

A Ergonomia como base conceitual para o Design de bens de capital *Ergonomics as a conceptual basis for capital goods Design*

Carlos Antonio Ramirez Righi

*Graduação em Desenho Industrial – Doutor em Engenharia de Produção
Departamento de Expressão Gráfica da
Universidade Federal de Santa Catarina – e-mail: righi@cce.ufsc.br*

Edson Alves Castanha

*Graduação em Desenho Industrial – Mestrando em Ergonomia
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção
da Universidade Federal de Santa Catarina – e-mail: castanha@floripa.com.br*

Palavras-chave: Ergonomia, design de bens de capital, modelo

O presente artigo apresenta modelo para integração da Engenharia com o Design e a Ergonomia no projeto de bens de capital. São apresentados argumentos de sustentação ao modelo e possibilidades de sua utilização por fabricantes de máquinas de uso industrial e também por empresas usuárias dessas máquinas.

Key-words: Ergonomics, capital goods design, model

This paper shows a model to integrate Engineering, Design and Ergonomics to project capital goods. Presented here are model supporting arguments and also possibilities of his utilization by both industrial machines manufacturers and enterprises that make use of those.

1. Introdução

Segundo Bonsiepe (1983, 95) “as profissões projetuais, tradicionalmente estabelecidas têm-se especializado segundo critérios técnico-físicos ou áreas de intervenção; por exemplo: Engenharia Hidráulica, Mecânica, Eletrônica e Óptica por um lado; e, por outro, Engenharia Civil e Naval.”

De forma geral, os bens de capital e, em particular dentre eles, as máquinas de uso industrial, têm sido projetados sob essa ótica técnico-física das Engenharias.

Isso lhes assegura a importante confiabilidade estrutural e funcional (no sentido de vida útil, tempo médio entre falhas [MTBF], etc.). Também resulta na consolidação de arquétipos para os procedimentos de operação e de manutenção, importantes elementos de perenização para os processos de fabricação.

São, portanto, projetadas com ênfase nos critérios de especificação e de consolidação de técnicas industriais de produção.

Focadas nos critérios de confiabilidade, as máquinas assim projetadas se tornam, de fato, **eficientes** no cumprimento de suas missões. (O termo eficiência está aqui aplicado como conceito quantitativo: a relação entre volume de recursos inserido e o nível de resultados obtido.) Por outro lado, deixam de ser prioritariamente consideradas nos projetos desenvolvidos com esta abordagem as características específicas e em grande parte individualizadas dos usuários dessas máquinas: seus operadores.

Em certa medida, as características físicas dos operadores são consideradas nos projetos: tabelas antropométricas e elementos da fisiologia são aplicados no dimensionamento e nas interfaces de operação.

Entretanto, são inserções insuficientes para que elas se tornem **eficazes**, (no sentido qualitativo: de nível de qualidade do resultado obtido) pois os elementos essenciais para a realização das

tarefas pelos operadores são de outra índole: localizam-se no âmbito de suas habilidades e de sua cognição, emolduradas pelas questões culturais que influem diretamente em seu comportamento e localização psico-sociológica. Focando nos aspectos de interesse para este artigo e sem desmerecer os demais desdobramentos desse tipo de condução projetual, pode-se verificar que dela resulta, em maior ou menor dimensão, uma inversão, no âmbito antropológico, do senso de utilidade das máquinas assim projetadas: os operadores terão que se adaptar às características da máquina em relação à prescrição do trabalho (tarefa) e à lógica de operação que foram determinadas à sua revelia.

Dessa constatação surgem desdobramentos (que se pode verificar em toda a vida útil da máquina) ocasionados pela inadequação da sua lógica operacional e de interface com os operadores.

Dentre eles se pode identificar:

- A necessidade por parte do operador de realizar movimentos de auto-regulação para reduzir as incoerências entre a sua lógica e as exigências da máquina;
- O eventual desenvolvimento pelo operador de “acessórios clandestinos”, muitas vezes improvisados e inseguros para auxiliá-lo (do ponto de vista cognitivo) na realização da tarefa;
- As oscilações ou insuficiências nos níveis de produtividade decorrentes do esforço de adaptação ou de auto-regulação;
- O surgimento de patologias relacionadas ao trabalho (LER, DORT, etc.) ou de níveis elevados de absenteísmo;
- Alterações na rotina de cumprimento da tarefa, como inversões de seqüências, uso de “atalhos lógicos” e outros que interferem na qualidade, na segurança, etc.

Como forma de intervenção nesse cenário, na busca de consistente e efetiva inovação, há que se procurar obter o alargamento da visão técnico-física como descrita por Bonsiepe e a inclusão do operador como ator no processo de desenvolvimento de máquinas e equipamentos.

Disso trata o presente artigo: indicar meios para enriquecer a fase analítica do projeto de máquinas e equipamentos, sobretudo nas etapas de determinação das características da tarefa e no estabelecimento do seu conceito físico-funcional.

Duas disciplinas/atividades são inseridas desde a fase inicial do projeto: a Ergonomia e o Design.

A contribuição da Ergonomia se dá no âmbito da determinação das características da tarefa, articulando os aspectos técnico-funcionais com as potencialidades, limitações e características psico-sociológicas dos operadores.

O Design pode contribuir para o alargamento da visão da equipe de projeto, por dispor de método projetual que propicia a integração entre os diversos saberes diretamente envolvidos na tarefa a ser cumprida com a máquina (ou equipamento) objeto do projeto.

2. A participação da Ergonomia

Segundo RIGHI (2002, 65), “a Ergonomia estuda as relações do homem com a máquina e com a tarefa, considerando o ambiente no qual se dá essa integração, bem como o fluxo de informações que existe entre os elementos que compõem o sistema estudado, buscando entender como todo este conjunto está organizado e quais as conseqüências dele advindas.”

Para realizar seus estudos nesse âmbito, a Ergonomia dispõe de um método (a Análise Ergonômica do Trabalho – AET) e de várias ferramentas específicas para detecção/avaliação dos componentes desse conjunto.

Funcionalmente, o método AET busca entender a tarefa (trabalho prescrito no nível coletivo) e a atividade (trabalho realizado no nível individual) para contrapô-los, buscando as inadequações, insuficiências e distorções, de forma a poder indicar alterações na tarefa para que ela se torne mais adequada às potencialidades e limitações dos seres humanos que vão realizá-la.

Os documentos para registro dessa contribuição são o Diagnóstico Ergonômico (no qual se registra o comparativo entre tarefa e atividade e as adequações a serem feitas na tarefa) e o

CERE – Caderno de Encargos e Recomendações Ergonômicas (no qual são determinadas as correções a serem buscadas para adequar tarefa/atividade).

Assim, pode a Ergonomia, no cenário do projeto de máquinas, contribuir decisivamente para o entendimento das tarefas que são realizadas nos “arquetipos funcionais” das máquinas hoje em operação como forma de nortear a construção de tarefas para máquinas a serem projetadas para que elas se tornem mais “amigáveis” para os operadores.

Esse enfoque propicia à Ergonomia uma dimensão fortemente desejada: a de que ela contribua para atividades projetuais futuras e, conseqüentemente, para a sua consideração desde o início do processo projetual de máquinas, com inegáveis ganhos de eficácia do seu uso, ainda hoje muito restrito ao âmbito da correção das insuficiências e inadequações que resultam de sua não consideração nos projetos. Essa atualização do papel da Ergonomia resultou em proposta de aperfeiçoamento da sua definição: “a Ergonomia [de Sistemas de Produção] é o estudo da interface ser humano-organização na construção de sistemas de produção, ambientes e tarefas que visem, simultaneamente, a qualidade no trabalho e a qualidade de vida”. (RIGHI, 2002, 89)

Entretanto, a Ergonomia não é uma atividade de índole executiva. Seu limite de atuação é a emissão do Diagnóstico e do CERE, que se destina a estabelecer os parâmetros para as atividades executivas e/ou projetuais nas quais serão solucionados os problemas por ela detectados.

A Ergonomia é uma “atividade-meio” que não se contrapõe, mas que também não se sobrepõe às atividades executivas e/ou projetuais. Seu melhor papel é o de contribuir para que o ser humano (com suas particularidades) seja considerado como ator nas decisões a serem tomadas no processo de projeto.

Por isso pode a Ergonomia contribuir em todas as instâncias envolvidas na problemática das máquinas e equipamentos, desde a Alta Administração, passando pelas gerências, Engenharia, Segurança e chegando até o chão-de-fábrica, nos supervisores e operadores.

Mas esta contribuição não é, repetimos, do tipo executiva ou projetual: é de fomento e apoio a essas atividades.

3. A participação do Design

Comparando o Design àquelas disciplinas de cunho técnico-físico citadas no início deste artigo, Bonsiepe (1983, 95) afirma que “pelo contrário, o desenho industrial é uma disciplina integradora, que corta horizontalmente através das áreas técnico-físicas e complementa-as com uma orientação diferente. (...) no centro de interesse do desenhista industrial encontra-se o usuário com as suas necessidades, as quais não figuram como fator prioritário na temática das outras disciplinas técnico-projetuais. Esse enfoque complementar não outorga à atividade maior ou menor peso que as outras disciplinas que intervêm no projeto de um produto. Darei um exemplo: o desenho de uma bicicleta. A contribuição do desenhista industrial consistiria, nesse caso, em colaborar na formulação do programa de projeto, vale dizer, na listagem de serviços que o produto deve prestar; mais além do trabalho analítico, contribuirá em definir a estrutura geral do bastidor, em selecionar os materiais adequados, em desenhar os detalhes de manobra, do assento, dos pedais, dos acessórios para transportar carga; não lhe compete o projeto de um novo rolamento.” Essa contribuição do Design, que era chamado à época de Desenho Industrial, se mostra adequada quando se dá desde o início do processo de projeto, sobretudo em sua fase analítica, quando se determina, diante do universo de possibilidades, o **conceito** sobre o qual deverá ser desenvolvido o projeto. O termo conceito, no âmbito do Design, diz respeito às decisões iniciais a serem tomadas para determinar um “caminho de solução” que se considere mais adequado para o problema em questão.

Por exemplo: ao se iniciar o projeto de uma máquina industrial para descascar batatas pode-se adotar diversas técnicas para retirar as cascas. Elas podem ser retiradas por abrasão, por cisalhamento, por corrosão, por ataque químico, etc.

Definir qual desses procedimentos é mais adequado é uma das várias decisões a serem tomadas anteriormente ao processo de projeto. O conjunto dessas decisões é que determinará o conceito a ser seguido no projeto. O conjunto das possibilidades técnicas é o que se chama de “alternativas de concepção”.

Aplicando-se este termo (conceito) à questão das máquinas industriais, teremos o ponto de conexão com a Ergonomia, pois o CERE é, do ponto de vista executivo, o indicativo dos parâmetros de projeto para a estruturação da tarefa e, conseqüentemente, para o estabelecimento dos aspectos do conceito da máquina que dizem respeito à sua interface com o ser humano.

Ainda sobre o Design, deve-se acrescentar que sua índole interdisciplinar propicia a integração de profissionais das diversas áreas envolvidas ou relacionadas à tarefa que determinará o conceito da máquina, bem como a integração de profissionais das áreas envolvidas na atividade projetual.

Não se quer com esta afirmação atribuir dimensão superior ao Design em relação às demais disciplinas envolvidas no processo projetual. Somente esclarecer que seu método se diferencia dos demais por propiciar e, em situações de maior complexidade, cobrar a existência de equipes interdisciplinares para a construção de soluções sólidas.

4. O Design de bens de capital baseado em Ergonomia

De fato, não se teria um bom propósito com esta abordagem caso o Design já estivesse consolidado no país, pois seria esta uma de suas vertentes naturais.

Entretanto, os esforços projetuais no Design têm sido mais voltados para os bens de consumo, para os quais tem se mostrado perfeitamente adequado.

O uso do Design no projeto de bens de capital, além de propiciar contribuição em área estratégica para o processo de inovação, leva ao preenchimento de um espaço onde existem expressivos investimentos e no qual o fator multiplicador amplia sua importância.

Assim, a união das três vertentes aqui apontadas (Engenharia, Ergonomia e Design) propicia a geração de novos procedimentos para o design de máquinas que resultam:

- Na maior adequação das máquinas aos operadores, por ter como base o estabelecimento da tarefa do ponto de vista ergonômico;
- Na inovação de conceitos para o projeto de máquinas, que implica na construção de novos arquétipos, mais ambientados e orientados às necessidades, capacidades e potencialidades locais;
- Ao foco do uso das disciplinas técnico-físicas, sobretudo da Engenharia, em atividades para as quais elas oferecem as respostas mais adequadas; entre outros resultados.

5. Um modelo para integrar Engenharia, Design e Ergonomia no projeto de máquinas

Dentre os significados do termo “modelo” apresentados pelo Dicionário Aurélio (2001), um é de particular interesse: “representação simplificada e abstrata de fenômeno ou situação concreta, e que serve de referência para a observação, estudo ou análise”.

Assim, o modelo é, então, aplicável a instâncias nas quais se pretende estudar uma situação que tenha certo nível de complexidade, buscando intencionalmente representá-la de forma simplificada a ponto de se poder entender seus pontos básicos, a partir dos quais seja possível, com maior clareza, observá-la, estudá-la ou analisá-la. Em outras palavras, a modelagem permite que se tenha maior clareza sobre o entendimento da situação em estudo.

É com este sentido que se apresenta na figura 1 um modelo de integração interdisciplinar aplicável ao projeto de bens de capital, em particular de máquinas industriais.

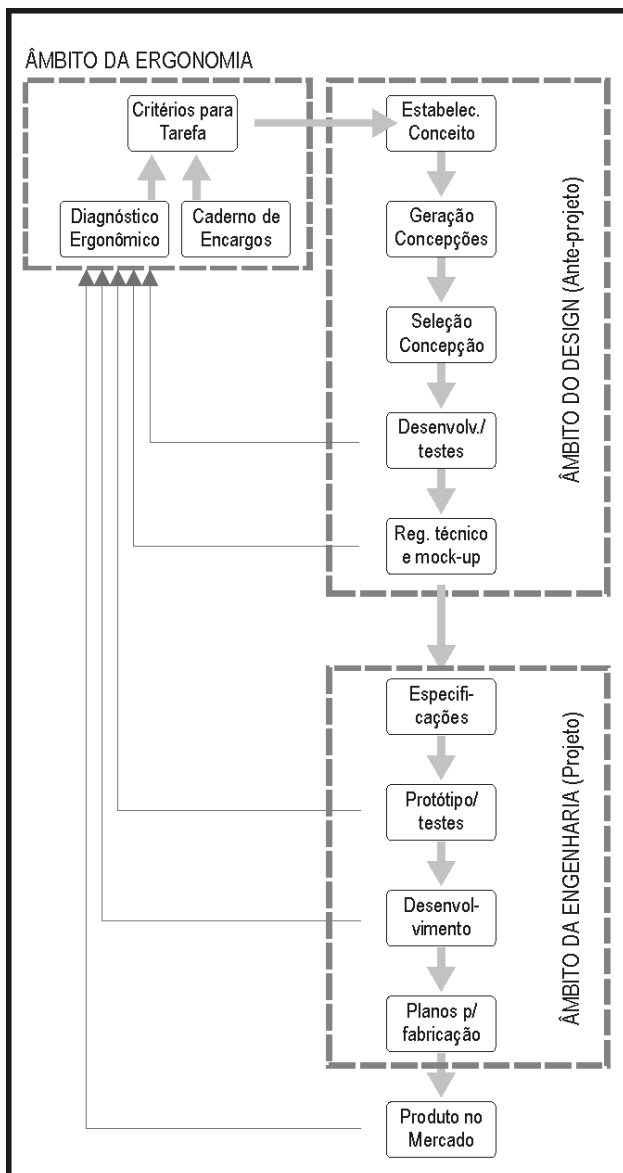


Figura 1 – Modelo para integrar Ergonomia, Design e Engenharia no projeto de bens de capital

O modelo estabelece três áreas nas quais cada uma das disciplinas “líder”, ou seja, aquela na qual sua atuação é preponderante, embora o que se pretenda seja a integração e co-participação em todos os passos do processo de projeto. O elemento de entrada do modelo diz respeito à tarefa, objeto de estudo pelo método AET, tendo como elementos de saída o Diagnóstico e o CERE (caderno de encargos e recomendações ergonômicas), gerados no âmbito da Ergonomia. Do estudo destes documentos, pode a equipe projetual determinar os critérios da tarefa, que determinarão o início da etapa de ante-projeto. Agora conduzida pela ótica do Design, a equipe projetual estabelece o conceito para o projeto da máquina e, sobre ele, as concepções que, uma

vez avaliadas à luz dos critérios de projeto, conduzirá àquela concepção, considerada mais adequada, a ser desenvolvida e detalhada. Dessa etapa resulta a documentação técnica de projeto (desenhos, dimensionamentos, especificações preliminares de materiais e técnicas de fabricação, etc.) e um mock-up (maquete funcional em escala natural) a ser testada pelos próprios usuários (operadores), visando sua aprovação e eventuais aperfeiçoamentos.

Inicia-se então a fase de projeto propriamente dita, sob a égide da Engenharia, na qual são especificados materiais e técnicas de produção, são realizados o dimensionamento fino, os cálculos de confiabilidade, etc. que conduzem à produção de um protótipo a ser utilizado para verificação de funcionamento e de adequação à solução do problema projetual.

Uma vez aprovado, o projeto passa por etapa de desenvolvimento na qual são aperfeiçoados e, se cabível, melhor integrados os seus componentes, além de serem realizados os estudos e planos para a fabricação.

6. Aplicações do modelo

Não é muito freqüente a existência de estruturas que contenham profissionais de Ergonomia, Design e Engenharia em unidades industriais. Normalmente, as equipes de Engenharia compõem o quadro técnico permanente das empresas, enquanto a Ergonomia é mais usualmente utilizada em situações de consultoria ou de assessoria por profissionais externos. O mesmo acontece com os designers, mais freqüentemente voltados para os produtos (bens de consumo) que nelas são fabricados. Assim, o modelo aqui apresentado deve ser aplicado diante das características de cada unidade industrial e a elas moldado.

Tanto quanto possível, deve-se buscar a construção do conhecimento nessas áreas internamente ao corpo técnico permanente da unidade industrial, pois assim o processo de projeto se tornará perene, podendo se transformar em parte do esforço de P&D daquela empresa/unidade industrial.

É também importante frisar que o uso do modelo não fica restrito ao conjunto das

empresas que fabricam máquinas e equipamentos industriais.

Empresas que usam máquinas industriais são também instância para aplicação do modelo, pois possuem excelente condição de realizar diagnóstico ergonômico junto aos seus próprios operadores. Mesmo que não tenham interesse na fabricação das máquinas que utilizam, ao aplicar o modelo se capacitam a interferir nas características das máquinas que compram, movendo os fornecedores a produzi-las mais adequadas às suas necessidades/características ou, ainda, se capacitar à inovação, gerando patentes comercializáveis junto ao parque industrial dos fabricantes de máquinas e equipamentos.

7. Conclusões

A adoção do modelo aqui proposto traz, no nosso entendimento, às seguintes conclusões:

- Pode-se, com seu uso, promover a extensão da Ergonomia às situações futuras, uma busca que se tornou constante diante do entendimento de que, dessa forma, ela pode contribuir mais decisivamente para o aperfeiçoamento das relações ser humano-tarefa do que com a sua atuação limitada à ergonomia corretiva.
- Ainda em relação à Ergonomia, o modelo promove a sua integração com a atividade projetual e induz ao uso dos Diagnósticos e CEREs, muitas vezes gerados e não utilizados pelas instâncias executivas da empresa por falta de conhecimento e/ou de cultura na área.
- Em relação ao Design, o modelo contribui para que ele participe mais diretamente no mercado de bens de capital, hoje pouco focado pelos escritórios e departamentos de design. Esse é, sem dúvida, um forte mercado potencial para a compra de projetos e, sobretudo, instância na qual o diferencial criado pelo uso do Design nas fases analíticas de projeto pode ser mais bem percebido e valorizado.
- Em relação à Engenharia, o uso do modelo conduz ao fortalecimento de

suas competências (especificações e confiabilidade) permitindo melhor focar o projeto em relação a elas.

- Propicia também à Engenharia lidar com conceitos melhor formulados e mais abrangentes, amplificando a qualidade dos resultados finais obtidos.
- Às fábricas de máquinas e equipamentos, o modelo permite avançar na direção da maior adequação dos seus produtos ao mercado local, tanto quanto à inovação conceitual das máquinas, com a conseqüente evolução dos arquétipos com os quais trabalha, muitos deles defasados no tempo ou desfocados das características dos operadores locais.
- Às empresas que utilizam máquinas, o uso do modelo é instância que propicia melhor conhecimento do que o mercado lhes oferece, criando, inicialmente, senso crítico sobre as máquinas e equipamentos dos quais dispõe e gerando critérios para novas aquisições. Nunca é demais lembrar que a aquisição de máquinas com problemas ergonômicos resulta no médio e longo prazo na construção de passivos trabalhistas e patológicos para quem os adquire.
- Indo além, o uso do modelo permite que empresas usuárias de máquinas passem a intervir no mercado dos fabricantes, seja pela geração de patentes, seja se inserindo naquele mercado como fabricante, ainda que somente para seu próprio uso.

8. Referências

BONSIEPE, Gui. *A tecnologia da tecnologia*, São Paulo, Edgard Blücher, 1983.

RIGHI, Carlos Antonio Ramirez. *Modelo para implantação de programa de ergonomia na empresa - MipErgo*. Florianópolis, 2002. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.