidas dentro dos estreitos limites das necessidades de incremento da mais-valia, não permite aplicar uma parcela razoável do enorme excedente gerado pelo trabalho social para a procura de conhecimentos básicos ou aplicação dos já existentes na melhoria da insalubridade e periculosidade no trabalho e das condições de vida em geral.⁵

3.5 - Divisão do Trabalho e Saúde

Podê-se argumentar que qualquer divisão social do trabalho, em qualquer modo de produção, já é, em si mesma, restritiva à plena utilização e desenvolvimento das capacidades humanas. No entanto, o parcelamento do trabalho sob o capitalismo atinge graus que violentam, de modo incomum, física e psiquicamente o trabalhador. Como diz Marx,

"Certa deformação física e espiritual é inseparável mesmo da divisão do trabalho em geral na sociedade. Mas como o período manufatureiro leva muito mais longe essa divisão social dos ramos de trabalho e, por outro lado, apenas com a sua decisão peculiar alcança o indivíduo em suas raízes vitais, é ele o primeiro a fornecer o material e dar o impulso para a patologia industrial" [28a:285].

O processo de divisão do trabalho no modo de produção capitalista é o processo histórico de apropriação do trabalho de uma classe de trabalhadores por uma classe de capitalistas; é o processo de alienação do trabalho pelo capital na procura das melhores condições possíveis para sua valorização. Marx mostra como se deram estes processos, desde as formas de trabalho em cooperação até na grande indústria.

"As potências intelectuais da produção ampliam sua escala por um lado, porque desaparecem por muitos lados. O que os trabalhadores parciais perdem, concentra-se no capital com que se defrontam. É um produto da divisão manufatureira do trabalho opor-lhes as forças do processo material de produção como propriedade alheia e poder que os domina. Esse processo de dissociação começa na cooperação simples, em que o capitalista representa em face dos trabalhadores a unidade e a vontade do corpo social de trabalho. O processo desenvolve-se na manufatura, que mutila o trabalhador, convertendo-o em trabalhador parcial. Ele se completa na grande indústria, que separa do trabalho a ciência como potência autônoma de produção e a força a servir o capital" [28a:283-4].

Segundo Marx [28], o trabalho parcial eleva a força produtiva do trabalho ao permitir o desenvolvimento ao máximo das habilidades de um trabalhador que repete a mesma operação e que são transmitidas de geração para geração; e ao eliminar perdas de

tempo das mudanças de uma operação para outra ou de troca de instrumentos. Isto, porém, não é obtido sem que o trabalhador sofra ou tras consequências. Assim a "continuidade de um trabalho uniforme destrói a tensão e os impulsos dos espíritos vitais, que encontram sua recreação e seu estímulo na própria mudança de atividade." [28a:270]. Por outro lado, o desenvolvimento de uma única habilidade baseada na qualidade dominante de um trabalhador torna-se sua imperfeição (por exemplo, desenvolvimento exagerada de certos músculos, deformação de certos ossos, etc.) enquanto indivíduo e sua perfeição como membro do trabalhador coletivo. Quanto mais imperfeitos forem os trabalhadores individuais tanto mais perfeito será o trabalhador coletivo que "possui agora todas as propriedades produtivas no mesmo grau de virtuosidade e ao mesmo tempo as dispense de maneira mais econômica, empregando todos os seus órgãos, individualizadas em trabalhadores ou grupos de trabalhadores determinados, exclusivamente para suas funções específicas [28a:276].

Ao lado da deformação física existem as consequências sobre o desenvolvimento intelectual e a inteligência. Como já notava A. Smith (citado conforme [28a:284]);

"A inteligência da maior parte dos homens desenvolve-se necessariamente a partir e por meio de suas ocupações diárias. Um homem que dispense toda a sua vida na execução de algumas operações simples... não tem nenhuma oportunidade de exercitar sua inteligência... Ele torna-se geralmente tão estúpido e ignorante quanto é possível a uma criatura humana."

Mas, para A. Smith, "em toda sociedade industrial e civilizada, esse é o estado no qual necessariamente tem de cair o pobre que trabalha (the labouring poor), isto é, a grande massa do povo."

O que caracteriza a divisão manufatureira do trabalho, segundo Marx, é que o trabalhador parcial não produz mercado-

ria. Só o produto comum dos trabalhadores parciais transforma-se em mercadoria" [28a:279]. O capital se apossa da força individual de trabalho: "incapacitado em sua qualidade natural de fazer algo autônomo, o trabalhador manufatureiro só desenvolve atividade produtiva como acessório da oficina" [28a:283]. O processo de alienação continua aqui, retirando do trabalhador a capacidade de concepção e realização integral do produto de seu trabalho, tornando-o dependente de outros e, portanto, forçado a aceitar as condições impostas pelo capitalista que o emprega.

É preciso diferenciar as vantagens que a organização coletiva do trabalho oferece enquanto processo de produção social e como forma capitalista especial de produzir mais-valia. Se por um lado ela desenvolve a força produtiva social do trabalho, aparecendo "como progresso histórico e momento necessário de desenvolvimento do processo de formação econômica da sociedade", por outro lado, "desenvolve a força produtiva social do trabalho não só para o capitalista, em vez de para o trabalhador, mas também por meio da mutilação do trabalhador individual." A divisão manufatureira do trabalho "produz novas condições de dominação do capital sobre o trabalho ... e surge como meio de exploração civilizada e refinada." [28a:286].

A divisão do trabalho e o emprego em larga escala dos instrumentos criam condições objetivas para o surgimento de uma nova base tecnológica mais adequada à produção manufatureira e industrial.

É com a máquina-ferramenta, na grande indústria, que se transfere a habilidade manual do operador para o instrumento de trabalho; "a eficácia da ferramenta é emancipada das limitações pes

soais da força de trabalho humana. Com isso supera-se o fundamento técnico sobre o qual repousa a divisão do trabalho na manufatura [28b:41].

No entanto, o antigo sistema permanece, agora transformando o trabalhador num apêndice vivo de uma máquina parcial.

"Não só diminuem os custos necessários para sua própria reprodução de modo significativo, mas, ao mesmo tempo, completa-se sua irremediável dependência da fábrica como um todo e, portanto, do capitalista. Aqui como em toda parte, é preciso distinguir entre a maior produtividade devida ao desenvolvimento do processo social e a maior produtividade devida à sua exploração capitalista

Enquanto o trabalho em máquinas agride o sistema nervoso ao máximo, ele reprime o jogo polivalente dos músculos e confisca toda a livre atividade corpórea e espiritual. Mesmo a facilitação do trabalho torna-se um meio de tortura, já que a máquina não livra o trabalhador do trabalho, mas seu trabalho de conteúdo" [28b:43].

Ao lado da diminuição do controle do trabalhador sobre o produto e meios de produção desenvolve-se a separação entre concepção e execução do trabalho. Este processo foi mostrado por Braverman enfocando a evolução da maquinaria e da desqualificação dos operadores, considerando que "o elemento fundamental na evolução da maquinaria não é a dimensão, complexidade ou velocidade da operação, mas a maneira pela qual suas operações são controladas" [29:163].

O primeiro passo para o desenvolvimento da máquina moderna é "quando se dá à ferramenta ou ao trabalho, determinado ritmo fixo pela estrutura da própria máquina ..." [29:163]. É aí

que a inversão do controle dos meios de produção sobre o trabalhador ganha realidade tecnicamente palpável.

Só mais recentemente, com o comando numérico, é que condições objetivas foram reunidas numa máquina-ferramenta como forma de separar todo o trabalho intelectual do trabalho de execução. Além de todas as vantagens técnicas do sistema (execução de formas complexas, rapidez de preparação e execução do trabalho, ritmo constante e uso contínuo do equipamento) outras vantagens decorrerem da separação do processo de trabalho entre três operadores, - programador, codificador, operador - não por necessidade técnica (já que as três funções - programação, planejamento ou codificação, e operação - poderiam ficar com o mecânico que ganharia visivelmente em termos de qualificação), mas sim para perpetuação do poder do capital e barateamento da força de trabalho.⁶

A função do programador de peças, registrar em uma folha de planejamento as especificações retiradas de um desenho técnico, "é essencialmente o mesmo trabalho que antes era feito pelo mecânico quando com o desenho na mão, encetava certo trabalho. Mas não se exige do programador de peças que conheça tudo o mais que o mecânico sabia, isto é, o verdadeiro ofício de usinar metal em sua execução na máquina". Seu aprendizado permite-lhe utilizar da dos tabulados e padronizados referentes ao processo de usinagem de forma apropriada para a codificação, que é a conversão da folha de planejamento em fita perfurada legível pela máquina. Esta função po de ser aprendida em poucos dias e realizada com eficiência máxima em poucas semanas ou meses pelo operador de uma simples máquina de codificação, que recebe salário bastante inferior ao de um mecânico. Quanto ao operador da máquina, "é agora possível retirar de

suas atribuições quaisquer especialidades que tenham sobrado depois de três quartos de século de 'racionalização'. Ele agora está aliviado de todas as decisões, julgamento e conhecimento que Taylor pretendeu retirar dele por meios organizacionais". A inteligência antes exigida do mecânico experiente se encontra agora na fita de controle numérico, o custo de sua preparação, em relação à do operador de máquinas convencionais, é menos do que a décima parte [29: 174-5]. Como sempre, o parcelamento do processo de trabalho transfere para o capital o conhecimento e o controle antes nas mãos dos trabalhadores.⁷

A ocorrência de grande número de acidentes em situações habituais de trabalho com trabalhadores experimentados e qualificados, revela não só a periculosidade inerente às máquinas, como, também, a inadequação do processo de trabalho. Já se assinalou anteriormente a impossibilidade de se projetar um processo de trabalho em sua totalidade, como pretendido por Taylor e seus seguidores. Durante a realização de suas funções o trabalhador executa algumas ações e movimentos com a finalidade de ajustar o trabalho projetado ao trabalho real obtendo assim o resultado pretendido pela engenharia de métodos. Dentro destes momentos estão as ações de recuperação em caso de "disfunções" no processo de trabalho que podem levar a acidentes e, para as quais não há prevenção formal, ou seja, dispositivos técnicos de proteção. O trabalhador deve então, por si só, empreender tais ações de recuperação para evitar que um incidente operatório se transforme em acidente. O trabalho alienado, além de tirar grande parte do poder de reação do trabalhador frente a uma disfunção do processo que ele não domina integralmente, habitua-o à repetição exaustiva de uma sequência de operações, e num ritmo constante, que lhe diminui a capacidade de

recuperação nestes momentos de disfuncionamento do processo de trabalho. Dito de outro modo, a capacidade de ação reflexa do trabalhador diminui com a convivência prolongada e repetida com situações de risco. Além disso, contribuem para o amortecimento da reação do trabalhador a fadiga, oriunda do próprio processo de trabalho e de suas condições de vida, o ritmo excessivo imposto coercitivamente ou por meios econômicos (pagamento por produção) e técnicos (linha de montagem, velocidade das máquinas), as tensões geradas pelas relações com a chefia, pela competição entre operários, pelo temor do desemprego, por problemas familiares, por problemas salariais, etc.

Quanto às doenças do trabalho, propriamente ditas, é mais facilmente perceptível como a falta de controle dos trabalhadores sobre os elementos do processo de trabalho (máquinas, matérias-primas e auxiliares) os afetam. As máquinas são projetadas sem a preocupação de serem adequadas às características físicas e biológicas de quem as opera, apresentando, por isso, sérios riscos à saúde, como ruídos, vibrações, posições inadequadas, etc. Várias também são as doenças provocadas pelas matérias-primas e materiais utilizados no processo de produção, cujo emprego, fora do controle social, serve apenas às necessidades de valorização do capital. É o caso das milhares de substâncias químicas anualmente lançadas dentro das indústrias sem que se tenha o mínimo controle sobre seus efeitos no organismo humano [6:2]. Exemplar é o caso do amianto, cuja proibição foi pedida pelos sindicatos americanos, em vista da inutilidade das medidas de prevenção e controle até hoje utilizadas; desnecessário dizer que nada se fez, ou se fala, para sua substituição após a denúncia [26:251].

Esta relação é menos aparente quando se procura correlacionar o trabalho alienado com outras doenças comumente não consideradas como decorrentes das condições de trabalho. Nesta linha é interessante o estudo de Garfield [30] que reúne os resultados de várias pesquisas que tratam da relação entre stress ocupacional, provocado pelos "aspectos objetivos do trabalho alienado (falta de controle sobre o processo de trabalho, perda da apropriação do produto e relações de trabalho competitivas e fragmentadas), como pelas dimensões subjetivas de alienação (sensação de perda de poder, insatisfação e frustração)", e o risco de doença coronariana: tarefas reguladas pelo ritmo da maquinaria correlaciona-se com angina pectoral, altos níveis de catecolamina, sintomas psicossomáticos frequentes e stress; baixo poder de decisão e elevada carga de trabalho elevam o risco de sintomas coronarianos e taxas de mortalidade total; trabalho por tarefa e sob pressão de tempo acentuam o stress fisiológico e fatores de risco coronariano; competição, com suas consequências de insatisfação e frustração, relaciona-se com maior risco coronariano e menor longevidade.

3.6 - Redução dos Custos de Produção e Saúde

A lógica capitalista de procurar a máxima valorização do capital empregado, o que implica em conseguir a máxima produção com o mínimo de gastos, reflete na necessidade de redução dos custos de produção também através da economia dos meios de produção, às custas da saúde dos trabalhadores. Marx [28a:67] mostra esta tendência:

"O modo de produção capitalista leva, por um lado ,

ao desenvolvimento das forças produtivas do trabalho social, leva por outro lado, à economia no emprego do capital constante ... Como o trabalhador passa a maior parte de sua vida no processo de produção, então as condições do processo de produção são, em grande parte, as condições de seu processo ativo de vida, de suas condições de vida, e a economia nessas condições de vida é um método de elevar a taxa de lucro; exatamente como já vimos antes, o excesso de trabalho, a transformação do trabalhador numa besta de trabalho é um método de acelerar a autvalorização do capital, a produção de mais-valia."

No entanto, como todo insumo envolvido na produção capitalista, a força de trabalho é considerada como mais um acessório do processo de produção e, portanto, seu uso deve se dar, na medida do possível, da maneira mais econômica. As perdas humanas, sob a forma de dias de trabalho perdidos, são computadas ao lado das perdas materiais, nos estudos comumente chamados de "Prevenção Total de Perdas", "Teoria de Custos Totais", etc.

Deste modo, o problema da segurança no trabalho se resume numa questão de otimização de custos. O que importa não é o "menor custo operacional (custo de toda a vida do sistema, desde sua concepção até a desativação, passando pelo projeto, construção e operação), mas sim o de maior rentabilidade, ou seja o "Sistema que reúna o ponto máximo de eficiência e o ponto mínimo de Custo Total" [31:12]. O custo total é dado pela soma dos custos operacionais e dos custos de riscos potenciais (risco potencial é o produto da frequência pela gravidade do acidente). Em qualquer sistema, segundo Pereira e Cols [31], as opções de custo operacional baixo são de custo de riscos potenciais alto, e vice-versa (Fig. 31).

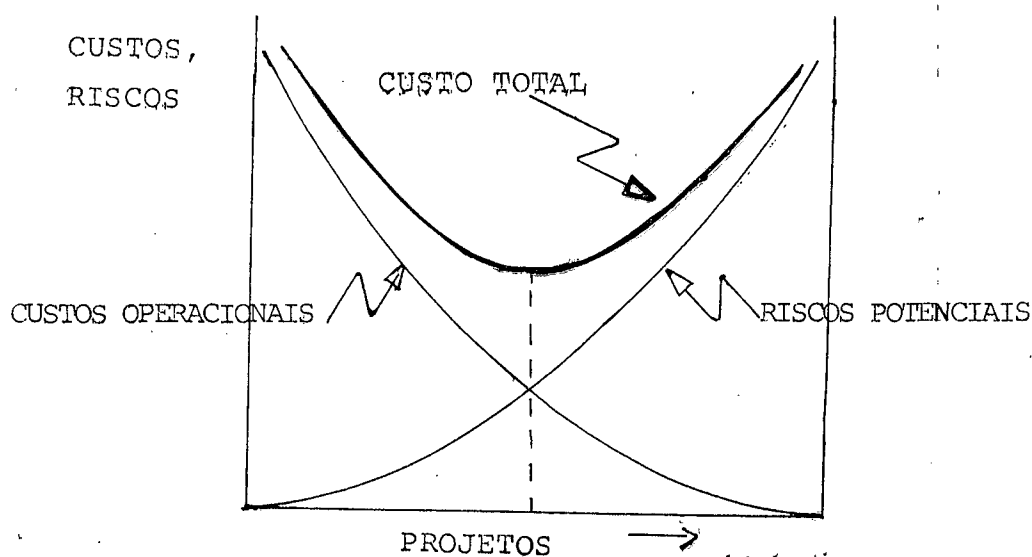


FIGURA 3.1 - Curva de custos dos sistemas [31].

Deste modo, o que se pretende é que, através da geração de alternativas aos sistemas existentes, se possibilite selecionar, dentre várias soluções tecnicamente possíveis, o projeto economicamente viável mais seguro.

A redução do problema de acidentes e doenças do trabalho a uma simples análise de custos X benefícios (que tem uma visível finalidade ideológica - o estudo de todos os aspectos da sociedade sob a ótica do capital, inclusive a divisão do corpo humano em várias partes, com precisão de centímetros, correspondendo a cada uma determinado número de horas de trabalho perdidas) apresenta limitações que vão além do aspecto humanitário ou moral, e que são limitações do próprio modo de produção capitalista em relação à segurança do trabalho.

Em primeiro lugar, admite-se a impossibilidade de viabilizar economicamente as soluções técnicas que diminuiriam os riscos potenciais às custas de maiores custos operacionais (na fi-

gura acima, isto significa um deslocamento da direita para a esquerda): projetos viáveis tecnicamente não podem ser adotados porque vão acelerar a depreciação técnico-econômica dos equipamentos existentes; novas opções seriam inviáveis por inexistência de recursos para pesquisa básica na área de segurança e saúde; também, em setores da produção com baixa composição orgânica e, geralmente, baixo nível salarial e tecnológico, seriam inviáveis, do ponto de vista de lucratividade, a adoção de tecnologia já existente com maiores níveis de segurança; etc.

Como assinalou Marx [28b:21]:

"Considerada exclusivamente como meio de baratear o produto, o limite para o uso da maquinaria está em que sua própria produção custe menos trabalho do que o trabalho que sua aplicação substitui. Para o capital, no entanto, esse limite se expressa de modo mais estreito. Como ele não paga o trabalho aplicado, mas o valor da força de trabalho aplicada, o uso da máquina lhe é delimitado pela diferença entre o valor da máquina e o valor da força de trabalho substituída por ela".

Segundo, como já reiteradamente assinalado, as alternativas desenvolvidas sob controle do capital e aplicadas para seu proveito podem trazer melhoras significativas quanto à eliminação de riscos, e efetivamente as trazem, mas trazem também, pelas razões anteriormente citadas, condições nocivas imprevisíveis.

Ainda assim, considerando que grande parte dos atuais sistemas de produção estejam à direita do ponto mínimo do custo total na figura 3.1, ou seja, que possam ser reprojctados ou substituídos por opções tecnológicas com menores riscos potenciais que propiciem custos totais mínimos, outras limitações para tomar

medidas concretas de melhoria da segurança se apresentam:

1.^a) As doenças do trabalho, por seu caráter gradual, não afetam, senão a longo prazo e de modo mais ou menos previsível, a capacidade de trabalho dos operários. Além do mais, outras doenças, como a surdez, ou mutilações de partes do corpo não empregadas no trabalho, não representam diminuição da capacidade laborativa durante a vida útil do trabalhador. Portanto, o resultado é que estes agravos não aparecem no custo da empresa e não afetam o nível do lucro;

2.^a) vários custos de acidentes, os chamados custos diretos, são transferidos quase que integralmente à sociedade sob forma de assistência aos acidentados por uma entidade seguradora (no caso do Brasil o INAMPS)⁸, cujos fundos provêm dos salários dos próprios trabalhadores, ainda mais que as contribuições das empresas são repassadas aos preços dos produtos. Onera-se a sociedade como um todo; enquanto a empresa não sente o custo dos acidentes;

3.^a) restam os chamados custos indiretos, que recairiam sobre a empresa: danos aos meios de produção, tempos perdidos, responsabilidade por acidentes com menos de 15 dias de afastamento, multas em função da insalubridade excessiva do processo de produção, indenizações não seguráveis, perda de produtividade, atrasos de entrega, etc. Ainda que estes custos sejam verdadeiros, eles são também, em grande parte, imprevisíveis (ou insignificantes, como no caso das multas), ou seja, "o cálculo preciso dos custos indiretos somente pode ser obtido para cada caso concreto, mediante a análise dos prejuízos causados pelo acidente e com a devida contabilização dos custos" [32]. Assim somente após a ocorrência dos acidentes é que se pode fazer com segurança uma análise de custos X

benefícios que se parece mais com um método de tentativa e erro , dada a impossibilidade de previsão do sistema capitalista frente a sua anarquia e suas contradições. Além disso, grande parte das análises mostrariam custos superiores em relação aos benefícios não do ponto de vista puramente econômico, mas do lado político. A solução da problemática dos acidentes de trabalho requer transformações nos meios de produção e na organização do trabalho que o capital não pode realizar sob a pena de negar a si próprio, ou seja, o controle do capital sobre o processo de produção é condição necessária para sua existência e valorização⁹ ;

4.^a) É preciso também considerar que o movimento de centralização de capital, imanente ao sistema capitalista, ao mesmo tempo que gera, de um lado, condições objetivas para a adoção de certas medidas de prevenção, impede de outro, qualquer possibilidade de melhoria das condições de trabalho. Para Costa [21:111]:

" ... provavelmente as grandes empresas, que abarcam um grande volume de capital e mão-de-obra, na tentativa de utilizar métodos modernos para gerir esse capital podem preferir gastar mais um pouco com os custos de prevenção de acidentes. Evitando, assim , prejuízos, tais como a parada de produção, dano em equipamentos, clima psicológico negativo entre os trabalhadores, etc."

Além disso a posição estratégica das grandes empresas, particularmente dos monopólios, permite que se repasse mais facilmente ao preço de venda de seus produtos, os custos de produção, inclusive a aqueles decorrentes das melhores condições de trabalho fornecidas. Os níveis salariais são mais altos, o que permite selecionar os trabalhadores mais saudáveis e lhes possibilita a recuperação mais adequada da capacidade física e psíquica de trabalho. No entanto, o

movimento de concentração industrial de um lado tem sua contrapartida na criação de cada vez mais pequenas e médias empresas integradas em complicados sistemas de produção liderados por uma grande empresa. Nas PME's os salários são menores e os trabalhadores sofrem piores condições de trabalho, justamente em função da necessidade de cortarem custos para compensar sua fraqueza tecnológica. No Brasil a própria legislação favorece esta prática de economia nas condições de segurança do trabalho. As empresas com menos de cinquenta empregados não precisam ter CIPA (até 1977 isto valia para empresas com até cem empregados) e somente acima de cem empregados se torna obrigatório a criação de departamentos com pessoal especializado em medicina e segurança do trabalho (mesmo assim para empresas com pessoal entre cem e quinhentos, somente aquelas classificadas com grau máximo de risco). Portanto, os trabalhadores das pequenas empresas estão desprotegidos mesmo em relação às insuficientes e ineficientes medidas de prevenção atuais. Deste modo o número de acidentes nas grandes, médias e pequenas empresas considerado crescente nesta ordem pode, em parte ser explicada. Esta relação ainda que verdadeira, não pode, portanto, ser considerada fora do sistema global de produção capitalista, do qual é um resultado.¹⁰

A lógica de economizar nos meios de produção opera não somente a nível nacional. A divisão internacional do trabalho transfere para os países periféricos certos setores da produção que encontram aí melhores condições de valorização. O movimento de transferência de empresas multinacionais para os países menos desenvolvidos é explicado, dentre outras razões pela diferenciação dos custos de produção. Ao lado dos menores custos salariais (como mostra Michalet [34:160]), o diferencial de produtividade entre empre-

sas norte-americanas e suas filiais no terceiro mundo é pequeno e superado em muito pelo diferencial de salários) estão as exigências sanitárias, de segurança e trabalhista menos severas que nos países centrais. Daí a tendência de expansão de setores de produção mais perigosos (química, alumínio, etc.) para os países periféricos, onde se pode poupar com gastos em segurança.¹¹

Tudo indica que os gastos realizados com segurança raramente são produtivos dentro da lógica do capital. Portanto, a prevenção se mostra totalmente incompatível com o modo de produção capitalista ou com possibilidades bastante limitadas: "... é mais lucrativo deixar que os operários se acidentem, a medida que a mão-de-obra é abundante e barata, sem grandes condições de reivindicações; é melhor do que adotar medidas de segurança, cujos benefícios e vantagens (quando existem) só viriam a médio ou a longo prazo" [21:110].

No entanto,

"o nível de riscos humanos aceitos, tolerados, impostos a um momento dado não é o resultado somente de leis econômicas, ele também é determinado pelas lutas, as diferentes formas de resistência que opõem os trabalhadores aos processos de agressão contra a saúde. O nível de riscos pode ser diminuído quando a manutenção da ordem social necessária à ordem econômica capitalista prevalece na hierarquia de valores a defender. Então se preferirá fazer concessões econômicas, elevar os custos sociais da produção, fazer concessões sociais, antes do que perder a direção dos negócios e o exercício do poder;" [35:399].

Assim, diante de forças que não domina, o capitalista individual somente pode executar, em relação à política de prevenção, uma administração de "riscos aceitáveis" eliminando as condições extremamente perigosas e que reconhecidamente elevam os cus

tos de produção e arriscando quando não se conhecem as possibilidades de acidentes e/ou seus resultados. Ao mesmo tempo procura imputar a responsabilidade pelos acidentes aos trabalhadores eximindo-se, assim, de intervir em condições "inevitavelmente" perigosas ou que exijam transformações que coloquem em risco sua posição e poder. Além disso, procura cada vez mais transmutar o acidente e a doença do trabalho em "riscos do progresso", que cabe à sociedade, através do Estado e com recursos dos próprios acidentados, assistir.

Concordando com Berlinguer [36:68]: "na realidade estes cálculos de 'custos e benefícios' ignoram que vivemos numa sociedade dividida em classes, que conseguiu até agora jogar os custos sobre as classes trabalhadoras, e os benefícios sobre as classes opressoras."

Ainda citando Berlinguer [20:17], deve-se ressaltar que

"... a subtração de anos de vida, a alteração do intercâmbio homem-natureza, a degradação corporal que se verificam no trabalho industrial não são fenômenos particulares da fábrica capitalista; são hoje fenômenos gerais da sociedade capitalista, que têm nas fábricas origem, máxima frequência e maior intensidade, mas que se refletem de maneira crescente em todos os homens e também na totalidade da biosfera."

O estudo dos determinantes das condições morbígenas do processo de trabalho e suas relações com os agravos à saúde no trabalho revela que o padrão de saúde-doença dos trabalhadores é função do desgaste que eles sofrem diretamente dentro do processo de produção, dado aí determinado conjunto de riscos (contravalores)

imanes aos meios de produção e relações de produção estabelecidas, a que se soma o desgaste físico e psíquico que sofrem diariamente, de acordo com o maior ou menor acesso aos bens de consumo individuais ou coletivos. A existência e persistência desses contravalores têm suas determinações nas tendências contraditórias da dinâmica capitalista - apropriação privada da produção social; direcionamento da geração e aplicação do conhecimento científico-tecnológico; alienação do trabalhador da concepção e dos resultados do seu trabalho; diminuição dos custos de produção (parcelamento das tarefas, desqualificação dos trabalhadores, economia nos meios de produção e bens de consumo da classe trabalhadora, etc.); controle hierarquizado e despótico; etc. - cuja finalidade é a acumulação.

Deixado a si mesmo, dentro de suas estreitas determinações econômicas, o capitalismo pouco ou nada pode fazer para a melhoria das condições de trabalho e de vida, em geral, dos trabalhadores. Isto pode levar a pensar, e como realmente ocorre algumas vezes, que seja impossível melhorar as condições de saúde dentro de uma sociedade capitalista. No entanto, ao entrarem em jogo forças políticas e sociais, e somente assim, é possível concretizar mudanças significativas. Convém citar Berlinguer [36:148] que, ao criticar Polack^{1 2}, diz que este

" ... limita-se a afirmar que 'na lei da produção capitalista reside a impossibilidade de uma política de prevenção', sem compreender que tal afirmação, justamente porque tem uma substancial validade, implica também seu contrário: uma política de prevenção é um dos terrenos essenciais para lutar contra 'a lei da produção capitalista', para afirmar relações sociais desalienantes."

NOTAS

- ¹ - No Brasil, um estudo do DIEESE comparando a família-tipo da classe trabalhadora na cidade de São Paulo, em 1958 e 1969, mostra que o número de membros da família que trabalham passou de um para dois, o salário mensal do chefe da família caiu de Cr\$ 8,54 para Cr\$ 5,42 (a preços de 1958), e a renda total, de Cr\$ 10,15 para Cr\$ 9,20. A situação é tanto pior quando se constata que os "homens ganham cerca de 57% a mais que as mulheres em todas as profissões exercidas na indústria paulista" (Opinião, 11 de março, 1974, p. 7). Ocorre, portanto, uma superexploração do trabalho feminino que reflete também nos salários dos homens, pressionando-os para baixo [41].
- ² - Como mostra Marx (O Capital, cap. XIX, livro I), "o salário por peça é a forma mais adequada ao modo de produção capitalista " pois "serve de alavanca ao prolongamento do tempo de trabalho e rebaixamento do salário." O trabalhador exige de si próprio um alto ritmo de trabalho, o produto só é pago se apresenta qualidade suficiente, torna grande parte da supervisão desnecessária, propicia fraudes e descontos salariais, possibilita o subarrendamento do trabalho e a seleção dos trabalhadores mais capazes, estimula a concorrência e a individualidade dos trabalhadores.
- ³ - Mesmo a automatização comumente considerada como poderoso meio para aumentar a segurança de equipamentos e processos industriais, e potencialmente o é, não podem resolver o problema de acidentes por si mesma, ou seja, se deixada unicamente a serviço do capital. Isaac Asimov [37], que se autodenomina o "pai dos robôs", diz que os robôs industriais "... só possuem aqueles sistemas de segurança comuns a qualquer máquina: grades de proteção, alarme, etc. Já houve casos diversos em que um robô, por uma disfunção técnica, feriu ou até matou um ser humano (leia-se, trabalhador). O pior não pode ser evitado porque não souberam tomar as precauções necessárias." Na verdade, não podiam tomar, já que poucos estudos foram realizados sobre segurança em robótica. A preocupação com os acidentes causados pelos robôs (nem sempre provocados por disfunções técnicas) que podem chamar ainda mais a atenção para um assunto por si só bastan-

te polêmico, levou a França, a Inglaterra e a Alemanha Ocidental a formarem, em 1981, um grupo de estudos sobre segurança em robótica para elaborar normas de prevenção técnica. Foi publicado um documento preliminar com a finalidade de "**sensibilizar** os industriais, construtores e utilizadores assim como os organismos preocupados com a prevenção de acidentes do trabalho (grifo nosso)" [38].

Outro exemplo são as usinas nucleares que, apesar da maior preocupação com a segurança, apresentam sérios riscos tanto na operação como na eliminação de seus resíduos. Os movimentos sociais em protesto contra os riscos e os acidentes ocorridos nestas usinas têm contribuído para desacelerar o programa de construção de novas usinas na Alemanha [30:60] e nos EUA [40].

- 4 - Marx [28b:31-2] mostra as consequências do desenvolvimento tecnológico sobre a intensidade de exploração da força de trabalho pelo capital. Quando uma inovação na maquinaria é introduzida permite a obtenção de lucros extras "ao elevar o valor social do produto da máquina acima de seu valor individual" estimulando o capitalista que a detém explorar ao máximo sua utilização através do maior prolongamento possível da jornada de trabalho. Tão logo a nova máquina se generalize num determinado ramo de produção, "cai o valor social do produto da máquina para seu valor individual e se impõe a lei de que a mais-valia não se origina das forças de trabalho que o capitalista substitui pela máquina, mas, pelo contrário, das forças de trabalho que ocupa com ele ... Agora, é claro que a produção mecanizada, como quer que expanda, mediante o aumento da força produtiva do trabalho, o mais-trabalho à custa do trabalho necessário, só alcança esse resultado ao diminuir o número de operários ocupados por dado capital ... Há, portanto, na aplicação da maquinaria à produção de mais-valia, uma contradição imanente, já que dos dois fatores da mais-valia que um capital de dada grandeza fornece ela só aumenta um, a taxa de mais-valia, porque reduz o outro fator, o número de trabalhadores ... E é essa contradição que por sua vez impele o capital, sem que ele tenha consciência disso, ao prolongamento mais violento da jornada de trabalho, para compensar a redução do número relativo de

trabalhadores explorados por meio do aumento da mais-trabalho não só relativo, mas também absoluto."

- 5 - O grosso dos investimentos em P & D nos países capitalistas concentra-se nos setores armamentistas (defesa nacional), espacial, produção de energia e desenvolvimento econômico, devendo girar, historicamente, em torno de 5% o investimento na área de saúde (dados mais completos na ref. [27]). Ainda assim, conforme já assinalado no Capítulo II, estas pesquisas privilegiam um enfoque que não tem permitido avançar muito no conhecimento dos problemas e de suas soluções.
- 6 - Este é o princípio de Babbage, que governa todas as formas de trabalho na sociedade capitalista, seja qual for o nível hierárquico, "Traduzido em termos de mercado, isto significa," segundo Braverman [29:79], "que a força de trabalho capaz de executar o processo pode ser comprada mais barato como elementos dissociados do que capacidade integrada num só trabalhador."
- 7 - "A história da tecnologia capitalista pode ser interpretada, no conjunto, como a história da desqualificação dos agentes diretos da produção. O processo de desqualificação não é, por certo, linear: parece inverter-se parcialmente no início de cada revolução técnica. Mas, logo após, a tendência geral volta a se impor: as novas qualificações exigidas pelo funcionamento de novas técnicas são outra vez decompostas; as competências profissionais dos operários de produção mais qualificados são divididas em subespecializações desprovidas de autonomia, e a parte de controle - e portanto de poder sobre o processo de produção - que comportavam inicialmente, é transferida a não-operários, como uma função separada. A automatização está inteiramente amoldada ao processo. ... Depois que a mecanização despoja os operários de qualquer poder de controle, transferindo-o a agentes separados, a automatização por sua vez, transfere a função de controle a máquinas que controlam os controladores precedentes." [33:83-4].
- 8 - Uma das razões da crise da Previdência Social é o excessivo

custo administrativo e financeiro decorrente do atendimento de todas as formas de desgaste que o sistema produtivo opera sobre os seus segurados (ver Possas, [3]).

9 - A insatisfação gerada pelo extremo parcelamento das tarefas, pela monotonia e ritmo excessivos de trabalho, que se refletem na qualidade do produto, na produtividade, no absenteísmo e rotatividade elevados, no recrutamento difícil e, finalmente nas greves por condições de trabalho, tem preocupado vários empresários nos países mais desenvolvidos, onde estas manifestações da luta operária são mais intensas. Isto tem levado a algumas experiências de enriquecimento de cargos (vertical e horizontalmente) e criação de grupos semi-autônomos de trabalho como tentativa de aumentar a produtividade através da "inventividade operária" liberada por concessões sempre restritas de autonomia e controle sobre o processo de trabalho. Mas como mostra Gorz [33] , as experiências realizadas até agora são limitadas a umas poucas empresas onde os trabalhadores tinham uma "atitude positiva" para com o trabalho, e foram, primeiramente, selecionados e cooptados, seja devido à eminência de fechamento da empresa ou a maiores salários; em casos como na FIAT italiana , onde os trabalhadores conquistaram, devido à sua combatividade, maior controle sobre a organização do trabalho, a direção da empresa tudo fez para impedir as mudanças. Como bem diz Gorz, ainda que venham de cima como forma de aumentar os lucros para o capital, estas modificações, que aliás trazem melhoras significativas para o ambiente e condições de trabalho, mostram que não existe necessidade técnica objetiva de uma certa organização do trabalho e, se apropriadas pelas lutas operárias e impostas de baixo para cima, abrem uma "brecha no sistema de dominação do capital (que aliás) só tem sentido se ultrapassar o âmbito da fábrica " [33:88] . Daí o relativo cuidado e lentidão com que estas experiências vem se desenrolando, apesar do seu reconhecido sucesso.

10 - Além disso se considerarmos que, no Brasil, as médias e grandes empresas dispõem de enfermarias e/ou convênios com cooperativas e empresas médicas cujo atendimento, além de encobrir parte dos

acidentes leves (sem afastamento ou com afastamento inferior a 15 dias), permitem o retorno mais rápido do acidentado, inclusive reduzindo o tempo concedido para sua recuperação, a diferença entre frequência e gravidade de acidentes nas pequenas empresas, em relação às médias e grandes, pode ser diminuída. As empresas médicas procuram ainda, como forma de diminuir os custos de atendimento, selecionar os trabalhadores mais aptos fisicamente para o trabalho.

11. - Esta tendência é reforçada pelas limitações atualmente encontradas nos países centrais quanto ao uso da imigração como reserva de mão-de-obra. "Se é fácil reservar às primeiras levas de imigrantes condições de vida miseráveis morando em pardieiros sem serviço sanitário, o mesmo deixa de ser possível à medida que a experiência política dos trabalhadores migrantes se acumula. Se na França esses trabalhadores aceitavam morar em adegas ou retiros há já dez anos, hoje se recusam a aceitar as condições que lhe são oferecidas nas casas. Os governos constatam, também, que o custo sanitário dos imigrados aumenta, não somente porque os trabalhadores não têm famílias que possam cuidar deles; não somente porque suas saúdes se degradam ou porque os acidentes de trabalho aumentam, mas também porque obtêm, graças às suas organizações, tratamento mais cuidado. A presença de milhares de estrangeiros no território nacional, necessariamente concentrados nas zonas mais industriais e amontoados em casas ou vilas, representa risco de agitação cada vez mais ameaçador, à medida que a imigração adquire a prática das lutas e o apoio de organizações humanitárias ou políticas locais. Por essas razões, os governos desejam manter essa imigração nos limites certos e submetê-la a controles policiais que excluem a clandestinidade (tão favorável em certas empresas) ..." [93].

- 12 - Jean Claude Polack é autor de "La Médecine du Capital", Paris, Maspero, 1971, (tradução brasileira da Graal).

CAPITULO IV

IDENTIFICAÇÃO, ANÁLISE E CONTROLE DE RISCOS

4.1 - Introdução

A melhoria das condições de trabalho envolve transformações profundas na base material da sociedade e nas relações sociais da produção, incluindo, necessariamente, a adoção de novos valores para orientar tais transformações. A segurança dos meios de produção e do ambiente de trabalho assumirá, sem dúvida, um papel central na orientação do desenvolvimento tecnológico e na modificação da tecnologia existente. Não se trata aqui, no entanto, de propor uma radical transformação de tecnologia atual de forma a adaptá-la prontamente a formas de trabalho e relações sociais mais humanas. E isto, a menos de nossa incapacidade para realizar tal obra, por duas fortes razões: em primeiro lugar, por serem desconhecidas as reais condições materiais e o próprio caráter das novas relações sociais, a proposta de uma tecnologia alternativa de produção adquirirá, certamente, características utópicas (o que não quer dizer que tais propostas não sejam úteis e importantes, pelo menos enquanto sugestões e como demonstrações, mais ou menos palpáveis).

veis, da existência de alternativas à tecnologia capitalista); segundo, e mais importante, é a questão do sujeito desta transformação.

Quando se pretende que os próprios operários organizem a produção social, inclui-se aí que eles próprios criarão e transformarão os meios de produção (e estabelecerão as relações de produção) necessários ao seu trabalho.

Esta afirmativa não pode, porém, ser entendida de modo literal, o que levaria a duas conclusões igualmente errôneas: 1º) que vários técnicos especializados (engenheiros, médicos, ergônomos, projetistas, etc.) desvinculados da produção, detentores formais do conhecimento expropriado dos produtores diretos, não possam ser integrados neste esforço (pelo menos num primeiro momento), e; 2º) que o vasto conhecimento científico-tecnológico acumulado até então não seja útil numa nova sociedade, ou seja, que o único conhecimento válido seja aquele proveniente da subjetividade dos operários. Estas são justamente algumas lições que podem ser apreendidas do movimento sindical italiano nos últimos anos e na Revolução Cultural, no que diz respeito ao papel dos técnicos e do conhecimento científico na transformação das condições de trabalho da sociedade capitalista.

Na Itália, a luta dos trabalhadores pela saúde nos locais de trabalho suscitou temas (tais como, relação ciência-trabalho e ciência-poder, valores humanos na tecnologia moderna, relação homem-ambiente) que extrapolam a dimensão de uma experiência histórica-particular, e desenvolveu conceitos fundamentais (validação consensual e não-delegação, papel dos técnicos da saúde) para

o estabelecimento de novas relações entre ciência-trabalho e cientistas-operários.

Segundo Berlinguer [20:47], os conceitos de validação consensual e de não-delegação, significam o "direito dos trabalhadores à plena consciência e à global determinação das condições produtivas que influenciam sua saúde; significam recusa a abandonar a própria integridade psicofísica ao arbítrio patronal mas também às decisões dos especialistas". O operário participa nas avaliações das condições de trabalho não somente como objeto da investigação, mas como protagonista num trabalho conjunto com especialistas, cujo desenrolar vem "criando um forte apelo no sentido do desenvolvimento de pesquisas especializadas no campo da medicina preventiva, no estudo dos sistemas homem-máquina-ambiente, na ergonomia, na inovação tecnológica", onde os técnicos têm papel fundamental de cooperação e coletivização do saber; princípio de reunificação entre ciência e trabalho como forma de criar uma cultura comum, mais rica e concreta.

Na China, durante a Revolução Cultural, os operários conseguiram avançar na gestão coletiva da produção (determinando ritmo de trabalho, quantidade a produzir, espaço físico e número de trabalhadores necessários, regras de segurança, consumo de energia e matérias-primas) e no controle da inovação técnica. Neste último aspecto foi estimulada a participação dos produtores diretos no aperfeiçoamento e na concepção de novos processos de trabalho, viabilizada através de grupos de Tripla União (operários, técnicos e membros do partido)¹.

"Esses grupos permitiram realizar um número considerável de inovações técnicas. Essas inovações não se aplicam apenas à produção de máquinas novas, mas transforma igualmente as máquinas existentes. Estas não são mais consideradas como coisas acabadas e imutáveis, mas como factíveis de serem transformadas pelos próprios trabalhadores" [42:108] .

Embora continue se procurando melhorar a qualidade e a produtividade de através das inovações tecnológicas, estas somente são consideradas melhores se não introduzirem novos riscos, ou aumentarem o esforço e a tensão no trabalho, caso contrário deverão ser rejeitadas ou modificadas. Os técnicos de nível superior são escolhidos entre os operários e formados nas universidades e escolhas técnicas comensino estreitamente ligado aos problemas da produção e, permanecem realizando trabalhos manuais após sua formação [43] .

Os capítulos seguintes tratarão de técnicas e de recomendações que podem ser úteis à adequação de máquinas ao trabalho mais seguro. A idéia central que orientará este estudo é que a prevenção deve estar presente desde o início da concepção da máquina visando todo o seu ciclo de vida (fabricação, montagem, operação, obsolescência). Porém, cada fase destas requer estudos específicos pelo que se limitar-se-á ao projeto visando a segurança na operação (e manutenção). Por último, é preciso reafirmar que estas informações não têm validade técnica em si mesmas; a sua aplicação não significa necessariamente a melhoria das condições de trabalho se não for dirigida pelos próprios trabalhadores; são um instrumento cuja manipulação, dependendo da correlação de forças na sociedade, leva a resultados distintos, e à modificação contínua do pró -

prio instrumento - a técnica.

4.2 - Avaliação da Segurança de Sistemas

A preocupação com os elevados custos econômicos e sociais das falhas e acidentes ocorridos com produtos e sistemas aeroespaciais levou à pesquisa de equipamentos com altos níveis de segurança. Foram desenvolvidos rígidos padrões de qualidade para os componentes fornecidos e para a manutenção dos sistemas. Ao mesmo tempo, procurou-se desenvolver técnicas que permitissem uma prevenção eficaz antes da entrada em funcionamento do sistema; a segurança deixa de ser uma prática esporádica e se torna uma atividade sistemática, cuidadosamente desenvolvida desde o início de concepção do projeto até sua obsolescência, passando pelo detalhamento, reavaliação, testes, fabricação, armazenagem, entrega, operação, manutenção. A complexidade dos sistemas e a variedade de situações em que estes se encontravam durante o seu ciclo de vida tornaram necessária a utilização de técnicas e procedimentos, qualitativos e quantitativos, para identificação, análise e controle de riscos (apresentadas comumente sob o nome de Engenharia de Segurança de Sistemas) que também podem ser de grande utilidade ao projeto de máquinas mais seguras.

Antes de se representar tais técnicas é preciso esclarecer o que se entende por sistema. Adotar-se-á aqui a definição usada por vários autores [44,47,48]: um sistema é um arranjo ordenado de componentes que estão interrelacionados e que atuam e interatuam entre si (e com outros sistemas) para realizar uma tarefa ou função, de modo harmonioso, num determinado ambiente. No entan-

to não se dará a abrangência pretendida, explícita ou implicitamente, por estes autores ao envolver nesta definição sistemas homem - máquina, empresa e até mesmo a sociedade, desconhecendo os conflitos existentes entre os componentes destes "sistemas". No que diz respeito aos sistemas homem-máquina, só se poderá falar em "realização harmoniosa de uma função" quando a máquina passar a servir ao homem para realizar uma atividade que ele livremente decida e que preserve sua integridade psico-física. O conceito de sistema será portanto aplicado somente aos equipamentos mecânicos (máquinas-ferramenta) cuja finalidade será a realização de uma operação mecânica (desbaste ou conformação de metais) sem danos à saúde do seu operador.

4.3 - Análise Preliminar de Riscos (APR)

A APR é o estudo realizado durante a fase de concepção ou desenvolvimento inicial de um sistema que tem por objetivo determinar os riscos que poderão estar presentes na fase operacional do mesmo. É de especial importância na análise de sistemas sem similares, que por suas características de inovação não apresentam um histórico de riscos bem definido. Apresenta-se portanto, como "uma revisão superficial de problemas gerais de segurança" , condicionada pela carência de informações nesse estágio do projeto, cuja definição e crescente complexidade exigem, posteriormente, a análise mais detalhadas com utilização de outros métodos. [48:69].

Apesar de sua superficialidade é vantajosa por permitir a seleção de alternativas de projetos mais seguros, dentre o conjunto de soluções tecnicamente viáveis, que praticamente defini

rão o escopo geral da solução a ser desenvolvida posteriormente , após o que certas modificações mais radicais não poderiam ser realizadas sem perdas razoáveis do esforço efetuado até então. Deve ser decidido aqui, por exemplo, qual o melhor processo de fabricação, do ponto de vista de segurança, para realizar determinada operação.

Baseado em De Cicco e Fantazzini [48:72], pode-se subdividir uma análise preliminar de riscos nos seguintes passos:

1º) rever problemas conhecidos através da experiência passada em sistemas similares ou análogos cujos riscos já conhecidos poderão também estar presentes no sistema em desenvolvimento;

2º) revisar a missão (objetivos, requisitos, principais funções e procedimentos, ambiente onde se darão as operações) e os vários processos que podem realizá-la;

3º) determinar os riscos principais, oriundos de falhas ou inerentes ao sistema, que podem causar diretamente lesões de caráter mediato (doenças) ou imediato (acidentes). Os riscos no caso de falha do sistema são classificados em quatro categorias conforme a gravidade das lesões (Quadro 4.1). Esta classificação também pode ser estendida aos riscos do próprio processo de produção como forma de avaliar o nível de segurança global do sistema;

4º) para cada risco principal, elaborar as respectivas Séries de Riscos. Cada série é constituída a partir do risco ou riscos iniciais e outros riscos contribuintes interrelacionados numa sequência simples ou por comportas lógicas (E/OU), e desemboca no risco principal;

5º) revisar os meios de eliminação ou controle dos riscos, incluindo-se aí processos de produção alternativos;

69) analisar os métodos de restrição de danos no caso de perda de controle sobre os riscos;

79) indicar a quem cabem as ações corretivas; que deve ser, em geral, o próprio operador, pelo menos no que diz respeito à decisão do que e de quando fazer. A reintegração de funções (enriquecimento e alargamento de tarefas) pode ser importante na prevenção de acidentes (e mesmo doenças do trabalho), dependendo do grau em que se realiza, por permitir aos operários diretamente ligados à produção maior conhecimento e controle do processo de trabalho em sua totalidade.

CATEGORIAS OU CLASSES DE RISCO

- I - DESPREZÍVEL - A falha não irá resultar numa degradação maior do sistema, nem irá produzir danos funcionais ou lesões, ou contribuir com um risco ao sistema.
- II - MARGINAL (ou LIMÍTROFE) - A falha irá degradar o sistema numa certa extensão, porém sem envolver danos maiores ou lesões, podendo ser compensada ou controlada adequadamente.
- III - CRÍTICA - A falha irá degradar o sistema causando lesões, danos substanciais, ou irá resultar num risco inaceitável, necessitando ações corretivas imediatas.
- IV - CATASTRÓFICA - A falha irá produzir severa degradação do sistema, resultando em sua perda total, lesões ou morte.
-

QUADRO 4.1 - Classificação de riscos de um sistema [48:71]

Uma análise de riscos, mesmo na fase inicial do projeto, deve-se valer de estudos sistemáticos e cuidadosos. Para isso é conveniente realizar tais estudos a partir de uma abordagem sistêmica das máquinas. Mantendo-se restrito aos equipamentos que se baseiam tipicamente no intercâmbio de energia mecânica para transformação de materiais (metais, plásticos, etc.), pode-se distinguir os seguintes sistemas fundamentais constituintes de uma máquina ou sistema mecânico (Fig. 4.1) [49]:

- Sistema Motriz
- Sistema Transmissor
- Sistema Receptor
- Sistema de Sustentação

Adicionalmente, outros sistemas de segunda ordem igualmente importantes são considerados:

- Sistema de Alimentação
- Sistema de Regulação
- Sistema de Lubrificação
- Sistema de Estanqueidade
- Sistema de Refrigeração
- Sistema de Frenagem

Estes sistemas básicos são, em geral, válidos para qualquer máquina-ferramenta e qualquer outra classificação igualmente válida pode ser correlacionada com a que foi aqui adotada.

Ainda que as possibilidades de acidentes e doenças e os riscos intrínsecos de cada um destes sistemas sejam absolutamente distintos em tipo e gravidade (e por isso mesmo), a aplicação do método é útil e necessária, pelo menos enquanto avaliação inicial do nível global de segurança do sistema. Para correlacionar a gra-

vidade das falhas, conforme descrita no Quadro 4.1, com a gravidade dos riscos inerentes pode-se utilizar a avaliação proposta por Riesco [49]:

- a) Zona da máquina sem riscos (correspondente à classe I);
- b) Zona da máquina com algum risco que pode estar corretamente protegido (classe II), deficientemente protegido (classe III), ou sem proteção (classe IV).

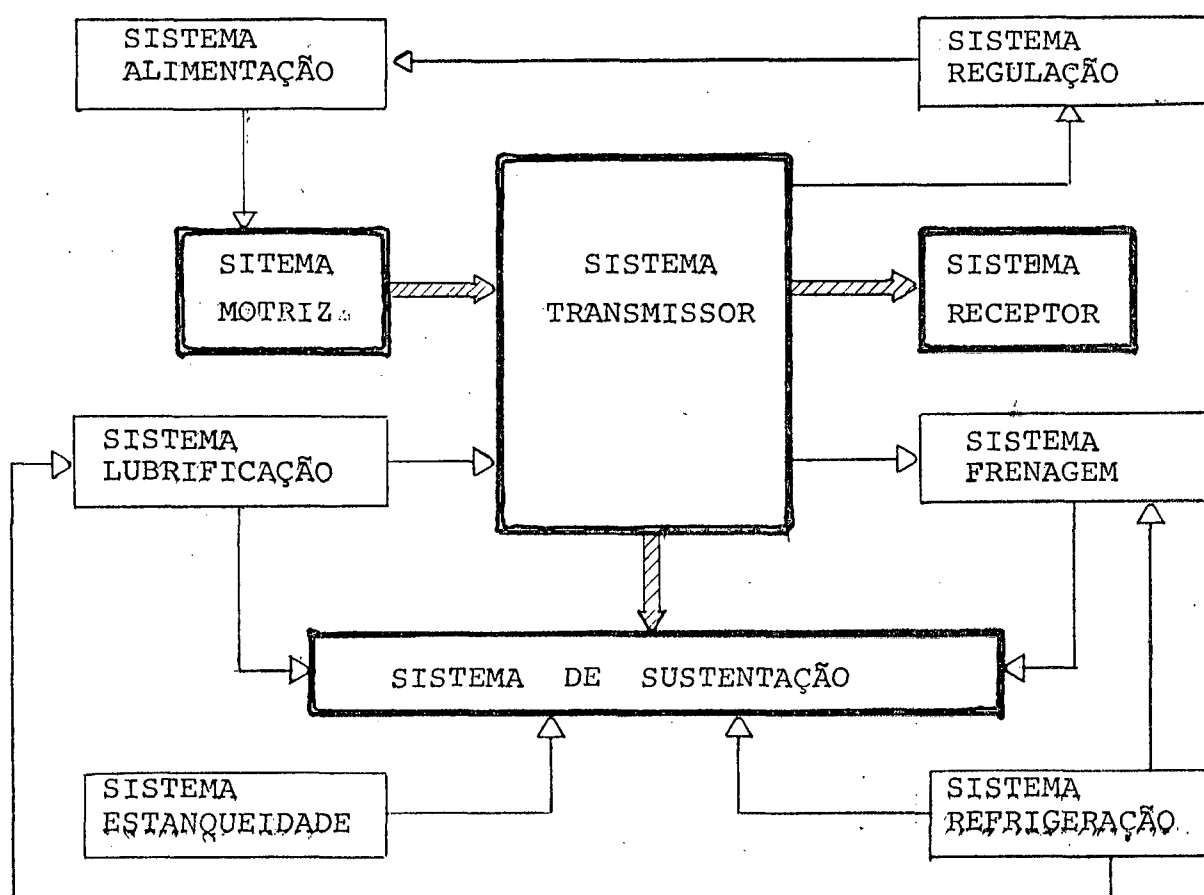


FIGURA 4.1 - Representação esquemática de uma máquina segundo seus sistemas principais e colaterais [49].

Outros aspectos que também devem ser considerados são os riscos presentes no ambiente e derivados das condições gerais em que se desenvolve o trabalho; se bem que, para o propósito deste estudo, só serão analisados enquanto condições geradas pela

máquina em estudo. Entre estas influências estão os problemas de ruído, emissão de contaminantes (pós, vapores de óleo, gases, etc.), vibração, iluminação puntual, área de trabalho, etc., vistos aqui de modo geral (serão analisados com mais detalhes no Capítulo V).

Baseado na divisão da máquina em sistemas, Riesco [49] identifica as seguintes zonas potencialmente perigosas:

ZONA I - Ponto de operação.

Fazem parte desta zona a ferramenta, o ponto de contato e o contorno imediato que constituem o sistema receptor, ou seja, aquele onde a máquina aplica à peça a energia mecânica disponível;

ZONA II - Parte cinemática.

O motor e as transmissões constituem parte do sistema motoriz e do sistema transmissor considerados anteriormente. Aqui se incluiriam os problemas derivados da energia elétrica ou de outro tipo que alimenta o motor, além de outros riscos mecânicos e/ou físicos (ruído, vibração, traumatismos, etc);

ZONA III - Peça a trabalhar.

A peça propriamente dita e partículas emitidas; ainda que a peça a trabalhar não seja parte da máquina é evidente que a máquina é projetada para um trabalho determinado, sobre uma determinada peça. A peça é condicionada fundamentalmente à máquina e as ferramentas da máquina são desenhadas em função da peça; as próprias características da peça vem, portanto, integradas nas características da máquina até o ponto em que os riscos próprios das peças, em muitas ocasiões, se confundem com os da máquina;

ZONA IV - Alimentação da peça.

Deve-se considerar nesta zona de risco o sistema alimentação-extração, a peça e o contorno vizinho que também fazem parte do sistema receptor da máquina. Pode ser incluído aqui o sistema de colocação e retirada das ferramentas;

ZONA V - Serviços auxiliares.

Refrigeração e liberação, constituem o conjunto dos sistemas de lubrificação, estanqueidade (vedação) e de refrigeração, considerados colaterais ao sistema da máquina apresentando principalmente riscos de natureza química;

ZONA VI - Dispositivos de controle.

Comandos e controles do sistema de energia, do sistema receptor, do sistema de alimentação da peça, dos serviços auxiliares; constituem a reunião dos distintos sistemas de regulação, de frenagem, etc., também colaterais ao esquema básico da máquina (ver Capítulo V).

ZONA VII - Contorno e ambiente.

Considera-se aqui o espaço de trabalho (distâncias entre pontos e áreas de basculação), iluminação localizada, sinalização, ruído e vibração, bancada e fundações etc., que constituem as características externas, ou melhor, a interface entre a máquina e o meio ambiente (ver Cap. V).

Os riscos que se apresentam nas diversas zonas potencialmente nocivas são, em geral, também determinados pelas circunstâncias em que se utiliza a máquina. Apesar disto, pode-se afirmar que, em princípio, toda máquina deve ser segura independentemen

te do treinamento (no sentido de conhecimento dos riscos presentes) e constante atenção do operador e de seus colegas de trabalho. Isto não quer dizer que seja possível solucionar tecnicamente problemas não técnicos criados pelas características imanentes ao processo de produção capitalista, como o trabalho alienado, o controle autoritário, a hierarquização, etc, que são, em última instância os reais condicionantes da segurança no trabalho, invalidando ou impossibilitando certas modificações para a melhoria das condições físicas de trabalho².

A avaliação de riscos possível de ser realizada na fase inicial do projeto, bem como propostas de eliminação e controle, é quase sempre geral, podendo, para este objetivo, ser utilizada a seguinte classificação [49]:

A) Riscos da Natureza Física.

- 1 - Origem mecânica: estes são, segundo a natureza da agressão, traumatismos (impactos, cortes, etc.) e variação de pressão; se forem considerados os elementos agressivos, estes podem ser: peças em rotação, em movimento linear, movimento alternativo ou movimentos combinados, que por sua vez têm origem em peças isoladas, em peças montadas com outras partes fixas ou móveis, etc.
- 2 - Origem eletromagnética: radiações, fenômenos elétricos em geral.
- 3 - Origem térmica: radiação, contato, incluindo a proteção de matérias submetidas a temperaturas agressivas.
- 4 - Além destes pode-se acrescentar as condições ambientais nocivas (umidade, ruído, vibração, iluminação, etc.).

B) Riscos de Natureza Química.

Têm origem na máquina ou na peça a trabalhar, que por sua natureza ou transformações a que são submetidas podem desprender partículas sólidas (póis), líquidas (salpicadura e névoas) ou gasosas (vapores e fumaças) que, dependendo de sua composição química e/ou concentração, podem ser nocivas e origem de acidentes e doenças.

C) Riscos de Natureza Biológica.

Comuns em determinados casos de máquinas para indústrias farmacêuticas, alimentação, etc., que fogem do interesse deste estudo.

Para fases de desenvolvimento de uma máquina em que já se definiu mais detalhadamente o projeto (subsistemas e componentes) pode-se correlacionar cada elemento constituinte da máquina com os riscos potenciais específicos. No caso de riscos provocados por falhas do sistema são utilizadas duas técnicas de análise (Análise de Modos de Falhas e Efeitos e Análise de Árvore de Falhas) mais detalhadas e que facilitam a abordagem de sistemas mais complexos.

4.4 - Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE)

A AMFE é uma técnica de análise (qualitativa e quantitativa) detalhada que permite estudar como podem falhar os componentes de um equipamento ou sistema e estimar as taxas de falha, os efeitos e as modificações do projeto que podem aumentar a segurança do sistema.

Segundo De Cicco e Fantazzini [48:73], os principais objetivos de uma AMFE são:

- revisão sistemática dos modos de falha de um componente;
- determinação dos efeitos diretos ou indiretos (através da atuação sobre outros componentes) das falhas sobre o operador (falhas de Efeito Crítico);
- cálculo de probabilidades de falhas de montagens (subsistemas e sistema) de componentes a partir de suas probabilidades individuais;
- determinação de como reduzir as probabilidades de falha de componentes e de montagens (componentes com maior confiabilidade, técnicas de redundância, simplificação do projeto, programa de manutenção preventiva, controle de efeitos indiretos, etc) e de como controlar seus efeitos em caso de falha (proteções, isolamento, controles de emergência, dispositivos de detecção de falhas, dispositivos de auto-compensação, sinalização, etc.).

Para se efetuar uma análise qualitativa adotam-se os seguintes procedimentos [48:77]:

- a) divide-se o sistema em subsistemas;
- b) determinam-se os interrelacionamentos dos componentes dentro dos subsistemas e destes dentro do sistema, através de diagramas de blocos funcionais;
- c) prepara-se uma listagem de todos componentes, com respectivas funções, para cada subsistema;
- d) determinam-se, através da análise do projeto e dos diagramas, os modos de falha (MF) que poderiam ocorrer e afetar cada componente, segundo a seguinte classificação:
 - operação prematura,

- falha em operar no tempo prescrito,
- falha em cessar de operar num tempo prescrito,
- falha durante a operação.

Podem ocorrer vários MF para um único componente, que podem gerar acidentes ou não, sendo necessário, portanto, considerá-los como e ventos independentes que atuam de formas distintas sobre o sistema. A probabilidade de falha do sistema ou subsistema será, então, a pro babilidade total de todos os MF, enquanto a probabilidade de aciden te será a probabilidade total dos MF que podem ocasionar lesões.

- e) indicam-se os efeitos de cada falha sobre os outros componentes do subsistema e sobre o desempenho total da montagem em relação à segurança de operação;
- f) estima-se a gravidade de cada falha específica de acordo com as categorias ou classes de risco (Quadro 4.1);
- g) indicam-se, finalmente, os métodos de detecção de cada falha es pecífica e as possíveis ações de prevenção ou controle que po dem eliminar a falha ou diminuir seus efeitos e que, preferivelme nte, possam ser adotados durante o projeto do sistema.

Para a sistematização desse estudo utiliza-se comume nte uma ficha-modelo (Quadro 4.2) que inclui uma coluna onde se colocam estimativas do tempo médio entre falhas (TMEF), para cada modo de falha específico, que podem ser avaliados a partir de expe riência de acidentes, de testes dos componentes e de comparação com equipamentos similares. Estas estimativas são geralmente difíceis de serem obtidas ou pouco precisas já que apresentam variações con forme as condições de uso, mas podem servir para especificação de tempos-limite máximos para substituição do componente.³ Podem ser úteis também para o planejamento da obsolescência do sistema.⁴

AMFE

SISTEMA: Esmeril		SUBSISTEMA: Ferramenta						
COMPONENTES	FUNÇÃO	MODOS DE FALHAS	POSSÍVEIS EFEITOS		CATEGORIAS DE RISCOS	FREQUENCIA DE FALHAS (TMEF)	MÉTODO DE DETECÇÃO	PREVENÇÃO E CONTROLE
			EM OUTROS COMPONENTES	NO DESEMPENHO DO SISTEMA				
REBOLO	DESBASTE DE FERRAMENTAS E PEÇAS SEMI-ACABADAS	-QUEBRA: trinca interna, excesso de velocidade, excesso de pressão		EMIÇÃO DE PEDACOS EM ALTA VELOCIDADE	IV	-	VISUAL	-CONTROLE DE QUALIDADE -TESTE DE SOM -SELEÇÃO ADEQUADA DA DO MOTOR E TRANSMISSÕES -GUARDAS -"FUSÍVEL" MECÂNICO DE VELOCIDADE E PRESSÃO
EIXO	TRANSMISSÃO DO MOVIMENTO	-FRATURA	LIBERAÇÃO DO REBOLO	QUEBRA	IV	-	VISUAL	-DIMENSIONAMENTO ADEQUADO DO EIXO -MANUTENÇÃO PREVENTIVA
PORCAS/ PARAFUSO	FIXAÇÃO	-AFROUXAMENTO: falta de aperto, vibração	LIBERAÇÃO DO REBOLO	QUEBRA	IV	-	VISUAL	-PORCA AUTO-ATARRAXANTE -CONTRA-PORCA -TRAVA DE SEGURANÇA

QUADRO 4.2 - Ficha-Modelo para AMFE exemplificando uma análise parcial das falhas que podem levar à quebra de um rebolo.

A inadequação da AMFE (não favorece à compreensão e visualização das múltiplas relações entre as falhas dos componentes) para aplicação a sistemas mais complexos levou ao desenvolvimento da Análise de Árvores de Falhas.

4.5 - Análise de Árvores de Falhas (AAF)

A AAF foi desenvolvida em 1962 pelos Laboratórios Bell Telephone a pedido da Força Aérea norte-americana e já em 1966 foi adaptada e aplicada a problemas de segurança do produto (misséis, aeronaves e automóveis) durante a fase de desenvolvimento do mesmo [46].

Uma árvore de falhas trata-se de um diagrama lógico que interrelaciona todos os eventos ou combinações de eventos de um sistema que podem levar a um evento indesejado, utilizando-se de princípios e postulados da Álgebra Booleana. É uma técnica de análise com potencialidades de aplicação em todos os sistemas mecânicos, dos mais simples aos mais complexos.

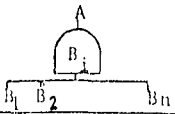
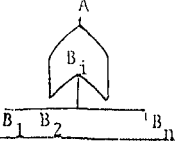

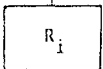
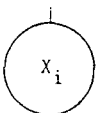

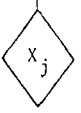
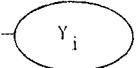


Com base em De Cicco e Fantazzini [48], pode-se dividir o método nas seguintes etapas:

- a) seleção do evento indesejável (evento topo) ou falha cuja probabilidade de ocorrência (ou origem) deve ser determinada;
- b) revisão de todos os fatores intervenientes como ambiente, dados de projeto, exigências do sistema, etc, determinando-se as condições, eventos particulares ou falhas que contribuem para a ocorrência do evento topo. Aqui se distinguem dois tipos de eventos: primário, causado por uma característica inerente ao componente,

e secundário, causado por uma força externa [47:155], proveniente de outros componentes ou da vizinhança do sistema;

- c) preparação da árvore de falhas através da diagramação dos eventos contribuintes e falhas mostrando, de modo sistemático, o interrelacionamento entre os mesmos e o evento topo. O relacionamento entre eventos e sua identificação são feitos através de comportas e símbolos lógicos (Quadro 4.3), iniciando pelos eventos que causam diretamente o evento indesejado até que se obtenha, quando possível, os eventos independentes (eventos que não sofrem influência de outros eventos ou falhas de componentes do sistema ou do ambiente] ou "falhas principais";
- d) através da álgebra booleana, as relações entre os eventos são traduzidas em expressões matemáticas (cada comporta lógica E/OU tem implícita uma operação matemática de adição ou multiplicação que são simplificadas usando-se certas propriedades algébricas. A partir destas últimas expressões, onde matematicamente foram eliminadas as falhas secundárias (evitando assim a duplicação de probabilidades já que estas são consequências de outras falhas), pode ser construída a Árvore de Falhas Simplificada (AFS) onde somente as falhas contribuintes ou primárias são consideradas;
- e) quantificação da probabilidade de ocorrência do evento topo a partir da determinação das probabilidades individuais de falha de cada componente presente na equação simplificada através de testes, experiência anterior, analogias, etc.

A análise de uma árvore de falhas pode ser feita em dois níveis: um estudo qualitativo, onde simplesmente se desenvolve a árvore sem efetuar quaisquer cálculos da probabilidade de falha; e uma análise quantitativa, que pode, inclusive, contar com a ajuda de programas computacionais para efetuar os cálculos da pro-

A A F - SIMBOLOGIA LÓGICA	
SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	MÓDULO OU COMPORTA AND (E) - RELAÇÃO LÓGICA AND-A. OUTPUT OU SAÍDA A EXISTE APENAS SE TODOS OS B_1, B_2, \dots, B_n EXISTIREM SIMULTANEAMENTE.
	MÓDULO OU COMPORTA OR (OU) - RELAÇÃO LÓGICA INCLUSIVA OR-A. OUTPUT OU SAÍDA A EXISTE SE QUALQUER DOS B_1, B_2, \dots, B_n OU QUALQUER COMBINAÇÃO DOS MESMOS EXISTIR.
	MÓDULO OU COMPORTA DE INIBIÇÃO. PERMITE APLICAR UMA CONDIÇÃO OU RESTRIÇÃO À SEQUÊNCIA. A ENTRADA OU INPUT E A CONDIÇÃO DE RESTRIÇÃO DEVEM SER SATISFEITAS PARA QUE SE GERE UMA SAÍDA.
	IDENTIFICAÇÃO DE UM EVENTO PARTICULAR. QUANDO CONTIDO NUMA SEQUÊNCIA, USUALMENTE DESCREVE A ENTRADA OU SAÍDA DE UM MÓDULO AND OU OR. APLICADA A UM MÓDULO, INDICA UMA CONDIÇÃO LIMITANTE OU RESTRIÇÃO QUE DEVE SER SATISFEITA.
	UM EVENTO, USUALMENTE UM MAL FUNCIONAMENTO, DESCRITO EM TERMOS DE CONJUNTOS OU COMPONENTES ESPECÍFICOS DO SISTEMA. FALHA PRIMÁRIA DE UM RAMO OU SÉRIE.
	UM EVENTO QUE NORMALMENTE SE ESPERA QUE OCORRA; USUALMENTE UM EVENTO QUE OCORRE SEMPRE, A MENOS QUE SE PROVOQUE UMA FALHA.
	UM EVENTO "NÃO DESENVOLVIDO", MAS À CAUSA DE FALTA DE INFORMAÇÃO OU DE CONSEQUÊNCIA SUFICIENTE. TAMBÉM PODE SER USADO PARA INDICAR MAIOR INVESTIGAÇÃO A SER REALIZADA, QUANDO SE PUDER DISPOR DE INFORMAÇÃO ADICIONAL.
	INDICA OU ESTIPULA RESTRIÇÕES. COM UM MÓDULO E, A RESTRIÇÃO A RESTRIÇÃO DEVE SER SATISFEITA ANTES QUE O EVENTO POSSA OCORRER. COM O MÓDULO OU, A ESTIPULAÇÃO PODE SER QUE O EVENTO NÃO OCORRERÁ NA PRESENÇA DE AMBOS OU DE TODOS OS INPUTS SIMULTANEAMENTE. QUANDO É USADO COM UM MÓDULO INIBIDOR, A ESTIPULAÇÃO É UMA CONDIÇÃO VARIÁVEL.
	UM SÍMBOLO DE CONEXÃO A OUTRA PARTE DA ÁRVORE DE FALHAS, DENTRO DO MESMO RAMO MESTRE. TEM AS MESMAS FUNÇÕES, SEQUÊNCIAS DE EVENTOS E VALORES NUMÉRICOS.
	IDEM, MAS NÃO TEM VALORES NUMÉRICOS.

QUADRO 4.3 - Representação simbólica de comportas e eventos para análise de árvores de falhas [48].

babilidade de falha de sistemas mais complexos.

A análise quantitativa apresenta acentuada dificuldade de concretização, particularmente, quando os sistemas são inovações. Porém, a análise não necessariamente precisa ser levada a té esta fase para ter validade; mesmo a aplicação do método em seu primeiro nível de complexidade (simples diagramação da árvore) fornece um grande número de informações e um conhecimento muito mais completo do sistema em estudo, permitindo uma visão global e bastante clara do problema e das probabilidades imediatas de atuação para eliminar ou controlar as condições indesejadas [48:89]. Além disso, outras vantagens decorrentes do uso das árvores de falha são [48:49]: "determinação da sequência mais crítica ou provável de eventos, dentre os 'ramos da árvore', que levam ao 'topo'; e identificação de falhas singulares ou localizadas importantes no processo".

Um exemplo ilustrativo de uma árvore de falhas pode ser visto na figura 4.2, aplicada ao estudo parcial dos eventos capazes de provocar ferimentos no operador, devido à quebra do rebolo, durante as operações de esmerilhamento ou de retificação. Considerando que a operação pode ser realizada sem refrigeração (evento normal), se não for usado rebolo vitrificado que é mais sujeito aos efeitos da variação de temperatura, as possíveis origens da quebra da ferramenta podem ser: pressão ou velocidades excessivas, trincas internas e flexão transversal do rebolo. A pressão excessiva pode se originar durante a operação ou durante a montagem, quando não se prevê no projeto um limitador da pressão de aperto (por exemplo, molas). A velocidade excessiva pode acontecer quando se compensa a diminuição do rebolo com maiores rotações, podendo ultrapassar a velocidade de segurança estipulada pelo fabricante (um

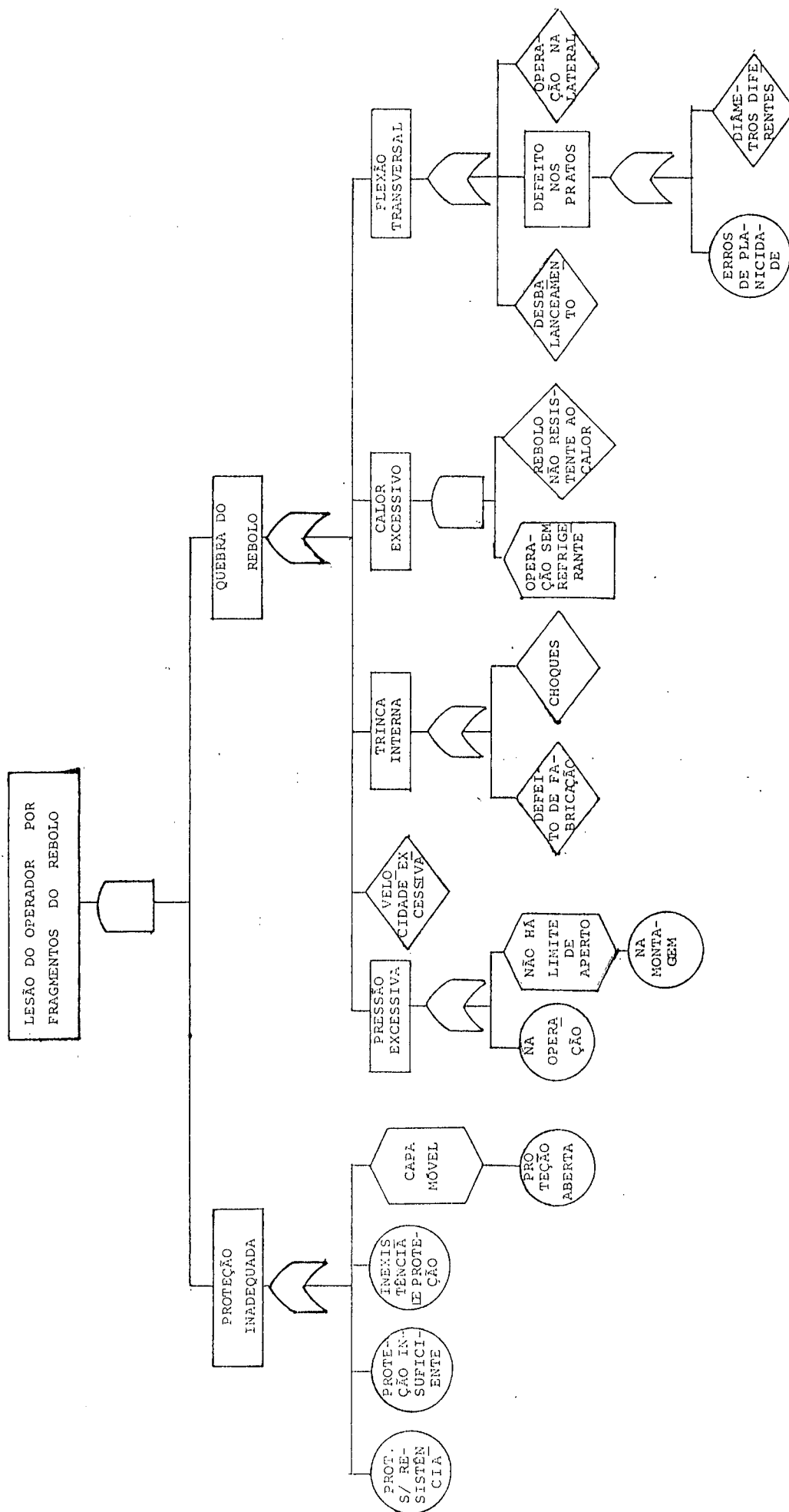


FIGURA 4.2 - Árvore de falhas para operações (esmerilhamento, retificação) com reboLO.

controle efetivo poderia ser a adoção desta velocidade como limitação da própria máquina). As trincas têm várias origens (defeitos de fabricação, choques durante a montagem, o transporte, etc.) que devem ser melhor avaliadas numa análise mais global. Como o rebolo não tem boa resistência à flexão transversal, isto pode constituir-se num problema quando há desbalanceamento, defeito nos pratos de montagem (erros de planicidade e diâmetros diferentes) ou quando a operação for realizada na lateral da ferramenta. O evento topo (lesão do operador por fragmento do rebolo) somente ocorrerá se não existir uma proteção adequada. No entanto, como algumas operações manuais exigem que a proteção não seja completa, pode ocorrer lesão na mão do operador. Portanto, a prevenção mais efetiva, levando em conta também as perdas materiais, é evitar a quebra da ferramenta, não se desprezando as guardas de proteção que servem, inclusive, para a prevenção de outros riscos (contato, emissão de partículas, etc.).

4.6 - Técnica de Incidentes Críticos (TIC)

As técnicas de análise descritas anteriormente partem do princípio de que sejam conhecidos os riscos presentes em determinado sistema. No entanto, isto só tem sido possível, na grande maioria dos casos, após a ocorrência de acidentes. Como dizem De Cicco e Fantazzini [48:79]:

a maioria dos esforços atuais na Segurança do Trabalho está baseada em avaliações pós-fato das causas produtoras de acidentes. As tentativas para controlar esses acidentes e suas consequências podem ser melhor descritas como 'tentativa e erro', principalmente porque as medidas adequadas de eficiência des

se controle não existem na prática.

Torna-se necessário, portanto, procurar novas formas de identificação e de avaliação dos riscos antes que os acidentes ocorram. Um método de pesquisa, relativamente novo, que tem se mostrado útil para a identificação de condições ambientais inseguras e do mau funcionamento do equipamento é a Técnica de Incidentes Críticos.

Flanagan [50] define incidente crítico como uma 'contribuição 'significativa', positiva ou negativa, ao propósito geral da atividade'. O sentido de "significativo" depende do objetivo da atividade exercida. No que diz respeito à segurança no trabalho serão significativas as ações dos trabalhadores necessárias à realização de suas tarefas sem prejuízo de sua saúde. A TIC utiliza o conceito de acidente sem lesão como forma mais adequada de avaliação do nível de segurança de um sistema e procura identificar situações (incidentes) que potencialmente podem resultar em futuras lesões. A base do método é a detecção, nas situações de trabalho, de alterações da composição dos elementos especificados para a execução de uma tarefa. É preciso ressaltar, no entanto, que esta variação é uma necessidade intrínseca ao processo de trabalho no modo de produção capitalista, uma vez que o trabalho projetado pelo departamento de métodos raramente é igual ao trabalho realmente executado. Para que o processo de produção funcione é necessário que os trabalhadores estabeleçam um conjunto de movimentos e práticas informais que apresentam, na maioria das vezes, características variáveis de indivíduo para indivíduo, e que vão permitir-lhes realizar o trabalho requisitado dentro dos padrões estabelecidos e se protegerem dos riscos inerentes ao processo. Pode-se, portanto, pro

jetar máquinas que facilitem a recuperação em caso de incidentes (possibilitando ao trabalhador maior controle sobre o ritmo de trabalho, colocando dispositivos de proteção, controles de emergência, etc.) ou que transformem em sinais formais os sinais de desajustamento emitidos pela máquina quando está prestes a falhar. Mas, foi impossível, até hoje, especificar a totalidade dos movimentos necessários para a realização de uma tarefa de tal modo que se tornassem dispensáveis a subjetividade e a capacidade de decisão dos operários, seja para fazerem funcionar a linha de produção com a qualidade e ritmo exigidos ou para trabalharem com segurança⁵.

A validade e a importância da TIC é, em primeiro lugar, por reconhecer o produtor direto como pessoa mais indicada para identificar os incidentes críticos (embora não reconheça que seja necessária a sua participação no restante do estudo: análise dos dados, proposta e realização de modificações) e, em segundo lugar, por focar a segurança sob uma ótica realmente prevencionista.

Já que os acidentes sem lesão são mais numerosos que os acidentes com lesão, a identificação dos incidentes críticos é mais fácil e permite avaliar e conhecer os riscos potenciais presentes no processo de trabalho antes que se produzam acidentes sérios. O levantamento dos dados é feito através de uma amostra de observadores (que devem ser os próprios trabalhadores), que conhecem profundamente o trabalho a ser realizado, utilizando-se entrevistas, questionários (um exemplo pode ser os questionários de avaliação ergonômica [58]) e observação direta, com auxílio de uma lista de incidentes e acidentes previamente conhecidos, o que facilita a recordação de maior quantidade de outros incidentes [50].

No caso do projeto de máquinas, após análise e clas

sificação dos incidentes (que podem variar de centenas a milhares conforme a complexidade do processo de produção) e estabelecida a correlação com falhas ou deficiências das máquinas, pode-se estudar as modificações necessárias para seu aperfeiçoamento (reprojeto, dispositivos de proteção, sensores, etc.) ou identificar parâmetros que devem ser estudados mais profundamente. Já se dispõe de um grande número de informações registradas em descrições de acidentes envolvendo máquinas que podem ser de grande utilidade para seu reprojeto, bastando serem organizados e analisados. No entanto, é possível, também, aplicar esta técnica ainda na fase de testes do protótipo para se ter uma prevenção mais eficaz. Isto já tem sido aplicado na melhoria de instrumentos de controles de aviões, com bons resultados[50]. Outros estudos realizados em empresas americanas mostraram que a técnica é capaz de fornecer maior número de informações sobre "causas" de acidentes, que são as mesmas dos incidentes, tanto em termos de "erros" como de condições inseguras [48:19,85].

4.7 - Testes e Simulação

As deficiências de projeto, ao lado de defeitos de fabricação e manutenção inadequada, são uma das principais causas de acidentes que envolvem máquinas⁶. Isto revela ainda mais a importância de se pensar na segurança durante a fase de projeto na medida em que, durante a fabricação e o controle de qualidade, raramente se pode perceber os defeitos inerentes à concepção da máquina. Inversamente, é possível melhorar sensivelmente, através de modificações no projeto, a incidência de defeitos e riscos em ou-

tras fases da vida da máquina (fabricação, montagem, manutenção...), pois é durante a concepção que são determinadas as principais características de um produto.

Os testes com protótipos são extremamente úteis para identificar riscos devido a deficiência de projeto e a falhas de componentes, estas últimas, inclusive, podendo ser provocadas e suas consequências avaliadas com precisão. Isto, no entanto, só é possível numa fase avançada e já quase definitiva do projeto, o que pode dificultar ou mesmo impossibilitar a compatibilização das modificações necessárias para eliminar os riscos identificados com as características físico-funcionais já definidas e, conseqüentemente, inviabilizar o projeto. Assim todo esforço tem que ser realizado para se definir as características físico-funcionais mais seguras desde o início do projeto, o que só é possível com a identificação prévia dos riscos. A simulação através de modelos é uma técnica útil, embora sempre acarrete algum grau de distorção dos resultados experimentais em relação aos dados reais, para avaliar as características de segurança de um sistema ou de seus elementos. Os modelos são geralmente, de três tipos[53]:

- a) modelo icônico, é aquele que tem a aparência do original, ou seja, é um equivalente geométrico em escala reduzida ou ampliada, bi ou tridimensional, enfocando partes e/ou características relevantes para o propósito imediato. São exemplos as representações para estudos ergonômicos do espaço de trabalho, as maquetes, os desenhos do leiaute da montagem, os desenhos explodidos.
- b) modelo analógico, é aquele que representa o funcionamento do sistema obedecendo às mesmas leis de ação, geralmente sem finalidade visual. São analogias úteis para análise de riscos, as representações de um sistema por fluxo de energia (ver ítem 4.8.2.).

Outro exemplo de uma modelagem matemática para análise e identificação de riscos em serra circular e de corrente é desenvolvida na referência [55], podendo ser também aplicada a máquinas que trabalham metais utilizando ferramentas circulares, como por exemplo, rebolos e discos de corte.

c) modelo simbólico, representa um sistema através de grupos de equações, diagramas de blocos (usado, por exemplo, na AMFE), relações lógicas (usadas na AAF), etc., mostrando o interrelacionamento entre seus elementos, subsistemas ou características (um exemplo de simulação de falhas através de elementos lógicos pode ser visto na referência [54]).

Pela simulação é possível predizer, com razoável aproximação, o comportamento do sistema em situações críticas, identificar riscos e deficiências de projeto antes que estes assumam formas já definidas e, portanto, realizar verificações de modo mais seguro e econômico do que no protótipo final e, finalmente, propor alterações ou medidas compatíveis com o sistema.

Os testes e simulações são tão mais eficientes para a identificação de riscos quanto mais tempo demoram. Isto não somente para se verificar todas as possibilidades de falha e os defeitos existentes, como também para permitir que defeitos latentes, não descobertos por períodos curtos de teste, venham a tona. Projetos inovadores requerem normalmente mais tempo para serem testados, de modo que todas as influências nocivas e perigosas para o homem sejam identificadas e eliminadas. A não observação deste princípio, em favor de objetivos econômicos, é uma importante determinação dos agravos à saúde provocados por máquinas e outros produtos, notadamente os químicos. Também as condições de realização dos testes de

vem ser as mais reais possíveis, inclusive o pessoal de teste, para que os resultados sejam realmente confiáveis. Ainda assim, por mais precisas que sejam as condições e por maior que seja o tempo gasto com testes e simulações, somente a efetiva utilização do equipamento em condições normais de trabalho permite identificar todos os riscos e defeitos de projeto. Deve-se, portanto, acompanhar um projeto durante toda sua vida útil e considerar uma máquina como um projeto inacabado, permanentemente em mudança. O acompanhamento e a modificação (bem como a criação) dos instrumentos de trabalho deve ter participação ativa e primordial dos próprios trabalhadores⁷.

4.8 - Outras Técnicas

Outros procedimentos, não menos importantes, também podem ser úteis à identificação e ao controle dos riscos durante o projeto de um sistema.

4.8.1 - Análise e Revisão de Critérios

"É uma revisão de todos os documentos com informações de segurança, envolvidos num produto ou processo (especificações, normas, códigos, regulamentos de segurança)" [48:27].

Embora esta revisão seja importante e deva ser uma das primeiras medidas a serem realizadas em cada projeto específico, ela apresenta sérias limitações. A legislação de segurança, por mais completa que seja, está sempre um passo atrás das condições reais e atuais do trabalho que pretende regulamentar: somente após os acidentes e doenças do trabalho terem acontecido e serem recomen-

cidos enquanto tais, é que, sob pressão social, são criadas leis e normas de proteção. Além disso, estas leis apenas refletem um nível mínimo de segurança (nível socialmente aceito) determinado pelas forças político-sociais e não o máximo tecnicamente possível. Ainda assim, elas são redigidas de tal modo que sempre dão uma margem de ação para não serem cumpridas, seja pela falta de dotação de recursos para a fiscalização, pelo baixo valor estipulado para as multas ou pelas interpretações dúbias que favorecem a produção em detrimento da segurança⁸. Os próprios limites de tolerância estabelecidos são, também, inadequados por não considerarem outros efeitos que não aqueles claramente visíveis, ou mesmo por serem insuficientes para controlar o agravo a que se referem (por exemplo, o limite de tolerância a ruídos de 85 dB traz perda de audição para significativa parcela dos trabalhadores e não considera efeitos simultâneos sobre o sistema nervoso, sistema circulatório, cordas vocais, etc.).

4.8.2 - Análise de Energia

"É um dos conceitos básicos de prevenção; o fluxo de energia é a causa fundamental dos danos (e riscos) de acidentes. Danos ou eventos indesejáveis podem sobrevir quando a energia é transferida ou perdida de maneira descontrolada" [48:27-8]. As fontes de energia presentes no sistema devem ser analisadas para se determinar localização, níveis de potência, métodos de controle da energia livre, de modo a se evitar riscos ao operador e outros trabalhadores.

Haddon[56] descreve dez estratégias de contenção de danos provocados pela perda de energia, que seguem uma sequência

lógica em qualquer situação:

- 1º) evitar o acúmulo ou armazenamento de energia (potencial, eletrostática, cinética, etc.);
- 2º) reduzir a quantidade de energia acumulada;
- 3º) evitar a liberação de energia (por exemplo, impedir que as máquinas entrem em funcionamento durante a manutenção, sem guardas de proteção, por distração do operador, etc.; eliminar forças de inércia quando se desliga a máquina em situações normais e, principalmente, durante as paradas de emergência);
- 4º) reduzir a razão de liberação de energia (por exemplo, aumento do tempo de impacto em prensas, redução da velocidade de saída do ar em bocais, redução da área de placas vibratórias - ver ítem 5.5.4);
- 5º) separar, no espaço e no tempo, a energia a ser liberada ou possível de se liberar das pessoas ou estruturas que se quer proteger (utilizar, por exemplo, alimentação automática; efetuar manutenção, alimentação e retirada de matéria-prima ou de ferramentas com a máquina parada, ou, se necessário desligada; modificar a disposição espacial dos subsistemas da máquina distanciando o ponto de operação do operador - ver, por ex., projeto de torno na referência [57]);
- 6º) separar por interposição de barreiras materiais (proteção de partes móveis, pontos de operação, etc.) ou imateriais (ver cap. VI);
- 7º) modificar as superfícies de contato, eliminando, arredondando, ou suavizando cantos, bordas e pontos, com as quais as pessoas mais cedo ou mais tarde poderão entrar em contato;
- 8º) reforçar a estrutura que está exposta à energia livre (pouco viável quando a estrutura for o homem; no entanto, tem sido

- tentado com o uso frequente de EPI's;
- 99) detectar, avaliar e conter a continuação e a extensão do dano não controlado pelas medidas anteriores (alarmes, controles de emergência, etc.);
- 100) restabelecer o equilíbrio e o controle do processo através de medidas de reparação.

Estes princípios podem ser aplicados nas mais diversas situações envolvendo pessoas ou simplesmente máquinas, apresentando, obviamente, algumas restrições conforme o caso particular. A escolha de determinada estratégia é, também, função da viabilidade ou não da estratégia seguinte. Por exemplo, se a probabilidade de liberação de energia, de forma descontrolada, for razoável, a única estratégia possível é evitar e esvaziar os estoques de energia. Pode-se dizer que, em geral, os riscos e as necessidades para seu controle são tanto menores ou inexistentes quanto mais anterior, na sequência apresentada, for a estratégia adotada. A ordem lógica revela, portanto, uma escala de eficiência decrescente na eliminação e controle dos riscos e de suas consequências.

4.8.3 - Análise de Relacionamentos ou de Interface

Procura incompatibilidades, físicas ou funcionais, entre as fronteiras dos subsistemas e das unidades, que possam se transformar em fontes de risco. Existe ainda a **Análise de Vínculos** ou **Análise de Elos**, que avalia as informações entre o homem e a máquina segundo tipo, carga, taxa e adequação [48:28]. Este estudo está dentro do campo da ergonomia.

NOTAS

- 1-"A técnica nunca é neutra", foi o lema que estimulou os operários chineses a participar do processo de inovação tecnológica como forma de garantir que realmente fosse privilegiada a melhoria das condições de trabalho e não somente a produtividade. É característico que, dentre as várias metas para a transformação do processo de trabalho durante a Revolução Cultural, os chineses pretendessem eliminar as fábricas de máquinas como unidades desvinculadas das unidades de produção. Como mostra Bettelheim [42]: "a divisão entre os departamentos I (meios de produção) e II (objetos de consumo) da economia reproduz-se nas condições do socialismo, porém o conteúdo desta divisão é profundamente modificado. O departamento I não tem exclusividade ou maciçamente por função a produção de máquinas novas; presta uma colaboração diversificada, direta e constante no conjunto das unidades de produção a fim de que elas possam transformar seus próprios meios de produção" (p. 111). A última palavra, em relação às inovações, sempre fica com os produtores diretos.
- 2-Na verdade existe uma relação recíproca entre certas características do trabalho no capitalismo e modificações das condições do trabalho: transformações técnicas do processo de trabalho influenciam, ainda que em menor grau, as condições sócio-econômicas que as determinam. Um exemplo simples é a utilização do comando bimanual nas prensas: pode ser eficaz somente sob certas condições de trabalho (ritmo mais lento, salário fixo) para as quais, por sua vez, aquele dispositivo de proteção cria necessidades objetivas de implantação (o ritmo de trabalho e, portanto, o salário pago por produção, já não depende tanto do trabalhador). Quando se mantém as mesmas condições de trabalho, o operário é levado a inutilizar o comando para operar a prensa com uma só mão, aumentando a produção.
- 3-O operador de uma máquina é a pessoa mais indicada para determinar o momento de se realizar a manutenção preventiva antes que uma falha possa gerar acidentes. A percepção do operador de falhas eminentes se dá normalmente através de sinais informais emitidos pela máquina, como por exemplo: ruídos e trepidações diferentes, perda de qualidade do produto. Costa [21:48-9] descreve al

guns acidentes ocorridos com prensas sem condições de operação segura, cujos defeitos, percebidos pelos operadores não foram consertados.

4-A utilização de máquinas restauradas sem condições adequadas para um trabalho seguro é um sério problema no Brasil. Segundo denúncia do Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico de Osasco, realizada na 36ª Reunião da SBPC (São Paulo, 1984), 88% das prensas utilizadas no Estado de São Paulo não possuem sistema de proteção aos trabalhadores, conforme exigido por lei, sendo que parte das máquinas já deveriam ter sido sucateadas.

5-A TIC, conforme descrita por Flanagan 50, se fundamenta na análise do comportamento humano no trabalho e é utilizada para vários objetivos, dentre eles, e principalmente, a padronização das exigências de uma tarefa como forma de melhorar o rendimento, de avaliar a performance e o aprendizado, de facilitar o treinamento e a seleção de trabalhadores, etc. Funciona, na verdade, como uma tentativa de abordagem mais sistemática e "científica" da aplicação dos princípios tayloristas de selecionar o melhor método de trabalho e os trabalhadores mais adequados às exigências de tarefas estabelecidas previamente. Ainda que o trabalhador (aqui entendido como qualquer profissional, desde um professor, um administrador, um cientista até um operário manual) tenha quase sempre participação ativa no fornecimento de dados e informações sobre seu trabalho (reconhecendo-se assim a importância de sua subjetividade), a técnica é uma forma aperfeiçoada de apropriação da inventividade dos profissionais, seja qual for sua função, que resulta, em última instância, na sua desqualificação, em maior parcelamento das tarefas e rotinização do trabalho. O método tem, apesar disto, alguma validade dentro da perspectiva deste estudo.

6-Embora não se tenha dados específicos para máquinas, sobre a contribuição de cada uma destas causas, alguns estudos dão uma idéia da importância do projeto inadequado:

- cerca de 55% dos casos de responsabilidade judicial por danos causados por produtos industriais nos EUA, são atribuídos a defeitos de projeto (sendo que 1/3 destes são devido à falta de

advertência, ou seja, o risco nem chegou a ser identificado) e 35%, a defeitos de fabricação[51];

-uma análise dos recolhimentos de automóveis para consertos (recall) realizados pelas fábricas norte-americanas, revelou que a maioria deles foi devido a defeitos de projeto, sendo que nos EUA cerca de 1/3 de todos os carros fabricados são "recalled"[52]

⁷-Após as lutas no final dos anos sessenta, os trabalhadores italia nos conseguiram significativos avanços no auto-controle de suas condições de saúde e trabalho. Conforme mostra Berlinguer [20:24]: "a introdução nas fábricas de fichas de controle, registros e cadernetas sugeridas pelos sindicatos e aceita nos contratos de trabalho (a Caderneta Sanitária Pessoal e a Caderneta Individual de Risco para os trabalhadores individuais e o Registro dos Dados Ambientais e Registro dos Dados Bioestatísticos para a observação das condições de insalubridade) significa passar da averiguação fortuita ao controle constante da relação homem-máquina-ambiente. Fichas de controle e cadernetas, que a indústria tem sempre usado para estoque, peças, semimanufaturados, produtos e para avaliar número e qualidade de qualquer mercadoria, exceto a mais renovável (a força de trabalho humana), são agora também aplicados aos operários. E, o que conta mais, são formuladas e administradas pelos próprios operários com o concurso de especialistas. Para alguns efeitos cansativos (fadiga muscular, ritmos excessivos, repetição, monotonia, posições incômodas, saturação e constrição, turnos alternados, etc.), a valiação subjetiva dos próprios trabalhadores é averiguada mediante questionários; para outras causas patógenas (ruídos, substâncias tóxicas, pós, etc,) são feitos levantamentos com aparelhos simplificados, confiados aos próprios trabalhadores expostos ao risco, ou então com instrumentos mais complexos cuja colocação e leitura é decidida conjuntamente pelos próprios operários e pelos especialistas... Percebe-se, através desse caminho, algum elemento de reunificação inicial entre ciência e trabalho".

⁸-As normas Brasileiras (referentes à Portaria MTb 3214/78), além de serem mais incompletas que as dos países desenvolvidos, são redigidas de modo sempre vago, privilegiando a produção (ver, por exemplo, a norma Regulamentadora - NR 17 - sobre ergonomia) ou o empresário (ver NR 5, sobre CIPA), e não considerando todas as

implicações presentes nas situações concretas de trabalho. Os adicionais por trabalho em condições insalubres, já questionáveis em si mesmos (a insalubridade é que deveria ser eliminada), não são percebidos cumulativamente quando ocorre exposição a mais de um elemento nocivo e somente pagos aos trabalhadores diretamente ligados à função embora todos em sua vizinhança estejam sujeitos à mesma condição.

CAPÍTULO V

ASPECTOS ERGONÔMICOS NO PROJETO DE MÁQUINAS SEGURAS

5.1 - Introdução

O estudo sistemático das habilidades, capacidades e limitações do homem para realizar determinada atividade iniciou-se a partir da II Guerra Mundial quando fisiologistas, anatomistas, psicólogos e engenheiros trabalharam em conjunto para "... transformar o binômio homem-máquina numa arma eficaz de luta" [58:2]. O que tornou necessário este esforço comum de vários especialistas foi a extrema complexidade e eficiência das armas e equipamentos militares cuja operação excedia as capacidades humanas provocando erros e acidentes frequentes. Sistemas altamente eficientes em si mesmos, quando utilizados se tornavam ineficientes.

Esta necessidade objetiva também se fez sentir em relação aos meios de produção que se tornavam cada vez mais exigentes em relação às capacidades humanas, dificultando a seleção e o treinamento do operador de acordo com as características da máquina, como até então se procurava fazer. Passou-se então a estudar o homem em atividade e a aplicar os conhecimentos adquiridos no projeto de máquinas mais adaptadas e determinadas características humanas, tornando "o binômio homem-máquina uma unidade eficiente de produção" [58:2]. Isto tem sido feito sob a forma de uma nova ciência aplicada, ou tecnologia, que recebe o nome de

Ergonomia, Human Factors, Engenharia Humana, etc., conforme o país em que se desenvolva, assumindo em cada um deles, características, campos de atuação e orientações mais ou menos distintas.

Das várias definições [58,59,61,66] dadas à ergonomia pode-se apreender como ponto comum o seu caráter pragmático na consecução de seus objetivos - segurança, conforto, eficiência -, quase sempre ignorando as determinações sociais e econômicas a que estão submetidos os trabalhadores e os instrumentos de trabalho. Isto tem levado, dada a atual correlação de forças em nossa sociedade a se privilegiar a produção em detrimento das aplicações da ergonomia na melhoria das condições de trabalho. O homem, enquanto trabalhador, continua sendo um mero objeto de estudo, reforçando a divisão técnica do trabalho¹, e visto comumente como elemento de um sistema, descrito de forma mecânica e parcial, realçando-lhe certas características específicas necessárias para operar determinado equipamento.

Apesar desta distorção que a acompanha desde seu nascimento, a ergonomia tem um enorme potencial a ser explorado (vislumbrando mesmo em suas aplicações para aumento da produtividade) para auxiliar o planejamento de processos e meios de produção (disposição espacial dos locais de trabalho, projeto de máquinas, métodos de trabalho, controle do ambiente físico, etc.) de acordo com as limitações humanas, seja pela aplicação do conhecimento já acumulado ou pelo muito que ainda se tem para conhecer sobre o ser humano e seu ambiente de trabalho.

Várias disciplinas científicas e tecnológicas contribuem para a ergonomia. Da anatomia e da fisiologia provêm conhecimentos sobre a estrutura e funcionamento do corpo humano. A antropometria informa sobre dimensões do corpo. A psicologia e a sociologia podem fornecer conhecimentos sobre o comportamento individual e coletivo dos trabalhadores. A medicina, como também a psicologia, ajuda a definir as condições de trabalho prejudiciais ao organismo humano, para isto, se fundamentando em medições e estudos da física e de algumas áreas da engenharia sobre variáveis do ambiente de trabalho. Outra ciência muito útil à ergonomia é a estatística, principalmente a estatística não-paramétrica que resolve alguns problemas especiais com pequenas amostras e falta de controle sobre a variabilidade dos sujeitos [59:1,2]. Todas essas disciplinas e áreas de conhecimento formam a base da ergonomia que já dispõe de métodos e procedimentos próprios para realizar suas próprias pesquisas, cujos resultados interessam, dentre outras coisas, para o projeto de máquinas mais seguras.

O projeto de máquinas, segundo princípios ergonômicos, deve procurar compatibilizar as características anatômicas dos operadores às dimensões e formas do equipamento, dimensionar os esforços mínimos e máximos adequados para sua operação, eliminar os riscos e influências nocivas, mediatas e imediatas, dos agentes agressivos ao homem, de acordo com os limites psico-fisiológicos estabelecidos pela medicina. Estes são, em muitos casos, pouco ou nada conhecidos, e sempre reavaliados em bases cada vez mais exigentes, pelo que nunca podem ser considerados como definitivos².

Vale reafirmar mais uma vez que a adequação da máquina ao homem faz parte da transformação do local de trabalho

num ambiente salutar e agradável, que contribuirá, juntamente com outras transformações mais importantes, para a reapropriação do trabalho pelos produtores diretos e sua transformação numa atividade mais humana e gratificante.

5.2 - Relações Homem-Máquina

Uma máquina, para ser considerada totalmente segura em sua operação, deve funcionar como se fosse um prolongamento do organismo do operador, a quem forneceria informações que, depois de decodificadas e processadas, seriam transformadas em ações de comando. Somente assim se poderia falar em "sistema homem-máquina", no sentido usual dessa expressão: um todo harmonioso funcionando organicamente para realizar determinado objetivo. Obviamente esta não é a situação dentro das atuais relações de produção onde os trabalhadores obedecem e se adaptam aos movimentos ditados pela maquinaria. Ainda assim certas tarefas, bem como certo poder de decisão mesmo nas tarefas mais simples, permanecem sob controle dos trabalhadores, ainda que dentro dos limites impostos pelas máquinas, cuja tendência é de se tornarem cada vez mais estreitos, a medida que se desenvolve a tecnologia (ver capítulo III). Pode-se dizer, portanto, que, em qualquer atividade, o homem recebe e processa informações a partir das quais executa uma ação. Em termos gerais,

"os estímulos externos alcançam o organismo através das funções receptoras, representadas principalmente pelos olhos e ouvidos. Também podem chegar através do paladar, tato, sensações de calor ou frio e sentidos cinestésicos. Todos estes estímulos são convertidos em impulsos elétricos e

transferidos, através do sistema nervoso, para o sistema nervoso central, representado pelo cérebro e a coluna espinhal, onde são processados. Este processamento pode envolver diversos graus de complexidade, desde uma simples resposta reflexa, como integrações ou comparações com dados já armazenados no cérebro, até um alto grau de raciocínio e lógica. O resultado deste processamento é transferido para os mecanismos de ação e, usualmente, envolve ações musculares. Quando o curso de uma ação é acompanhado pelas funções receptoras, esta ação pode ser continuamente corrigida através de um mecanismo de realimentação... das informações [59:7].

A eficácia³ da atividade será tanto maior quanto mais integrados forem a máquina e seu operador. Aquela deve ser projetada dentro das capacidades e limitações humanas: sinais sonoros e visuais devem ser emitidos dentro dos níveis normais de percepção auditiva ou visual; esforços e tipos de movimentos requisitados devem ser compatíveis com os movimentos musculares em termos de velocidade, intensidade e precisão; os controles e o espaço de trabalho devem ser arranjados e dimensionados para permitir uma postura confortável; as características ambientais (como temperatura, ruídos e vibrações, cores e iluminação, etc.) influenciadas ou provocadas pela máquina devem ser compatíveis com limites que preservem a saúde dos trabalhadores.

Para se compreender totalmente como funcionam os processos que regulam as relações entre o homem e a máquina, torna-se necessário conhecer o sistema nervoso, o funcionamento e a capacidade do mecanismo central, a estrutura do corpo, dos ossos e das juntas, os músculos que fornecem energia, os mecanismos de

processamento das informações e de respostas, etc.

No entanto, grande parte desses mecanismos ainda não foram totalmente desvendados e, menos ainda, se encontram em forma adequada, ou seja, correlacionados com as condições de trabalho e aplicáveis na concepção dos instrumentos de trabalho. Acrescenta-se a isso que as informações disponíveis são, como já assinalado, normalmente baseadas no homem médio, o que, frente à variabilidade dos indivíduos, reduzem-nas simplesmente a parâmetros de referência e orientação na maioria dos casos. Assim são fundamentais as informações e as avaliações subjetivas dos trabalhadores em qualquer projeto.

Na abordagem ergonômica de uma máquina pode-se considerar três regiões que atuam de formas mais ou menos distintas sobre as condições físicas do trabalhador [58:45]: zona instrumental, que compreende os mostradores e controles, e sua ordenação nos painéis de instrumentos; zona de espaço de trabalho, que abrange a área na qual o operador irá trabalhar (assentos, forma da máquina, etc.); e, zona ambiental, que consiste na iluminação, temperatura, ruídos, vibrações, e de todas as outras condições que poderão ser encontradas na situação de trabalho, consideradas aqui somente na medida em que forem provocadas pela máquina.

5.3 - Dimensionamento do Espaço de Trabalho

Para conforto e segurança do operador de uma máquina deve haver dimensionamento e posicionamento das áreas de

trabalho levando em consideração a estrutura, os movimentos e as dimensões do corpo humano, tendo em vista as limitações do homem para realizar esforços de grande intensidade ou duração e os danos causados por posições forçadas de trabalho.

O estudo dessas características físicas é assunto da antropometria, estática e dinâmica, associada com a biomecânica. A antropometria, parte específica da antropologia física, estuda as medidas de várias características do corpo (dimensões lineares, diâmetros, pesos, etc.), enquanto a biomecânica considera os aspectos mecânicos do movimento humano (alcance, força, velocidades do corpo, etc.).

A antropometria estática somente estuda as dimensões físicas do corpo parado, realizando medidas específicas de determinadas características diretamente envolvidas com a situação de trabalho em estudo. Os dados assim obtidos podem ser utilizados para projetar assentos, ferramentas manuais, passagens e aberturas, espaços para manutenção, interface física entre o operador e a máquina, controles, etc.

Deve-se ressaltar que as características antropométricas apresentam variações de acordo com os diferentes tipos físicos, raças, e mesmo entre um mesmo povo devido às diferentes condições sócio-econômicas. Também, de acordo com a faixa de idade, além de estaturas diferentes, as pessoas apresentam diferentes proporções entre as várias partes do corpo.

Para levar em consideração os movimentos, mudanças de postura e outras atividades dinâmicas os dados da antropometria estática devem ser complementados por medidas funcionais (medidas das pessoas em atividade), incluindo ângulos, faixas de

velocidade e aceleração, forças, alcances, etc. [59:24]. Este é o enfoque da antropometria dinâmica e da biomecânica, cujos resultados podem ser aplicados para dimensionamento e planejamento de ambientes de trabalho, projeto de máquinas, disposição de controles, delimitação de cursos de controles, isolamento de partes móveis e pontos de operação das máquinas, etc.

5.3.1 - Obtenção e Aplicação de Dados Antropométricos

Obviamente que uma das principais características a ser considerada numa pesquisa ou aplicação de dados antropométricos é a variabilidade individual dos seres humanos. Por isso é necessário utilizar as medidas em termos estatísticos. Numa população, os indivíduos se distribuem segundo a curva de Gauss, podendo-se estabelecer, para cada uma das dimensões obtidas, uma média e um desvio-padrão [61:54].

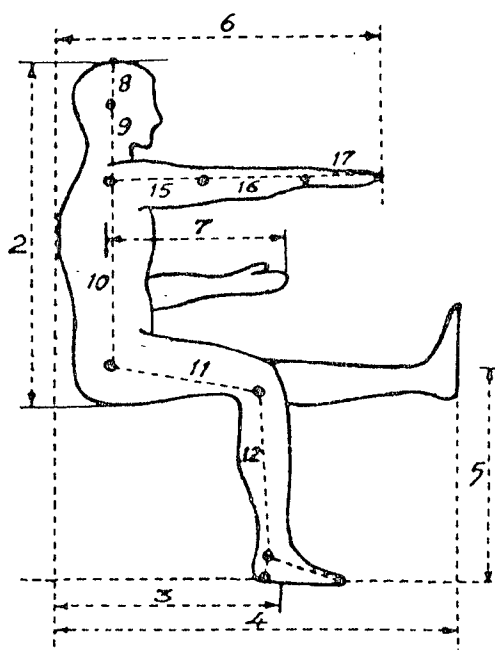
A grande maioria dos dados antropométricos disponíveis são específicos de um grupo restrito de pessoas ou correspondem, quando muito, às características de um povo ou da população de um país. Deve, portanto, ser observado se existe relação entre as pessoas das quais se tem dados antropométricos já tabelados e aquelas que irão utilizar o equipamento projetado. Este é o caso das máquinas importadas que, mesmo quando projetadas de acordo com os princípios ergonômicos, não se adaptam aos trabalhadores brasileiros, obrigando-os a realizarem esforços e posturas incompatíveis com suas características próprias.

Os dados devem ser obtidos diretamente dos futuros usuários do equipamento, através de uma amostra significativa do

conjunto. Podem ser realizados testes e simulações de operação, onde as opiniões dos participantes são imprescindíveis por fornecerem informações subjetivas, contribuições e sugestões objetivas para a perfeita adequação do projeto às suas características.

No Brasil, ainda não se dispõe de estudos sistemáticos das medidas antropométricas dos trabalhadores. Alguns dados isolados são apresentados na figura 5.1; Pinto [62] fez um levantamento junto a trabalhadores da construção civil, propondo modificações em quatro instrumentos de trabalho (carrinho de mão, martelo, serrote e pá); outro levantamento parcial (altura, envergadura, peso, etc.), ainda de trabalhadores da construção civil, foi realizado por Melhado e cols. [63].

Alguns valores médios relativos às amplitudes máximas dos movimentos articulares do corpo são mostrados na figura 5.2. No entanto é preciso considerar, seja durante a pesquisa ou na aplicação dos dados, que, para executar várias atividades, os membros do corpo não operam independentemente, mas sim em conjunto. O limite prático de alcance do braço, por exemplo, depende não somente do seu comprimento, como também é afetado pelo movimento do ombro, rotação parcial do tronco, possível curvatura das costas e pela função a ser executada pela mão [59:24]. Essas medidas têm, porém, utilidade limitada se consideradas somente as características mecânicas. Laville [61:55] prefere adotar como referência uma noção de "angulação de conforto", posição na qual não ocorre estiramentos dos ligamentos e contrações musculares graves, não comprime nervos e vasos sanguíneos e que também não seja identificada como dolorosa pelos indivíduos. Ainda aqui permanece a interdependência das angulações entre várias partes do corpo para se obter posições confortáveis.



ANTROPOMETRIA ESTÁTICA

Medidas de operários brasileiros. Total de amostras colhidas

homens 257

mulheres 320

Idade média: homens 26 anos

mulheres 23 anos

Intervalo de confiança: 90%

Amostras colhidas na S.A.

Philips do Brasil - Grupo Industrial de Aparelhos, Guarulhos,

1965.

medidas em cm

MEDIDAS	HOMEM		MULHER	
	Média	Desv.	Média	Desv.
1. Altura em pé, com os sapatos	169,7	7,5	157,3	5,8
2. Da cabeça à nádega (linha reta)	87,3	9,3	83,0	5,0
3. Da nádega à frente do joelho	60,2	3,6	58,1	5,0
4. Da nádega à sola do pé (perna estendida)	107,4	6,3	100,4	8,0
5. Da parte superior do joelho ao chão	55,0	2,9	50,1	4,0
6. Das costas à extremidade do dedo médio	86,6	5,4	79,5	6,5
7. Do cotovelo à extr. do dedo médio	45,8	4,5	41,9	6,3
8. Da extr. da cabeça aos olhos	9,9	1,8	9,2	2,2
9. Dos olhos à articulação dos ombros	23,2	1,2	21,3	2,9
10. Da articulação do ombro à bacia	42,8	3,6	40,8	3,8
11. Da articulação da bacia à do joelho	45,6	2,4	45,0	4,2
12. Da artic. do joelho à dos tornozelos	42,0	2,2	38,4	3,6
13. Da artic. do tornozelo ao chão	8,1	0,9	7,1	2,3
14. Da artic. do torn. à ponta do sapato	22,7	0,8	20,4	0,8
15. Da artic. do ombro à do cotovelo	27,2	2,3	26,5	4,3
16. Da artic. do cotovelo à do pulso	24,2	5,4	22,6	2,2
17. Da artic. do pulso à extr. do dedo médio	19,4	2,3	17,5	1,8

FIGURA 5.1 - Dados de Antropometria Estática [59]

A antropometria estática será usada para projeto de máquinas cuja operação exija relativamente pouco movimento; caso contrário, os dados obtidos em condições dinâmicas serão mais adequados como base para o projeto. O mais comum é que se utili-

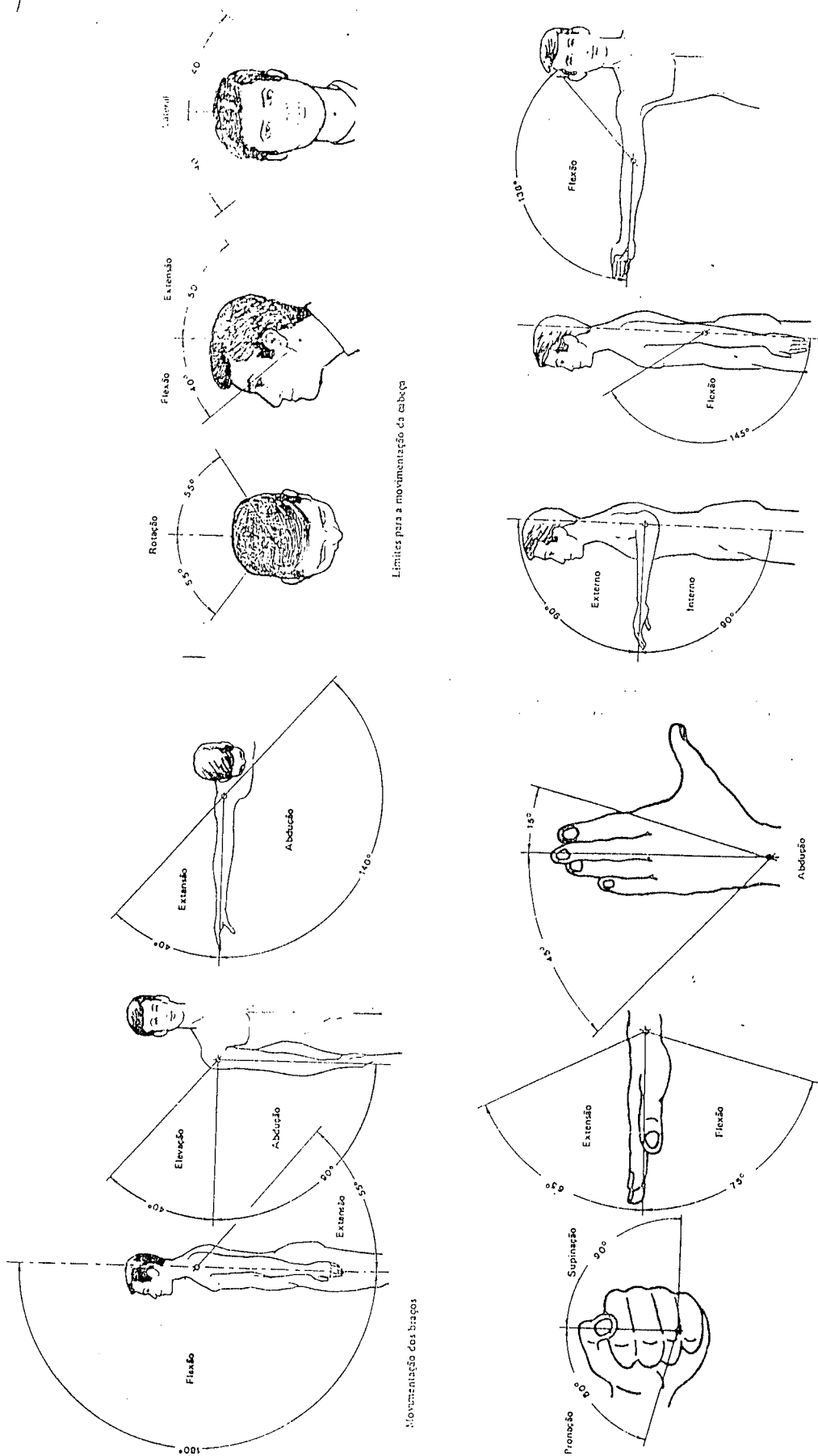


Fig. 9 - Movimentação dos antebraços

FIGURA 5.2 - Limites de movimentação de partes do corpo (valores médios) 64 .

zem ambos os tipos de dados para características diferentes da máquina.

Outro aspecto que pode intervir no alcance dos movimentos (amplitudes) e no volume ocupado pelo corpo (limites de constrição) é o uso de roupas e outros equipamentos pessoais de trabalho (luvas, capacetes, etc.). Outra preocupação importante deve ser em relação à validade dos dados obtidos com o tempo. Algumas características como a estatura se modificam e a própria população usuária não permanece a mesma.

Pode-se identificar quatro possibilidades de utilização dos dados antropométricos [59:26-9]:

1º) Projeto para o tipo médio:

O homem médio é, na verdade, uma abstração matemática obtida pela reunião de várias medidas quantitativas como peso, altura e outras dimensões do corpo; não existem pessoas que possam ser classificadas como padrão em todo e qualquer aspecto. Esse tipo de projeto é pouco útil por deixar grandes faixas da população, acima ou abaixo da média, sem serem atendidas por todas ou algumas características do equipamento;

2º) Projeto para indivíduos extremos:

Quando existem fatores limitativos deve-se acomodar os casos extremos, superior ou inferior, dependendo da limitação. São exemplos de características limitantes, o espaço de trabalho, as aberturas para passagem do corpo ou partes dele, a força necessária para acionar comandos, as distâncias de posicionamento de comandos, etc. Na prática, o projeto é geralmente feito para acomodar 90% ou 95% da população como forma de diminuir os custos de produção, sacrificando-se as parcelas inferiores e

superiores extremas;

3º) Projeto para faixas especificadas da população:

Variação do princípio anterior, neste caso projeta-se permitindo uma variação e adaptação do instrumento a determinadas faixas da população, como por exemplo assentos e controles ajustáveis (os ajustes podem ser escalonados ou contínuos);

4º) Projeto para o indivíduo:

Casos de projetos para indivíduos específicos são raros no meio industrial, onde sempre se procura a máxima padronização. Como exemplo podem ser citados alguns produtos especiais: aparelhos ortopédicos, roupas de astronautas, etc.

5.3.2 - Espaço de Trabalho e Posturas

No estudo de arranjos físicos para localização de máquinas e no projeto destas, é importante uma adequada previsão do espaço necessário para movimentação do operador, sem interferências perigosas ou incômodas. Não se pode esquecer, também, dos trabalhadores de manutenção e de outros que circulam perto da máquina (aprendizes, assistentes, etc.).

Para que se possa prever com antecedência no projeto as dificuldades de postura, alcance e visibilidade, deve-se pesquisar sistematicamente os seguintes tipos de informações [58: 151]:

- 1) uma análise das operações que constituem a tarefa;
- 2) tamanho do corpo das pessoas que usarão o equipamento (antropometria estática);

- 3) espaço total que poderia estar ao alcance do operador para fazer todos os arranjos possíveis no equipamento (antropometria dinâmica).

Na análise das operações da tarefa deve-se investigar as exigências das funções no início do projeto evitando-se a prática usual de desenvolver novos equipamentos a partir de posição tradicional de operação. Para se obter cada um dos requisitos do operador, pode-se usar uma lista de verificação onde deve ser considerado: objetivo da tarefa; ações para atingir o objetivo, importância das ações (em relação, por exemplo, à gravidade e probabilidade de falha em sua realização), uso contínuo ou ocasional de informações fornecidas por mostradores, visão simultânea de um ou mais itens, duração e frequência de cada ação, medidas corporais críticas, ações fatigantes, forças máximas, inclinação ou postura forçadas, graus de movimento do corpo compatíveis com as posições exigidas, adaptação dos operadores ao equipamento novo tendo-se em vista os hábitos adquiridos com máquinas antigas, etc. [58:159].

Na busca sistemática dessas informações pode-se utilizar de [58:158]:

- 1) observação e mensuração das atividades dos operadores, usando-se equipamento similar ou um simulador do projeto proposto;
- 2) ensaios nos quais os elementos do grupo de projeto realizem as ações envolvidas;
- 3) consulta a operadores experimentados em tarefas similares.

É importante que a análise de trabalho esteja pronta antes de serem tomadas quaisquer decisões relativas à forma geral do espaço de trabalho; por exemplo, antes que se decida

a posição (sentada, em pé, variável) mais apropriada para determinada ação.

Certos tipos de operação determinam se o operador deve trabalhar sentado ou em pé. A maioria, no entanto, oferece as duas alternativas. Neste caso é interessante analisar as vantagens de cada posição [59:32]:

- 1) a posição sentada ajuda a reduzir a fadiga, aumenta o equilíbrio e a estabilidade, permite operar mais eficientemente pedais de controle (os dois pés podem ser usados simultaneamente, os pedais podem ser operados numa faixa maior, maior força pode ser exercida, e é possível maior rapidez);
- 2) a posição em pé permite maior mobilidade (pode aumentar a área visual e manual), permite maiores forças ao operar controles manuais, permite maior controle dos movimentos.

Outras posições como a inclinada, ajoelhada, de cócoras ou dorsal, comuns em trabalhos de manutenção, devem ser evitadas porque dão pouca estabilidade, atrapalham a mobilidade e provocam fadiga excessiva. Um espaço de trabalho bem dimensionado, para evitar desconforto e fadiga exagerada, deve permitir a alternância entre as duas posições principais (sentada e em pé) e a variação de postura dentro de uma mesma posição. Bons exemplos de postos de trabalho planejados para permitir mudança de posição são apresentados na referência [67], projeto de posto de comando de tesouras de chapas de laminador de tiras a quente e na referência [68], projeto de retificadoras.

Quanto às dimensões do corpo do operador e ao espaço que está ao seu alcance, é sempre possível, para cada tamanho de usuário, dimensionar o equipamento dentro de uma grande

amplitude de posições sem gerar desconforto. Pode-se, portanto, acomodar toda a população utilizando as posições ou dimensões que se superponham para os vários tamanhos de usuários (Figura 5.3).

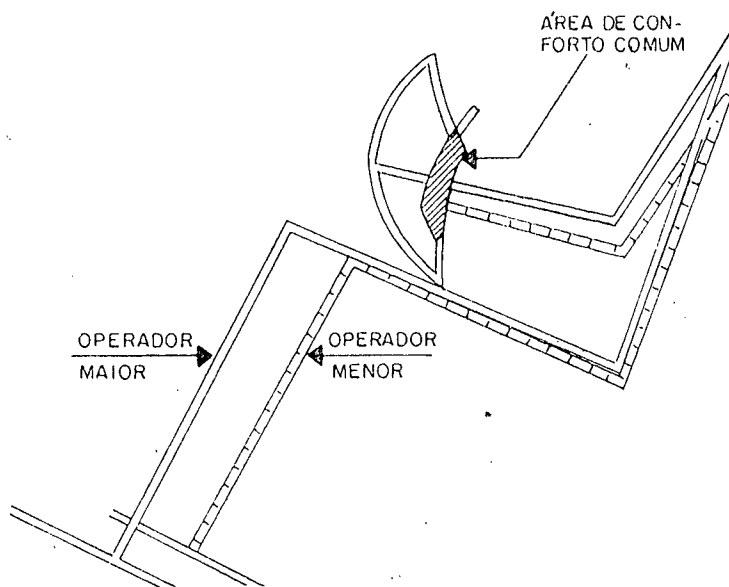


FIGURA 5.3 - Área de conforto comum para uma população [58]

Uma área de trabalho ideal é aquela em que o operador pode alcançar e ver rápida e facilmente todos os itens do equipamento de que necessita sem necessidade de mover exageradamente o corpo. A figura 5.4 mostra os ângulos máximos convenientes para uma boa visão. O limite de percepção é da ordem de mais 10° para os valores dados. Tendo em vista a máxima segurança certos itens devem estar dentro do campo de visão, como controles de emergência e partes móveis descobertas.

O espaço adequado de trabalho deve ser determinado, também, pelo alcance dos braços e pernas, dentro de seus raios normais de ação, sem que o operador precise curvar o torso ou deslocar o corpo, assumindo posições forçadas de modo freqüente ou duradouras. Controles de emergência, em particular, devem es-

dete

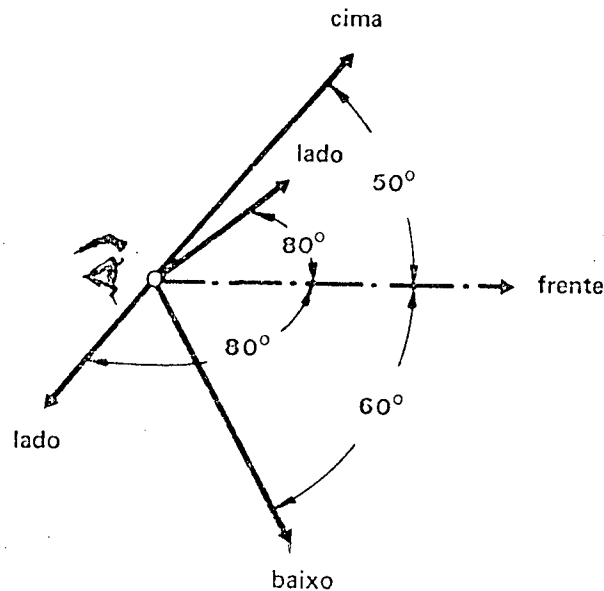


FIGURA 5.4 - Limites do campo de visão sem movimento da cabeça [64]

tar dentro da área de alcance normal dos braços ou pernas. Embora esta pareça ser uma observação óbvia, em alguns casos esse princípio básico não é obedecido [69]. Por outro lado, partes móveis descobertas ou áreas de perigo (ponto de operação, transmissões, etc.) devem estar fora do alcance máximo, considerando os movimentos conjugados com a movimentação dos ombros e do tronco.

A maioria dos trabalhos conhecidos, principalmente operação de máquinas, envolve movimentos relativos maiores dos membros do que do tronco. A figura 5.5 dá o espaço mínimo de trabalho em ambientes restritos, para diversas posições do tronco, no caso em que o trabalhador realiza pequenas operações manuais exigindo apenas o movimento dos braços. Se houver movimentos de outras partes do corpo, aqueles espaços deverão ser aumentados. Também, se uma maior quantidade de força for exigida, podem ser necessárias grandes diferenças nos requisitos de postura e de espaço. Para manipulação de controles e, em geral, a realização de qualquer tarefa manual, a figura 5.6 mostra algumas dimensões

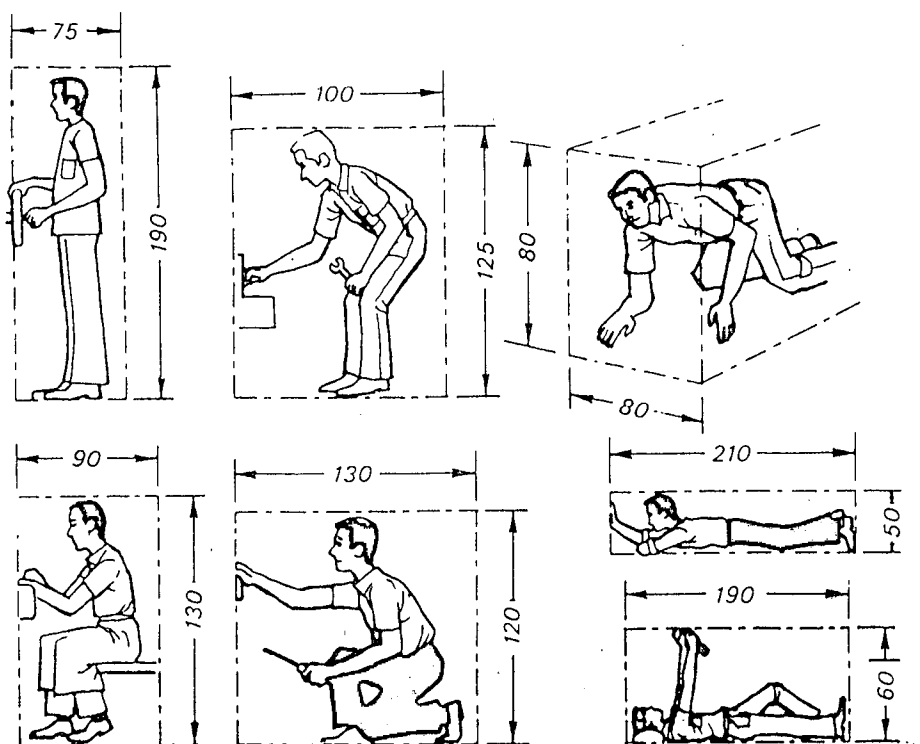
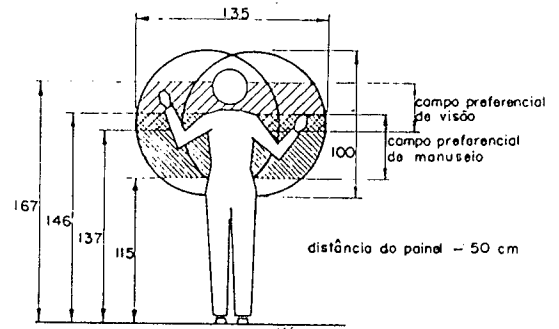
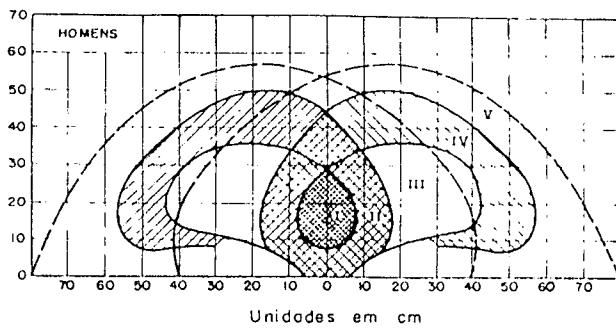


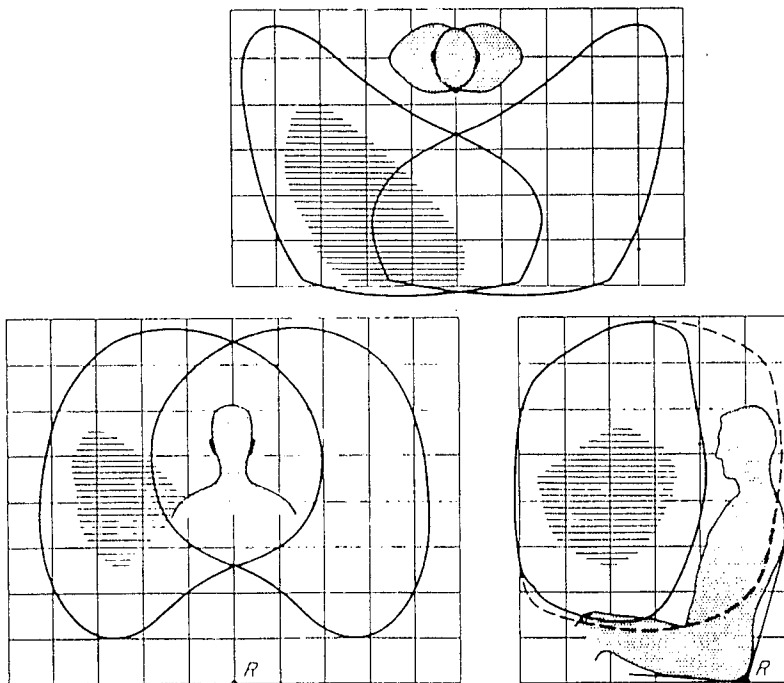
FIGURA 5.5 - Espaços mínimos para movimentação [64]

e medidas (baseadas em medidas antropométricas de trabalhadores americanos e alemães) que devem ser consideradas para se projetar adequadamente o espaço de trabalho.

Da observação dos espaços atuais de trabalho pode-se notar, freqüentemente, exigências de tarefas somente satisfeitas com posturas inadequadas (ver, por exemplo, as referências 67 e 68). Apesar da grande capacidade de adaptação do homem, que, às vezes, se acostuma às condições difíceis de posturas de trabalho e não sentem necessidade de mudança, isso traz conseqüências nocivas, como problemas ósteo-musculares, que se manifestam somente a longo prazo, e outros problemas imediatos (desconforto, maior exposição e riscos, fadiga, etc.). As mudanças periódicas de postura são extremamente importantes em relação à atividade muscular e à fadiga.



- a) campo horizontal de manipulação
- I - centro de trabalho
 - II - centro de trabalho expandido
 - III - zona para uma mão
 - IV - zona expandida para uma mão
 - V - zona externa para trabalho não freqüente [65]
- b) campo vertical para observação e comando [65]



- c) posições de alcance e manipulação no espaço tridimensional. As áreas rachuradas correspondem às regiões comuns a vários movimentos da mão direita (provação, supinação e sob diversos ângulos, sendo, provavelmente, a área ótima global para os diferentes tipos de manipulação [78]). (OBS: cada divisão representa 6" ou 15,2 cm)

FIGURA 5.6 - Espaços de trabalho para manipulação de controles e de materiais.

Quanto à força empregada e intensidade de trabalho, "para respeitar às variações intra e interindividuais importantes entre os operadores, é necessário não lhes impor uma carga

constante ao longo do tempo e idêntica para todos". Portanto, é "condenável qualquer ritmo imposto por uma máquina ou uma produção em série, principalmente quando os ciclos forem curtos, não permitindo nenhuma regulagem de sua carga de trabalho pelo operador" (grifo nosso) [61:42].

O dimensionamento de assentos nem sempre faz parte do projeto da máquina, mas é um acessório que influencia sua forma. O assunto é tratado pela legislação (NR-17), mas de forma pouco explícita quanto às dimensões e outros requisitos mais específicos (formas, inclinações, etc.). O assento deve ser adequado ao trabalhador e à função que este desempenha. Recomendações e princípios gerais para projeto ou seleção de assentos são dadas em vários livros de ergonomia (ver, por exemplo, as referências [58, 59, 64, 66]).

5.4 - Projeto de Controle e Mostradores

5.4.1 - Controles

Com a evolução dos equipamentos de trabalho, a ligação entre o trabalhador e as funções de uma máquina é realizada através de comandos e controles (botões, chaves, alavancas, manivelas, etc.) que devem ser projetados obedecendo às limitações e capacidades do operador de realizar e controlar seus próprios movimentos, e transferi-los com segurança para os componentes da máquina.

Objetivando a segurança na movimentação de contro-

les, algumas recomendações podem ser dadas, para orientar o projeto [59]:

- os movimentos de posição (onde um membro do corpo se move de uma posição específica a outra) são mais precisos e mais rápidos quando terminados por posicionamento mecânico do que aqueles terminados por controle visual; além disso evita-se mudança na posição por acionamento não intencional ou vibrações;
- os controles de emergência, que normalmente requerem movimentos de posição, devem estar dentro do campo de visão e atuação do operador; os movimentos para frente e para trás são mais rápidos que os laterais e, dentre estes, os da direita para a esquerda;
- o trabalho estático provoca fadiga excessiva porque dificulta a irrigação sanguínea dos músculos contraídos, devendo ser evitado sempre que possível. Alguns trabalhos estáticos podem ser transferidos a certos tipos de dispositivos como prendedores, guias, suportes, prateleiras, etc. Quando necessário, o efeito pode ser reduzido situando a mão dentro de uma faixa entre 20 cm acima e abaixo do nível do coração.

Em relação à força a ser empregada nos controles deve-se observar que [58]:

- a posição em que o operador exerce força máxima é também a mais favorável para se exercer uma força menor pelo maior período de tempo possível, reduzindo a possibilidade de fadiga durante o trabalho normal;
- a força necessária para se operar um controle de emergência deve ser menor do que aquela que a pessoa mais fraca possa exercer, mas não deve ser tão leve quanto a resultante de um golpe

ocasional.

Existe grande quantidade de informações sobre a força que um homem pode exercer em diversos movimentos de seus membros nas posições normais de trabalho. São considerados, na realização desses esforços, os apoios adequados ao corpo do operador e o posicionamento ideal dos controles em relação aos músculos e juntas, durante todo o ciclo de operação.

Alguns resultados experimentais, apresentados nas referências [59 e 66], mostram que:

- na posição sentada, um operador exerce força máxima numa distância entre 57 a 66 cm relativa ao encosto do assento, diminuindo à medida que se aproxima do seu corpo;
- a melhor posição de manivelas e alavancas (sobretudo as mais utilizadas) é à frente do operador, na altura de sua cintura, e passando pelo plano sagital de trás para frente que corta o ombro;
- para girar a mão, a força máxima exercida relaciona-se com a posição da mão e a direção do giro: giro de pronação (para dentro) com a mão inicialmente virada para fora, e giro de supinação (para fora) com a mão inicialmente virada para dentro;
- movimento para cima e para baixo são mais fortes quando o antebraço está ao lado do corpo;
- movimentos de empurrar puxar são mais fortes com o antebraço estendido para frente, a um ângulo oblíquo ou reto.

Deve-se ressaltar que os resultados que apresentam valores numéricos não podem ser aplicados diretamente para projeto de equipamentos que serão operados por trabalhadores bra-

sileiros que têm características físicas (tamanho do corpo e desenvolvimento muscular) diferentes daquelas da população pesquisada. As recomendações qualitativas, no entanto, podem ser, geralmente, consideradas universais.

O posicionamento dos controles (compatibilidade espacial) é importante para a segurança e para reduzir a fadiga do operador [58]:

- a posição dos controles numa máquina depende principalmente da função e da frequência de uso. Considerando três categorias funcionais - controles de ajuste, de seleção e de operação - a prioridade é dos controles de operação, em seguida serão dispostos os controles de seleção. Os controles de ajuste são normalmente colocados afastados para se evitar confusão. A posição dos controles de emergência deve ser apropriada para toda a população, inclusive os canhotos. O acionamento de um controle não deve interferir nos demais;
- a localização deve ser de tal forma que a seqüência de operações não provoque acidentes, ou seja a disposição deve obedecer a ordem mais natural possível. Devido ao hábito de leitura as pessoas tendem a seguir a ordem "esquerda para direita" ou de "cima para baixo", mas é bom lembrar que outros povos têm hábitos diferentes;
- painéis semelhantes em máquinas diferentes devem ter posicionamento análogo de comandos com a mesma função;
- os rótulos de identificação devem ser colocados acima dos controles, ficando assim sempre visíveis.

Outro importante fator a ser considerado é a compatibilidade do movimento, realizado pelo operador ao acionar um

comando, com o efeito produzido no equipamento. O efeito produzido pelo acionamento é chamado de estereótipo popular, quando for aquele "esperado pela maioria da população ao manejar o controle num determinado sentido, neste caso, o controle é chamado compatível" [59:71]. Os estereótipos podem ser de origem psicofisiológica, considerados inerentes ao organismo humano e chamados de naturais, e de ordem sócio-cultural, quando são aprendidos pela prática. A importância de conhecer os estereótipos populares (aprendido ou natural) está nas dificuldades e acidentes que ocorrem em casos de emergência, pois o movimento compatível sempre se sobrepõe ao movimento requerido (quando este é incompatível) ao se exigir uma resposta rápida.

Pesquisas realizadas em laboratórios e relatos de acidentes permitem tirar algumas conclusões úteis para projeto de controles mais seguros [59]:

- 1º) os controles de um equipamento devem ser todos compatíveis; quando não for possível, é preferível ter todos incompatíveis do que uma parte incompatível e outra compatível;
- 2º) todos os controles usados para um mesmo fim (por exemplo, ligar a máquina) devem ser movidos num mesmo sentido, principalmente para prevenir acidentes nas emergências;
- 3º) os mesmos tipos de movimentos de controle devem ser usados para todos os painéis ou grupos de comandos similares, principalmente quando o operador deve se mover de uma parte para outra;
- 4º) alguns estereótipos populares são conhecidos: por exemplo, para os efeitos "ligar" ou "aumentar a intensidade", o movimento compatível é girar no sentido horário, movimentar para

cima ou para frente, conforme o tipo de controle. Outros estereótipos, em situações diferentes, podem ser determinados através de experiências e testes;

59) embora seja necessário aprofundar o conhecimento em relação ao uso da mão-esquerda e das atividades dos operadores canhotos, parece ser uma boa regra usar as mesmas relações para ambas as mãos.

Outras considerações importantes para a prevenção de acidentes são [59]:

- proteger os controles, para evitar acionamento involuntário, através de rebaixos, coberturas, guias para fixação em determinada posição, batente, resistência, bloqueio, etc.;
- codificar os controles, para fácil identificação, através de formas e materiais que indiquem a função, cores e tamanhos; devem ser usadas no máximo cinco cores e três tamanhos (pequeno, médio e grande) com diferença mínima de 20% entre eles. O ideal é que se utilize dois ou mais sistemas de codificação simultaneamente. Deve-se levar em consideração que uma em cada 13 pessoas tem deficiência na percepção de cores, o que pode tornar inadequado um código baseado somente em cores.

5.4.2 - Mostradores

Dentro do objetivo da ergonomia de adaptar o trabalho ao homem, com interesse particular na segurança, estuda-se as formas mais eficientes de informar ao operador a respeito do funcionamento da máquina. Deve-se procurar conhecer todos os ca-

nais sensoriais humanos (visão, audição, tato, olfato, cinestese, etc.) e o processo de recepção e resposta aos estímulos, para que possam ser projetados ou escolhidos adequadamente os meios de comunicação entre a máquina e homem.

Na comunicação homem-máquina, se utiliza mais freqüentemente os sentidos de visão, audição e tato, seja de forma direta ou através de mostradores quando as informações não podem ser captadas diretamente pelos órgãos dos sentidos, sendo, então, necessário traduzir qualitativa ou quantitativamente os fenômenos detectados.

Um dos interesses dos estudos realizados sobre mostradores visuais e outros tipos de comunicações tem sido a segurança do operador e do equipamento utilizado. Outra preocupação importante é a determinação adequada da carga de informações fornecida por sistemas mais complexos, para não afetar a capacidade mental de absorção, processamento e resposta do ser humano. Além disso, preocupa-se com os aspectos estéticos e de disposição do equipamento visando maior conforto. A transmissão das informações de modo seguro quase sempre requer rapidez e precisão na leitura dos mostradores ou na percepção dos sinais.

Os mostradores podem vir associados a controles ou não. No primeiro caso o problema da compatibilidade espacial e de movimentos assume grande importância.

Quanto aos recursos usados e o modo como apresentam as informações, os mostradores podem ser classificados em [59:127, 64:30]:

- 1) Diais, apresentam a informação através de escala graduada e ponteiro. Subdividem-se, quanto à forma da escala, em circula-

res, retos, curvos (setor de coroa circular) e de janela; e, quanto à mobilidade da escala em fixos (ponteiro móvel) e móveis (ponteiro fixo);

- 2) Indicadores, ou de simples conferência, têm por finalidade permitir verificar se uma dada situação corresponde ou não a um estado desejado (por exemplo, indicadores de pressão e de temperatura). Têm sempre ponteiros móveis e escalas sem graduação com as mesmas formas dos diais. Normalmente é utilizada a seguinte convenção de cores:
 - amarelo: ainda não operacional; atenção;
 - verde e azul: operacional;
 - vermelho: atingindo limite de segurança; perigo;
- 3) Contadores, dão a informação através de números apresentados em janelas;
- 4) Dispositivos com lâmpadas, usam sinais luminosos para transmitir a informação.

Alguns mostradores são do tipo misto (diais-contadores, diais-indicadores, etc.).

A função e as condições em que será operado são fundamentais para a escolha de determinado tipo de mostrador. "De fato, é bom ressaltar que não existe o melhor mostrador, mas existe o mostrador mais adequado para determinadas condições de uso" [59:128].

Quanto à função, os mostradores podem ser dos seguintes tipos [59:130]:

- 1) Instrução Verbal: são usados para transmitir instruções para ação ou assinalar estados diferentes de funcionamento (liga-

desliga, velocidade lenta-rápida, etc.); reduzem o tempo para tomada de decisão;

- 2) Advertência: implicam na identificação de um simples estado. Neste caso os dispositivos que dão sinais através de luzes intermitentes são os melhores, pois atraem a atenção com mais facilidade. Para a comunicação, esses mostradores podem ser codificados segundo forma, tamanho, distância, cores, localização, frequência no piscar, ou combinação destas variáveis. Quando isto não for suficiente pode-se associá-los a letreiros e/ou sinais sonoros; a combinação de sinais auditivos e visuais é mais eficiente do que qualquer dos dois isoladamente. São mais utilizados em sistemas automáticos;
- 3) Qualitativos: usados onde existem poucas alternativas variando discretamente. Podem utilizar como variáveis, simultâneas ou não, a posição, o brilho, a cor ou formas;
- 4) Verificação: contêm valores numéricos que servem como orientação de variação de certos parâmetros no tempo ou no espaço, em magnitude ou velocidade, sem necessidade de leitura dos valores exatos; utilizados em sistemas não-automáticos;
- 5) Quantitativos: usados para leitura numérica do valor indicado; estão mais ligados à precisão da leitura do que ao aspecto de segurança; a facilidade de leitura influi, no entanto, na fadiga visual;
- 6) Multidimensionais: usados para informações de duas ou mais variáveis, não interessando diretamente à segurança.

Várias pesquisas já foram realizadas procurando avaliar as características (distância entre marcações; dimensões e número de marcações; dimensões, posicionamento e formas dos núme-

ros, forma e comprimento dos ponteiros, etc.) importantes para a leitura fácil, precisa e rápida, servindo principalmente para projeto de mostradores quantitativos.

De interesse imediato para segurança na operação de máquinas são os projetos de instrumentos para verificação, advertência e leitura qualitativa.

"A finalidade dos instrumentos para verificação é indicar se a grandeza medida se situa dentro de uma faixa de valores admissíveis ou fora dela, exigindo neste caso, uma providência do operador" [59]. Palmer [58] e Iida e Wierzzbicki [59] dão várias recomendações para escolha e projeto desses mostradores. Diais de janela ou contadores, que mostram apenas uma pequena gama de valores na sua escala são inadequados para esse fim. São mais apropriados os diais retos e circulares, de ponteiro móvel. Os circulares são melhores quando estão isolados e quando é importante a percepção da taxa de variação de uma grandeza. Dos retos, os verticais são os melhores quando estiverem num painel (ocupam menos espaço e são de leitura mais rápida) e para verificação do sentido da variação, pois um movimento do ponteiro para cima (ou para baixo) indica sempre um acréscimo (ou diminuição) de valor, enquanto o movimento circular gera dúvidas. Para verificação através de faixas de valores admissíveis o mais importante é o destaque que se dá à faixa de operação, sendo, portanto, desejável que não se tenha outras marcações na face do aparelho; o próprio uso de uma escala graduada deve-se restringir aos casos em que ela seja absolutamente imprescindível. Recomenda-se que a faixa de operação tenha o dobro da largura das outras (perigo e região não operacional). Quanto à posição da faixa de operação é importante que obedeça à compatibilidade de movimentos no caso

de mostrador associado a comando; a faixa deve ficar na posição correspondente às 9 horas, para mostradores associados a alavancas de movimento vertical, e na correspondente às 12 horas, quando a alavanca tem movimento horizontal (Figura 5.7). Para deter-

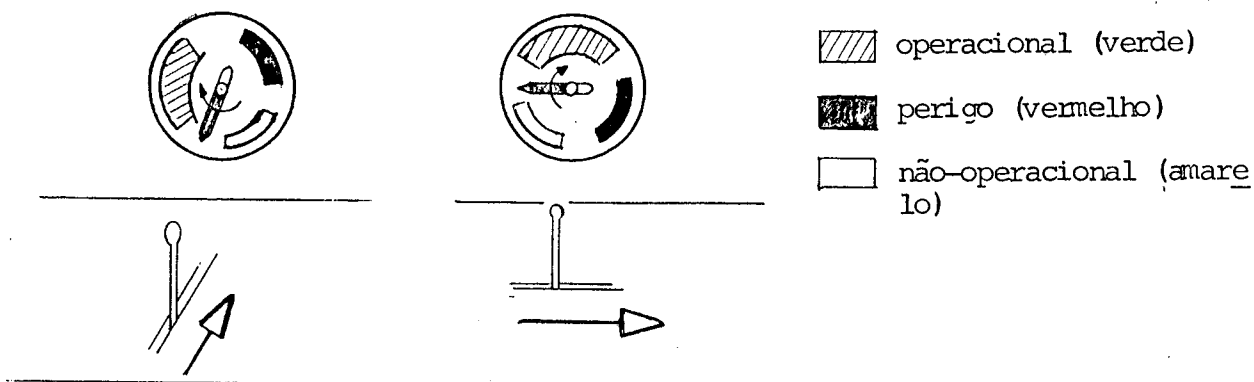


FIGURA 5.7 - Compatibilidade de movimentos entre mostradores de verificação e comandos (alavanca) associados.

minação do tamanho do dial, deve-se ter em conta que a saída do ponteiro da faixa de segurança só é detectada quando ele se afasta, no mínimo, de uma divisão unitária⁴ do limite da faixa. Com esse dado, e tendo ainda a distância de leitura e o máximo desvio admissível, é possível chegar ao tamanho mínimo do mostrador. Atenção especial deve ser dada ao grau de destaque do ponteiro. Ele não deve ficar escondido por inscrições na face do mostrador ou do caixilho. A máxima eficiência é obtida quando há o máximo contraste entre o ponteiro e as marcações e o fundo do dial, devendo-se então ter este branco (ou preto) e aqueles pretos (ou brancos). Papaloizes, vendo que a eficiência cai quando o ambiente é mais iluminado que o dial, chegou à conclusão que a combinação preto sobre o branco é melhor que a contrária. Para ponteiros com "rabo" (têm mais equilíbrio), seu grau de destaque deve ser diminuído ao máximo para evitar erros de inversão (erros

de 180°); uma solução é pintá-lo na mesma cor que o fundo do dial.

Outro aspecto importante, tanto para a eficiência como para a segurança, é a iluminação do mostrador que deve ser uniforme e sem produzir reflexos. Há três tipos principais de iluminação [59:147]:

- 1) Difusa: obtida através de projetores instalados dentro do espaço de trabalho, de modo apropriado; os projetores devem estar acima da linha de visão para a reflexão se dar para baixo, e devem ser providos de quebra luz para não perturbar o operador;
- 2) Indireta: através de lâmpadas colocadas na borda do aparelho, cuja luz alcança as marcações e o ponteiro com um ângulo bastante agudo; as bordas ficam bem iluminadas, mas o ponteiro não; é bastante difícil no caso de painéis com problemas de espaço;
- 3) Traseira: a lâmpada é colocada atrás da face do dial com a luz brilhando através de marcações e números transparentes; a iluminação do ponteiro é problemática e, em geral, resolvida com o uso de ponteiro de plástico que conduz luz internamente; tem como desvantagem a largura do ponteiro e o espaço ocupado atrás do dial.

Para instrumentos de advertência são normalmente utilizados sinais luminosos e/ou sonoros. A qualidade mais importante de tal dispositivo é ter um alto grau de destaque. O mais comum é a informação ser dada por lâmpada que se acende, mas isto tem desvantagem no caso de circuito defeituoso. Para este problema há duas soluções: usar lâmpadas meia luz quando está em situação normal, ou usar duas lâmpadas, uma verde e outra vermelha,

por exemplo, acesas alternadamente. Não se deve usar lâmpadas que se apagam para dar informações por serem menos perceptíveis. O significado do aviso pode ser dado pelo tamanho, posição ou cor da lâmpada. Segundo a "International Commission of Illumination" deve-se usar, para maior segurança, no máximo 5 cores diferentes de luz (e não corantes), conforme a seguinte escala[59]:

1º) para 3 cores: vermelho, verde, branco ou amarelo;

2º) para 4 cores: vermelho, verde, branco e amarelo;

3º) para 5 cores: vermelho, verde, branco, amarelo e azul.

Para alarme é preferível luzes intermitentes.

Sinais auditivos têm maior utilização em situações nas quais é exigido muito da capacidade visual e onde o acesso visual é bloqueado. No primeiro caso podem ser usados em complementação ou em substituição aos sinais visuais. A seleção e o uso de sinais sonoros para uma dada situação deve considerar basicamente os ruídos ambientais, as características do instrumento emissor, a finalidade do som, e as capacidades e limitações dos ouvintes.

Em termos gerais, o sinal auditivo deverá ter qualidades (intensidade e frequência) que permitam a sua diferenciação dos demais sons ambientais. Deve-se considerar ainda que o aumento da irritação diminui o tempo de reação [59:163], e que trabalhadores submetidos a ambientes ruidosos apresentam perdas de audição momentâneas e permanentes. A sirene é o instrumento mais utilizado, por emitir sons bastante penetrantes, como emissor de sinais de emergência.

A percepção de ruídos é um importante meio de comunicação informal entre o operador e a máquina, pelo qual ele se apercebe de funcionamentos anormais.

5.5 - Condições Ambientais

Durante o processo projetual, devem ser consideradas as características das máquinas que influenciam o ambiente de trabalho, tentando-se prever e controlar desde o início problemas de temperatura, iluminação, ruídos, vibrações, emissão de gases e pós, cores, etc., que sejam agressivos ao homem.

5.5.1 - Temperatura

Temperaturas muito baixas ou elevadas têm influências consideráveis sobre a saúde. Vernon e Osborne (Inglaterra, 1922) verificaram que a taxa de acidentes, no trabalho em minas de carvão, cresce com a variação de temperatura para cima ou abaixo de uma faixa ótima de 19-20°C [59:235].

As conseqüências do trabalho em presença de temperaturas elevadas (situação mais comum com máquinas operatrizes) são [6:125, 64:63]: sobrecarga do sistema cárdio-vascular que provoca cardiopatias e distúrbios circulatórios (prostração térmica); distúrbios no centro termo-regulador (intermação); sudorese excessiva que leva ao desequilíbrio orgânico e a câibras; termodermatites e afecções oculares, quando em exposição ao calor radiante; fadiga térmica; redução da velocidade das reações reflexas e diminuição da agilidade mental.

A temperatura média de conforto é 23°C com 45% de umidade [6:125]. A variação em torno deste valor é, no entanto muito grande dependendo, além de umidade, da velocidade de deslocamento do ar, da atividade exercida (intensidade, duração, etc.) e

de características pessoais (idade, sensibilidade individual, etc).

O projeto de máquinas ou equipamento que introduzem calor no ambiente deve procurar minimizar os efeitos da temperatura excessiva sobre o trabalhador, através de:

- utilização de processos de produção diferentes;
- redução da temperatura utilizada;
- utilização de dispositivos de proteção contra a radiação térmica (barreiras);
- posicionamento adequado do posto de trabalho, distante de fontes de calor;
- dimensionamento do ritmo de trabalho adequado às condições adversas não contornadas (ver NR-15, anexo 3);
- previsão de exaustão e ventilação necessárias (aclimatização).

5.5.2 - Iluminação

A iluminação do ponto de operação, que está mais diretamente vinculado à concepção da máquina, deve ser projetada de acordo com a iluminação geral do ambiente de trabalho. A concordância dos vários níveis de iluminação deve considerar aspectos como intensidade, contrastes, expressão de cores, reflexão das superfícies, uso da luz natural, etc., importantes tanto para a segurança e conforto dos trabalhadores como para a realização adequada das exigências de uma tarefa. É importante notar que a fadiga visual se reflete, também, nos demais músculos do corpo [70].

O nível de iluminação é função das dimensões dos detalhes que devem ser percebidos; em geral, a percepção é, tanto

maior quanto mais elevada for a iluminação [61:74]. Na verdade não existe um nível de iluminação considerado adequado. O que se nota é uma contínua elevação dos níveis mínimos aceitáveis com o passar do tempo [59:201]. As recomendações, segundo Laville [61:74], dependem mais de condições econômicas de cada país do que de exigências fisiológicas. No Brasil são adotadas as normas NB-57 de 1958 (Níveis de Iluminação de Interiores) e, a partir de 1969, em caráter experimental, a P-NB-57 (Iluminamento de Interiores). Os métodos de avaliação dos níveis de iluminação são dados na MB-207 (Método de Verificação do Nível de Iluminamento).

A iluminação ou iluminamento depende da intensidade luminosa (I), da distância (L) entre a fonte e a superfície iluminada, e do ângulo (A) entre a superfície e os raios luminosos, segundo a relação $E = I \sin A / L^2$, onde E é dado em lux.

A luz solar é a que causa menor cansaço para a vista. No entanto tem sido pouco aproveitada em ambientes industriais (em média 20% da iluminação total); luzes artificiais não fornecem mais do que um quinto de intensidade da luz natural, em termos econômicos [59:201]. No entanto, dada a inconstância em intensidade e direção, ao longo do dia e do ano, e os efeitos térmicos provocados pela luz natural, a iluminação artificial torna-se um complemento indispensável para a correção destes problemas.

Além da quantidade de luz, deve-se considerar outros fatores qualitativos que podem perturbar a visão normal dos objetos [71]: a direção do raio luminoso, o grau de difusão da luz, e a qualidade espectral.

A direção do raio luminoso diz respeito à posição da fonte em relação ao plano de trabalho e ao trabalhador, e à

maneira de direcionamento do fluxo luminoso pela luminária. O brilho intenso, direto (causado por fonte de luz perto da linha de visão) ou indireto (causado por reflexão da luz em superfície especular), pode provocar desconforto, ofuscamento e distração do operador (efeito fototrópico). Além disso, a posição inadequada de fontes de luz pode acarretar sombras que dificultam a visualização de formas e objetos, acelerando o cansaço visual.

Quanto ao grau de difusão, é preciso considerar a compatibilização da iluminação do plano de trabalho com a iluminação ambiental. A luz difusa, em intensidade adequada, reduz as diferenças de brilhância, evitando ofuscamento, e suaviza as sombras, melhorando a visão dos objetos.

Com relação à qualidade espectral, a luz emitida por fontes artificiais pode alterar as cores em função dos comprimentos de onda que estão ou não presente na radiação. Isto é importante quando se utiliza convenção de cores e para manter a harmonia das cores escolhidas para um ambiente.

O ofuscamento é, ao lado da falta de iluminação, uma das principais causas de fadiga visual. É provocado pelo excesso de brilho, seja pela grande intensidade da fonte e dos reflexos ou por contrastes excessivos. Como medidas de prevenção deve-se [59:207, 71:80]: reduzir o brilho de fontes luminosas; reduzir o contraste pelo aumento do nível de iluminação geral; posicionar adequadamente a fonte fora do ângulo limite de sensibilidade da retina (30° a partir do eixo ótico; usar luz difusa indireta; usar protetores, coberturas e visores para fontes de luz dentro do campo visual; evitar superfícies especulares.

O contraste (diferença de brilho entre um objeto

e o meio) é um problema particularmente importante. O máximo de contraste é utilizado para que o trabalhador fique atento e concentrado ao trabalho; além disso, quanto maior o contraste, menos elevada é a iluminação necessária para realização da tarefa [61:74]. Por outro lado, é aumentada a fadiga visual e os riscos de acidentes, quando os trabalhadores tiverem que se deslocar das áreas iluminadas para áreas escuras, devido à falta de tempo para adaptação da pupila [6:146].

Para assegurar uma visão adequada, as luminâncias (medida da claridade, em lux, de uma fonte de luz primária ou secundária percebida pelo olho; no segundo caso é chamada de refletância) de todo o campo de observação devem ter a mesma magnitude. Os contrastes limites, propostos por J. Jansen, para trabalhos industriais são [72:159]:

- entre objeto da tarefa e campo vizinho: 3/1;
- entre plano de trabalho e ambiente circundante geral: 10/1;
- entre fonte de luz e ambiente circundante: 20/1;
- contraste máximo dentro do campo visual: 40/1.

Outro problema que pode provocar acidentes é o "efeito estroboscópico". A flutuação do fluxo luminoso provocada pela corrente alternada, quando coincide com certas velocidades de elementos da máquina girando em alta rotação, dá a impressão de que estes componentes estejam parados. Isto pode ser evitado protegendo as partes móveis descobertas ou instalando as lâmpadas de uma luminária de modo a operarem defasadas.

5.5.3 - Cores

As cores podem ser usadas para tornarem ambientes industriais mais agradáveis e mais seguros, através da transmissão de mensagens e do efeito psicológico, que predispõe a determinados estados de espírito e amenizam condições desfavoráveis. "Estados de depressão ou melancolia, cansaço visual, dores de cabeça, são conseqüências comuns à permanência prolongada ou à realização de atividades em ambientes em que a escolha das cores não atendem à observação de seus possíveis efeitos [64:142].

As cores não devem, porém, ser utilizadas com a pretensão de se resolverem problemas e condições ambientais inadequadas, uma vez que apenas atuam psicologicamente, amenizando certos efeitos nocivos existentes no ambiente ou no trabalho, como monotonia, falta de espaço, calor, etc., sem uma mudança efetiva destas condições.

O estudo da pintura de um ambiente industrial deve partir da cor do material a elaborar, determinar em seguida as cores da máquina (zona de operação), da parede (fundo) e, finalmente, do teto e do piso. Deve ser realizado paralelamente, o projeto da iluminação, que é grandemente influenciado pelo fator de reflexão das cores utilizadas na máquina e no ambiente [70].

A utilização de cores em máquinas deve estar também de acordo com a função de cada componente. Neste caso as finalidades são, além de atenuar as diferenças de brilho entre peça, plano de trabalho e ambiente, tornar a parte ativa claramente distinta da parte fixa (contraste cromático) e alertar quanto à presença de risco. As cores usadas são classificadas quanto à

função em [64:157]:

- 1) de identificação: assinalam características específicas, como finalidades de tubulações e conteúdos de recipientes (ver a norma NBR-6493/80);
- 2) dissimulantes: acobertam ou dissimulam pontos em destaque, a fim de não desviar a atenção da área de trabalho ou de perigo (cinza, azul, verde, etc.);
- 3) diferenciantes: realçam intencionalmente detalhes ou áreas, como partes móveis de máquinas, máquinas móveis, etc. (laranja e amarelo);
- 4) focalizantes: chamam a atenção para determinados pontos importantes, como a face interna de tampas ou carenagens de proteção, campo de trabalho ou de risco em máquinas, etc. Para melhor efeito é conveniente que o restante seja pintado em cores dissimulantes;
- 5) de segurança: indicadores de precaução e perigo, devendo chamar atenção e traduzir uma mensagem. Este é o assunto considerado pela norma NB-76/59.

O código de cores adotado no Brasil é inadequado por várias razões apontadas por Cabral [70], dentre elas a pintura do corpo das máquinas em branco, preto ou verde. A cor preta e outras tonalidades escuras do verde e do cinza criam um ambiente sombrio e deprimente, sendo as mais utilizadas porque escondem a sujeira do local de trabalho. Vários autores [59, 70, 73], recomendam utilizar cores mais alegres (verde, azul) em tons suaves, que devem estar em concordância com a pintura interior (paredes e piso) tanto em termos de contraste cromático como lumino-

so. Além disso, não convém pintar todo o equipamento de padrões uniformes, mas escolher cores e tons variados e harmoniosos, que devem ser, em geral, neutras (descansam a vista) e foscas (não produzem reflexos).

Também importante para a segurança é o contraste, que pode ser criado por diferenças de matiz, pureza e intensidade, entre o objeto e o fundo, influenciando a visibilidade ou a legibilidade de letreiros [59:225]:

- a) Visibilidade - a cor atrai a atenção e prende a vista de acordo com o grau de visibilidade, que depende principalmente do contraste e da pureza da cor. As cores são mais visíveis, em geral, junto aos seus complementares (cores que misturadas dão o branco) suavizados (misturados com o branco) ou escurecidos e separados por cor neutra. Cores de grande visibilidade são adequadas para demarcação de áreas perigosas e onde, em geral, se deseja atrair a atenção durante pouco tempo, para evitar a fadiga.
- b) Legibilidade - depende do contraste e aumenta com a adição de preto. Em letreiros, só se deve usar cores puras nos principais títulos com fundo mais claro. Dados experimentais mostram que a legibilidade é melhor com os seguintes contrastes, em ordem decrescente: azul/branco, preto/amarelo, verde/branco, preto/branco, verde/vermelho, vermelho/amarelo, vermelho/branco, laranja/preto, preto/púrpura, laranja/branco.

Além disso, são importantes para a visibilidade e a legibilidade a razão da largura do traço/altura do carácter, a razão da largura/altura dos caracteres e a distância de visão. Para facilitar a leitura, é importante também considerar a forma e

a distribuição espacial dos caracteres. Alguns resultados empíricos podem ser obtidos em McCormick[66].

Finalmente, deve-se ressaltar quanto à escolha final, que a influência das cores sobre as pessoas não é universal; preferências e efeitos são também função de características pessoais e, sobretudo, culturais. Também devem ser consideradas as deficiências visuais (congenitas e ocasionais) na percepção de cores que atingem 8% dos homens e 0,5% das mulheres [64:157].

5.5.4 - Vibrações e Ruídos

Ruídos e vibrações, que estão intimamente relacionados, se apresentam em níveis incompatíveis com a integridade psicofísica dos trabalhadores em várias situações de trabalho. Uma avaliação dos níveis de ruído emitido por máquinas-ferramenta e outros equipamentos, mostrou que praticamente todos estão acima do limite considerado aceitável: 85 dB, para 8 horas de exposição [6:100-1], que, conforme já assinalado, não é totalmente satisfatório. Os limites máximos são dados em função do tempo de exposição e do tipo de ruído (contínuo, intermitente ou de impacto), regulamentados no Brasil pela NR-15. Quanto às vibrações, não foram ainda estabelecidos limites seguros à saúde do homem, embora sua influência nociva já tenha sido estudada desde o século passado e vários trabalhos com máquinas (prensas, tesouras de corte, martelos, etc.), ferramentas manuais e veículos sejam reconhecidamente insalubres [74]. Os limites adotados por vários países (no Brasil, foi adotada a norma ISO 2631-1978) ou recomendados por alguns autores, são baseados em avaliações subjetivas, apresentando

grande variação entre si, devendo servir apenas como orientação. Alguns resultados desses estudos são apresentados nas referências [59, 75, 92].

O mais conhecido efeito do ruído sobre o corpo humano é a perda ou redução da capacidade auditiva, que se dá com exposição em torno do nível de 80 dB, variando com o tempo e com a suscetibilidade individual. A surdez se dá em diferentes graus para cada faixa de frequência de audição (alta, média e baixa); também são diferentes os efeitos dos diversos tipos de ruído (contínuo, de impacto, intermitente, de impulso) [6:106]. Além deste, outros efeitos menos considerados são os problemas psicológicos (irritação, tensão emocional com reflexos somáticos, provocados por ruídos de alta frequência ou intensidade, ruídos intermitentes e reverberantes); fisiológicos (distúrbios digestivos, úlceras, aerofagia, irritabilidade ou apatia, contração vasoperiférica, aumento da pressão arterial, da frequência cardíaca e do afluxo de sangue ao cérebro, dificuldade de falar e diminuição da memória) e de comunicação (impede advertências em caso de perigo, traz problemas vocais por necessidade de falar mais alto e atrapalha relacionamentos pessoais entre os trabalhadores) [6:106-8].

As vibrações podem atingir todo o corpo ou partes isoladas dependendo de como as diferentes massas, dinamicamente suspensas, respondem às diferentes frequências de excitação. Os problemas físicos são: lesões ósseas, lesões dos tecidos móveis (músculos, nervos, etc.), lesões das articulações (osteoartrite) e lesões circulatórias (cianose, Síndrome de Raynaud, etc.). Além disso pessoas submetidas à vibração apresentam estados de ansiedade, fadiga e irritação.

O controle de ruídos e vibrações pode ser feito pela modificação do equipamento ou de seus componentes (controle na fonte) ou pela interceptação das ondas sonoras ou vibratórias no percurso entre a fonte e o receptor através de barreiras, como silenciadores, equipamentos de proteção individual, enclausuramentos totais ou parciais, etc. (controle indireto).

O controle na fonte ou controle direto engloba medidas complementares que devem ser tomadas durante o projeto, a fabricação, a montagem e a manutenção de uma máquina. É o mais efetivo apesar de ser pouco utilizado, isto mais por problemas econômicos do que técnicos. Como lembram Stellman e Daum [6:116], "se existe uma tecnologia para fazer produtos silenciosos (automóveis, máquinas de lavar, condicionadores de ar), então seguramente também existe uma tecnologia para silenciar a produção destes bens".

Os primeiros passos no controle de ruídos e vibrações são a identificação e a quantificação das fontes, para que sejam adotadas as técnicas mais apropriadas para cada caso específico.

Embora cada máquina tenha fontes distintas, exigindo estudos específicos para cada caso, em geral, o ruído é provocado por: impacto ou atrito entre partes da máquina, entre a ferramenta e a peça de trabalho, entre partes móveis e o ar; jatos de ar (turbulência); fenômenos elétricos (magnetostrição) e vibrações.

As vibrações, principal causa imediata de ruídos, são, por sua vez, produzidas por movimentos de partes da máquina em que atuam forças variáveis tais como: rotação com carregamento

excêntrico, velocidades intermitentes ou variáveis, impactos mecânicos e choques de ondas sonoras sobre superfícies e painéis.

Nem sempre é possível identificar de imediato, numa máquina em funcionamento, as principais fontes de ruído (e suas contribuições individuais para o nível total detectado) quando estas se apresentam simultaneamente. Neste caso procede-se a uma análise de frequência, já que muitas fontes apresentam aspectos característicos. Por exemplo, impactos entre peças metálicas ou jatos de ar de alta pressão produzem elevados níveis de ruído em faixas de oitava de alta frequência [76]. Já transmissões por engrenagens produzem ruídos de frequências variáveis em função do número de dentes e da rotação de cada peça, além de outros problemas de manutenção e de fabricação, como desalinhamentos, tolerâncias e lubrificação [74]. Outro motivo para se conhecer o espectro de frequências dos ruídos produzidos por uma máquina é a escolha do método de controle: diferentes frequências exigem diferentes medidas de correção (por exemplo, ruídos de baixa-frequência são muito mais difíceis de serem atenuados do que ruídos de alta-frequência, quando se utiliza barreiras para controle do som).

O som produzido por uma máquina está, na maioria dos casos, relacionado com a potência necessária para seu funcionamento. Esta relação, porém, não foi ainda quantificada de modo preciso já que a modificação da potência envolve mudanças em outros parâmetros também importantes. No entanto, algumas observações empíricas mostram que duplicando a potência podem ocorrer aumentos de 3 a 5 dB no nível do ruído [77:107]. Diehl [77] sugere a seguinte relação aproximada: Acréscimo em dB = $17 \log$ (razão de potências). Portanto, uma regra geral para redução do nível de

ruídos é o projeto de máquinas menos potentes.

Em geral, as máquinas mais velozes são mais ruidosas que as de baixa velocidade. O aumento de ruído, em função da velocidade, depende também do tipo de máquina, da montagem, da razão entre massas móveis e massas fixas, do alinhamento e de ressonâncias estruturais. Estas relações podem ser determinadas experimentalmente. No caso de máquinas centrífugas (bombas e compressores), o ruído cresce numa proporção de 20 a 50 vezes o logaritmo da razão de velocidade [77:108].

O desbalanceamento é outra importante causa de vibrações que pode ser eliminada em grande parte durante a fabricação. Os seus efeitos são mais pronunciados em altas velocidades, uma vez que as forças geradas são proporcionais ao quadrado da velocidade. Durante o projeto pode se tentar evitar formas construtivas que sejam funcionalmente desbalanceadas ou tentar compensar, com massas dinamicamente equilibradas, as formas necessariamente não simétricas.

Ressonâncias estruturais geralmente são responsáveis por muitos componentes do espectro de som, que não estão relacionados a nenhuma das fontes mais evidentes. Essas ressonâncias podem ser excitadas por desbalanceamento, impacto ou atrito, provenientes quase sempre de partes internas da máquina. No projeto de maquinaria silenciosa é sempre necessário que frequências naturais de vibração não sejam coincidentes com frequências de excitação das diversas forças presentes. Isto pode ser conseguido alterando as frequências das forças de excitação ou a frequência natural de vibração das partes ressonantes através de modificações da massa ou da rigidez da estrutura. É possível também ate-

nuar os efeitos da ressonância através do amortecimento da estrutura.

As engrenagens são importantes fontes de ruído, cuja magnitude e frequência dependem do projeto, de tolerâncias de fabricação e de montagem, e de condições de operação. Impactos, atrito entre os dentes e desbalanceamentos são os principais causas de vibrações e ruídos. Quanto às medidas de prevenção que se pode tomar durante o projeto, deve-se considerar o tipo de engrenagem, a geometria dos dentes, a carga unitária sobre os dentes, os materiais de fabricação, a montagem, etc. As montagens em eixos paralelos provocam menos ruído do que construções sob outro ângulo qualquer; em iguais condições (relação de redução e esforços), as engrenagens helicoidais permitem uma melhor distribuição de carga entre os dentes, produzindo ruído com cerca de 12 dB a menos que o produzido por engrenagens de dentes paralelos [74]. Materiais plásticos, como o nylon, podem, em alguns casos, substituir materiais convencionais que são mais ruidosos.

Acoplamentos produzem ruído devido à fricção com o ar, a que se somam os efeitos (ruído e vibração) devido a possíveis desalinhamentos da montagem. Reduções efetivas do nível de ruído podem ser alcançadas enclausurando-se a montagem [77:117] e prevendo-se juntas flexíveis.

O som gerado por superfícies vibratórias depende da velocidade de deslocamento da superfície e da área de radiação. Dependendo das condições de contorno um som de comprimento de onda λ pode ser gerado por uma superfície que tenha uma dimensão superior a $1/4\lambda$. Assim, ruídos de baixas frequências são limitados a grandes superfícies, que podem ter sua radiação sonora

reduzida se forem divididas em pequenas áreas. Ruídos provenientes de superfícies amplas também podem ser reduzidos fazendo-se aberturas que permitam a passagem do ar, que diminui o diferencial de pressão entre os dois lados [77:119]. Amplas superfícies vibrando em baixas amplitudes podem irradiar grande quantidade de energia sonora, principalmente quando estiverem rigidamente conectadas à máquina. Onde tais superfícies irradiam som, redução de ruído pode ser obtida: 1) aplicando material absorvedor de vibração num ou em ambos os lados; 2) isolando fontes vibratórias montadas sobre elas; 3) montando esses componentes em outras estruturas com menores áreas de radiação; 4) subdividindo a peça única em superfícies menores com área equivalente; 5) perfurando a peça com largos buracos que, além de radiar menos som, modifica a frequência natural [76].

Os ruídos induzidos por impactos são função de inúmeros fatores. Além das variáveis específicas para cada caso, deve-se considerar, em geral, a influência das seguintes grandezas: velocidade, peso, forças atuantes, materiais, rigidez da estrutura, viscosidade de lubrificantes e folga entre os elementos.

No caso de cames, o ruído de impacto resulta, também, de aceleração ou desaceleração repentina, em alguns pontos de transição abrupta da superfície. Neste caso pode-se redesenhar o perfil da peça, aumentar a pressão da mola do rolete seguidor, introduzir material resiliente entre as superfícies, ou mesmo substituir o material usado na fabricação do conjunto [76], e reduzir a velocidade de operação.

Grandes forças produzem altos níveis de ruído quan-

do um impacto ocorre num pequeno instante de tempo, em máquinas como prensa, martelo, tesoura de corte, etc. Forças instantâneas menores estarão envolvidas e picos de ruído mais baixos serão produzidos se a operação da ferramenta for distribuída num maior período de tempo. Isto pode ser obtido reduzindo a aceleração máxima e a quantidade de movimento (menor velocidade) dos elementos móveis. Em máquinas de corte, como prensas puncionadoras, as matrizes superiores e inferiores podem ser desenhadas para atuarem não simultaneamente em todo seu perímetro, realizando o corte em mais tempo, com menos potência e produzindo menos ruído (Figura 5.8).

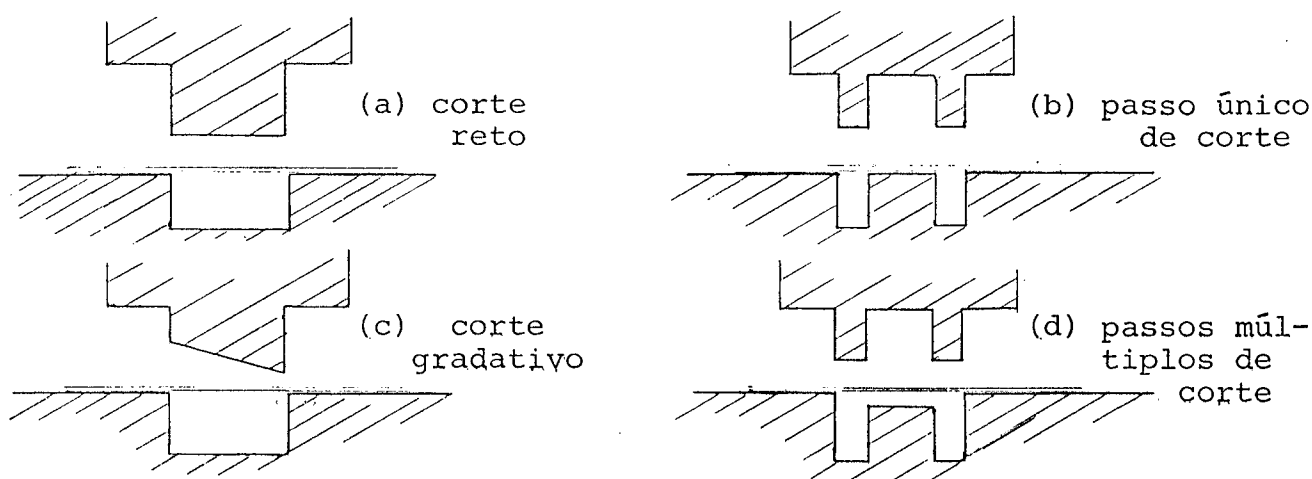


FIGURA 5.8 - Representação esquemática de puncionamento. (c) e (d) produzem menos ruído [76].

Conforme já dito anteriormente, o método de controle de ruídos mais eficiente é aquele realizado diretamente na fonte durante o projeto, fabricação e operação de uma máquina. No entanto, nem sempre é possível modificar o projeto, e estreitar as tolerâncias de fabricação e montagem, ou, então, tais medidas

são insuficientes para eliminar o risco. Neste caso a redução do ruído e da vibração é feita após a concepção do equipamento, através de cinco métodos básicos: absorção de som, isolamento de vibração, isolamento de som, amortecimento de vibração e abafamento através do uso de silenciadores [77:137-8]. Antes da aplicação de alguns desses métodos é necessário saber se o ruído é irradiado diretamente no ar a partir da fonte primária ou se é induzido por vibrações transmitidas pela estrutura.

A absorção é utilizada em ambientes de trabalho contendo uma fonte de ruído, para reduzir o som reverberante. Materiais absorventes (lã de vidro, lã de rocha, espumas, nylon, tijolos de barro, etc.) reduzem o nível geral de ruído transformando energia acústica em calor, através da força de atrito entre suas fibras e de perdas internas [77:138]. O ruído perto da máquina, em geral, é pouco ou nada reduzido. Estes materiais, quando aplicados em paredes de enclausuramentos de certos componentes particularmente ruidosos, como motores, permitem maior eficiência na redução de ruídos. A seleção destes materiais deve levar em conta que alguns deles (lã de vidro e lã de rocha, por exemplo) são nocivos para quem os fabrica ou manipula.

O isolamento de som é um método comumente utilizado para separar o operador ou outros trabalhadores de uma máquina ruidosa através de barreiras (paredes, cabines, etc.) de material refletor de som. Neste caso é importante a capacidade de perda de transmissão através da barreira que é função de características do material (massa por unidade de área, rigidez, amortecimento interno, ressonância, etc.) e das ondas sonoras (frequência e ângulo de incidência). Pode, também, ser útil para isolar ou direcionar o ruído produzido por determinados componentes da máquina

(acoplamentos, motores, ventiladores, engrenagens, etc.), prevenindo-se, quando necessário, as aberturas de ventilação devidamente protegidas com silenciadores e/ou materiais absorventes.

Dentre outros fatores importantes, deve-se considerar a influência da frequência do ruído no projeto do isolamento. Enclausuramento de maquinaria deve ser o mais rígido possível para baixas frequências (abaixo da frequência ressonância); o isolamento de ruídos de média frequência (entre a frequência de ressonância e a frequência crítica) é diretamente influenciado pela massa do material empregado nas paredes; e para altas frequências, deve-se ter rigidez e amortecimento elevados [77:142].

O isolamento de vibração tem a finalidade de reduzir a magnitude da força transmitida por uma máquina ou parte vibratória de uma máquina para a estrutura de sustentação, e, inversamente, pode ser para reduzir a amplitude do movimento vibratório, transmitido por uma estrutura suportante, para uma parte do sistema que irradia ruído ou que se queira proteger [77:157]. Várias técnicas podem ser utilizadas, sendo aplicadas tanto na parte de vibração como na estrutura (cadeira, bancada, piso) que se quer proteger ou, ainda, através da inserção de isoladores de vibração. A descrição e aplicações práticas destas técnicas são encontradas nas referências [77 e 75].

O amortecimento é a dissipação de energia mecânica, associada à vibração, sob forma de calor. Sistemas mecânicos complexos têm muitas frequências de ressonância e, sempre que uma frequência de excitação coincide com uma delas, a amplitude de vibração é limitada somente pela capacidade de amortecimento do sistema.

O mecanismo do amortecimento de maior interesse para controle de ruído é a histerese mecânica. A histerese, também chamada "fricção interna" ou "amortecimento do material", resulta do processo dissipativo em materiais, ao nível molecular ou granular. Materiais estruturais convencionais, como o aço, têm baixo amortecimento, que pode ser melhorado por aplicações superficiais de materiais com alta histerese, como os elastômeros [76].

Outros mecanismos são a fricção entre superfícies lubrificadas (amortecimento viscoso) e secas (amortecimento de Coulomb); o transporte de energia para meios próximos (estruturas, fluídos, placas de material fibroso) e a conversão de frequência [75]. A conversão de frequência ocorre quando energia vibratória, na frequência considerada, é convertida em outras frequências, usualmente maiores, que são mais facilmente transformadas em calor. Essa conversão ocorre, por exemplo, quando materiais granulados (areia, cascalho, granalha de chumbo, etc.) são colocados em contato com superfícies vibratórias, provocando "chocoalhamento" entre estas superfícies e entre grãos adjacentes. O amortecimento obtido é proporcional a amplitude do movimento e depende de outras variáveis como (peso, tamanho do grão, mistura e profundidade da camada).

Uma aplicação de material amortecedor em elementos estruturais é, geralmente, eficiente para reduzir ruídos e/ou vibrações, quando o componente (placa, painel, viga, etc.); 1) é excitado próximo da frequência natural (aumenta a efetividade do isolamento da vibração); 2) está submetido a forças aleatórias ou forças com amplo espectro de frequências; 3) é posto em vibração por forças transientes ou de impacto (engrenagens, cames, pren-

sas, martelos, etc.); 4) transmite vibração para superfícies radiadoras de ruído; e 5) irradia larga faixa de sons (não atua na transmissão de ruídos de baixa frequência) [75] .

A aplicação de materiais viscoelásticos amortecedores sobre superfícies metálicas somente é eficiente quando a energia da excitação usada para a deflexão da camada amortecedora é relativamente grande em relação à energia necessária para deformar a estrutura [77] . Quando o material é aplicado a placas relativamente finas, a diminuição da intensidade do ruído transmitido ou radiado pode variar de 2 a 20 dB [76].

Como regra prática, pode-se considerar a espessura da camada protetora entre a metade e o dobro da espessura da superfície a ser amortecida. O revestimento pode ser aplicado em ambos os lados do componente e, no caso deste ser submetido a condições que possam danificá-lo, a proteção pode ser aplicada na superfície oposta, não submetida diretamente a impactos e ao desgaste [76] .

Finalmente, outra medida complementar poder ser o afastamento da fonte de som (máquina ou componente) do operador . Devido à difusão das ondas de som, a duplicação da distância entre a fonte e o receptor reduz a pressão sonora à metade, fornecendo uma redução de 6dB. Isto, no entanto, só é efetivo onde o som pode se propagar sem confinamento.

5.5.5 - Pó e Vapores

Muitas operações de usinagem, notadamente as de

acabamento fino, produzem pós metálicos que são transportados pelo ar até o operador. Por outro lado a crescente velocidade das máquinas exige sistemas de lubrificação mais aperfeiçoados (por exemplo, lubrificação por névoa de óleo) e líquidos de refrigeração mais eficientes, cujos vapores e contato representam riscos à saúde dos operadores, podendo provocar doenças pulmonares, câncer, dermatoses, etc.

A prevenção destes riscos pode ser feita diretamente na fonte ou no ambiente. A utilização de equipamentos de proteção individual é, quase sempre, ineficiente.

No controle na fonte pode-se, antes de tudo, mudar o processo ou algumas de suas características, como temperatura, velocidade, pressão, etc. As fontes de risco, que se constituem basicamente no ponto de operação e contorno imediato (peça, ferramenta, refrigerantes, etc.) e nos pontos de lubrificação, devem ser enclausuradas hermeticamente. Embora todos os pós metálicos representem riscos para a saúde dos trabalhadores, alguns metais são mais nocivos por conterem elementos altamente tóxicos (berílio, cobalto, molibdênio, tungstênio, etc.) [6]. Do mesmo modo, substâncias químicas menos tóxicas podem ser utilizadas nos óleos lubrificantes, graxas e refrigerantes. Outras fontes de risco são alguns materiais presentes nos aglomerantes de rebolos: fenol das resinas fenólicas, e silício nos rebolos vitrificados.

O controle ambiental pode ser feito através de dois sistemas básicos: 1) ventilação geral ou diluidora; e 2) ventilação local ou exaustora.

O sistema de ventilação local, que deve ser pre-

visto durante o projeto da máquina, consiste em quatro componentes principais: 1) uma ou mais coifas; 2) rede de condutos; 3) equipamento de filtragem do ar; e 4) ventilador ou circulador de ar [6:5]. Para instalação e dimensionamento (tamanho e velocidade de aspiração) da coifa é necessário conhecer as características das partículas de poeiras, das névoas e dos vapores (peso, velocidade, etc.), e as correntes de ar locais ou secundárias. A velocidade de captura precisa ser criada no ponto em que os contaminantes são produzidos e numa direção que não atinja a zona de respiração ou o corpo do operador. Velocidades de captura para várias operações industriais são mostradas na referência [6].

NOTAS

- 1-É característico, por exemplo, que alguns ergonômistas [59:5] considerem Taylor como um dos precursores da "ciência do trabalho" e atribuam as críticas as suas idéias "principalmente ao trabalho de alguns cronometristas mal preparados".
- 2-Mesmo os limites já tradicionalmente estabelecidos, como nível de ruídos, são baseados em termos médios que desprezam a variabilidade entre indivíduos, além de desconsiderarem efeitos colaterais. Quanto aos limites desconhecidos "é de máxima importância lembrar que o objetivo da pesquisa de higiene industrial não deve ser fornecer provas absolutas, mas relevar perigos potenciais e providenciar para que sejam eliminados. Prova absoluta requer que trabalhadores adoeçam ou morram para que os cientistas possam então determinar o que foi que os lesou ou matou"[6].
- 3-Eficácia é aqui entendida como eficiência ou rendimento de um gasto de energia para se obter um certo grau de conformidade do resultado com o objetivo buscado, medido não somente por parâmetros econômicos, mas principalmente tendo em vista o conforto, a segurança e a satisfação dos trabalhadores.
- 4-Divisão unitária é o valor crítico das divisões menores de uma escala, acima do qual a precisão de leitura é praticamente constante, enquanto que abaixo os erros aumentam linearmente com a diminuição do tamanho. Depende, também, da distância de leitura [59:136].

CAPÍTULO VI

PROTEÇÃO DE MÁQUINAS

6.1 - Introdução

As técnicas de identificação e análise de riscos indicam componentes e partes de máquinas que representam riscos, diretos ou indiretos (através da atuação em outros componentes), para o operador e outros trabalhadores, bem como permitem identificar os pontos mais efetivos para o controle dos mesmos. Em muitos casos os riscos mecânicos e físicos decorrentes do processo de produção e de falhas das máquinas podem ser eliminados ou controlados através de reprojatos mais adequados. Quando o risco persiste na concepção final, seu controle pode ser conseguido através da utilização de dispositivos de segurança, que também devem ser previstos na fase de projeto, fazendo, portanto, parte da própria máquina de forma harmoniosa.

Até aqui se tem falado principalmente de uma prevenção que se pode chamar prevenção intrínseca, que "consiste em agir sobre as formas, a disposição dos elementos em movimento, o modo de montagem... sem adicionar dispositivos especificamente criados com o fim de garantir a segurança." Com o controle dos riscos inerentes ao funcionamento e à operação da máquina, através de dispositivos de segurança, completa-se a chamada "prevenção integrada" [79].

6.2 - Riscos "inerentes" à máquina

O funcionamento de uma máquina gera zonas de riscos potenciais, devido à transmissão de energia mecânica, em muitos de seus componentes que podem entrar em contato com o operador ou outros trabalhadores. Estes pontos de risco estão presentes nos sistemas de transmissão de força, no ponto de operação e em outras partes móveis.

No caso de máquinas-ferramenta, os sistemas de transmissão, que envolvem a transformação de energia e a transferência de movimentos utilizando eixos, polias, correias, engrenagens, embreagens, volantes, correntes, rodas dentadas e alavancas, apresentam muitos pontos de prensamento, de choques e de atritos violentos. Pela legislação brasileira (NR-12), as transmissões de força com altura inferior a 2,50 m, em relação ao piso ou estrado, devem ser protegidas. A OIT estabelece a altura mínima de 2,60 m como limite de segurança para proteção de partes móveis [80:138].

O ponto de operação, ou de atuação da ferramenta, é a área onde o operador está quase sempre em contato com a máquina, seja para observar o trabalho da ferramenta, ou para posicionar a matéria-prima e retirar as peças, ou, ainda, para limpeza e troca de ferramentas. Para uma operação segura é necessário que a máquina não possa funcionar enquanto parte do corpo do operador estiver dentro da zona de perigo. Isto pode ser conseguido, em primeiro lugar, posicionando-se adequadamente o ponto de operação de tal modo que o operador não seja atingido quando realiza movimentos diretamente ligados à tarefa ou não, considerando a movimentação conjunta de todo o corpo. A amplitude desses movi-

mentos pode ser obtida com o auxílio da antropometria dinâmica (ver item 5.3.1). Devem ser previstas as distâncias de alcance em todas as direções (entrada, saída, laterais, etc.) e durante todas as tarefas (limpeza, manutenção, ajustes e operação propriamente dita). Em segundo lugar, pode-se utilizar dispositivos de proteção, sob a forma de barreiras materiais ou imateriais, que serão descritos mais adiante.

Outras partes móveis, que não fazem parte nem do sistema de transmissão de força nem do ponto de operação, como alimentadores, dispositivos de transporte, mesas e cabeçotes de máquinas, também, são áreas de riscos potenciais quando desprotegidas.

Finalmente, é preciso reafirmar que tais riscos são menos "inerentes" às máquinas do que determinados pelas condições de sua utilização (ver capítulo III), uma vez que os acidentes provocados pelos riscos anteriormente citados são, do ponto de vista técnico, perfeitamente evitáveis. A economia nas condições de trabalho, o ritmo imposto pela linha de produção ou pela máquina, o pagamento por peças, etc. são, em última instância, os condicionantes das situações de periculosidade. Os acidentes ocorrem muitas vezes porque os dispositivos de segurança, embora presentes nas máquinas, não são utilizados, o que é comumente atribuído à "imprudência dos trabalhadores".

Outros riscos, com calor, pós, vapores, etc., também decorrentes da operação das máquinas já foram tratados no capítulo anterior.

6.3 - Princípios gerais para escolha e projeto de dispositivos de proteção

Certas condições ou princípios devem ser cumpridos pela proteção a ser adotada nas máquinas, para que os riscos sejam realmente controlados. Algumas recomendações relacionadas a seguir, foram dadas pela OIT desde 1948, ainda que, de forma bastante genérica [81:223]:

- a) fornecer uma proteção positiva;
- b) prevenir todo acesso à zona de perigo durante as operações;
- c) não ocasionar moléstias nem inconvenientes ao operador;
- d) não interferir desnecessariamente com a produção;
- e) que funcionem automaticamente, ou com mínimo de esforço;
- f) que sejam apropriadas para o trabalho e a maquinaria;
- g) que preferivelmente sejam parte integrante da maquinaria;
- h) que permitam a lubrificação, a inspeção, o ajuste e a reparação da maquinaria;
- i) que sua durabilidade seja suficientemente alta;
- j) que resistam ao uso normal e ao choque de objetos;
- k) que não se deteriorem com a corrosão e o fogo;
- l) que não constituam um risco em si mesmas;
- m) que protejam contra os riscos que normalmente se podem esperar, e contra todos aqueles próprios do trabalho.

Alguns destes princípios (d, f, h) procuram, de forma mais ou menos clara, dar preponderância aos aspectos ligados à produção em relação à segurança, ou então, afirmam a existência de riscos inerentes ao trabalho (item m), reforçando a idéia de risco profissional. Outra recomendação imprópria ou in-

suficiente é que as proteções sejam preferivelmente parte integrante da maquinaria. Do ponto de vista de máxima segurança, uma das condições mais importantes a ser cumprida é que as proteções necessariamente sejam parte integrante da máquina, isto é, que integrem a máquina como um componente ou subsistema necessário a sua operação. Assim, quando os componentes destinados à proteção do operador não estiverem em condições adequadas de funcionamento, ou não forem utilizados, a operação da máquina não será possível. Esta recomendação vem, também, atender à exigência de se fornecer uma "proteção positiva" (item a). Por proteção (ou segurança) positiva entende-se a característica dos elementos de proteção de garantirem o controle eficaz dos riscos mesmo em caso de falhas do próprio dispositivo (quebra), de falta de energia ou de desgaste provocado pelo uso normal. O controle dos riscos é usualmente obtido pela parada imediata do equipamento (e inversão do movimento se necessário), pela manutenção da proteção numa posição que impede o acesso ao ponto de risco, evitando-se a liberação de energia acumulada (potencial, pressão, cinética) ou dissipando-se as energias residuais acumuladas de modo não perigoso.

Para alguns trabalhos de manutenção ou ajuste é necessário a retirada ou a desativação de alguns dos dispositivos de proteção. Nestes casos deve-se projetar máquinas onde a manutenção e o ajuste possam ser executados com o equipamento parado e desligado das fontes de energia. Quando isto não for possível, deve-se prever controles especiais que permitam os ajustes e reparos no equipamento com velocidade inferior à de trabalho, empregando menores quantidades de energia e comandados somente pela ação do trabalhador encarregado do serviço.

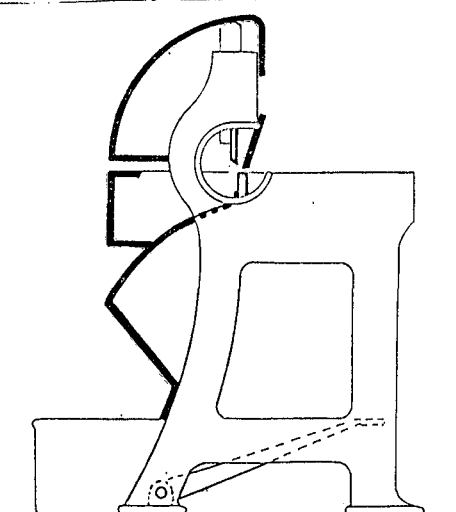
6.4 - Dispositivos de Proteção Típicos de Máquinas-Ferramenta

O enclausuramento dos elementos de transmissão de força foi uma das principais medidas técnicas de segurança adotadas em máquinas. Atualmente vários outros dispositivos e meios de proteção mais sofisticados são conhecidos. Porém, várias máquinas não possuem nem mesmo os mais simples meios de proteção, como coberturas e paradas de emergência.

As guardas de máquinas ou enclausuramentos podem ser dos tipos fixo permanente, removível, regulável e móvel.

Guardas fixas permanentes são utilizadas para proteção de todos os elementos móveis que não exigem manutenção ou substituição, podendo fazer parte da estrutura de sustentação da máquina. Guardas fixas inteiriças são de uso limitado sendo normalmente parciais ou utilizadas em conjunto com guardas desmontáveis (removíveis) para permitir acesso ocasional ao ponto protegido. A figura 6.1 mostra as guardas de proteção do ponto de operação de uma guilhotina operada a pedal. As guardas inferiores traseiras podem ser fixas e as guardas superior e frontal removíveis, para permitir manutenção e troca de ferramenta de corte quando necessário.

FIGURA 6.1 - Guardas de guilhotina operada a pedal; o ponto de operação é protegido em todas as direções [82].



Guardas removíveis são barreiras fixas, que podem ser retiradas somente com auxílio de ferramentas, solidamente presas ao corpo da máquina através de elementos de fixação (parafusos, ganchos de pressão, etc.). Podem enclausurar totalmente a área de risco, como no caso de protetores de transmissões de força, ou permitir a alimentação de matéria-prima sem passagem da mão. Quando retiradas para manutenção, ajuste ou troca de ferramentas, não devem permitir o funcionamento da máquina. Para isto devem estar interligadas com os sistemas de comando ou de potência da máquina. A proteção, quando construída com peças não inteiriças (barras ou redes metálicas), não deve permitir que se alcance o ponto protegido pela introdução do braço, da mão ou dos dedos (Figura 6.2).

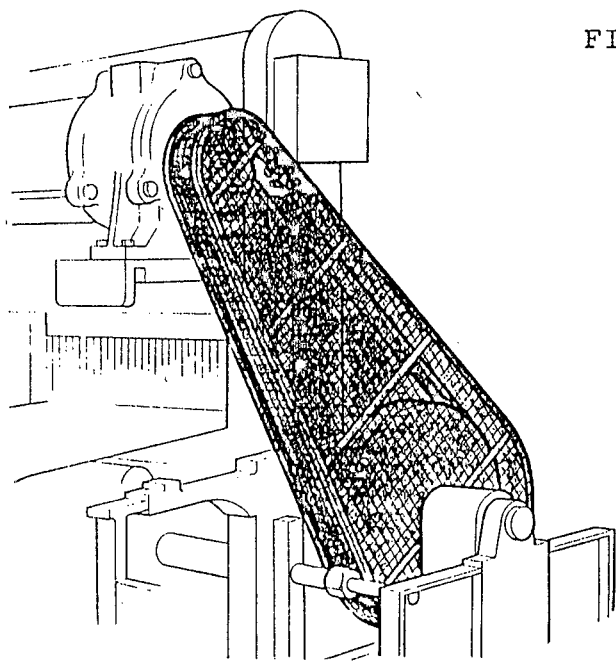
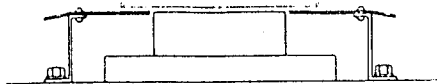
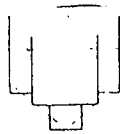


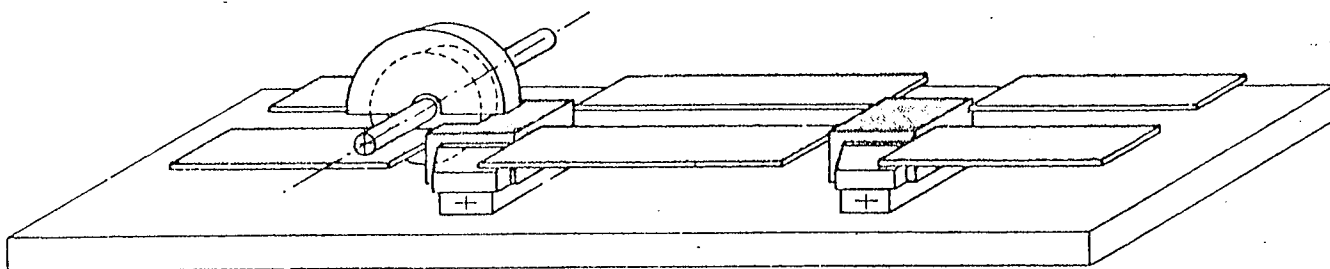
FIGURA 6.2 - Guarda fixa removível, para proteção de transmissão de força com correia (O sistema de interligação não é mostrado) [96].

Em alguns casos (como prensas e plainas), as guardas removíveis podem ser usadas como "mesas falsas" para aumentar a distância à zona de perigo ou demarcar a área limite de movimentação da máquina ou de seus componentes (Figura 6.3a) ou ainda pa

ra impedir o eventual contato com a ferramenta de trabalho, principalmente quando esta funciona sem realizar trabalho útil (Figura 6.3b).



a) Representação esquemática de "mesa falsa" utilizada em prensa para evitar acesso pelas laterais. 94
A proteção frontal deve ser obtida por outros meios, como guardas móveis (não mostrada na figura).



b) O conjunto de guardas instalado sobre a mesa de uma fresadora torna bastante difícil o acesso à "parte atuante" da fresa que permanece descoberta. Esta proteção é particularmente útil quando se realiza a fresagem em dois ou mais postos, como ilustrado acima 95 .

FIGURA 6.3 - Aplicação do princípio da "mesa falsa".

Na proteção do ponto de operação, a abertura máxima é função das dimensões do corpo do operador e da distância ao ponto de risco (Figura 6.4). Várias fórmulas empíricas são utili-

$$y = \frac{x}{10} + 6\text{mm}$$

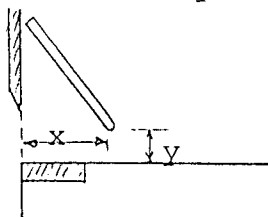


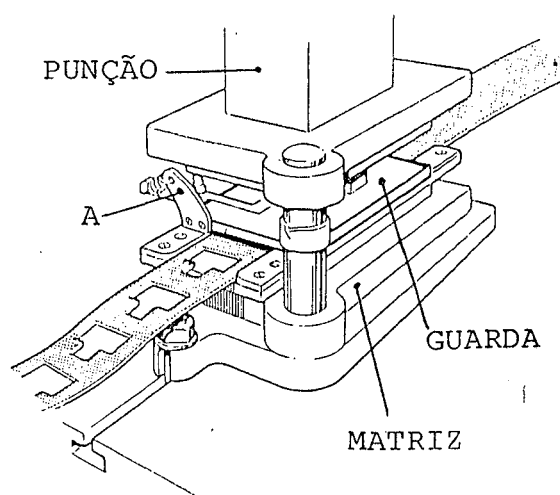
FIGURA 6.4 - Instalação da proteção do ponto de operação em função da distância (x) e da abertura (y) [83].

zadas para projetar as aberturas, sendo dada a Figura 6.4 a relação que fornece os valores mínimos e, portanto, mais seguros, adotada pelo Ministério do Trabalho da Nova Zelândia. É necessário,

no entanto, realizar estudos específicos para adaptar estes valores às características físicas dos trabalhadores brasileiros. Uma boa pesquisa, envolvendo trabalhadores espanhóis e mostrando um estudo comparativo de várias normas e outros resultados de pesquisadores individuais, foi realizada por Arriaga [84]. Este autor verificou a penetração da mão e do braço, em duas posições (prono e supino) e recomenda valores escalonados para as aberturas das proteções, adequadas às características antropométricas de sua amostra.

As guardas fixas e removíveis são utilizadas em praticamente todas as máquinas operatrizes, oferecendo uma proteção eficiente sem necessidade de manutenção constante. Devem, por isso, ser utilizadas sempre que possível (em geral, quando não é necessário o acesso e a visualização durante a realização manual do trabalho), tendo prioridade em relação aos outros tipos de guardas e dispositivos de proteção [96:18]. Em algumas prensas, podem vir instaladas no próprio conjunto de matrizes (Figura 6.5). Cuidado especial deve ser tomado para se evitar qualquer ponto de prensamento ou de cisalhamento entre a matéria-prima que alimenta a máquina e a guarda de proteção (ou estrutura da máquina), que possa ferir a mão do operador.

FIGURA 6.5 - Conjunto de matrizes com guarda fixa. O posicionamento da matéria-prima é feito automaticamente (através do gatilho A) para evitar perdas de material [85].



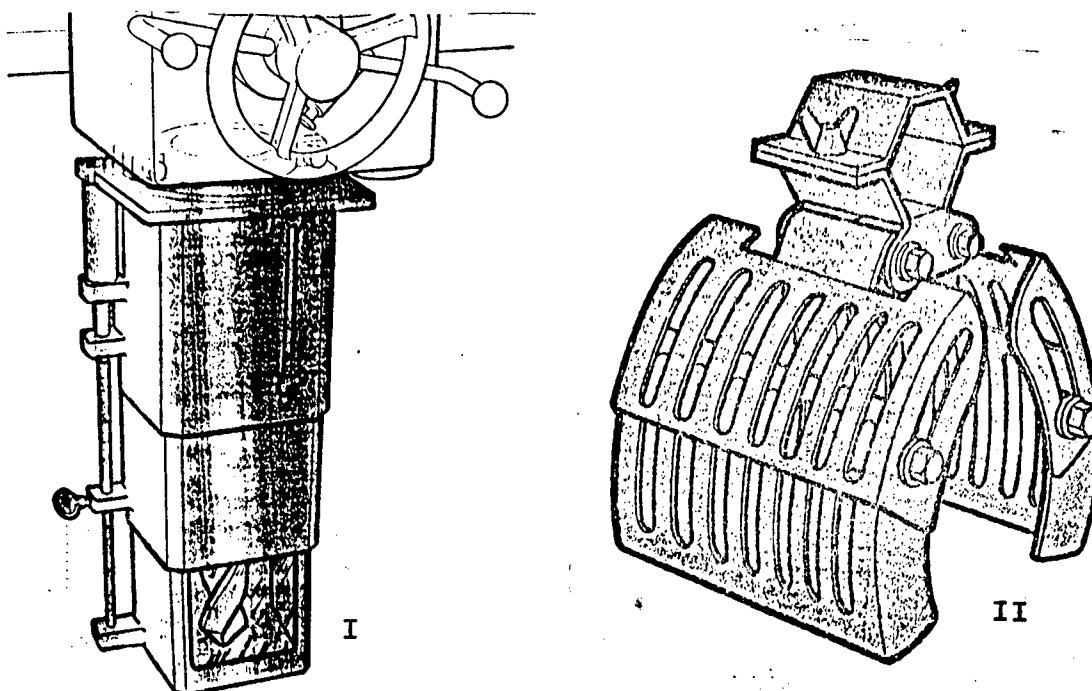
As desvantagens deste tipo de proteção são: aplicação limitada pelas dimensões das peças trabalhadas; atrapalham a visualização do trabalho e dificultam a retirada de peças. Para superar estas desvantagens são utilizadas as guardas reguláveis e as móveis, além de materiais transparentes (vidro e plástico) resistentes aos choques.

As guardas reguláveis permitem a passagem de diferentes peças mas não evitam completamente o risco do operador entrar em contato com a ferramenta durante a operação. Devem, portanto, serem associadas a outros dispositivos de proteção que evitem a aproximação do operador (ou outras pessoas) da zona de risco, como os dispositivos sensíveis, ou que diminuam a gravidade do acidente, como paradas de emergência e eliminadores de energia residual (serão vistos mais adiante). Podem ser de ajuste manual ou automático. O ajuste manual deve ser utilizado do modo mais simples possível (principalmente se são necessárias regulagens frequentes), preferencialmente empregando ferramentas e sem exigir esforços exagerados do operador [91:40]. O mecanismo de fixação deve ser suficientemente firme para impedir a desregulagem devido às vibrações ou choques eventuais durante o funcionamento da máquina (a necessidade de utilizar uma ferramenta em geral garante isto). Além disso, não deve trazer riscos suplementares, notadamente obrigar o operador a se aproximar de elementos móveis ou diminuir seu campo de visão. Também, a sua desmontagem não deve ser necessária para operações correntes de fabricação e de manutenção (troca de ferramentas, alimentação da máquina, limpeza, etc) [91:40]. A proteção ajustada automaticamente cobre totalmente a ferramenta, quando a máquina está ligada mas fora de operação, e para

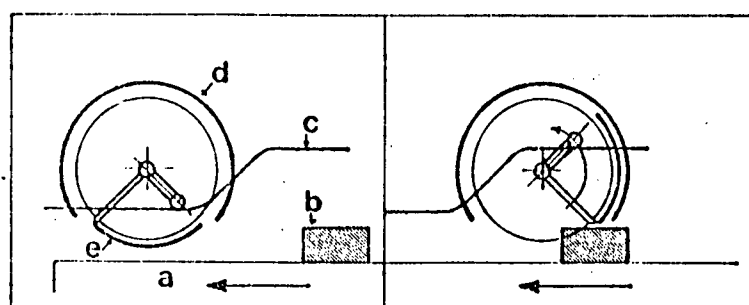
cialmente somente durante a realização de trabalho útil. Os protetores reguláveis devem ser suficientemente robustos para evitar o risco de contato com as partes móveis e sua fácil deterioração . Podem ser em forma de capa (usada em serras circulares, discos de corte, fresadoras, etc) ou do tipo telescópio (usadas em serras de fita [86] , furadeiras verticais [96] , etc.) (Figura 6.6).

As guardas móveis isolam o ponto de risco somente durante a operação permitindo fácil colocação e retirada de peças e, ao mesmo tempo, fornecem proteção efetiva ao trabalhador (Figura 6.7). Devem ser usadas quando é necessário intervenção constante (alimentação da máquina, retirada de peças acabadas, troca de ferramentas, etc) ou ocasional, nas que exija rapidez (por exemplo, incidentes em máquinas automáticas), na região que apresenta algum risco. Também podem ser de acionamento manual ou automático. O tipo mais comum é a guarda ligada mecanicamente ao acionamento (pedal ou alavanca) ou estampo de prensas que só permitem a aplicação de pressão quando isolam totalmente o ponto de operação. Para facilitar a visualidade são utilizadas grades ou materiais transparentes. Em prensas acionadas por comandos elétricos, as guardas podem ser interconectadas com o circuito elétrico de acionamento, tendo predominância sobre este [87] . Este princípio pode ser adaptado para outras máquinas com modificações específicas para cada caso. É importante, em qualquer aplicação, que o mecanismo seja auto-controlado, isto é, a máquina não pode operar caso o acionamento da guarda apresente falhas (proteção positiva).

Outros princípios que as guardas móveis devem obedecer são [91:39] : 1º) o operador não pode alcançar os elementos

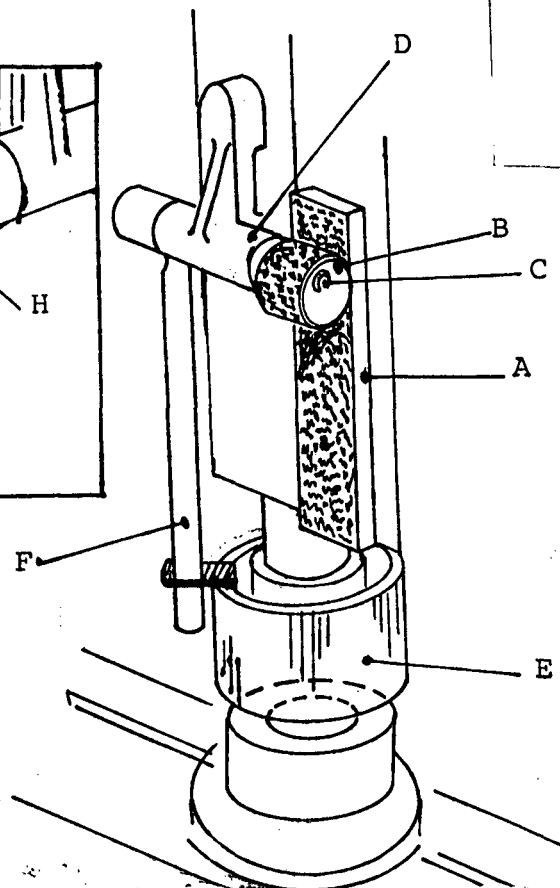
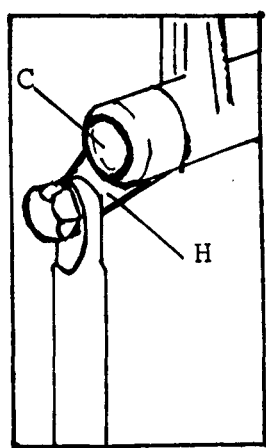


a) Protetores de ajuste manual do tipo "telescópio" (I) usado numa furadeira vertical (o sistema de fixação permite o ajuste fácil, sem auxílio de ferramentas) e do tipo "capa" (II), usado para enclausuramento parcial de fresas (o sistema de fixação, neste caso, porca-parafuso, exige o emprego de ferramentas para regular altura e largura da proteção, por ser crítico o risco de contato da capa com a ferramenta) [96] .

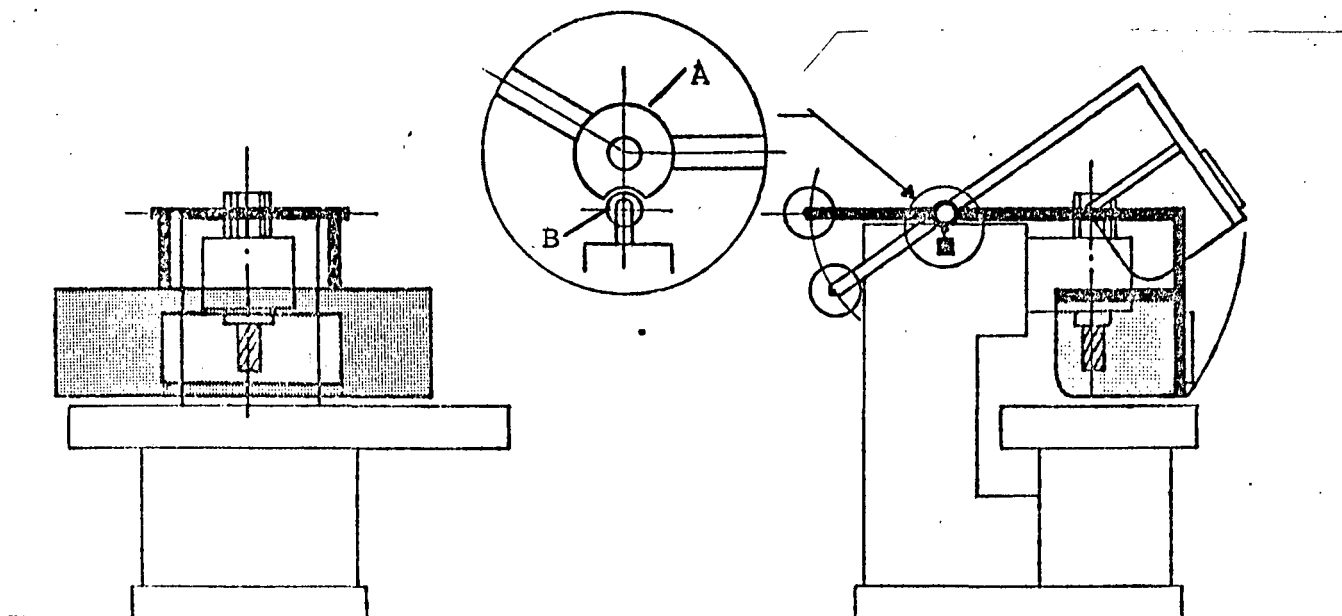


b) Protetor de ajuste automático usado em fresa: a) mesa; b) peça c) rampa que acompanha a mesa durante seu movimento de translação horizontal; d) protetor fixo; e) protetor móvel, movimentado pela rampa que atua sobre o braço em "L" [95] .

FIGURA 6.6 - Protetores reguláveis



a) guarda automática para prensas: o curso da ferramenta é interrompido pelo efeito de frenagem entre o excêntrico recartilhado (B), ligado através da bucha (D) ao êmbolo, e a tira de lona de freio (A) rigidamente presa ao corpo da máquina. O sistema entra em ação quando a descida da guarda (E) é impedida, atuando no eixo do excêntrico (C) através da barra vertical (F) e da alavanca (H). A lona de freio tem que ser substituída regularmente [85].



b) Guarda posicionada manualmente para proteção de fresadora vertical: A vista frontal mostra a guarda e o visor de material transparente e a vista lateral o sistema de interligação (em destaque) que impede a operação com guarda levantada (o came A atua sobre o interruptor B) [95].

FIGURA 6.7 - Guardas móveis automática (a) e manual (b)

em funcionamento, isto é, em caso de abertura do protetor o tempo de parada dos elementos móveis deve ser inferior ao de abertura ou, em caso contrário, a abertura só pode ser completada após parada total dos movimentos perigosos. Estes efeitos podem ser obtidos através de freios e outros dispositivos (temporizadores, detectores de rotação), descritos mais adiante. Igualmente deve-se prever a eliminação de riscos devido à liberação da energia potencial acumulada em prensas de movimento vertical ou mesmo devido ao acionamento acidental decorrente de defeitos nos circuitos elétricos. Calços mecânicos (Figura 6.8), que se posicionam automaticamente, são eficientes para controlar estes riscos; 2º) o protetor móvel não pode constituir um risco em si mesmo, ou seja, seu movimento (quando acionado automaticamente) não deve ser tão rápido que provoque golpes perigosos, sua forma deve evitar pontos de esmagamento, de cisalhamento, nestas constantes e cantos vivos e, por último mas não menos importante, o enclausuramento não pode ser insuficiente; 3º) o fechamento de um protetor não pode colocar a máquina em marcha, para isto é necessário que seja efetuada uma ação voluntária do operador sobre os órgãos de comando.

Guardas móveis são também utilizadas para proteção de outros pontos móveis que precisam ser descobertos com muita frequência para trabalhos de regulagem ou de manutenção. Neste caso, também devem ser interligadas com o circuito de operação ou de potência da máquina, impedindo-a de funcionar quando estiverem abertas. Além dos dispositivos mecânicos e elétricos de interligação, o sistema de chaves de transferência são bastante simples e eficientes (Fig. 6.9).

Alguns dispositivos, utilizados em prensas de peque-

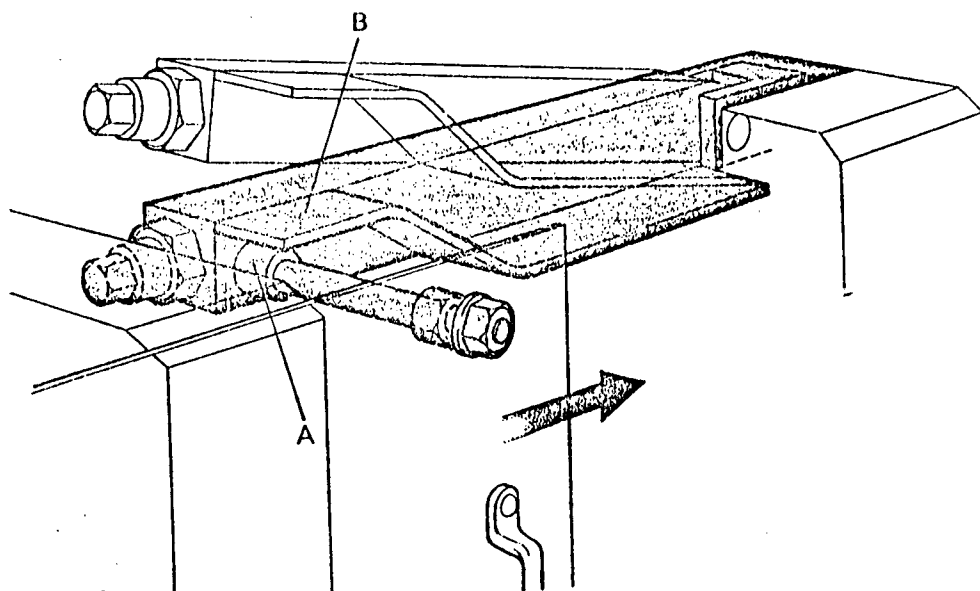


FIGURA 6.8 - Dispositivo de retenção mecânica. Utilizado como precaução complementar ao fechamento involuntário das matrizes de uma prensa hidráulica de movimento horizontal. O dispositivo é um simples calço que se posiciona entre as matrizes, pela ação do seu próprio peso, assim que a guarda móvel é aberta. Quando a guarda é fechada, o rolo (A), a ela ligado, atua sob a rampa (B), levantando o calço. O perfil da rampa deve ser tal que só permita a desobstrução da prensa quando a posição da guarda proteger efetivamente a zona de risco [96].

no porte, atuam sobre o corpo do operador retirando-o da área de atuação do estampo no momento da operação. Podem ser do tipo arrastador (varredor) que consiste em um bastão com movimento pendular mecanicamente ligado ao cilindro acionador (Figura 6.10), ou do tipo afastador, onde as mãos são retiradas da zona de perigo através de cabos presos aos braços do operador e ligados ao êmbolo da prensa. Estes dispositivos são seguros e simples mas apresentam algumas desvantagens: incomodam o operador; o arrastador somente pode ser usado em baixas velocidades; o afastador exige ajustamento constante dos cabos e restringe a movimentação do trabalhador. Podem ser, também, associados a dispositivos de bloqueio automático da descida da ferramenta.

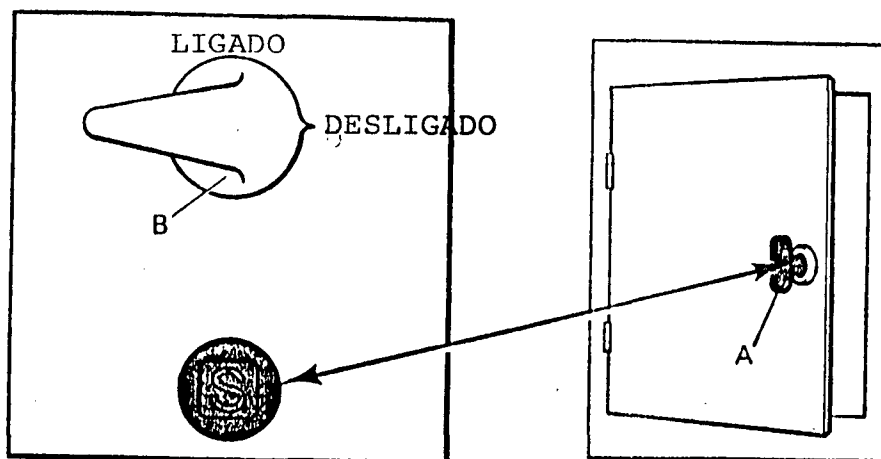
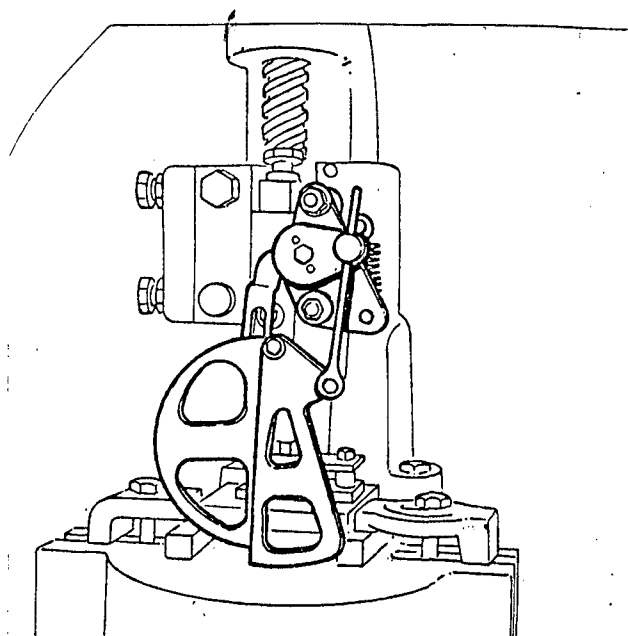


FIGURA 6.9 - Aplicação prática do sistema de interligação por chave de transparência: a chave (A) está bloqueada na porta que enclausura alguma zona de risco e não pode girar e ser retirada a menos que a porta esteja fechada. O interruptor (B) não pode ser ligado sem que a chave (A) seja introduzida, girada e bloqueada na fechadura (S). A chave só pode ser retirada da fechadura quando o interruptor está em posição DESLIGADO, conforme mostrado na figura [96] .

FIGURA 6.10- Dispositivo arrastador [85]. Ao ser interrompido o movimento pendular, gera-se um movimento relativo entre partes do pêndulo, que aciona um sistema de bloqueio (engrenagem) da descida do êmbolo.



Comandos bimanuais (botões e alavancas) impedem o acionamento da máquina quando uma das mãos está dentro do campo de ação da ferramenta. Para obter este resultado algumas condições devem ser satisfeitas [79, 96:16]: o mecanismo acionado de

ve parar ou retroceder à posição original logo que cesse a atuação de uma das mãos sobre o comando; a posição, distância e proteção devem impedir sua manobra com uma só mão, uma mão e outra parte do corpo ou com uma ferramenta; a diferença máxima do tempo de acionamento dos dois comandos deve ser tal que impeça o bloqueio de um comando na posição de acionamento (na França a defasagem máxima é de 0,3 segundos e na Inglaterra, 1,0 segundos); o ciclo seguinte não pode ser realizado se os dois comandos não retornarem à posição inicial. Outro tipo de comando com o qual se pode obter o mesmo resultado é o controle remoto, utilizável sempre que for possível alimentar a máquina automaticamente. Estes dispositivos, no entanto, fornecem uma proteção efetiva somente para o operador, permanecendo o risco para outros trabalhadores que eventualmente se aproximem da máquina.

Dispositivos de parada de emergência podem ser concebidos para dar fim, dentro de um tempo bastante curto, a todo incidente que possa ter consequências corporais ou materiais. Em caso de utilização, estes dispositivos somente podem ser rearmados por meio de uma chave. Para que atuem com eficiência é necessário que efetuem a separação da máquina da fonte de energia, mantenham a separação após a parada e eliminem energias (cinética, potencial ou pressão de fluídos) acumuladas e passíveis de se liberar ou disponíveis no momento da parada [79]. No último caso podem ser usados freios, válvulas de escape, travas mecânicas, etc.

Em algumas situações, embora seja também necessário dissipar os movimentos, não é preciso que isto seja feito de modo imediato, deixando que a energia (particularmente a cinética)

seja controlada pela ação do atrito entre as partes móveis. O que se deve garantir é que a abertura da guarda de proteção (geralmente uma guarda móvel) não possa ser completada antes que o risco tenha sido eliminado. Conforme dito anteriormente dois tipos de dispositivos podem atender a este propósito: os detectores de rotação e os temporisadores.

Os detectores de rotação (Figura 6.11) impedem a abertura das guardas de partes móveis até que o movimento cesse ou não represente risco para o trabalhador. Estes dispositivos funcionam segundo diferentes princípios como força centrífuga, atrito, produção de correntes de Foucault ou emprego de um gerador de tensão, mas não fornecem, em todos os casos, uma proteção positiva. Outros são pouco sensíveis às baixas velocidades [96:16].

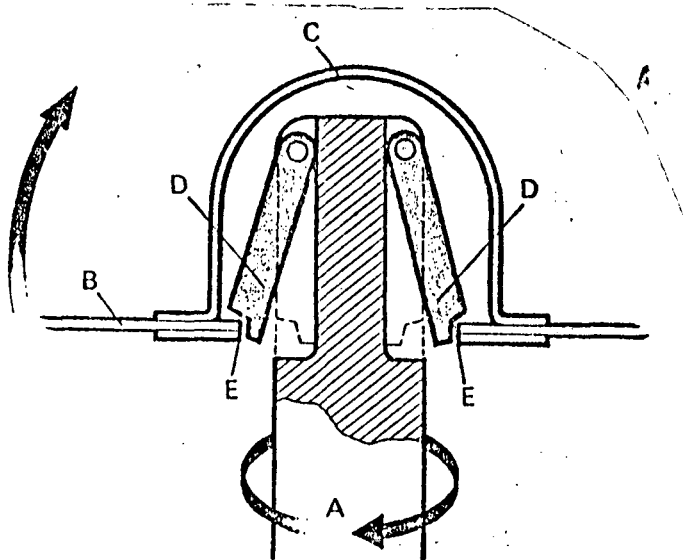
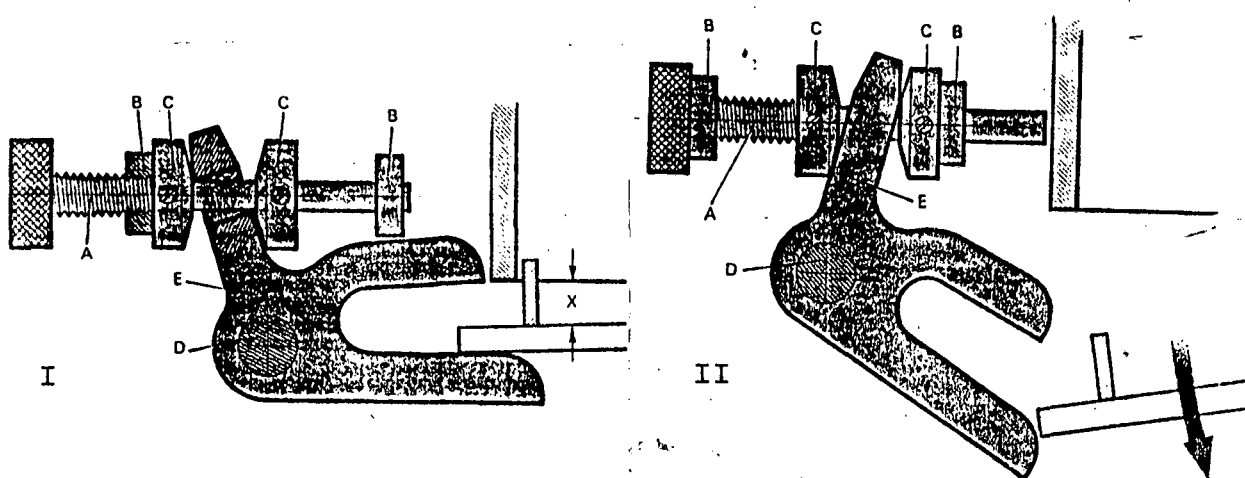


FIGURA 6.11 - Dispositivo detector de rotação. O eixo vertical (A) é protegido pela cobertura (C) fixa sobre a guarda (B). Os dois braços pivotantes (D), fixos no topo do eixo, impedem a abertura da guarda, enquanto há movimento residual, graças ao efeito da força centrífuga e aos ressaltos (E). Quando a rotação é pequena (não representando um risco), os braços assumem a posição indicada em linhas tracejadas permitindo a abertura da proteção [96].

Os dispositivos temporizadores (elétricos, mecânicos e eletromecânicos) permitem a abertura inicial de uma guarda interligada (o suficiente para separar a máquina de sua fonte de energia, mas sem representar um risco) e a detêm numa posição segura o tempo suficiente para cessar todos os movimentos perigosos (Figura 6.12a). O tempo de abertura ajustado deve ser superior ao tempo máximo de parada dos elementos rotativos observados na máquina após o corte de energia. Por outro lado, o dispositivo da temporização pode estar embutido no próprio sistema de interligação (Figura 6.12b).



- a) Dispositivo temporizador mecânico de comando manual. O parafuso (de cabeça recartilhada (A) passa pelos suportes (B), tem rosca em uma extremidade e possui dois anéis perfilados (C). A alavanca (E) suportada pela haste (D) é perfurada numa extremidade, por onde passa o parafuso. A outra extremidade da alavanca, em forma de "U" com braços desiguais, permite a abertura da guarda num ângulo (X) suficiente para desligar a máquina de sua fonte de energia através de um dispositivo de interligação (não mostrado na figura). Para completar a abertura é necessário deslocar a alavanca (E) até a posição mostrada em (II) atuando no parafuso duante um tempo dado pelo comprimento e pelo passo da rosca. O braço menor da extremidade em "U" impede que a guarda seja fechada antes que volte à posição inicial [96] .

b) Sistema interligação - temporização. Na posição indicada o parafuso (A) deixa o interruptor (D) fechado o que permite o funcionamento da máquina. Quando o parafuso é girado o interruptor é aberto assim que o ponto atuante fica fora da ranhura (B) e somente na posição limitada pelo batente (C) (pontilhada), a guarda (em hachurado) pode ser aberta.

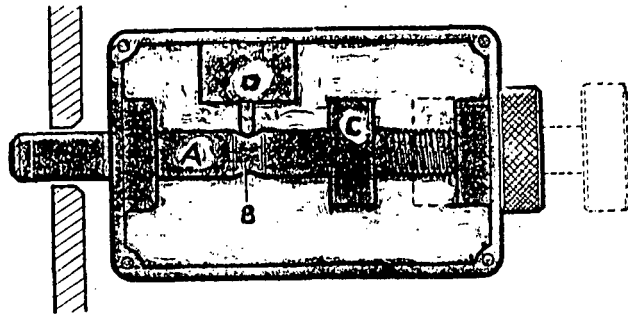


FIGURA 6.12 - Dispositivos temporizadores mecânicos [96] .

Para desligar a máquina em caso de risco, além dos dispositivos de acionamento manual (chaves, botões, alavancas) , existem dispositivos sensíveis automáticos (mecânicos, elétricos, células fotoelétricas e rádio-frequência), interligados ao circuito de operação da máquina, que interrompem a operação assim que parte do corpo do operador entre na zona de risco. Os sistemas automáticos são mais utilizados em prensas, tesouras e máquinas com cilindros laminadores ou de alimentação, em particular onde o emprego de um protetor fixo ou de um protetor móvel interligado é impossível. Recomendações para construção e seleção de barreiras imateriais (células fotoelétricas) são dadas na referência [88] . Nestes dispositivos é fundamental considerar, além das possibilidades de falhas (operação com o circuito desconectado e não interrupção da operação quando se interrompe o circuito), a relação entre a velocidade de atuação do dispositivo e a velocidade de aproximação da mão do operador. Na Inglaterra, o limite oficial de pa

rada do movimento de descida do embolo de prensas é de 0,2 segundos (célula fotoelétrica). No entanto, o tempo de aproximação da mão, para operadores masculinos (16 a 25 anos), pode ser menor que o limite adotado, o mesmo podendo ocorrer para operadores com idade superior a 25 anos, quando a mão estiver com uma velocidade inicial não nula no momento em que atravessa a cortina de raios luminosos [89]. A desobstrução do feixe de luz não deve permitir que a máquina reinicie sua marcha. Para isto é necessário uma atuação voluntária do operador. Outros dispositivos sensíveis são os tapetes sensíveis à pressão, que funcionam devido a ação de um certo número de interruptores elétricos ou de distribuidores hidráulicos ou pneumáticos convenientemente distribuídos sob um tapete interligado ao dispositivo de comando e recobrimdo todo o contorno da zona de perigo [96:15]. Estes tapetes são utilizados, particularmente, tendo em vista as paradas de emergência (devendo estar associado a freios ou outros dispositivos de controle de energia residual), como meio de proteção de outras pessoas que podem entrar na zona de risco ou como segurança auxiliar para reforçar uma proteção clássica [96:16].

A alimentação automática ou semi-automática pode ser facilmente utilizada para alguns produtos com pequena variação de forma, sendo muito seguras por manterem o operador distante da zona de atuação da ferramenta. No entanto, não protegem outras pessoas e podem criar riscos para o pessoal de manutenção e ajustagem.

Outros métodos de proteção são a limitação de percurso e de pressão de operação. Em algumas máquinas (prensas, tesouras, etc.) é possível limitar o percurso em vazio da ferramen-

ta de modo a impedir a entrada dos dedos nos pontos de pressão. A abertura máxima de 6 mm restringe-se, no entanto, a somente alguns tipos de peças. Em máquinas que operam com baixas pressões nos pontos de prensamento, pode-se utilizar aliviadores automáticos de pressão. Se o operador for preso no mecanismo em movimento, a pressão cresce e o ciclo de operação é interrompido seja por parada, alívio de pressão ou retorno automático da máquina [90].

Para trabalhos de manutenção e ajustes deve-se, sempre que possível separar a máquina de sua fonte de energia. É fundamental que a religação só possa ser feita pelo operário responsável pelo trabalho. Isto pode ser obtido, em geral, através do sistema de chave de transferência (conforme descrito anteriormente) ou com chaves de uso exclusivo do responsável. Antes de se realizar o trabalho deve ser verificada, após o ponto de separação, a existência de tensão elétrica, pressão de fluido, energia potencial susceptível de se liberar ou energia cinética acumulada. Em caso afirmativo a dissipação desta energia residual deve ser feita sem riscos para os trabalhadores [91:42].

Em algumas máquinas pode ser necessário movimentá-la para operações de regulagem ou movimentação. Neste caso um comando específico pode neutralizar parcialmente os dispositivos de segurança. A operação da máquina deve, para diminuir os riscos, ser realizada com comando controlado manualmente e empregando o mínimo possível de energia. O comando pode ser uma posição selecionada nos próprios controles da máquina (seletor com posição "regulagem"), uma caixa portátil conectável à máquina ou interligada à própria abertura de uma guarda móvel, quando são necessárias intervenções frequentes [91:43].

Os vários tipos de protetores e dispositivos de segurança apresentados devem ser selecionados em função, principal-mente, das características das operações a serem realizadas pela máquina, do material a ser trabalhado, das tarefas dos trabalhadores direta ou indiretamente envolvidos com a máquina e do nível de gravidade dos riscos a serem controlados. Assim em cada caso deve ser feita uma análise específica para se escolher a proteção mais adequada. No entanto, pode-se seguir uma ordem de prioridade, que facilite esta seleção, baseada na eficiência do controle do risco [96:18]. No caso em que o acesso à zona de risco não é necessário durante o funcionamento da máquina deve-se dar, como já dito anteriormente, prioridade aos protetores fixos que, além de fornecerem alto nível de proteção, são de construção e manutenção simples. Onde não for possível instalar barreiras fixas pode-se empregar algum dos dispositivos sensíveis (barreiras imateriais, barras sensíveis, tapetes, etc.). Por outro lado, se for necessário o acesso à zona de risco durante o funcionamento normal da máquina, recomenda-se a seguinte ordem de preferência [96:18-9] :

- 1º) protetores móveis interligados (se necessário associados com dispositivos de controle de energias residuais e acumuladas);
- 2º) afasta-corpo (dispositivo varredor, limitado pela velocidade de atuação;
- 3º) dispositivos sensíveis (em alguns casos mais vantajosos que os anteriores);
- 4º) protetores reguláveis;
- 5º) comando bimanual.

Em vários casos pode ser necessário ou mais conveniente a utilização de mais de um tipo de proteção para controle efetivo de todos os riscos presentes na máquina e também no próprio dispositivo selecionado.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÃO

A análise de alguns dos determinantes dos acidentes e doenças do trabalho revelam a necessidade de maior controle dos trabalhadores sobre o processo de produção e o processo de inovação tecnológica. A prevenção dos agravos à saúde nos ambientes de trabalho, dadas suas limitações dentro do modo de produção capitalista, requer transformações radicais das relações sociais de produção e do processo de trabalho. Dentro dos novos valores que devem resultar, ou melhor, dirigir estas transformações, a saúde assume um papel central. A produção deve ser organizada em função do homem, atendendo às suas necessidades de realização pessoal, satisfação e segurança, e pelos próprios produtores. Isto envolve questões complexas, que deverão ser discutidas por toda a sociedade, tais como: o que produzir? como produzir? com quem produzir? No que diz respeito à tecnologia, profundas modificações deverão ocorrer de modo a adequá-la aos novos parâmetros que a orientarão e determinarão o processo de inovação.

A saúde como orientação de projeto não pode ser entendida como mais um requisito a ser incorporado aos requisitos comumente considerados num projeto (necessidade, função, economia, aparência, etc.), em função dos quais se fará a otimização de custos. A saúde não é um estado determinável e quantificável. A mercantilização do corpo humano, tal como faz a legislação acidentária, só serve à produção capitalista que, sob a aparência de indenização dos acidentes e doenças do trabalho, controla seus "custos

humanos", difunde sua ideologia e preserva seu poder. A prevenção só será realmente eficaz e completa quando a saúde (enquanto expressão de liberdade) for considerada como princípio norteador de uma nova tecnologia (e de uma nova sociedade), que se adegue às necessidades humanas de auto-realização e segurança. Obviamente que uma máquina qualquer tem que satisfazer funções técnicas determinadas, em qualquer sociedade onde seja criada; só que agora tais funções não podem ser alcançadas em detrimento da saúde dos trabalhadores, ou seja, as máquinas não serão criadas unicamente com o objetivo de aumentar a acumulação. Neste sentido, as sociedades socialistas são ainda, em muitos aspectos (inovação tecnológica sem prevenção, parcelamento e monotonia do trabalho), sociedades de transição, "...que não se libertaram da automatização dos danos trazidos pelo industrialismo, que não souberam regular a relação global do homem com seu ambiente externo, que não atingiram o equilíbrio entre progresso coletivo e participação individual" [20:64]. Concordando com Berlinguer [20:64], "dispor, nessas condições, de sinais e de instrumentos para conhecer e intervir (estando sempre num certo sentido, na oposição, ao lado da saúde humana e contra qualquer possível nocividade), constitui uma função social e política insubstituível por um longo período histórico. Creio mesmo que para sempre".

Do ponto de vista "técnico" é perfeitamente possível, com o atual nível de desenvolvimento científico-tecnológico, projetar máquinas mais seguras utilizando, dentre outras, as recomendações e técnicas descritas em capítulos anteriores. O conjunto de informações coletadas, sem ser completo, permite encarar o problema da segurança desde o início da concepção de uma máquina até a sua utilização na produção.

Durante a fase inicial do processo de concepção de um protótipo, várias soluções capazes de atender, em maior ou menor grau, aos requisitos especificados, serão avaliadas. No caso de máquinas-ferramenta, parte-se, geralmente, de um conjunto de operações (tornear, facear, furar, aplainar, conformar, cortar, dobrar, rosquear, puncionar, etc.) que deverão ser realizadas sobre uma gama de peças metálicas, variáveis em formas e dimensões, por uma ferramenta com movimento relativo à peça. Considerando as exigências de segurança, pode ser feita, nesta fase, uma avaliação preliminar dos riscos (ver ítem 4.3) envolvidos nos diferentes processos de produção que podem satisfazer aos requisitos técnicos. Os riscos podem ser identificados a partir de máquinas já existentes, iguais ou similares ao projeto em estudo, através da experiência de acidentes ocorridos e, principalmente, utilizando-se a Técnica de Incidentes Críticos (ver ítem 4.6), que permite avaliar o nível de segurança e os riscos potenciais antes que ocorram acidentes.

Uma análise inicial de riscos somente pode ser feita em termos bastante gerais, mas é importante que sejam considerados aqui os problemas mais críticos e, se possível, sejam avaliadas as melhores soluções para sua eliminação ou controle, que, geralmente, exigem razoáveis modificações nas propostas iniciais ou nas máquinas existentes. A observação dos sistemas atualmente utilizados deve servir para fornecer informações acerca dos riscos existentes, e não para orientar as concepções iniciais do projeto. Alguns riscos, inerentes às formas usuais das máquinas, poderão ser eliminados ou controlados convenientemente adotando-se concepções não convencionais. Todas as formas construtivas devem ser estudadas, particularmente aquelas que permitem posicionar o ponto de operação distante do operador (a peça se move em relação à ferramenta) e que resultem

com melhores características ergonômicas.

Definida uma solução, em seus aspectos gerais, é necessário especificar os seus subsistemas e componentes, e, posteriormente, a distribuição e a compatibilização destes dentro do sistema global. Para todos os riscos e possibilidades de falhas de cada subsistema devem ser estudadas várias soluções preventivas, que podem, inclusive, implicar em sua substituição. É importante definir todas as medidas a serem tomadas antes de iniciar o projeto de talhado da máquina. Alguns parâmetros já podem ser observados mais cuidadosamente:

- a posição do ponto de operação deve levar em consideração aspectos ergonômicos de alcance e movimentação dos braços e mãos, posturas forçadas para observação da peça e a proteção do operador da emissão de cavacos, respingos de lubrificantes e de fluidos de corte;
- a interface homem-máquina deve compatibilizar a operação na posição sentada e em pé e, também, facilitar os trabalhos de manutenção;
- os subsistemas podem ser escolhidos segundo os riscos inerentes e possibilidades de falhas (ver itens 4.3 e 4.4);
- prever a incorporação de acessórios específicos de proteção, como exaustores de gases e pós (ver item 5.5.5), guardas, freios de emergência, alimentadores automáticos (ver cap. 6);
- prever pontos de iluminação localizada (item 5.5.2); etc.

Em várias situações é possível realizar simulações, físicas ou matemáticas, com modelos parciais (ver item 4.7) que enfocam características importantes da montagem, em particular a delimitação de áreas de riscos e de interfaces ergonômicas. Árvores de falhas simuladas podem ser montadas para alguns sistemas críti-

cos, como proteções automáticas e paradas de emergência. Com o lei aute da máquina é, também, possível analisar as possibilidades de falha do sistema como um todo e sua interferência na segurança do operador. É bastante útil, neste ponto, a análise do fluxo de energia (item 4.8.2) para identificar pontos críticos de contato do operador com partes energizadas de máquinas em situações normais de trabalho e em caso de incidente (liberação descontrolada de energia).

Embora possam ser obtidos, desde já, alguns resultados quantitativos precisos, deve-se trabalhar, nas duas primeiras fases do projeto, com características qualitativas, uma vez que muitas modificações ainda serão realizadas para compatibilizar a montagem dos subsistemas e dos componentes. Os valores numéricos adotados devem ser em termos de faixa de valores, permitindo os ajustes necessários em fases posteriores.

No projeto detalhado, os componentes do sistema devem ser definidos quantitativamente de modo a permitir a construção de um protótipo. Assim, ao lado das especificações técnicas dimensionais e funcionais comumente consideradas, devem ser incorporadas ao protótipo, em termos numéricos precisos, todas as características de segurança:

- dimensionar controles, posicionar os planos de trabalho, os pontos de risco e os controles segundo características antropométricas (forças e dimensões) da população usuária; distribuir adequadamente os mostradores e compatibilizá-los com os controles; compatibilizar os controles com os movimentos da máquina, etc. (ver item 5.4.1);
- dimensionar sistemas de proteção (exaustão, guardas, paradas de emergência, alimentação automática ou semi-automática);

- selecionar e projetar componentes (motores, engrenagens, correias, ferramentas, cames, etc.) tendo em vista a redução de vibrações e ruídos; dimensionar o isolamento das fontes de ruído e de vibração que ainda permanecerem (ver item 5.5.4);
- definir a localização de pontos de luz; etc.

Com um protótipo construído, podem ser realizados os testes de operação e medições, mais precisas, de certos parâmetros. Embora as modificações a serem realizadas nesta fase não sejam profundas, os resultados são de grande importância para a segurança. Dentre outras coisas se pode fazer:

- identificação e controle de fontes vibratórias e de ruídos, principalmente devido a ressonâncias estruturais e a defeitos de fabricação;
- verificação do funcionamento dos sistemas automáticos de alimentação, alarmes, paradas de emergência, etc.;
- ajuste dos tempos (sincronização) de operação e de funcionamento dos sistemas automáticos e de comandos bimanuais;
- testes de sobrecarga (velocidade, pressão) e estipulação de limites de segurança;
- testes da interligação, mecânica ou elétrica, dos sistemas de proteção aos sistemas de comando ou de potência da máquina; etc.

Os testes devem contar com a participação dos próprios operadores das máquinas que poderão dar informações valiosas. O acompanhamento deve, na verdade, prosseguir durante toda a vida útil da máquina, para coletar informações que permitam o seu contínuo aperfeiçoamento.

Alguns riscos potenciais ainda poderão permanecer mesmo se aplicadas todas as recomendações anteriores. Neste caso, deverão ser incluídas advertências no manual de utilização e, tam-

bêm, inscritas na própria máquina, em locais visíveis. Além dos riscos inerentes à concepção da máquina, deverão ser previstos aqueles decorrentes de sua operação fora das condições especificadas, como por exemplo, velocidade e pressão excessivas, uso de matérias-primas inadequadas e realização de tarefas impróprias. Isso não quer dizer que tais riscos não sejam elimináveis ou controláveis de modo mais eficiente, através, dentre outras coisas, do projeto de máquinas com crescentes níveis de segurança à medida em que se orienta o desenvolvimento científico-tecnológico no sentido de promover a saúde do homem.

No entanto, dentro de uma economia capitalista, os níveis de segurança das máquinas são limitados pelos estudos de "viabilidade econômica" que eliminam todos os investimentos considerados improdutivos, operando ao nível de risco considerado aceitável. Assim, a transformação dos meios de produção no sentido de preservar a saúde dos trabalhadores depende, principalmente, da ação dos próprios trabalhadores ao se recusarem a servir unicamente como mercadoria. A quantidade de bens destinados a preservar sua integridade psico-física, durante a produção e a reprodução social, é resultado direto da oposição operária à dominação do capital e ao uso predatório da força de trabalho.

- § -

Como sugestão para futuros trabalhos, recomenda-se que sejam realizadas avaliações da periculosidade de situações concretas de trabalho e, a partir dos dados levantados, estudar formas de aumentar a segurança dos meios de produção, quando nestes forem identificadas características nocivas à saúde. Algumas máquinas, reconhecidamente "perigosas", que mereceriam um estudo

deste tipo, e que podem ser citadas desde já, são as prensas e, em geral, a maquinaria de trabalhar com madeira. Tais estudos são, necessariamente, multidisciplinares, podendo envolver pesquisadores de várias áreas como medicina, economia e sociologia. Obviamente, deve-se procurar ir além dos limites econômicos e políticos impostos pelo sistema capitalista, pelo que é essencial estabelecer uma estreita colaboração com os trabalhadores diretamente envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - GEREY, Marc. Ergonomie et Prévention. Revue de la Sécurité, Paris, pp.40-4, sept., 1981.
- 2 - ROSEN, George. A Evolução da Medicina Social. In: NUNES, Everardo D., org., Medicina Social. São Paulo, Global Editora, 1983, pp. 23-82.
- 3 - POSSAS, Cristina. Saúde e Trabalho. Rio de Janeiro, Graal, 1981.
- 4 - BARROSO LEITE, Celso. O seguro de acidentes do trabalho ainda tem razão de ser?. Rev. Bras. de Saúde Ocup., São Paulo, 5(17): 17-22, jan/fev/mar., 1977.
- 5 - VIDAL, Mário. A Evolução Conceitual da Noção de Acidente do Trabalho. João Pessoa, 1984, (mimeo).
- 6 - STELLMAN, Jeanne M. e DAUM, Susam M. Trabalho e Saúde na Indústria, São Paulo, EDUSP, 1975.
- 7 - CEBES. Saúde e Trabalho, II Simpósio sobre Política Nacional de Saúde, Câmara dos Deputados, Brasília, s.d., (mimeo).
- 8 - SCHULZINGER, M. S. A Closer Look at "Accident Proneness". National Safety News, pp. 32-3, 194-5, june, 1954.
- 9 - DELA COLETA, José Augusto. O psicólogo frente aos acidentes de trabalho. Rev. Bras. de Saúde Ocup., São Paulo, 6(23):74-8, abril, maio, junho, 1978.
- 10- COHN, Amélia; SATO, Ademar K.; HIRANO, Sedi e KARSH, Ursula M. S. Os acidentes do trabalho e a produção da violência urbana. São Paulo, 1984, (mimeo).
- 11- BREILH, Jaime. Bases para un replanteamiento del método epidemiológico. Conferência para el Curso Internacional de Verano em Medicina Social, UAM, México, 1981 (mimeo).
- 12- MACMAHON, B. e PUGH, T. F. Princípios y Métodos de Epidemiologia. México, Prensa Mexicana, 1975 (2^a ed.), cap.2.
- 13- RIBEIRO FILHO, Leonídio F. Técnicas de Segurança do Trabalho. São Bernardo do Campo, C.U.C., 1974.
- 14- LEAVELL, Hugh e CLARK, E. Gurney. Medicina Preventiva. São Paulo, McGraw Hill, 1976.
- 15- LAURELL, Asa C. A Saúde-Doença como Processo Social. In: NUNES, Everardo D., org., Medicina Social. São Paulo, Global Editora, 1983, pp. 133-158.

- 16- ——— . Processo de Trabalho e Saúde. Saúde em Debate, Rio de Janeiro, 1981, pp. 8-22.
- 17- ——— . Tendências de la investigación científico-social en la salud del trabajador. Xochimilco, Universidad Autonoma Metropolitana, 1983 (mimeo).
- 18- IBASE. Saúde e Trabalho no Brasil. Petropólis, Vozes, 1983 (2^a ed.).
- 19- BREILH, Jaime. Epidemiologia: Economia, Medicina e Política. Santo Domingo, SESPAS, 1980.
- 20- BERLINGUER, Giovanni. A Saúde nas Fábricas. São Paulo, CEBES - Hucitec, 1983.
- 21- COSTA, Márcia Regina. As vítimas do Capital: os acidentados do trabalho. Rio de Janeiro, Achiamé, 1981.
- 22- TRATENBERG, Maurício. Administração, Poder e Ideologia. São Paulo, Moraes, 1980.
- 23- LAURELL, Asa C. Los Usos de la Epidemiologia. Xochimilco, 1981, (mimeo).
- 24- MANTEGA, Guido. A Economia Política Brasileira. Rio de Janeiro, Polis/Vozes, 1984.
- 25- DE CICCIO, Francesco M. G. A. F. Estatísticas de Acidentes do Trabalho. São Paulo, FUNDACENTRO, 1982.
- 26- LANDMAN, Jaime. Medicina não é Saúde. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 1983.
- 27- SANTOS, Theotônio dos. Revolução Técnico-Científica e Capitalismo Contemporâneo. Petropólis, Vozes, 1983.
- 28- MARX, Karl. O Capital, São Paulo, Abril Cultural, 1983, 5 volumes, vol. I/1 (28a); vol. I/2 (28b); vol. III/1 (28c).
- 29- BRAVERMAN, Harry. Trabalho e Capital Monopolista. Rio de Janeiro, Zahar, 1981 (3^a ed.).
- 30- GARFIELD, Jon. O trabalho alienado, STRESS e doença coronariana. In: NUNES, E. D., op. cit, pp. 159-175.
- 31- PEREIRA, Adonai et alii. Custos de Acidentes. In: Anais do I Seminário Estadual de Segurança. Florianópolis, UFSC/FEESC, 10 e 11 de Dezembro, 1976, pp. 1-26.
- 32- BELK, Samuel. Custo de Acidentes: uma problemática nacional. Rev. Bras. de Saúde Ocup., São Paulo, 3(11):13-20, jul/set., 1975,
- 33- GORZ, André. Crítica da Divisão do Trabalho. São Paulo, Martins Fontes, 1980.

- 34- MICHALET, Charles-Albert. O Capitalismo Mundial. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983, cap. 4.
- 35- DASSA, Sami. Travail salarié et santé des travailleurs. Sociologie du Travail. Paris, n° 4, oct/dec, 1976, pp. 394-410.
- 36- BERLINGUER, Giovanni. Medicina e Política. São Paulo, CEBES-Hucitec, 1978.
- 37- ASIMOV, Isaac. Todos os robôs do mundo são meus filhos. Manchete, dez., 1984, pp. 25-27.
- 38- FRANÇA. I.N.R.S. Sécurité en Robotique. Cahiers de Notes Documentaires, Paris, n° 110, 1° trimestre, 1983.
- 39- MIROW, Kurt R. Condenados ao Subdesenvolvimento. Rio de Janeiro, Civilização Brasileira, 1978 (3^a ed.).
- 40- EGLER, Paulo C. G. Um ciclo que não se fecha. Rev. Bras. de Ec. Brasília, 13(2), abr/mai, 1982, pp. 21-9.
- 41- MORAES, Maria. A questão feminina. Estudos CEBRAP, n° 16, abr/mai, 1976, pp. 155-167.
- 42- BETTELHEIM, Charles. Revolução Cultural e organização industrial na China. Rio de Janeiro, Graal, 1979.
- 43- MACCIO, Marco. Partido, técnicos e classe operária na Revolução Chinesa. In: GORZ, A. (ref. 33), pp. 141-165.
- 44- RECHT, J.L. Systems Safety Analysis. Nat. Saf. News, dec., 1965, pp. 37-8, 122.
- 45- ——. Systems Safety Analysis: Failure Mode and Effect. Nat. Saf. News, feb, 1966, pp. 24-26.
- 46- ——. Systems Safety Analysis: The Fault Tree. Nat. Saf News, apr, 1966, pp. 37-40.
- 47- BROWN, David B. Systems analysis and design for safety. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1976, cap. 5.
- 48- DE CICCIO, Francesco M:G:A.F. e FANTAZZINI, Mário Luiz. Introdução à Engenharia de Segurança de Sistemas. São Paulo, FUNDA - CENTRO, 1981 (2^a ed.).
- 49- RIESCO, J. A. Critérios técnicos para la determinación de puntos de riesgo en máquinas. Anais do Colloque International: "Protection Machines", Bulletin 7: Etat actuel des techniques de sécurité. Strasbourg, ISSA - La Section Protection Machines 1981, pp. 133- 140.
- 50- FLANAGAN, John, C. La Technique de L'incident Critique. Revue de Psychologie Appliquée, avril, juillet, 1954, pp. 165-185 (1^a parte); pp. 267-295 (2^a parte - juillet).

- 51- STIEPEL, Erhard E. Product Liability: consideration in machine ry design. Mechanical Engineering, may, 1982, pp. 64-8.
- 52- MADEHEIM, Huxley. Developing safe products. Mechanical Engineering, june, 1976, pp. 31-5.
- 53- BACK, Nelson. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais . Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1983, cap. 13.
- 54- COLLIER, M. Método d'analyse de la securité des circuits de co mande des machines par simulation en logique câblée ou progra mée. Anais do Colloque Internacional: "Protection Machines", (op. cit., pp. 142-6.
- 55- BOZOVIC, D. Risk analysis for circular and chain saws. Anais do Colloque Internacional: "Protection Machines", op. cit., pp. 158-167.
- 56- HADDON, William. Energy Damage and the Ten Countermeasure Stra tegies. Human Factors, 15(4):355-66, 1973.
- 57- SALJÉ, E. e REDEKER, W. Konzipieren von Drehmaschinen. Konstru ction, nº 27, pp. 240-5, 1975.
- 58- PALMER, Colin. Ergonomia. Rio de Janeiro, Fund. Getúlio Vargas, 1976.
- 59- IIDA, Itiro e WIERZZIBICKI, Henri A.J. Ergonomia. São P a ul o, FEI, 1978 (3^a ed. revisada).
- 60- ZINCHENKO, V.P.; MUNIPOV, V.M. e SMOLYAN, G.L. Ergonomics, its History, Subject and Methodology. Soviet Psychology, winter, 1975 (cit. por SEMINARA, Appl. Erg. 11(1);23-30, mar., 1980).
- 61- LAVILLE, Antoine. Ergonomia. São Paulo, EPU/EDUSP, 1977.
- 62- PINTO, José Antônio. Aplicação da Antropometria na Construção Civil. Rev. Bras. de Saúde Ocup., 34(9):48-73; abr/jun, 1981.
- 63- MELHADO, J.C.; MOSA, A.A.P.; e DINE, J.M. Estudos antropométricos em trabalhadores da construção civil. Rev. Bras. de Saú- de Ocup. 11(43):36-43; jul/set, 1983.
- 64- VERDUSSEN, Roberto. Ergonomia. Rio de Janeiro, LTC, 1978.
- 65- SCHULTETUS, Von W. Die Ergonomie als Hilfsmittel Zur Gestaltung von Produkten für der Industriellen Gebrauch. Ergonomics, 17(4):515-527, 1974 (citado conforme a ref. 53).
- 66- McCORMICK, Ernest J. Human Factors in Engineering and Design , New York, McGraw Hill, 1976 (4^a ed.).
- 67- KEHL, Sérgio A. P. Engenharia Humana: Um Exemplo de Metodolo - gia de Levantamento, Análise e Solução de Problemas Ergonômi-

- cos. Rev. Bras. de Saúde Ocup., 8(29):7-21, jan/mar, 1980.
- 68- LECKNER, Jean-Marie. Criteres D'Evaluation D'une Machine outil du point de vue de l'efficacité, de la sécurité et du confort de l'opérateur: Exemples d'application. Paris, CNAM, sept, 1977, (mimeo).
- 69- CORREA, João B.D. Evolução do serviço de segurança, higiene e medicina do trabalho da Massey-Ferguson de São Paulo. Rev. Bras. de Saúde Ocup., 5(17):30-41, jan/mar, 1977.
- 70- CABRAL, Armando F. A cor no condicionamento ambiental. Rev. Bras. de Saúde Ocup., 11(8):28-35, out/dez, 1974.
- 71- PILLOTTO NETO, Egydio. Problemática da Iluminação nos Ambientes de trabalho e a Fadiga Visual. Rev. Bras. de Saúde Ocup., 8(30):77-80, abr/jun, 1980.
- 72- FAVERGE, J.M.; LEPLAT, J.; e GUIGUET, B. La Adaptación de la máquina al hombre. Buenos Aires, Editorial Kapelusz, 1961, cap. 5.
- 73- HURST, A.E. Colour and Environment. In: HANDLEY, William, (org.). Industrial Safety Handbook, Londres, McGraw Hill, 1969.
- 74- NEPOMUCENO, L.X. Medidas Técnicas para Análise, Avaliação e Controle do Barulho na Indústria. Rev. Bras. de Saúde Ocup., 7(28): 6-23, out/dez, 1979.
- 75- UNGAR, Eric E. e COHEN, Raymond. Vibration Control Techniques. In: HARRIS, C.M. (org.). Handbook of Noise Control. New York, McGraw Hill, 1979, cap. 20.
- 76- MILLER, Laymon N. Machinery. In: HARRIS, C.M. (op. cit.), cap. 26.
- 77- DIEHL, George M. Machinery Acoustics. New York, John Wiley & Sons, 1973, caps. 5 e 6.
- 78- DEMPSTER, W.T. Space requirements of the seated operator. USAF, WADC, TR 55-159, july, 1955.
- 79- LIPPUS, A. Facteurs à prendre en compte lors de la conception d'une machine. Anais do Colloque Internacional: "Protection Machines", op. cit. pp. 108-113.
- 80- ZÓCHIO, Álvaro. Prática de Prevenção de Acidentes. São Paulo, Atlas, 1977 (3^a ed.).
- 81- HURREGUI, José Maria Ruiz et alii. Conocimientos Básicos de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Bilbao, Ediciones Deusto, s. data, cap. 11.

- 82- INGLATERRA. Department of Employment. Safety in the use of guillotines and shears. Edimburgh, 1966.
- 83- LACOTIS, Antônio. A ergonomia aplicada no projeto de proteção de máquinas. Segurança Laboral, n^os. 22, 23, 24, 25, 1983
- 84- ARRIAGA, J. Penetrabilidad de las extremidades superiores através de aberturas en las protecciones de máquinas. Anais do Colloque Internacional:"Protection Machines", op. cit. pp. 72 - 78.
- 85- INGLATERRA, Department of Employment. Safety devices for hand and foot operated presses. London, 1971.
- 86- TRAVAIL et SÉCURITÉ; Protecteur automatique pour scie a ruban a couper les tissus, dec., 1981, pp. 662-624.
- 87- MOUGEOT, B. Les écrans mobiles de sécurité pour presses travaillant les métaux à froid. Anais do Colloque Internacional:"Protection Machines", op. cit., pp. 191-5.
- 88- ISSA, Rules on construction and outfitting of non-contact safety devices, 1980.
- 89- DAVIES, B.I. e MERBARKI, B. Hand movement time and machine guarding. Ergonomics, 24(5):387-391, 1981.
- 90- EUA. NIOSH. Machine Guarding-Assessment of Need. Cincinnati, June, 1980.
- 91- FRANÇA. Ministère du Travail et de la Participation/I.N.R.S. Intégration de la sécurité dans la conception des machines et appareils: Les Décrets du 15 juillet 1980. Paris, s.d.
- 92- NEPOMUCENO, L.X. As vibrações mecânicas como agentes de insalubridade. Rev. Bras. de Saúde Ocup., 9(35):60-71, jul/set,1981.
- 93- MEILLASOUX, Claude. Os limites da superexploração do trabalho. In: CARVALHO, Edgar Assis (org.). Antropologia Econômica. São Paulo, Ciências Humanas, 1978, pp. 223-35.
- 94- INGLATERRA. Ministry of Labor. Safety in the use of mechanical power presses. London, July, 1962.
- 95- FRANÇA. I.N.R.S. Fiche technique de sécurité:fraisenses. Cahiers de Notes Documentaires, Paris, n^o 89, 4^o trim, 1977.
- 96- FRANÇA. I.N.R.S. Techniques de sécurité appliquées aux machines, Paris, septembre, 1979.