

Itiro Iida  
Lia Buarque

# ERGONOMIA

## Projeto e Produção

---

3ª edição revista

Blucher

# **Ergonomia**

## **Projeto e Produção**

**Blucher**

Itiro Iida  
Lia Buarque de Macedo Guimarães

# **Ergonomia**

## **Projeto e Produção**

3.<sup>a</sup> edição revista

*Ergonomia – projeto e produção*

3.<sup>a</sup> edição – 2016

© Itiro lida

Editora Edgard Blücher Ltda.

Imagem da capa: Sala de Situação do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden).

Crédito: Giba/MCTI.

---

# Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar  
04531-934 - São Paulo - SP - Brasil  
Tel.: 55 11 3078-5366  
[contato@blucher.com.br](mailto:contato@blucher.com.br)  
[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer meios sem autorização escrita da editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

---

## FICHA CATALOGRÁFICA

lida, Itiro

Ergonomia: projeto e produção / Itiro lida, Lia Buarque de Macedo Guimarães. – 3. ed. – São Paulo: Blucher, 2016.

3. ed. revista  
Bibliografia  
ISBN 978-85-212-0933-1

1. Ergonomia 2. Psicologia industrial 3. Segurança do trabalho  
I. Título II. Guimarães, Lia Buarque de Macedo

15.0732

CDD 620.82

---

Índices para catálogo sistemático:

1. Ergonomia

À querida e inesquecível  
Anamaria de Moraes  
*in memoriam.*



# APRESENTAÇÃO

Esta nova edição vem com muitas novidades, baseadas em um extenso levantamento da produção bibliográfica nacional e internacional, principalmente nos últimos dez anos. Nessa década, a ergonomia passou por profundas transformações provocadas pelos avanços da informática e das comunicações, resultando em mudanças significativas nas interações humano-máquina-ambiente.

A recente produção bibliográfica em ergonomia no país foi pesquisada principalmente nas dissertações e teses depositadas no banco de teses do Portal de Periódicos da Capes/MEC, em que foram analisados 796 trabalhos referenciados, entre 1987 e 2012, abrangendo diversas áreas, como Arquitetura, Desenho Industrial, Engenharias – especialmente de Produção –, Saúde e outras.

Houve um reordenamento de alguns tópicos e a organização de três novos capítulos: Capítulo 3, Métodos e Técnicas em Ergonomia, Capítulo 18, Minorias Populacionais, e Capítulo 21, Fontes de Informação sobre Ergonomia. Muitos exemplos de aplicação e estudos de caso foram substituídos ou acrescentados.

A Dra. Lia Buarque de Macedo Guimarães passou a colaborar como coautora, contribuindo para a atualização e o enriquecimento de vários conteúdos.

Manifestamos nossa gratidão a todos que colaboraram com suas valiosas análises e sugestões. Agradecemos especialmente à Dra. Rosimeire Sedrez Bitencourt, que contribuiu principalmente no levantamento das teses e dissertações defendidas no país e das referências apresentadas no Capítulo 21. Ao Dr. Francisco Soares Másculo, pelo criterioso trabalho de revisão técnica. Aos nossos amigos e familiares, pelo constante estímulo e apoio. Aos editores, Edgard Blücher e Eduardo Blücher, pelo incentivo e apoio aos autores nacionais de livros didáticos durante mais de seis décadas.

Brasília, janeiro de 2016

Itiro Lida



# CONTEÚDO

<b>Capítulo 1</b>	<b>INTRODUÇÃO À ERGONOMIA .....</b>	<b>1</b>
1.1	Definição e objetivos da ergonomia.....	2
1.2	Nascimento e evolução da ergonomia.....	7
1.3	Fases da ergonomia.....	11
1.4	Difusão da ergonomia na sociedade .....	14
1.5	Aplicações da ergonomia .....	17
1.6	Principais setores de aplicações da ergonomia .....	19
1.7	Custo e benefício da ergonomia .....	23
<b>Capítulo 2</b>	<b>PESQUISA EM ERGONOMIA.....</b>	<b>27</b>
2.1	Conceito de sistema .....	28
2.2	Pesquisa: atividades preliminares .....	35
2.3	Elaboração do projeto de pesquisa.....	41
2.4	Controle das condições experimentais .....	52
2.5	Coleta e análise de dados.....	56
<b>Capítulo 3</b>	<b>MÉTODOS E TÉCNICAS EM ERGONOMIA.....</b>	<b>65</b>
3.1	Métodos e técnicas .....	66
3.2	Métodos de análise ergonômica.....	68
3.3	Técnicas baseadas no comportamento .....	73
3.4	Técnicas de ergonomia física.....	83
3.5	Avaliações fisiológicas .....	103
3.6	Métodos de análise cognitiva .....	105
3.7	Métodos em desenvolvimento de produto .....	110
<b>Capítulo 4</b>	<b>ORGANISMO HUMANO.....</b>	<b>113</b>
4.1	O organismo como sistema .....	114
4.2	Visão .....	117
4.3	Audição .....	125
4.4	Outros sentidos .....	128
4.5	Função neuromuscular .....	132
4.6	Coluna vertebral .....	138
4.7	Metabolismo.....	142

<b>Capítulo 5</b>	<b>BIOMECÂNICA OCUPACIONAL.....</b>	<b>149</b>
5.1	Trabalho muscular.....	150
5.2	Trabalhos estático e dinâmico.....	152
5.3	Consequências do trabalho realizado.....	154
5.4	Posturas do corpo.....	157
5.5	Movimentos corporais.....	162
5.6	Levantamento de cargas.....	167
5.7	Transporte de cargas.....	172
5.8	Estudo de caso – tapetes artesanais.....	175
<b>Capítulo 6</b>	<b>ANTROPOMETRIA: MEDIDAS.....</b>	<b>181</b>
6.1	O que é antropometria.....	182
6.2	Variações das medidas humanas.....	184
6.3	Realização de levantamento antropométrico.....	198
6.4	Antropometria estática.....	206
6.5	Antropometria dinâmica e funcional.....	212
6.6	Construção de modelos humanos.....	217
6.7	Estudo de caso – antropometria do pé feminino.....	221
<b>Capítulo 7</b>	<b>ANTROPOMETRIA: APLICAÇÕES.....</b>	<b>225</b>
7.1	Aplicação de dados antropométricos.....	226
7.2	Princípios para aplicação dos dados antropométricos.....	229
7.3	Espaço de trabalho.....	233
7.4	Superfícies horizontais.....	237
7.5	Problema do assento.....	241
7.6	Estudo de caso – assentos de tratores.....	251
<b>Capítulo 8</b>	<b>ERGONOMIA DO PRODUTO.....</b>	<b>257</b>
8.1	Usabilidade.....	258
8.2	Agradabilidade.....	262
8.3	Adaptação ergonômica de produtos.....	263
8.4	Processo de desenvolvimento de produtos.....	268
8.5	Desenvolvimento de produtos de consumo.....	273
8.6	Projeto de produtos seguros.....	278
8.7	Estudo de caso – ergonomia na indústria automotiva.....	284
<b>Capítulo 9</b>	<b>POSTO DE TRABALHO.....</b>	<b>291</b>
9.1	Enfoques do posto de trabalho.....	292
9.2	Análise da tarefa.....	299
9.3	Projeto do posto de trabalho.....	302
9.4	Arranjo físico do posto de trabalho.....	306
9.5	Dimensionamento do posto de trabalho.....	309
9.6	Ajustes individuais.....	315
9.7	Construção e teste do posto de trabalho.....	319
9.8	Postos de trabalho com computadores.....	320
9.9	Estudo de caso – ilhas de atendimento de caixa.....	325

<b>Capítulo 10</b>	<b>CONTROLES E MANEJOS.....</b>	<b>333</b>
10.1	Sistemas de controle .....	334
10.2	Movimentos de controle.....	336
10.3	Tipos de controle.....	341
10.4	Automação de controles .....	354
10.5	Manejos .....	356
10.6	Ferramentas manuais.....	364
10.7	Estudo de caso – avaliação de podões .....	370
10.8	Estudo de caso – controle de processos contínuos .....	373
<b>Capítulo 11</b>	<b>AMBIENTE: TEMPERATURA, RUÍDO, VIBRAÇÕES E AERODISPERSOIDES .....</b>	<b>377</b>
11.1	Mecanismos de termorregulação.....	378
11.2	Efeitos fisiológicos do calor .....	383
11.3	Influências térmicas no trabalho .....	388
11.4	Ruído.....	394
11.5	Vibrações.....	403
11.6	Agentes químicos .....	408
11.7	Estudo de caso – trabalho em fundição .....	411
11.8	Estudo de caso – ambientes sonoros em escritórios fechados ou abertos .....	414
<b>Capítulo 12</b>	<b>AMBIENTE: ILUMINAÇÃO E CORES .....</b>	<b>419</b>
12.1	Fotometria .....	421
12.2	Efeitos fisiológicos da luz.....	423
12.3	Planejamento da iluminação .....	431
12.4	Percepção das cores.....	438
12.5	Cores da luz e do objeto.....	442
12.6	Caracterização das cores .....	445
12.7	Legibilidade das cores.....	449
12.8	Aplicações das cores .....	454
<b>Capítulo 13</b>	<b>PERCEPÇÃO E PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO .....</b>	<b>461</b>
13.1	Sensação e percepção .....	462
13.2	Memória .....	466
13.3	Organização da informação.....	475
13.4	Processamento da informação.....	481
13.5	Tomada de decisão .....	488
<b>Capítulo 14</b>	<b>DISPOSITIVOS DE INFORMAÇÃO .....</b>	<b>497</b>
14.1	Apresentação da informação .....	498
14.2	Palavra escrita .....	506
14.3	Símbolos.....	513
14.4	Mostradores visuais e auditivos .....	519
14.5	Elaboração de <i>websites</i> .....	527
14.6	Informação nas novas mídias .....	530
14.7	Alarmes .....	533
14.8	Estudo de caso – sinalizações em serviços de saúde.....	537

<b>Capítulo 15</b>	<b>SEGURANÇA NO TRABALHO .....</b>	<b>545</b>
15.1	O erro humano.....	546
15.2	Fatores relacionados aos acidentes.....	554
15.3	Teorias e modelos sobre acidentes.....	558
15.4	Segurança nas organizações .....	567
15.5	Implementação da segurança no trabalho .....	578
15.6	Estudo de caso – violações nos serviços de saúde .....	584
15.7	Estudo de caso – programa global de segurança da Dupont .....	587
<b>Capítulo 16</b>	<b>FATORES HUMANOS NO TRABALHO .....</b>	<b>591</b>
16.1	Fatores fisiológicos no trabalho .....	592
16.2	Conhecimento, aprendizagem e treinamento .....	599
16.3	Fadiga no trabalho.....	607
16.4	Estresse no trabalho.....	612
16.5	Monotonia e motivação .....	618
16.6	Influências de sexo, idade e deficiência .....	628
<b>Capítulo 17</b>	<b>ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO .....</b>	<b>633</b>
17.1	O trabalho taylorista.....	634
17.2	O trabalho moderno .....	639
17.3	O trabalho flexível .....	646
17.4	Alocação do trabalho em grupo.....	654
17.5	Seleção e treinamento.....	667
17.6	Trabalho noturno e em turnos .....	671
17.7	Estudo de caso – reorganização em uma empresa calçadista.....	680
<b>Capítulo 18</b>	<b>MINORIAS POPULACIONAIS.....</b>	<b>685</b>
18.1	Projetos para idosos .....	686
18.2	Pessoas obesas .....	696
18.3	Pessoas com deficiência.....	699
18.4	Projeto universal .....	704
18.5	Projetos para crianças.....	707
18.6	Estudo de caso – sinalização urbana para idosos .....	710
<b>Capítulo 19</b>	<b>INDÚSTRIA E AGRICULTURA .....</b>	<b>715</b>
19.1	Treinamento industrial.....	716
19.2	Automatização .....	723
19.3	Trabalho de inspeção na indústria.....	727
19.4	Ergonomia na pequena empresa .....	734
19.5	Construção civil .....	736
19.6	Ergonomia na agricultura .....	739
19.7	Estudo de caso – treinamento de supervisores em ergonomia .....	746
19.8	Estudo de caso – difusão da ergonomia na fábrica.....	748
19.9	Estudo de caso – ergonomia participativa .....	750

<b>Capítulo 20</b>	<b>SERVIÇOS E VIDA DIÁRIA .....</b>	<b>755</b>
20.1	Ergonomia nas atividades domésticas.....	757
20.2	Ergonomia no ensino.....	762
20.3	Ergonomia nos transportes.....	767
20.4	Ergonomia no projeto de escritórios.....	770
20.5	Ergonomia no projeto de edifícios e espaços públicos.....	775
20.6	Ergonomia social .....	781
20.7	Estudo de caso – problemas osteomusculares no trabalho doméstico.....	782
20.8	Estudo de caso – fluxo de pessoas em estações de metrô .....	785
<b>Capítulo 21</b>	<b>FONTES DE INFORMAÇÃO SOBRE ERGONOMIA .....</b>	<b>791</b>
21.1	Normas regulamentadoras .....	792
21.2	Normas técnicas brasileiras .....	796
21.3	Normas técnicas internacionais.....	809
21.4	Outras fontes de informações em ergonomia .....	810
<b>Referências</b>	<b>.....</b>	<b>815</b>
<b>Índice remissivo</b>	<b>.....</b>	<b>833</b>



# 1 INTRODUÇÃO À ERGONOMIA

- 1.1 DEFINIÇÃO E OBJETIVOS DA ERGONOMIA
- 1.2 NASCIMENTO E EVOLUÇÃO DA ERGONOMIA
- 1.3 FASES DA ERGONOMIA
- 1.4 DIFUSÃO DA ERGONOMIA NA SOCIEDADE
- 1.5 APLICAÇÕES DA ERGONOMIA
- 1.6 PRINCIPAIS SETORES DE APLICAÇÕES DA ERGONOMIA
- 1.7 CUSTO E BENEFÍCIO DA ERGONOMIA

## OBJETIVOS

Este capítulo apresenta a história, definições, principais conceitos e áreas de atuação da ergonomia. A ergonomia resultou do trabalho *interdisciplinar* realizado por diversos profissionais – tais como engenheiros, fisiologistas e psicólogos – durante a Segunda Guerra Mundial. Logo após essa guerra, foi “oficializada” como uma nova disciplina científica.

O capítulo também dá uma visão panorâmica dos principais campos de aplicação da ergonomia. Inicialmente, essa aplicação concentrava-se quase que exclusivamente na indústria e se resumia ao binômio humano-máquina. A ergonomia agora é mais abrangente, estudando sistemas complexos, em que dezenas ou até centenas de seres humanos, máquinas, materiais e ambientes interagem continuamente entre si durante a realização do trabalho.

A ergonomia expandiu-se horizontalmente, abarcando quase todos os tipos de atividades humanas. Hoje, essa expansão ocorre principalmente no setor de serviços (saúde, educação, transporte, atividades domésticas, lazer e outros) e no estudo de certas minorias como os idosos, obesos e pessoas com deficiência. Houve também uma importante mudança qualitativa na natureza do trabalho humano nas últimas décadas. Antes, esse trabalho exigia muito esforço físico repetitivo. Hoje, depende principalmente dos aspectos *cognitivos*, ou seja, da percepção, processamento de informação e tomada de decisões. O capítulo se encerra com uma análise dos aspectos econômicos relacionados com as aplicações da ergonomia.

## TÓPICOS

- Definição da ergonomia
- Precusores da ergonomia
- Fisiologia do trabalho
- Interdisciplinaridade
- Difusão da ergonomia
- Ergonomia de concepção
- Ergonomia de correção
- Ergonomia de conscientização
- Ergonomia de participação
- Ergonomia física
- Ergonomia cognitiva
- Microergonomia
- Macroergonomia
- Ergonomia organizacional
- Custo e benefício

### 1.1 DEFINIÇÃO E OBJETIVOS DA ERGONOMIA

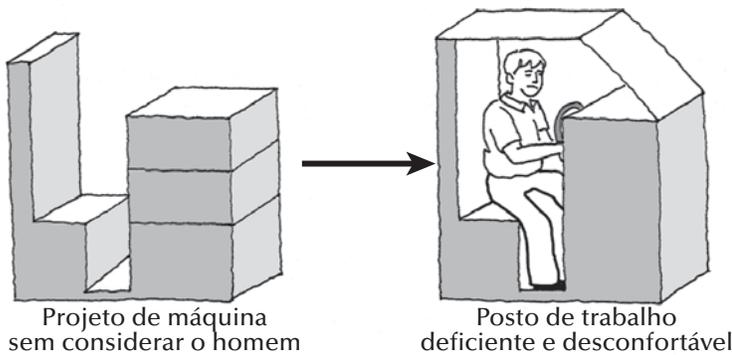
A ergonomia (*ergonomics*), também chamada de fatores humanos (*human factors*), é o estudo da *adaptação* do trabalho ao ser humano. O trabalho aqui tem uma acepção bastante ampla, abrangendo não apenas os trabalhos executados com máquinas e equipamentos, utilizados para transformar os materiais, mas também todas as situações em que ocorre o relacionamento entre o ser humano e uma atividade produtiva de bens ou serviços. Isso envolve não somente o ambiente físico, mas também os aspectos organizacionais. A ergonomia tem uma atuação bastante ampla, abrangendo as atividades de: a) planejamento e projeto, que ocorrem *antes* do trabalho a ser realizado; b) monitoramento, avaliação e correção, que ocorrem *durante* a execução desse trabalho; e c) análises *posteriores* das consequências do trabalho. Tudo isso é necessário para que o trabalho possa atingir os resultados desejados.

A ergonomia inicia-se com o estudo das características dos trabalhadores para, depois, projetar o trabalho a ser executado, visando preservar a saúde e o bem-estar do trabalhador. Assim, a ergonomia parte do conhecimento do ser humano para fazer o projeto do trabalho, adaptando-o às suas capacidades e limitações. Observa-se que essa adaptação ocorre no sentido *do* trabalho *para* o ser humano, na maioria dos casos. Isso significa que o trabalho deve ser projetado para que possa ser executado pela *maioria* da população. Esse tipo de orientação leva à produção de máquinas e equipamentos fáceis de operar, em condições adequadas de trabalho, sem sacrifícios para o trabalhador.

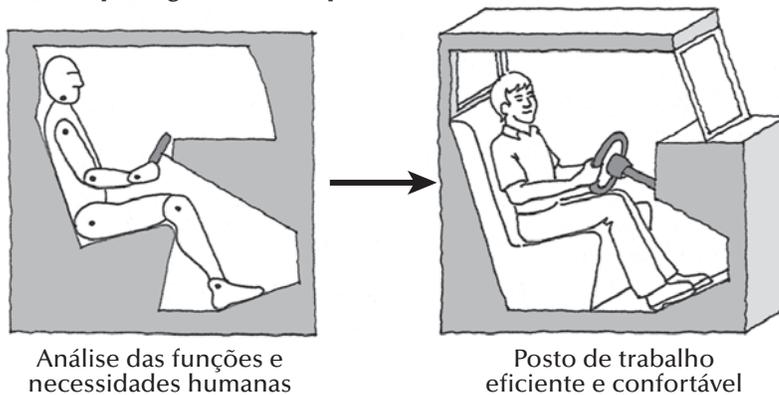
O inverso ocorre quando o projeto é feito sem considerar as informações adequadas sobre os trabalhadores e as condições de trabalho. Acontece, por exemplo, quando há uma preocupação prioritária com os aspectos técnicos (máquinas, equipamentos, *softwares*), deixando o operador humano para ser “encaixado” posteriormente (ver Figura 1.1). Isso não é recomendado, pois pode gerar situações que produzem muita fadiga, erros, acidentes e baixa produtividade. Essas situações são consideradas inaceitáveis para a ergonomia.

Contudo, essas inversões podem ocorrer em certos casos excepcionais. Isso acontece, por exemplo, em equipamentos de grande porte já existentes, quando os custos de adaptação seriam muito elevados, justificando-se uma seleção de operadores especiais para eles. Ocorre também no caso de esportes altamente competitivos, em que os “trabalhadores” são selecionados por certas características individuais, como estatura elevada ou força física excepcional. Essas situações são consideradas como exceções, não sendo válidas para a maioria das aplicações da ergonomia.

**a) Enfoque mecânico do posto de trabalho**



**b) Enfoque ergonômico do posto de trabalho**



**Figura 1.1**

Projeto de um posto de trabalho aplicando-se: (a) um enfoque mecânico, com predominância dos aspectos técnicos; e (b) enfoque ergonômico, com análise prévia das necessidades humanas (Damon, Stoudt e McFarland, 1971).

## DEFINIÇÕES DA ERGONOMIA

Existem diversas definições de ergonomia. Todas procuram ressaltar o caráter interdisciplinar e o objeto de seu estudo, que é a interação entre o ser humano e o trabalho, no *sistema humano-máquina-ambiente*. Ou, mais precisamente, as interfaces desse sistema, onde ocorrem trocas de informações e de energias entre o ser humano, máquina e ambiente, resultando na realização do trabalho. Diversas associações de ergonomia apresentam as suas próprias definições. A mais antiga foi formulada em 1950 pela Ergonomics Research Society<sup>1</sup> da Inglaterra:

*Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento, ambiente e, particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas que surgem desse relacionamento.*

No Brasil, a Associação Brasileira de Ergonomia<sup>2</sup> (ABERGO) adota a definição aprovada em 2000 pela Associação Internacional de Ergonomia (International Ergonomics Association – IEA<sup>3</sup>):

*Ergonomia (ou Fatores Humanos) é a disciplina científica que estuda as interações entre os seres humanos e outros elementos do sistema de trabalho, aplicando os princípios teóricos, dados e métodos, a fim de realizar projetos para otimizar o bem estar humano e o desempenho geral desse sistema.*

Esta segunda definição, formulada meio século depois, reflete a ampliação do conceito e das atividades da ergonomia durante essas cinco décadas.

## OBJETIVOS BÁSICOS DA ERGONOMIA

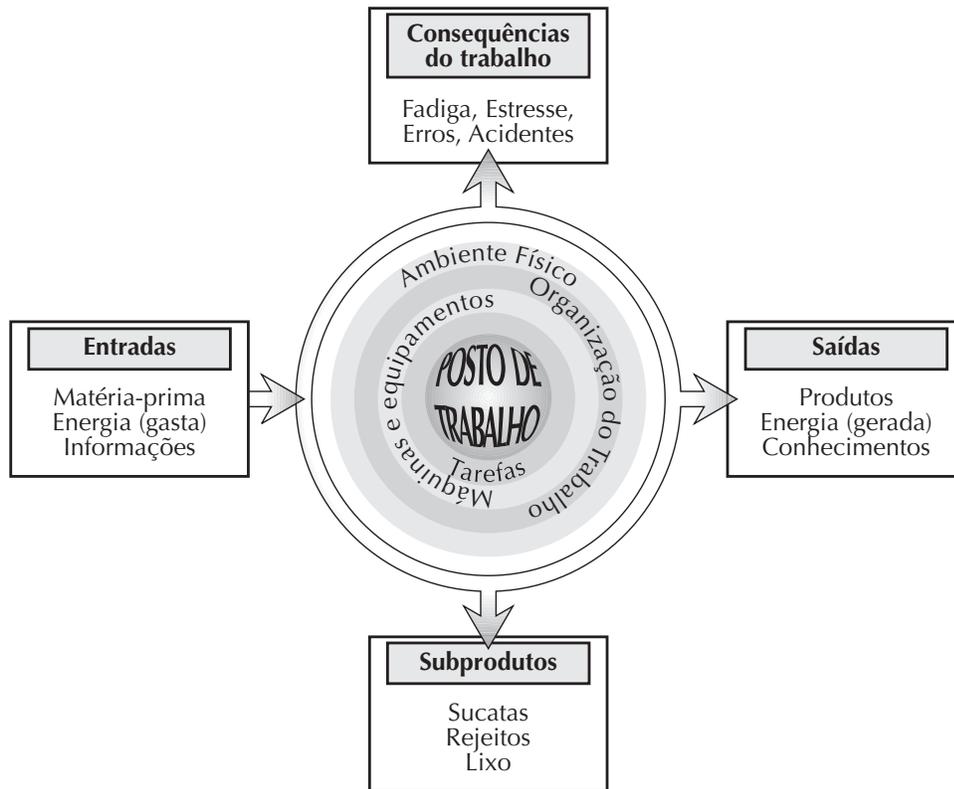
A ergonomia estuda os diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo (Figura 1.2) e procura reduzir as consequências nocivas sobre o trabalhador. Assim, ela procura reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando saúde, segurança, satisfação aos trabalhadores, durante a sua interação com esse sistema produtivo. A *eficiência* virá como consequência. Em geral, não se aceita colocar a eficiência como objetivo principal da ergonomia, porque ela, isoladamente, poderia justificar a adoção de práticas que levem ao aumento dos riscos, além do sacrifício e sofrimento dos trabalhadores. Isso seria *inaceitável*, porque a ergonomia visa: preservar a saúde e segurança; satisfação; e eficiência e produtividade dos trabalhadores.

---

<sup>1</sup> Ver: <[www.ergonomics.org.uk](http://www.ergonomics.org.uk)>.

<sup>2</sup> Ver: <[www.abergo.org.br](http://www.abergo.org.br)>.

<sup>3</sup> Ver: <[www.iea.cc](http://www.iea.cc)>.



**Figura 1.2**

A ergonomia estuda os diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo.

*Saúde e segurança* – A saúde e a segurança do trabalhador são preservadas quando as exigências do trabalho e do ambiente estiverem dentro das capacidades e limitações desse trabalhador, sem ultrapassar certos limites fisiológicos e cognitivos, de modo a evitar as situações de estresse, fadiga, riscos de acidentes e de doenças ocupacionais (a longo prazo).

*Satisfação* – A satisfação é o resultado do atendimento das necessidades e expectativas do trabalhador, produzindo uma sensação de bem-estar e conforto. Isso envolve também facilidade de aprendizagem, crescimentos pessoal/profissional do trabalhador, ambientes físico/social saudáveis e uma remuneração justa. Os trabalhadores satisfeitos tendem a adotar comportamentos mais seguros e são mais produtivos que aqueles insatisfeitos. Contudo, há muitas diferenças individuais e culturais. Uma mesma situação pode ser considerada satisfatória para uns e insatisfatória para outros, dependendo das necessidades, expectativas e personalidade de cada um. A satisfação depende também de outros fatores, como salários, carreiras, reconhecimentos, promoções, organização do trabalho, relacionamentos com a chefia, com os colegas de trabalho e com a família. Esses fatores são estudados por outras disciplinas correlatas e não serão aprofundados aqui.

*Eficiência e produtividade* – A eficiência e produtividade medem os resultados obtidos, em comparação com os recursos empregados e uso do tempo. Elas resultam de um bom planejamento, organização do trabalho, da tecnologia e do conheci-

mento disponível para os trabalhadores, bem como da sua capacitação, de forma a proporcionar-lhes saúde, segurança e satisfação. A produtividade deve ser colocada dentro de certos limites, pois o seu aumento indiscriminado pode implicar em prejuízos à saúde, segurança e satisfação. Por exemplo, quando se aumenta a velocidade de uma máquina, aumenta-se a eficiência, mas há também uma probabilidade maior de ocorrer acidentes e prejuízos pela qualidade inferior da produção. Na produção industrial, há casos em que se consegue aumentar a eficiência sem comprometer a segurança e a qualidade, mas isso exige investimentos em tecnologia, organização do trabalho e treinamento dos trabalhadores, a fim de eliminar os fatores de risco. Do contrário, os custos adicionais podem tornar-se maiores que os lucros adicionais, o que não justifica o aumento da produtividade.

*Minorias populacionais* – Há uma crescente preocupação da ergonomia em atender às necessidades específicas de certas minorias populacionais, como os idosos, obesos, crianças e pessoas com deficiência.

## PROFISSIONAIS EM ERGONOMIA – ERGONOMISTAS

Os profissionais em ergonomia, chamados de *ergonomistas*, fazem análises e avaliações de tarefas, trabalhos, produtos, organizações, e ambientes, de forma a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações dos trabalhadores. Também elaboram propostas e projetos para solucionar os problemas constatados, e contribuem para a sua implementação.

Os ergonomistas devem analisar o trabalho de forma global, incluindo os aspectos físicos, cognitivos, sociais, organizacionais, ambientais e outros. Dentro da disciplina, segundo a IEA (International Ergonomics Association), há três domínios de especialização que representam competências em atributos humanos específicos.

*Ergonomia física* – Ocupa-se das características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica, relacionados com a atividade física. Os tópicos relevantes incluem a postura no trabalho, manuseio de materiais, movimentos repetitivos, distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho, projeto de postos de trabalho, projeto do ambiente físico de trabalho, segurança e saúde do trabalhador.

*Ergonomia cognitiva* – Ocupa-se dos processos mentais como a percepção, memória, raciocínio e resposta aos estímulos, relacionados com as interações entre as pessoas, ambiente e outros elementos de um sistema de trabalho. Os tópicos relevantes incluem a interação humano-máquina, percepção de sinais, memória, carga mental, tomada de decisões, alarmes, erros, estresse e treinamento.

*Ergonomia organizacional* – Ocupa-se da otimização dos sistemas sócio-técnicos, abrangendo as estruturas organizacionais, políticas e processos de gestão. Os tópicos relevantes incluem comunicações, projeto de trabalho, programação do trabalho em grupo, projeto participativo, trabalho cooperativo, trabalho noturno e em turnos, cultura organizacional, organizações em rede, tele-trabalho e gestão da qualidade.

Portanto, a ergonomia estuda tanto as condições *prévias* como as *consequências* do trabalho e as *interações* que ocorrem entre o ser humano, máquina e am-

biente durante a realização desse trabalho. Tudo isso é analisado de acordo com a conceituação de sistema (o conceito de sistema será apresentado no Capítulo 2), onde seus elementos interagem continuamente entre si. Deve-se notar que a ergonomia ampliou o escopo de atuação, incluindo os fatores organizacionais, pois muitas decisões que afetam o trabalho são tomadas em nível gerencial.

## 1.2 NASCIMENTO E EVOLUÇÃO DA ERGONOMIA

Ao contrário de muitas outras ciências cujas origens se perdem no tempo, a ergonomia tem uma data “oficial” de nascimento: *12 de julho de 1949*. Nesse dia, reuniu-se pela primeira vez, na Inglaterra, um grupo de cientistas e pesquisadores interessados em discutir e formalizar a existência desse novo ramo de aplicação interdisciplinar da ciência. Muitos deles já se conheciam devido às pesquisas (geralmente de interesse militar) realizadas antes e durante a Segunda Guerra Mundial. Na segunda reunião desse mesmo grupo (Murrell, 1965), ocorrida em 16 de fevereiro de 1950, foi proposta a adoção do neologismo *ergonomics*, formado pelos termos gregos *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras, leis naturais). Esse termo foi adotado na fundação da Ergonomics Research Society (ERS) em 1950, que mudou seu nome para Institute of Ergonomics & Human Factors (IEHF) em 2009.

O termo ergonomia já tinha sido anteriormente usado pelo polonês Wojciech Jastrzebowski, que publicou o artigo “Ensaio de ergonomia ou ciência do trabalho, baseada nas leis objetivas da ciência sobre a natureza” (1857). Contudo, a ergonomia só adquiriu *status* de uma disciplina mais formalizada a partir do início da década de 1950, devido à atuação da ERS. Diversos pesquisadores pioneiros ligados a essa sociedade começaram a difundir seus conhecimentos, visando à sua aplicação industrial, e não apenas militar, como tinha acontecido na década anterior.

Nos anos seguintes, o termo ergonomia foi adotado nos principais países europeus, substituindo antigas denominações, como fisiologia do trabalho e psicologia do trabalho. Nos Estados Unidos adotou-se a denominação *human factors* (fatores humanos), mas ergonomia já é aceita como seu sinônimo. Naquele país, a Human Factors Society, fundada em 1957, mudou seu nome para Human Factors and Ergonomics Society (HFES) em 1992.

### OS PRECURSORES DA ERGONOMIA

O nascimento “oficial” da ergonomia pode ser definido com precisão, mas as suas atividades foram precedidas de um longo período de gestação, que remonta à pré-história. Começou provavelmente com o primeiro ser humano pré-histórico que escolheu uma pedra de formato que melhor se adaptasse à anatomia e movimentos de sua mão, para usá-la como arma. As ferramentas primitivas proporcionaram poder e facilitaram tarefas cotidianas como caçar, cortar, furar e esmagar. Assim, a preocupação em adaptar o ambiente natural e construir objetos artificiais para atender às suas conveniências esteve presente nos seres humanos desde os tempos remotos.

Na era da produção artesanal, não mecanizada, a preocupação em adaptar as tarefas às necessidades humanas também esteve sempre presente. Entretanto, durante a revolução industrial, ocorrida a partir do século XVIII, esse problema tornou-se mais dramático. As primeiras fábricas surgidas não tinham nenhuma semelhança com uma fábrica moderna. Eram sujas, escuras, ruidosas e perigosas. As jornadas de trabalho chegavam a até 16 horas diárias, sem férias, em regime de semiescravidão, imposto por empresários autoritários, que aplicavam castigos corporais.

Os estudos mais sistemáticos sobre o trabalho começaram a ser realizados a partir do final do século XIX. Naquela época surgiu, nos Estados Unidos, o movimento da *administração científica*, que ficou conhecido como *taylorismo*, que será detalhado no Capítulo 17 (ver p. 634).

## OS FISILOGISTAS DO TRABALHO

Na Europa, principalmente na Alemanha, França e países escandinavos, começaram a surgir pesquisas na área de *fisiologia do trabalho*, por volta de 1900, na tentativa de transferir para o terreno prático os conhecimentos de fisiologia gerados em laboratórios. Os pesquisadores daquela época estavam preocupados com as condições árduas de trabalho e gastos energéticos nas minas de carvão, fundições e outras situações muito insalubres.

Em 1913, Max Ruber criou, dentro do Instituto Rei Guilherme, um centro dedicado aos estudos de fisiologia do trabalho, que evoluiu mais tarde para o Instituto Max Planck de Fisiologia do Trabalho, situado em Dortmund, Alemanha. Esse Instituto é responsável por notáveis contribuições para o avanço da fisiologia do trabalho, principalmente sobre *gastos energéticos* no trabalho, tendo desenvolvido métodos e instrumentos próprios para a medição dos mesmos.

Nos países nórdicos, em Estocolmo e Copenhagen, foram criados laboratórios para estudar os problemas de treinamento e coordenação muscular para o desenvolvimento de aptidões físicas. Nos Estados Unidos surgiu o Laboratório de Fadiga da Universidade de Harvard, que ficou célebre pelos estudos sobre a aptidão física e fadiga muscular.

Na Inglaterra, durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1917), criou-se, em 1915, a Comissão de Saúde dos Trabalhadores na Indústria de Munições, que convocou fisiologistas e psicólogos para colaborar no esforço para aumentar a produção de armamentos. Ao final daquela guerra, essa comissão foi transformada no Instituto de Pesquisa da Fadiga Industrial, que realizou diversas pesquisas não bélicas, principalmente sobre o problema da *fadiga* nas minas de carvão e nas indústrias. Esse órgão foi reformulado em 1929 para transformar-se no Instituto de Pesquisas sobre Saúde no Trabalho. Tendo o seu campo de atuação ampliado, esse Instituto passou a realizar pesquisas sobre posturas no trabalho, carga manual, seleção, treinamento, iluminação, ventilação e outras. Entretanto, o maior mérito desse Instituto foi a introdução de trabalhos interdisciplinares, agregando novos conhecimentos de fisiologia e psicologia ao estudo do trabalho.

Com a eclosão da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), os conhecimentos científicos e tecnológicos disponíveis foram utilizados ao máximo, para construir instru-

mentos bélicos relativamente complexos como submarinos, tanques, radares, sistemas contra incêndios e aeronaves. Estes exigiam muitas habilidades dos operadores, em condições ambientais bastante desfavoráveis e tensas, no campo de batalha. Os erros e acidentes eram frequentes, muitos com consequências fatais. Tudo isso fez redobrar o esforço de pesquisa para adaptar esses instrumentos bélicos às *características* e *capacidades* do operador, melhorando o desempenho e reduzindo a fadiga e os acidentes.

## A ERGONOMIA PÓS-GUERRA

Como “subproduto” do esforço bélico, seguiram-se aquelas reuniões na Inglaterra (1949-1950), já mencionadas, e que marcaram o início da ergonomia, agora em tempo de paz. Os seus conhecimentos passaram a ser aplicados na vida civil, a fim de melhorar as condições de trabalho e a produtividade dos trabalhadores e da população em geral.

Nos Estados Unidos do pós-guerra, os profissionais da área relatam que as suas propostas eram recebidas frequentemente com ceticismo e dúvida, e eram geralmente ridicularizadas. Foram taxados de *homens dos botões*, por terem realizado diversos estudos sobre a forma e funcionalidade dos *knobs*. Esse panorama mudou quando o Departamento de Defesa dos Estados Unidos começou a apoiar pesquisas mais profundas na área, em universidades e institutos de pesquisa. Daí, a conotação militarista adquirida pelo *human factors* que, de certa forma, persiste até hoje. Contudo, esses conhecimentos desenvolvidos para o aperfeiçoamento de aeronaves, submarinos e equipamentos para pesquisa espacial foram aplicados também na indústria não bélica e aos serviços em geral, beneficiando a população de maneira mais ampla.

Ao final da década de 1940 surgiram, na Universidade do Estado de Ohio e na Universidade de Illinois, os primeiros cursos universitários de *human factors*. A partir disso, o ensino e a pesquisa difundiram-se em outras instituições dos Estados Unidos.

## ASSOCIATIVISMO E PESQUISAS

A primeira associação científica de ergonomia, como já vimos, foi a Ergonomics Research Society, fundada na Inglaterra, em 1950. Nos Estados Unidos foi criada, em 1957, a Human Factors Society. A terceira associação surgiu na Alemanha, em 1958. A partir de então, durante as décadas de 1950 e 1960, a ergonomia difundiu-se rapidamente em diversos países, principalmente no mundo industrializado. Dezenas de outras associações foram criadas. Em 1961 foi fundada a Associação Internacional de Ergonomia (IEA), que agrega as associações de ergonomia dos diversos países. No Brasil, a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) foi fundada em 1983. Antes disso, tinha-se realizado, no Rio de Janeiro, o I Seminário Brasileiro de Ergonomia, em 1974 (Moraes e Soares, 1989), quando diversos pesquisadores brasileiros apresentaram os seus trabalhos.

A primeira publicação periódica sobre ergonomia foi a *Ergonomics*, editada na Inglaterra, desde 1957. A partir de 1958 foi publicada a *Human Factors*, nos Estados Unidos. Depois, seguiram-se muitas outras publicações em diversos países. Atualmente existem mais de trinta publicações, catorze delas endossadas pela IEA<sup>4</sup>. No Brasil, o periódico especializado *Ação Ergonômica* é publicado pela ABERGO. Além disso, artigos em ergonomia são frequentemente encontrados em publicações de áreas correlatas, como engenharias, arquitetura, desenho industrial, medicina, psicologia, fisioterapia e outras.

O interesse acadêmico, no Brasil, pode ser avaliado pelo crescente número de pesquisas relacionadas à ergonomia realizadas por pesquisadores individuais e pelos mais de cem grupos de pesquisa cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq<sup>5</sup>. Isso se reflete nos artigos apresentados em congressos e os publicados em revistas, além das dissertações e teses defendidas. De acordo com os registros do Banco de Teses da Capes<sup>6</sup>, na década de 1980, havia uma média anual de três dissertações ou teses que abordavam a ergonomia. Essa média subiu para 26 na década de 1990 e, na década seguinte, passou para cerca de cem dissertações ou teses defendidas anualmente sobre o tema.

## SITUAÇÃO ATUAL

As fronteiras da ergonomia se expandiram, passando a incorporar, em maior grau, conhecimentos de outras áreas afins, como a informática e engenharia de produção, dentro de uma visão sistêmica. Isso envolve análise do funcionamento *global* de uma equipe de trabalho que usa uma ou mais máquinas e até a operação de sistemas complexos, como uma refinaria de petróleo. Abrange aspectos mais gerais, como a distribuição de tarefas entre o ser humano e a máquina, automação de tarefas e assim por diante. Ao considerar se uma tarefa deve ser atribuída ao ser humano ou à máquina, devem ser adotados critérios como custo, confiabilidade, segurança e outros. A análise de sistemas pode ir se detalhando gradativamente, até chegar ao nível de cada um dos postos de trabalho que os compõe.

Em muitos países do mundo, o trabalho ainda é realizado em condições severas e insalubres, causando sofrimentos, doenças, mutilações e até mortes dos trabalhadores. De certa forma, ainda subsistem, até hoje, *As Doenças dos Trabalhadores*, descritas por Bernardino Ramazzini, em 1700 (Fundacentro, 1999). Se fosse dominado e aplicado pela sociedade, o acervo de conhecimentos já disponíveis em ergonomia certamente contribuiria para reduzir essas doenças e o sofrimento dos trabalhadores, contribuindo para melhorar a eficiência e as condições de vida em geral.

A cada ano aumenta a quantidade de ergonomistas que trabalham nas empresas. Suas pesquisas e recomendações têm contribuído para reduzir os erros e acidentes, além de reduzir o esforço, estresse e doenças ocupacionais. Os benefícios se esten-

---

<sup>4</sup> Ver: <[http://www.iea.cc/06\\_informed/IEA%20Endorsed%20Journals.html](http://www.iea.cc/06_informed/IEA%20Endorsed%20Journals.html)>.

<sup>5</sup> Ver: <[dgp.cnpq.br](http://dgp.cnpq.br)>. Acesso em: 24 jul 2015.

<sup>6</sup> Ver: <[capesdw.capes.gov.br/capes.dw/](http://capesdw.capes.gov.br/capes.dw/)>. Acesso em: 24 jul 2015.

dem também à vida dos cidadãos em geral, que passaram a contar com serviços e produtos de consumo mais seguros, confortáveis e fáceis de operar.

## 1.3 FASES DA ERGONOMIA

Desde a sua origem, na década de 1950, a ergonomia passou a realizar estudos cada vez mais abrangentes sobre o trabalho humano. Ela deixou de ser apenas “operacional” em nível do “chão de fábrica” para abranger problemas mais amplos, em níveis gerenciais. Essa evolução histórica da ergonomia pode ser classificada em quatro fases (Hendrick,1991).

### **FASE 1 (1950-60) – ERGONOMIA FÍSICA**

A fase 1 remonta à época da fundação da ergonomia e de pesquisas pioneiras na área. Seus estudos restringem-se ao binômio humano-máquina (sistema humano-máquina).

Antes e durante a Segunda Guerra Mundial, e até a década de 1950, os precursores da ergonomia estavam preocupados em melhorar o relacionamento entre o ser humano e a máquina, tornando os mostradores mais visíveis e os botões (*knobs*) mais fáceis de operar. Além disso, como consequência de desenvolvimentos da área da fisiologia do trabalho, preocupavam-se em reduzir a carga física do trabalho e os fatores de sobrecarga fisiológica, como temperatura ambiental e ruídos.

Aqueles especialistas ainda não faziam parte de equipes de projeto do produto. Eles atuavam como consultores *ad hoc*, apenas para solucionar *problemas específicos*, e apenas quando eram chamados, geralmente após algum grave incidente. Isso acontecia quando os projetistas das máquinas constatavam alguma dificuldade de operação, ou quando ocorria algum fato emergencial, provocando altos índices de erros e acidentes. De certa forma, eles eram até ridicularizados e taxados de especialistas em botões (*knobs*) e mostradores, pois a atuação deles não passava dessa contribuição ocasional e periférica no desenvolvimento de produtos.

### **FASE 2 (1970) – ERGONOMIA DE SISTEMAS FÍSICOS**

A fase 2 ocorreu principalmente durante a década de 1970, caracterizando-se por um alargamento da visão da ergonomia. Diversos aspectos de projeto, que eram resolvidos apenas tecnicamente, foram identificados como fontes de problemas ergonômicos, e que, portanto, deveriam merecer análises mais cuidadosas. Os estudos passaram a incorporar as variáveis do *meio ambiente* (iluminação, temperatura, ruído) como componentes do sistema humano-máquina-ambiente.

Ao mesmo tempo, os especialistas em ergonomia sentiram deficiência de conhecimentos sobre o desenvolvimento de sistemas complexos de trabalho. Como consequência, surgiram diversas teorias e modelos sobre o conceito de sistema e

metodologias de desenvolvimento dos produtos. Assim, as variáveis relacionadas ao desempenho humano foram gradativamente incluídas em um contexto *mais amplo* de análise, vinculando-as com a *função* do sistema a ser desenvolvido.

Portanto, não se tratava mais de melhorar apenas os controles e mostradores, mas saber qual era a função do ser humano nesse sistema. Dessa forma, a ergonomia desenvolveu uma *metodologia* para atuar no desenvolvimento de sistemas, construindo o modelo de sistema humano-máquina-ambiente. Apesar dessa evolução, esse sistema era visto quase sempre como uma unidade isolada de produção, como um posto de trabalho, nem sempre integrado ao sistema produtivo como um todo.

### **FASE 3 (1980) – ERGONOMIA COGNITIVA**

Com a difusão da informática, a partir da década de 1980, foram introduzidos postos de trabalho informatizados e máquinas programáveis em todos os setores de atividades humanas. Isto trouxe novos desafios à ergonomia, que passou a ocupar-se dos aspectos *cognitivos* (percepção, processamento de informações, tomada de decisões) do trabalho.

Com o crescente uso de computadores, máquinas automatizadas e robôs programáveis, o ser humano passou a programar e controlar essas máquinas, transferindo grande parte do trabalho físico pesado e repetitivo para elas. Essa fase marca a transformação da ergonomia física para a ergonomia cognitiva. Uma das maiores transformações ocorreu com a introdução da Internet, que modificou substancialmente o trabalho humano. As informações passam a ser disponíveis *on-line* e, desse modo, as decisões podem ser tomadas mais rapidamente, baseando-se em informações de melhor qualidade. Além disso, essas informações podem transitar com grande rapidez, praticamente sem fronteiras.

A introdução das novas máquinas informatizadas exigiu muitas pesquisas na área de ergonomia, principalmente sobre apresentação e percepção de informações, memória e tomada de decisões. Essa transformação ocorreu em praticamente todos os setores de atividades, desde o médico que passou a operar com cateter até trabalhadores rurais, que passaram a usar máquinas informatizadas de colheita.

### **FASE 4 (1990) – ERGONOMIA ORGANIZACIONAL OU MACROERGONOMIA**

Devido ao crescente reconhecimento da importância da ergonomia, sobretudo a partir da década de 1970, ela passou a figurar cada vez mais, formalmente, no organograma das empresas. O escopo da ergonomia ampliou-se significativamente, passando a incorporar aspectos organizacionais (trabalho em grupo, organização da produção) e gerenciais do trabalho. Assim, a contribuição ocasional ou esporádica da ergonomia passou a ser permanente e integrada ao sistema produtivo.

Nessa fase, os especialistas em ergonomia passaram a trabalhar em equipe, *integrando-se* aos demais especialistas e participando da concepção e projeto de novos sistemas, desde a fase inicial. A contribuição da ergonomia, assim, deixou de ser su-

perficial, passando a influir na própria especificação dos sistemas e na definição de sua configuração geral. E o termo “sistema”, aqui, passou a ter uma acepção mais ampla, podendo abranger a ação coordenada de centenas e até de milhares de trabalhadores e máquinas, formando verdadeiros macrossistemas.

## A VISÃO MACROERGONÔMICA

Na fase 4, a ergonomia passou a estudar o desenvolvimento e aplicação da tecnologia da interface humano-máquina-ambiente em nível *macro*, ou seja, a ergonomia integrada no contexto do projeto e gerência de toda a organização. Esse novo tipo de abordagem, denominada *macroergonomia* (Hendrick, 1991; 1995; Hendrick e Kleiner, 2006), é também conhecida pela sigla em inglês ODAM (Organizational Design and Management). Dessa forma, difere significativamente das três fases iniciais, que são classificadas como *microergonomia*, visto que focavam primordialmente os postos de trabalho, o meio ambiente e as questões cognitivas, respectivamente. A fronteira do sistema, que se situava em torno do trabalhador e seu ambiente imediato, foi ampliada para toda a empresa.

De acordo com a concepção macroergonômica, muitas decisões sobre ergonomia devem ser tomadas em nível da administração superior da empresa. Segundo essa nova visão, uma empresa inteira, que pode envolver milhares de trabalhadores, é considerada como um macrossistema, que deve ser estudado em seu todo. Desse modo, a ergonomia passou a participar do projeto global e gerência de organizações em nível estratégico. Com isso, as contribuições da ergonomia poderão ser mais amplas, produzindo resultados mais significativos.

Um exemplo é o grau de informatização a ser adotado na empresa, com postos de trabalho informatizados e uso de robôs. Isso pode se refletir no nível de emprego, qualificação de trabalhadores, organização da produção, realização de investimentos e na competitividade da empresa. Essa visão macroergonômica tem proporcionado, em alguns casos, resultados melhores do que aquela abordagem *microergômica*, focada apenas nos trabalhadores individuais ou em postos de trabalho isolados. Enquanto essa abordagem *micro* produz melhorias de 10% a 25%, a abordagem *macro* pode proporcionar melhorias de 60% a 90% (Hendrick, 1995). Há relatos de decisões gerenciais que provocaram reduções de 70% no índice de acidentes e no tempo perdido com estes, justificando-se plenamente as aplicações da macroergonomia.

A macroergonomia utiliza-se do conceito de sistema sociotécnico (ver p. 656) que leva em consideração as características socio-culturais e tecnológicas do sistema, visando um equilíbrio entre o desempenho do sistema e o bem-estar dos trabalhadores. A busca desse equilíbrio em um contexto de constantes mudanças é necessária para se alcançar um sistema de produção sustentável, ou seja, aquele que contempla o desempenho competitivo da empresa, compatibilizando-o com boas condições de trabalho e bem-estar dos trabalhadores.

## 1.4 DIFUSÃO DA ERGONOMIA NA SOCIEDADE

Atualmente, a ergonomia difundiu-se em praticamente todos os países do mundo. Existem muitas instituições de ensino e pesquisa atuando na área. Anualmente realizam-se diversos eventos de caráter nacional ou internacional para apresentação e discussão dos resultados das pesquisas. Essas pesquisas deverão continuar, pois muitas perguntas ainda não têm respostas ou têm somente respostas parciais. Além disso, a natureza do trabalho humano tende a evoluir continuamente com a introdução de novas tecnologias e novos modelos organizacionais. Assim, a ergonomia deve continuar atuando para eliminar as diversas mazelas relacionadas ao trabalho e sua gestão.

Os conhecimentos sobre ergonomia geralmente são gerados pelas pesquisas realizadas em universidades e institutos de pesquisa. Esses conhecimentos originais são apresentados em congressos científicos ou publicados em periódicos, na forma de artigos. Daí se difundem para o ensino universitário e a mídia em geral. Com o tempo, acabam permeando-se para os setores produtivos, onde são aplicados, e só nessa fase passam a produzir resultados sociais e econômicos significativos.

### NÍVEIS DE DIFUSÃO

A Associação Internacional de Ergonomia considera cinco níveis de *difusão* dos conhecimentos científicos e tecnológicos, em círculos cada vez mais abrangentes.

*Nível 1* – O conhecimento é dominado apenas por um número restrito de pesquisadores e professores.

*Nível 2* – O conhecimento é dominado por especialistas da área e por estudantes de pós-graduação.

*Nível 3* – O conhecimento é dominado por estudantes universitários em geral.

*Nível 4* – O conhecimento é dominado por empresários, políticos e outras pessoas da sociedade, que tomam decisões de interesse geral.

*Nível 5* – O conhecimento é incorporado ao processo produtivo e passa a ser “consumido” pela população em geral.

Verifica-se que até o nível 3, os conhecimentos circulam no âmbito restrito de pesquisadores e estudantes. A partir do nível 4, passam ao domínio mais amplo dos não especialistas da área. A partir disso, os conhecimentos passam a gerar benefícios sociais e econômicos. No último nível, costuma-se dizer que o conhecimento chegou às “prateleiras dos supermercados”, ou seja, foi incorporado aos produtos e serviços disponíveis no mercado.

Os tempos que decorrem entre esses níveis podem ser muito diversos. No século XVIII, decorreram cerca de oitenta anos entre a invenção e a aplicação do alto-forno e das baterias elétricas. Já o telégrafo e rádio, inventados no século XIX, encontraram aplicações após quarenta anos. No século XX, para invenções como

a televisão e a penicilina, esses tempos foram reduzidos para vinte anos. Para o *nylon* e o transistor, cerca de dez anos. Atualmente, algumas invenções encontram aplicações quase imediatas. Contudo, para um conjunto de conhecimentos interdisciplinares como a ergonomia, o tempo necessário para difundir-se na sociedade pode ser maior.

## DIFUSÃO DA ERGONOMIA NO BRASIL

No Brasil, pode-se considerar que já foram ultrapassados os níveis 1 a 3, descritos anteriormente, e se caminha para os níveis 4 e 5, pois alguns conhecimentos de ergonomia já foram incorporados em legislações e normas técnicas. A Portaria nº 3.751 de 23 de novembro de 1990, do Ministério do Trabalho e Emprego, instituiu a Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia (NR 17), que foi o primeiro passo para a difusão da disciplina no nível 4. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem realizado esforços para gerar normas sobre produtos e processos, incorporando os conhecimentos em ergonomia (ver Capítulo 21). A partir disso, passa a ser adotado pelo sistema produtivo.

Poucos profissionais em ergonomia atuam no Brasil, pois ainda não há cursos superiores para formação de ergonomistas, mas apenas alguns cursos de pós-graduação. Em 2012 foi lançado o primeiro curso de mestrado profissional em Ergonomia, pelo Centro de Artes e Comunicação da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Os ergonomistas são representados principalmente por profissionais de outras áreas (médicos, psicólogos, fisioterapeutas, designers, engenheiros, arquitetos, e outros) que tiveram oportunidade de frequentar cursos de pós-graduação em ergonomia e se especializaram para atuar profissionalmente na área. Essa abordagem interdisciplinar reproduz, de certa forma, aquela adotada pelos ingleses durante a Segunda Guerra Mundial, conforme mencionado anteriormente.

Nas empresas, mesmo não existindo departamentos especializados em ergonomia, há diversos profissionais ligados à saúde do trabalhador, à organização do trabalho e ao projeto de máquinas e equipamentos. Eles podem colaborar, fornecendo conhecimentos úteis, que poderão ser aproveitados na solução de problemas ergonômicos. Entre esses profissionais, destacam-se: os médicos do trabalho, engenheiros de projeto, engenheiros de produção, engenheiros de segurança e manutenção, designers, analistas do trabalho, psicólogos, enfermeiros e fisioterapeutas. Há também outros profissionais com envolvimento indiretos, como gerentes, administradores, programadores de produção e compradores.

Contudo, ressalta-se que cada profissional tem um viés próprio. Cada um deles está acostumado a ver o problema do seu ponto de vista particular e solucionar determinadas facetas do problema. Deverão ser feitos esforços para derrubar as barreiras que separam as profissões, para que eles passem a trabalhar *cooperativamente*, buscando a solução integral dos problemas.

## FALHAS NA DIFUSÃO

Os conhecimentos já disponíveis em ergonomia, se fossem amplamente difundidos e aplicados, poderiam produzir muitos benefícios aos trabalhadores. Contudo, isso nem sempre ocorre na prática. Recente revisão da literatura em ergonomia (Westgaard e Winkel, 2011) mostrou que ações focadas no indivíduo *não* atendem plenamente às demandas das empresas. As atividades da *microergonomia* nem sempre contribuem de forma eficaz para melhorar o desempenho do sistema como um todo. As ações em *macroergonomia* geralmente produzem melhores resultados. Contudo, há casos, em que esses resultados não são plenamente alcançados. Os autores supõem que isso se deve a duas causas.

*Falha na disseminação dos conhecimentos* – Os conhecimentos básicos de ergonomia ainda não chegaram às pessoas-chave da empresa, que tomam as decisões estratégicas. Assim, essas decisões não consideram adequadamente as características e potencialidades da ergonomia para resolver os problemas.

*Dificuldade de aplicar os conhecimentos* – Os conhecimentos existentes sobre ergonomia, em nível geral, não são adequadamente “traduzidos” e adaptados para aplicações específicas, ou seja, as pessoas têm as informações, mas não conseguem aplicá-las para resolver os problemas no contexto particular.

Em alguns países, principalmente naqueles europeus, existem esforços para difundir certos conhecimentos básicos da ergonomia para uma faixa maior da população. Os sindicatos de trabalhadores, por exemplo, procuram conscientizar os seus membros sobre os ambientes nocivos à saúde (Oddone et al., 1986), para que eles não se sujeitem às condições que podem provocar danos à saúde. Para isso, preparam cartilhas ilustradas e promovem palestras com os trabalhadores. Em muitos países existem também associações de defesa dos consumidores, que procuram adverti-los sobre produtos ou serviços inconvenientes de forma mais ampla, abrangendo a população em geral.

As lesões decorrentes dos riscos ergonômicos são doenças ocupacionais. Na maioria dos países desenvolvidos, as empresas são responsáveis pelos custos destas doenças. Por isso fazem seguro mas também investem em melhorias das condições de trabalho. No Brasil isto ainda não acontece, embora haja fiscalização das condições de trabalho pelos órgãos do estado responsáveis (DRT e MT).

## ESTRATÉGIAS DE PESQUISA E DIFUSÃO

A pesquisa e a difusão dos conhecimentos em ergonomia devem ser feitas de modo criterioso e organizado, para que possa produzir os efeitos desejados. O Comitê Futuro da Ergonomia da IEA elaborou relatório (Dul et al., 2012) propondo estratégias para a pesquisa e difusão da ergonomia, visando obter melhores resultados mais significativos.

*Apoiar as pesquisas* – Investir na geração de novos conhecimentos, direcionados para os temas dominantes, promovendo a pesquisa de excelência nas universidades

e centros de pesquisas, e fazendo-se treinamento de especialistas na elaboração e implementação das soluções.

*Selecionar problemas importantes* – Selecionar um elenco de problemas importantes, dando-se ênfase à aplicação da ergonomia na solução dos problemas básicos e de grande impacto.

*Beneficiar a economia e a comunidade local e regional* – Concentrar-se nos problemas reais, que possam beneficiar a economia e a comunidade local e regional.

*Produzir soluções para os problemas* – As pesquisas não devem se restringir apenas às análises e diagnósticos dos problemas, mas avançar na elaboração de soluções que sejam viáveis nos aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais.

*Atingir as pessoas-chave* – Atuar na comunicação, instrução e parcerias com as pessoas-chaves das empresas e do governo, que tenham poder para a tomada de decisões estratégicas, e responsabilidade pela apresentação dos resultados.

Dentre os temas dominantes nas pesquisas atuais da Ergonomia, o relatório destaca: tecnologia da informação e comunicação; mudança global dos sistemas de trabalho; diversidade cultural; envelhecimento populacional e inclusão social; sustentabilidade; e responsabilidade social e corporativa.

## 1.5 APLICAÇÕES DA ERGONOMIA

A ergonomia pode dar diversas contribuições para melhorar as condições de trabalho. Em empresas, estas podem variar, conforme a etapa em que ocorrem. Em alguns casos, são bastante abrangentes, envolvendo a participação dos diversos escalões administrativos e vários profissionais dessas empresas.

Os resultados podem ser alcançados de forma mais ampla e rápida sob a coordenação de um especialista em ergonomia. Ele sabe *quando e por que* deve ser convocado cada um desses profissionais para resolver os problemas. Para que isso se torne viável, é imprescindível o apoio da direção superior da empresa para facilitar, encorajar ou até exigir o envolvimento de todos esses profissionais na solução de problemas ergonômicos.

A melhor forma de fazer isso é com a realização de reuniões periódicas, de curta duração, com esses profissionais, para discutir conceitos, apresentar resultados e mantê-los informados sobre a evolução dos trabalhos. Desse modo, quando surgir algum problema em que se torne necessário pedir a colaboração de algum deles, esta poderá ser obtida mais rapidamente, com menor resistência, pois já saberão do que se trata.

As aplicações da ergonomia, de acordo com a ocasião em que são feitas, classificam-se em concepção, correção, conscientização e participação (Wisner, 1987).

## ERGONOMIA DE CONCEPÇÃO

A ergonomia de concepção ocorre quando a aplicação da ergonomia se faz durante o projeto do produto, da máquina, ambiente ou sistema. Esta é a melhor situação, pois as alternativas poderão ser amplamente examinadas, mas ela exige maior conhecimento e experiência, porque as decisões são tomadas com base em *situações hipotéticas* sobre um sistema que ainda não existe. O nível dessas decisões pode ser melhorado, buscando-se informações em situações semelhantes que já existam ou construindo-se modelos tridimensionais de postos de trabalho em madeira ou papelão, ou usando-se *softwares* de modelos virtuais, nos quais as situações de trabalho podem ser simuladas a custos relativamente baixos.

## ERGONOMIA DE CORREÇÃO

A ergonomia de correção é aplicada em *situações reais*, já existentes, para resolver problemas que se refletem na segurança, fadiga excessiva, doenças do trabalhador ou quantidade e qualidade da produção. Atuar na correção é mais fácil do que na concepção porque já se sabe quais são os problemas a resolver. No entanto, muitas vezes, a solução adotada não é completamente satisfatória, pois pode exigir custo elevado de implantação. Por exemplo, a substituição de máquinas ou materiais inadequados pode tornar-se muito onerosa ou demorada. Em alguns casos, certas melhorias, como mudanças de posturas, colocação de dispositivos de segurança e aumento do iluminamento, podem ser feitas com relativa facilidade, enquanto em outros, como a redução da carga mental ou de ruídos, tornam-se difíceis. Há casos também como o *recall* de produtos defeituosos, que podem envolver custos elevados e prejuízos à reputação da empresa.

## ERGONOMIA DE CONSCIENTIZAÇÃO

A ergonomia de conscientização procura capacitar os *próprios trabalhadores* para a identificação e correção dos problemas do dia a dia ou aqueles emergenciais. Muitas vezes, os problemas ergonômicos não são completamente solucionados nem na fase de concepção nem na fase de correção. Além do mais, novos problemas poderão surgir a qualquer momento, devido à dinâmica do processo produtivo. Podem ocorrer, por exemplo, desgastes naturais das máquinas e equipamentos, modificações introduzidas pelos serviços de manutenção, alteração dos produtos e da programação da produção, introdução de novos equipamentos, substituição de trabalhadores, e assim por diante. Os imprevistos podem surgir a qualquer momento, e os trabalhadores devem estar preparados para enfrentá-los. Pode-se dizer que o sistema produtivo e os postos de trabalho assemelham-se a organismos vivos em constante transformação e adaptação.

A conscientização geralmente é feita por meio de cursos de treinamento e frequentes reciclagens, ensinando o trabalhador a operar de forma segura, reconhecendo os fatores de risco que podem surgir a qualquer momento no ambiente de trabalho. Nesse caso, ele deve saber qual deve ser a providência a ser tomada numa

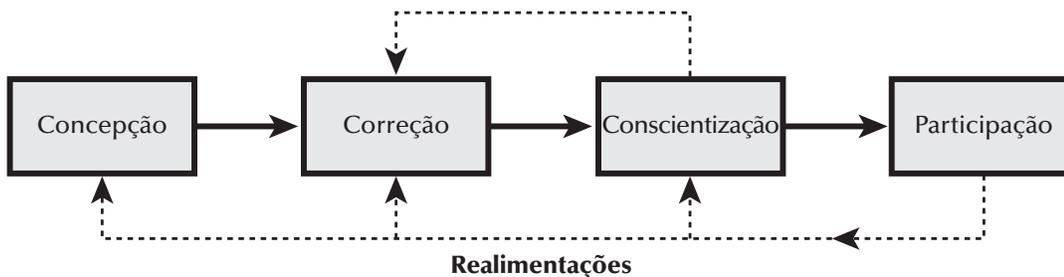
situação de emergência. Por exemplo, desligar a máquina e chamar a equipe de manutenção ou sair correndo.

Essa conscientização dos trabalhadores nem sempre é feita só em termos individuais. Ela pode ser feita coletivamente, em níveis mais amplos, com o envolvimento do sindicato dos trabalhadores quando o problema afetar a todos, como no caso de incêndios, poluições atmosféricas, radiações nucleares ou catástrofes naturais.

## ERGONOMIA DE PARTICIPAÇÃO

A ergonomia de participação procura envolver o próprio *usuário* do sistema na solução de problemas ergonômicos. Este pode ser um operador, no caso de um posto de trabalho, ou um consumidor, no caso de produtos de consumo. Esse princípio é baseado na crença de que os usuários possuem um conhecimento prático, cujos detalhes podem passar despercebidos ao analista ou projetista. Além disso, muitos sistemas ou produtos são utilizados de modo “não formal”, ou seja, diferente daquele idealizado pelos projetistas, podendo provocar erros e acidentes. Isso ocorre principalmente quando a operação envolve crianças, idosos, pessoas com deficiência ou analfabetas.

Enquanto a ergonomia de conscientização procura manter os trabalhadores informados, a de participação os envolve de forma mais ativa, na busca da solução para o problema, fazendo a realimentação de informações para as fases de conscientização, correção e concepção (Figura 1.3).



**Figura 1.3**

A contribuição da ergonomia pode ocorrer em diversas fases, entre a concepção, correção, conscientização e participação nos sistemas de trabalho.

## 1.6 PRINCIPAIS SETORES DE APLICAÇÕES DA ERGONOMIA

O problema da adaptação do trabalho ao ser humano nem sempre tem uma solução trivial, que possa ser resolvido na primeira tentativa. Ao contrário, geralmente é um problema complexo, com diversas idas e vindas, para o qual não existe resposta pronta. As pesquisas fornecem um acervo de conhecimentos, princípios gerais, medidas básicas das capacidades do ser humano e técnicas para serem aplicadas no projeto e funcionamento das máquinas, sistemas e ambiente de trabalho.

Numa situação *ideal*, a ergonomia deve ser aplicada desde as etapas iniciais do projeto de uma máquina, local de trabalho, ambiente ou sistema. Estas devem sem-

pre incluir o usuário como um de seus componentes. Assim, as características desse usuário devem ser consideradas conjuntamente com as características e as restrições técnicas, ambientais ou sistêmicas para se ajustarem mutuamente, umas às outras.

Às vezes é necessário adotar certas *soluções de compromisso*. Isso significa fazer aquilo que é possível, dentro das restrições existentes, mesmo que não seja a alternativa ideal. Essas restrições geralmente recaem no domínio econômico, prazos exíguos ou, simplesmente, atitudes conservadoras. De qualquer forma, o requisito mais importante, ao qual não se devem fazer concessões, é o da segurança do trabalhador, pois não há nada que pague os sofrimentos, as mutilações e o sacrifício de vidas humanas.

Inicialmente, as aplicações da ergonomia restringiram-se à indústria e ao setor militar e aeroespacial. Recentemente, expandiram-se para a agricultura, ao setor de serviços e à vida diária do cidadão comum. Isso exigiu novos conhecimentos, como as características de trabalho de mulheres, pessoas idosas e aquelas com deficiência. E isso levou à expansão da ergonomia para as atividades não industriais.

## ERGONOMIA NA INDÚSTRIA

A ergonomia contribui para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a qualidade das operações industriais. Isso pode ser feito basicamente por três vias: aperfeiçoamento do sistema humano-máquina-ambiente, melhoria das condições de trabalho e organização do trabalho.

Como já vimos, o aperfeiçoamento do sistema humano-máquina-ambiente pode ocorrer durante a fase de projeto de postos de trabalho (incluindo projetos de máquinas e equipamentos) e do ambiente físico. Também podem ocorrer em sistemas já existentes, adaptando-os às capacidades e limitações do organismo humano.

A melhoria do ambiente físico de trabalho é feita pela análise das condições ambientais, como temperatura, ruído, vibrações, gases tóxicos e iluminação. Por exemplo, um iluminamento insuficiente para uma tarefa que exija precisão pode ser muito fatigante. Por outro lado, focos de luz brilhantes colocados dentro do campo visual podem provocar reflexos e ofuscamentos extremamente desconfortáveis.

Outra categoria de atuação da ergonomia está relacionada com os aspectos organizacionais do trabalho, visando reduzir a fadiga e a monotonia, principalmente pela eliminação do trabalho altamente repetitivo, dos ritmos mecânicos impostos ao trabalhador, e a falta de motivação provocada pela pouca participação deste nas decisões sobre o seu próprio trabalho.

A aplicação sistemática da ergonomia na indústria é feita identificando-se os locais onde ocorrem problemas ergonômicos mais *graves*. Estes podem ser reconhecidos por certos sintomas como alto índice de erros, acidentes, doenças, absenteísmo e rotatividade dos trabalhadores. Por trás dessas evidências podem estar ocorrendo inadaptação das máquinas, deficiências ambientais e falhas na organização do trabalho, que provocam dores musculares e tensões psíquicas nos trabalhadores, resultando nos sintomas acima mencionados.

## **ERGONOMIA NA AGRICULTURA, MINERAÇÃO E CONSTRUÇÃO CIVIL**

As aplicações da ergonomia na agricultura, mineração e construção civil ainda não ocorrem com a intensidade desejável, devido ao caráter relativamente disperso dessas atividades e ao pouco poder de organização e reivindicação dos mineiros, garimpeiros, trabalhadores rurais e da construção. O mesmo se pode dizer do setor pesqueiro, que tem uma participação economicamente pequena em nosso país.

Alguns estudos têm sido realizados por empresas industriais que produzem máquinas e implementos agrícolas. Entre estes, os tratores têm sido objeto de diversas pesquisas, devido aos acidentes que têm provocado e às condições adversas de trabalho do tratorista.

Outros trabalhos relacionam-se com as tarefas de colheita, transporte e armazenamento de produtos agrícolas. Em particular, no nosso país, diversos estudos foram realizados sobre o corte da cana-de-açúcar, devido à rápida expansão dessa cultura para fins energéticos.

Merecem destaque as pesquisas sobre os efeitos danosos dos agrotóxicos sobre a saúde de seres humanos, animais e plantas, ou seja, o meio ambiente. Recentemente, problemas semelhantes estão surgindo com a contaminação pelo mercúrio, usado indiscriminadamente em garimpos.

A construção civil absorve grande contingente de mão de obra, geralmente de baixa qualificação e baixa remuneração. Envolve muitas tarefas árduas e perigosas. As grandes empresas do setor já têm uma organização eficiente e tarefas estruturadas, mas não é o caso da maioria das empresas de pequeno porte e das construções informais.

De qualquer forma, na agricultura, mineração e construção civil, concentram-se a maior parte dos trabalhos mais árduos e perigosos que se conhecem. As máquinas e equipamentos utilizados nesses setores ainda são quase sempre rudimentares, e poderiam ser consideravelmente aperfeiçoados com a aplicação dos conhecimentos ergonômicos e tecnológicos já disponíveis. Recentes aperfeiçoamentos dessas máquinas e equipamentos, com introdução da informática, têm motivado novas pesquisas em ergonomia.

## **ERGONOMIA NO SETOR DE SERVIÇOS**

O setor de serviços é o que mais se expande com a urbanização e modernização da sociedade. A mecanização crescente da agricultura e a automação na indústria têm levado à migração da mão de obra excedente desses setores para o setor de serviços: comércio, saúde, educação, escritórios, bancos, segurança, manutenção, lazer e prestação de serviços em geral.

O setor de serviços tende a crescer, criando sempre novas necessidades na sociedade afluyente. Muitos desses novos serviços são gerados pelo avanço da tecnologia. Por exemplo, a expansão da TV, a partir da década de 1950, criou uma série de profissões que não existiam. Evolução semelhante ocorreu com a introdução do

microcomputador e do telefone celular. Hoje há muitos pesquisadores em ergonomia envolvidos no projeto e racionalização de sistemas de informação, centros de processamento de dados, projeto de vídeos, teclados, postos de trabalho com terminais de vídeo e na organização de sistemas complexos, como centros de controle operacional de usinas e dos sistemas de transportes.

A operação de um hospital moderno é tão complexa quanto a de uma empresa industrial. Há diversos tipos de sofisticados equipamentos que não podem parar, suprimentos de vários materiais, envolvimento de diversos tipos de profissionais em turnos de trabalho contínuo, programações de tratamento e acompanhamento individual de cada paciente, e assim por diante.

As universidades, bancos, centrais de abastecimento, comércio e outros serviços exigem operações de sistemas igualmente complexos, oferecendo muitas oportunidades para estudos e aplicações da ergonomia.

## **ERGONOMIA NA VIDA DIÁRIA**

A ergonomia tem contribuído para melhorar a vida cotidiana, tornando os aparelhos eletrodomésticos mais eficientes e seguros, os meios de transporte mais cômodos e seguros, a mobília doméstica mais confortável, e assim por diante.

Hoje existe um ramo da ergonomia que se dedica aos testes de produtos de consumo. Muitas vezes, esses serviços estão ligados a órgãos de defesa dos consumidores, que avaliam o desempenho dos produtos e divulgam os resultados dos ensaios à população.

Em alguns casos específicos de produtos que ofereçam maiores riscos, como os fármacos e componentes aeronáuticos, é necessário haver uma homologação prévia, que é fornecida por uma instituição devidamente credenciada. Sem essa homologação, o fabricante não está autorizado a produzir e comercializar esses produtos. Isso ocorre, sobretudo, com os produtos relacionados com a saúde e segurança da população.

Portanto, a contribuição da ergonomia não se restringe às indústrias. Hoje, os estudos ergonômicos são muito amplos, podendo contribuir para melhorar as residências, a circulação de pedestres em locais públicos, ajudar pessoas idosas, crianças, pessoas com deficiência, e assim por diante.

## **MINORIAS POPULACIONAIS**

Quando surgiu, na década de 1950, a ergonomia concentrava-se em estudos sobre a produção industrial, envolvendo trabalhadores de “idade produtiva”, na faixa etária dos vinte aos cinquenta anos. Depois alargou esse âmbito de estudos para o setor de serviços. Muitos dos problemas agudos de produção, seja na indústria ou no setor de serviços, já estão razoavelmente solucionados para a maioria da população, pelo menos nos países mais desenvolvidos. Diante disso, os pesquisadores em ergonomia passaram a focar seus estudos em certas minorias, como as pessoas idosas, obesas e aquelas com deficiência.

As pessoas idosas começaram a atrair maior atenção devido ao envelhecimento populacional em quase todos os países, e a participação cada vez maior delas em atividades produtivas. De forma semelhante, observa-se crescente índice de obesidade na população. As pessoas com deficiência começaram a adquirir certos direitos, que as tornam mais participativas em diversas atividades de produção, esportes e lazer.

Tudo isso leva à necessidade de gerar novos conhecimentos sobre essas minorias, que diferem daqueles conhecimentos tradicionais da ergonomia. Esses novos conhecimentos são essenciais para se promover projetos adaptados a elas.

## 1.7 CUSTO E BENEFÍCIO DA ERGONOMIA

A ergonomia, assim como qualquer outra atividade relacionada ao setor produtivo, só será aceita se for capaz de comprovar que é economicamente viável, ou seja, se apresentar uma relação custo/benefício favorável. Em uma palestra em 1996, intitulada “boa ergonomia é boa economia”, Hal Hendrick, na época o presidente da Human Factors and Ergonomics Society, chamou a atenção dos ergonomistas para a necessidade de avaliar sempre os custos e benefícios das aplicações da disciplina, e apresentou vários casos de sucesso.

### ANÁLISE DO CUSTO/BENEFÍCIO

A análise do *custo/benefício* indica, de um lado, o investimento ou custo (quantidade de dinheiro) necessário para implementar um projeto ou uma recomendação ergonômica, representado pelos custos com os consultores, custo de elaboração do projeto, aquisição de máquinas, materiais e equipamentos, treinamento de pessoal e queda de produtividade durante o período de implantação. Do outro lado, são computados os benefícios, ou seja, quanto vai se ganhar com os resultados do projeto. Aí podem ser incluídos itens como economias de material, mão de obra e energia, redução de acidentes, absenteísmo, rotatividade e custos jurídicos, aumento da qualidade de produtos e processos, e da produtividade.

Em princípio, o projeto só é considerado economicamente *viável* se a razão custo/benefício, expressa em termos monetários, for menor que 1, ou seja, os custos forem inferiores aos respectivos benefícios. Em geral, os custos costumam incidir a curto-prazo, enquanto os benefícios, ou seja, o retorno do investimento, podem demorar certo tempo. Algumas empresas estabelecem um prazo máximo para esse retorno de, digamos, cinco anos. Os projetos que têm menor índice custo/benefício e retorno em menor prazo são considerados aqueles mais interessantes pelas empresas. Excluem-se dessa análise certos problemas agudos, como riscos de mutilações e morte de trabalhadores, que exigem providências imediatas.

Há diversos relatos de resultados econômicos das aplicações da ergonomia. Em um deles, um simples trabalho de conscientização dos trabalhadores contribuiu para aumentar a produtividade em 10%. Em certo caso de aplicação da ergonomia em empresas do setor alimentício, verificou-se economia de 25% em manutenção e 36% pelo aumento da produtividade (Bridger, 2003).

Além das variáveis econômicas, há duas questões associadas à análise do custo/benefício e que nem sempre são quantificáveis: o risco do investimento e os fatores intangíveis, como a melhoria da imagem da empresa.

## RISCO DO INVESTIMENTO

Riscos são associados a eventos inesperados (ou surpresas), quando os objetivos do projeto podem sofrer um eventual fracasso. Os riscos estão associados a incertezas, que ocorrem inesperadamente, produzem desvios e levam a resultados imprevistos. É como uma tempestade que tira o navio de sua rota, levando-o a um destino não previsto. Assim, devido a alguma razão imprevisível, é possível que o benefício previsto no projeto não se realize, ou se realize apenas parcialmente.

Na área de ergonomia, essas ocorrências podem ser provocadas principalmente pelo avanço tecnológico, que promove mudanças substanciais na natureza do trabalho, a ponto de extinguir certas tarefas e cargos. Por exemplo, um banco investiu no redesenho dos postos de trabalho dos caixas executivos, na década de 1980, com previsão de retorno do investimento em vinte anos. Contudo, alguns anos depois, muitos postos de atendimento bancários foram substituídos pelos caixas eletrônicos, eliminando-se cerca de 80% desses postos de trabalho. Isso aconteceu antes do prazo previsto para amortizar os investimentos realizados e o retorno ficou aquém daquele previsto. Muitas vezes, essa aceleração das mudanças ocorre pelo barateamento das novas tecnologias e pela necessidade de manter-se competitivo no mercado.

## FATORES INTANGÍVEIS

Fatores intangíveis são aqueles não quantificáveis, em termos monetários. Embora sejam mais difíceis de mensurar e produzam efeitos a médio e longo prazos, esses fatores intangíveis podem ser até mais importantes que aqueles quantificáveis. É o que ocorre, por exemplo, com o aumento do moral, da motivação, e do compromisso com o trabalho e a empresa, e a melhoria das comunicações entre os membros da equipe.

As decisões que envolvem riscos e fatores intangíveis são tomadas em níveis mais altos da administração, porque envolvem análises mais amplas e de médio e longo prazos. Enquanto isso, aqueles quantificáveis podem ficar a cargo de escalões intermediários, porque podem seguir regras bem estabelecidas.

Em geral, costuma-se fazer uma análise de custo/benefício com os fatores quantificáveis e depois complementá-la com a descrição daqueles fatores *qualitativos*, para efeito de um julgamento *subjetivo*. Muitas vezes, esses fatores subjetivos podem prevalecer sobre os demais. É o caso da gerência que resolve implantar certo projeto, baseando-se nos benefícios indiretos, por considerá-los mais importantes que os resultados diretos. Por exemplo, uma empresa pode organizar uma sala de cinema, de jogos eletrônicos ou até uma sala para sonecas para os empregados

desfrutarem durante o horário de almoço. Essas medidas podem proporcionar um bom retorno a médio e longo prazos, com a satisfação dos empregados, melhoria da socialização e fidelização destes à empresa, resultando em aumentos da produtividade.

## QUESTÕES

1. Quais são os principais objetivos da ergonomia?
2. Que aspectos caracterizaram os estudos precursores da ergonomia antes da Segunda Guerra Mundial?
3. Como evoluiu o enfoque ergonômico até hoje, desde a sua origem?
4. Quais são as tendências atuais de evolução da ergonomia?
5. Explique as quatro ocasiões da contribuição ergonômica.
6. Explique as quatro fases da ergonomia.
7. No que consiste a abordagem macroergonômica?
8. Qual é a importância da análise de custo/benefício na ergonomia?

## EXERCÍCIOS

1. Escolha pelo menos cinco pessoas entre seus familiares, amigos, colegas de trabalho ou alunos de outros cursos, com a maior variabilidade possível. Investigue o grau de conhecimento deles sobre ergonomia. Avalie se os conceitos deles sobre ergonomia estão corretos.
2. Observe um restaurante, padaria, lanchonete ou algum outro estabelecimento comercial de pequeno porte. Examine em que aspectos a aplicação da ergonomia poderia contribuir para melhorar as operações da empresa.

