

DESIGN *MACROERGONÔMICO*

Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph.D., CPE
Flávio S. Fogliatto, Ph.D.

Laboratório de Otimização de Produtos e Processos (LOPP)
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Praça Argentina, 9, 2º Andar, Sala LOPP
Porto Alegre, RS 90040-020
Tel: (051) 3163490, Fax: (051) 3164007
liabmg@vortex.ufrgs.br
ffogliatto@hotmail.com

palavras-chave: produto, projeto, design, macroergonomia

Abstract

This paper presents *Macroergonomics Design*, a methodology for product design using concepts of macroergonomics, along with statistical and decision analysis techniques. The main idea is to favour designs that are essentially user-driven, with key design features selected to best meet users' requirements. To capture those requirements and translate them into the design appropriately, a seven-step procedure is suggested.

Key- Words: product, project, design, macroergonomics.

1. Introdução

A interdisciplinaridade da ergonomia, apesar de sempre ressaltada na teoria, não é geralmente percebida na prática. Com frequência, atribui-se apenas aos especialistas o papel de identificação e a resolução de problemas ergonômicos. Aos demais envolvidos, principalmente usuários, cabe uma participação passiva. Além disso, tendo em vista a complexidade de problemas que se apresentam nas situações analisadas sob o enfoque ergonômico, as soluções geralmente são propostas para problemas pontuais, perdendo-se, muitas vezes, a visão geral de todas as questões que importam na melhoria de produtos e processos.

Tendo em vista o enfoque mais global e interdisciplinar da ergonomia, Hendrick (1993) e Brown (1995) sugerem a macroergonomia, que estuda a adequação organizacional de empresas ao gerenciamento de novas tecnologias de produção e métodos de organização do trabalho. Estudos macroergonômicos consideram o levantamento e análise das condições de ambiente físico e posto de trabalho, e dos fatores organizacionais, tais como *layout*, ritmo de trabalho e rotina de trabalho, determinantes da qualidade de vida do trabalhador. A macroergonomia promove a participação de trabalhadores de diferentes setores da empresa, explicitando interações existentes entre esses profissionais. Este envolvimento na concepção e operacionalização das tarefas aumenta as chances de sucesso na implementação de modificações sugeridas pela análise macroergonômica. O desenvolvimento de projetos com tais características constitui-se em significativo avanço sobre projetos tradicionais. Nestes, enfatiza-se a adequação

física do posto de trabalho ao homem, através do estudo dos problemas de manipulação associados às posturas adotadas (Hendrick, 1993). Pouca atenção é dada ao processo de composição da tarefa e à opinião dos usuários. Esta abordagem, de escopo limitado, tende a apresentar resultados insatisfatórios, já que não envolve trabalhadores nos processos decisórios e tampouco promove o enriquecimento de suas tarefas. Um projeto macroergonômico, por outro lado, considera a demanda ergonômica, compreendendo as manifestações do trabalhador quanto ao posto de trabalho e execução das tarefas.

A estratégia participativa pode ser estendida ao projeto ergonômico de produtos, com usuários estimulados a manifestarem suas preferências e a participarem ativamente no projeto. Este artigo, apresenta o *Design Macroergonômico* (DM), método de *design* que inova ao incorporar a demanda ergonômica do usuário no projeto e, desta forma, leva a soluções com características orientadas à satisfação da demanda ergonômica do usuário.

A implementação do DM contempla as seguintes etapas: (i) identificação do usuário e coleta organizada de informações acerca de sua demanda ergonômica; (ii) priorização dos itens de demanda ergonômica (IDEs) identificados pelo usuário, com o objetivo de criar um *ranking* de itens demandados; (iii) incorporação da opinião de especialistas (ergonomistas, *designers*, engenheiros, etc.) com vistas à correção de distorções apresentadas no *ranking* obtido em (ii), bem como à incorporação de itens pertinentes de demanda ergonômica não identificados pelo usuário; (iv) listagem dos itens de *design* (IDs) a serem considerados no projeto ergonômico; (v) determinação da força de relação entre os IDEs e os IDs determinados em (iv), objetivando identificar grupos de IDs a serem priorizados nas etapas seguintes da metodologia; (vi) tratamento ergonômico dos IDs; e (vii) implementação do novo *design* e acompanhamento.

A metodologia de DM estrutura a demanda ergonômica, inexistente nas metodologias tradicionais de *design*, pela utilização de técnicas que incorporam de maneira harmônica e estruturada as opiniões de usuários e especialistas no projeto de produtos. Desta forma, é possível identificar e priorizar itens relevantes de *design*. Dada a complexidade da atividade de *design* dentro do DM, técnicas embasadas em campos de conhecimento como Psicologia, Estatística e Administração de Empresas fazem-se necessárias.

A metodologia de DM proposta neste artigo é operacionalizada através da utilização sequenciada de um conjunto de técnicas estatísticas e de análise de decisão. As técnicas estatísticas contempladas no DM compreendem ferramentas para seleção de amostras e coleta de dados, tais como questionários e entrevistas estruturadas, bem como estratégias para organização das informações obtidas. Essas técnicas são utilizadas nas etapas (i) e (ii) da metodologia, descritas acima. As técnicas de análise de decisão contempladas no DM são as matrizes de comparação em Saaty (1977), e o QFD – Desdobramento da Função Qualidade em Akao (1990). Essas técnicas são utilizadas nas etapas (iii) - (v) da metodologia.

O procedimento tradicional de *design* de produtos compreende as etapas de aquisição de conhecimento, estudo de conceitos, *design* básico, construção de um protótipo e teste de campo (Clark & Wheelwright, 1993). O DM pode ser visto como uma aplicação desse procedimento à área da Ergonomia. Todas as etapas da metodologia de DM encontram par no procedimento tradicional de *design de produtos*. A etapa de aquisição de conhecimento está contemplada nos itens (i) - (iii), a etapa de estudo dos conceitos nos itens (iv) e (v) e a etapa de *design* básico nos item (vi) acima. Finalmente, as etapas de construção de um protótipo e teste de campo correspondem ao item (vii) do DM.

2. Etapas da Metodologia de Design Macroergonômico

As sete etapas da metodologia de DM são apresentadas, assim como as técnicas quantitativas de apoio à metodologia nas etapas pertinentes. Desenvolvimentos matemáticos necessários à compreensão dessas técnicas são apresentados simplificada, com o apoio de exemplos numéricos. São enfatizados os aspectos relacionados à operacionalização do *design* participativo, explicitamente contemplados nas etapas (i) a (v) descritas acima. As etapas (vi) e (vii), extensamente documentadas em estudos ergonômicos tradicionais, são abordadas sem maiores detalhes.

2.1 Identificação do usuário, coleta organizada de informações acerca de sua demanda ergonômica e priorização dos IDEs identificados pelo usuário.

Estes itens dizem respeito às duas primeiras etapas da metodologia de DM que cumprem dois objetivos: identificar itens de demanda ergonômica (IDEs) e gerar um *ranking* de importância que permita identificar IDEs serem priorizados no projeto.

A identificação do usuário consiste na determinação dos indivíduos desempenhando atividades diretamente influenciadas por decisões tomadas no projeto de um dado produto. Usuários podem ser primários ou secundários. Usuários primários atuam diretamente com o produto em questão. Usuários secundários são indivíduos apresentando algum grau de interação com o usuário primário e que possam ser afetados pelas condições do produto em questão. A metodologia de DM prioriza a identificação de usuários primários (ou simplesmente *usuários*).

A identificação dos usuários no DM é, geralmente, feita por observação direta, com usuários sendo observados diretamente, quando do *redesign* de produtos; quando projetando novos produtos (isto é, em situações novas), a observação pode ser feita em situações similares existentes.

Para fins ergonômicos, uma classificação relevante dos usuários utilizaria um agrupamento por sexo, idade e grupo étnico [Panero & Zelnik (1979)]. Para possibilitar uma composição apropriada da amostra da população de usuários, níveis são definidos dentro de cada agrupamento. Sexo, por exemplo, apresentaria dois níveis, masculino e feminino; idade apresentaria três níveis, jovens, adultos e idosos. Cada combinação de níveis forma um estrato da população [Cochran (1977)]. Por exemplo, um estrato poderia ser composto por usuários do sexo feminino, adultas e afro-brasileiras. Estratos obtidos de uma população devem ser excludentes. Usuários podem ser classificados em um único estrato. A identificação dos estratos de uma população possibilita selecionar uma amostra de composição balanceada e garante que a população usuária seja devidamente representada na amostra.

Estratos populacionais podem receber pesos de importância idênticos ou distintos. Neste último caso, o peso de importância de um estrato costuma ser dado pela fração da população total contida naquele estrato [Hansen et al. (1993)]. Assim, um estrato h composto de $n_h = 300$ usuários de uma população com um total de $N = 1000$ usuários, receberia um peso de importância $W_h = n_h/N = 0,3$

No DM, a coleta de informações sobre a demanda ergonômica dos usuários pode ser feita em duas etapas. Inicialmente, identificam-se os IDEs através de uma entrevista espontânea ou estruturada [ver Weinberg (1983)]. Esses itens consistem, geralmente, de características ou itens almejados pelo usuário. Na sequência, os usuários recebem uma lista de itens de de-

manda e identificam seu grau de importância utilizando uma escala contínua. O grau de importância apontado pelos usuários permite uma priorização dos IDEs. Em ambas as etapas da coleta de informações, é necessário identificar o número de usuários a serem amostrados por estrato populacional. Assim, garante-se a participação de indivíduos representativos da população.

As duas etapas descritas acima geram, pelo menos, duas estratégias para coleta de informações: (i) *Estratégia A*, na qual IDEs são levantados através de entrevistas e priorizados utilizando a frequência e a ordem de menção dos itens pelos entrevistados. (ii) *Estratégia B*, na qual IDEs são identificados através de entrevistas sendo, então, pontuados quanto ao seu grau de importância utilizando uma escala contínua (sendo possível que alguns usuários venham a pontuar itens de demanda por eles não identificados); a priorização é feita a partir das medições de importância, utilizando, por exemplo, o valor médio de importância dos IDEs.

A coleta de informações na *Estratégia A* depende do correto planejamento da entrevista a ser aplicada ao usuário. No DM, sugere-se a utilização de uma entrevista composta por um módulo espontâneo, seguido de um módulo induzido. No módulo espontâneo, o usuário é solicitado a listar IDEs. No módulo induzido, o usuário é explicitamente perguntado sobre potenciais elementos de demanda; sua tarefa é indicar se os elementos de demanda selecionados pelo entrevistador são pertinentes. Itens de demanda já identificados no módulo espontâneo não são considerados no módulo induzido.

A priorização dos IDEs mediante a *Estratégia A* é feita considerando a frequência corrigida de ocorrência da demanda. A correção é feita utilizando a ordem de menção dos itens no módulo espontâneo da entrevista. A informação sobre a ordem de menção dos itens pode ser considerada de diversas maneiras. Por exemplo, os primeiros três itens de demanda mencionados no módulo espontâneo da entrevista recebem pesos de importância 3,0, 2,0 e 1,0; os demais itens do módulo espontâneo, bem como todos os itens de módulo induzido recebem peso 1,0. Alternativamente, identifica-se a ordem de menção de cada fator pelos entrevistados tal que o peso de importância de um fator mencionado na $p^{\text{ésima}}$ posição é dado pelo recíproco da respectiva posição; ou seja, $1/p$ (resultando nos pesos 1,0, 0,5, 0,33, e assim por diante e garantindo um alto peso alto de importância para os primeiros fatores mencionados). Uma vez pontuados em todas as entrevistas, os IDEs têm seus pesos somados; a partir dos pesos finais pode-se gerar um *ranking* de importância para esses itens. Tal *ranking* utiliza a suposição de que a ordem de menção dos IDEs tende a refletir a postura do entrevistado quanto à sua importância [onde os 3 primeiros fatores mencionados tendem a ser os mais importantes; esse *ranking* pode ou não se preservar para os demais fatores mencionados. A idéia de que a ordem das menções espontâneas reflete uma priorização (Guimarães, 1995) está de acordo com Goleman (1997)].

A composição da amostra de usuários a serem entrevistados pode (i) basear-se no peso de importância dos estratos identificados para a população na determinação do número de usuários a serem amostrados por estrato, ou (ii) formar-se amostrando uma mesma quantidade de indivíduos por estrato. Em ambos os casos, é interessante especificar um número mínimo e máximo de usuários a serem amostrados por estrato. Mediante a *Estratégia A*, a composição da amostra conforme descrito em (i) é a escolha mais apropriada, já que nenhuma estatística acerca de variáveis aleatórias está sendo estimada a partir da amostra; neste contexto, estimadores e suas propriedades não são relevantes. Assim, a amostra deve ser composta de

forma a melhor representar a população amostrada. A Tabela 1 exemplifica a composição de uma amostra mediante os critérios (i) e (ii), com restrição de amostrar não menos que 10 usuários por estrato.

A coleta de informações na *Estratégia B* utiliza uma entrevista seguida de questionário. A entrevista objetiva levantar IDEs conforme percebido pelos usuários, podendo ser espontânea e/ou induzida; o questionário objetiva medir o grau de importância de cada IDE. Após a entrevista, os IDEs identificados são agrupados por afinidade (para evitar redundância) e listados na forma de um questionário, sendo então medidos quanto a sua importância. A priorização dos IDEs baseia-se exclusivamente na importância a eles atribuídos. Na metodologia de DM, a medição do grau de importância é feita utilizando uma escala contínua, de 15 cm, com duas âncoras nas extremidades (*pouco importante* e *muito importante*) e outra no centro da escala (*importante*). Esta escala, sugerida por Stone et al. (1974), é de fácil compreensão, além de gerar dados contínuos. Marcas na escala são diretamente transformadas em valores numa escala de 0 a 15.

	Estrato 1 H. jovens	Estrato 2 H. adultos	Estrato 3 H. idosos	Estrato 4 M. jovens	Estrato 5 M. adultas	Estrato 6 M. idosas	Total
Peso (W_h)	0,10	0,34	0,03	0,14	0,37	0,02	1
Amostra (i)	50	170	15	70	185	10	500
Amostra (ii)	83	83	83	83	83	83	~500

Composição da amostra com (i) usuários amostrados proporcionalmente ao peso do estrato e (ii) mesmo nº de usuários amostrados por estrato (H = homens, M = mulheres).

A coleta de dados tem por objetivo inferir acerca do grau de importância dos IDEs no questionário. Em geral, utiliza-se a média \bar{x}_i do valor de importância atribuído ao $i^{\text{ésimo}}$ IDE como estatística de interesse. A precisão desejada na inferência determina o número de indivíduos a serem amostrados por estrato. Desta forma, o analista deve determinar *a priori* a magnitude do desvio δ admitido entre o valor \bar{x}_i do $i^{\text{ésimo}}$ IDE e sua média real μ_i . Uma vez conhecido o valor de δ , pode-se determinar o nível de significância ($1-\alpha$) associado à inferência e o tamanho de amostra por estrato. Este procedimento encontra-se exaustivamente descrito em referências sobre teoria da amostragem; ver Cochran (1997) e Hansen et al. (1993), entre outros.

2.2 Incorporação da opinião de especialistas e de itens pertinentes de demanda ergonômica não identificados pelo usuário.

A utilização da opinião do usuário no *design* ergonômico de produtos é uma das principais características da metodologia de DM. Promovendo a participação do usuário no projeto, aumentam as chances de sucesso quando de sua implementação definitiva. É comum, todavia, que itens ergonômicos relevantes escapem à percepção do usuário, não sendo por ele demandados. Por exemplo, ao levantar-se a demanda ergonômica de um assento para cobradores de ônibus, é possível que poucos usuários identifiquem a necessidade do apoio para os pés; este item dificilmente não seria mencionado por ergonomistas.

Nesta seção, apresenta-se um método estruturado para incorporação da opinião de especialistas acerca dos pesos de importância atribuídos aos IDEs identificados pelos usuários, bem como para incorporação de itens relevantes por estes não mencionados no *design* macroergonômico.

Para revisão dos pesos de importância dos IDEs utilizando a opinião de especialistas, propõe-se a utilização da matriz de comparação aos pares de Saaty (1977), descrita na sequência.

Para incorporação de itens ergonômicos relevantes não mencionados pelo usuário, propõe-se o *brainstorming*; para esclarecimentos quanto à esta técnica, ver Osborn (1963).

A idéia central do método de Saaty é a comparação de itens aos pares. Assim, a análise de N itens resulta em $N(N-1)/2$ pares para comparação. Os resultados das comparações são escritos em matrizes de comparações. Os valores nessa matriz trazem os resultados das avaliações de pares de elementos. A avaliação utiliza uma escala contínua de $1/9$ a 9. Assim, se dois IDEs i e j são igualmente importantes, o valor 1 descreve o resultado da comparação. Se i for considerado muito mais importante que j , o valor 9 é utilizado; em caso diametralmente oposto, o valor $1/9$ é utilizado. Os demais valores da escala descrevem situações intermediárias. Elementos na diagonal principal da matriz têm valor igual a 1,0. Elementos na porção triangular superior são o recíproco dos elementos na porção triangular inferior. Os valores escritos na matriz são resultado de consenso entre os especialistas na avaliação de cada par de fatores.

Através de manipulação algébrica, obtêm-se duas informações da matriz de comparações: (i) um vetor de pesos de importância para os IDEs comparados, e (ii) a razão de consistência (CR) das avaliações. O vetor de pesos permite estabelecer um *ranking* de importância para os IDEs, enquanto a razão de consistência fornece uma medida da qualidade dos dados utilizados na matriz (ou seja, a qualidade dos julgamentos feitos pelos especialistas).

• O escore dos elementos de uma matriz de comparação A é dado pelo seu autovetor principal w [Saaty (1977)]. O autovetor principal de uma matriz pode ser obtido multiplicando os N elementos em cada linha da matriz e determinando a $n^{\text{ésima}}$ raiz do valor resultante; o escore dos elementos na matriz, dado pelo vetor w , é obtido normalizando esses valores resultantes (isto é, dividindo cada valor pela soma de todos os valores). A razão de consistência (CR) de uma matriz de comparação é obtida a partir de manipulações algébricas envolvendo o seu autovalor principal, λ . A CR consiste da comparação entre o índice de consistência (CI) da matriz e o índice aleatório (RI) para uma matriz de mesma dimensão. Para determinar CI, execute três operações: (i)

$z = A \cdot w$, (ii) $o = z / w$, e (iii) $\lambda = \sum_{i=1}^N o_i$, onde o corresponde ao elemento do vetor o . O índice de

consistência CI da matriz de comparações A é dado por $CI = (\lambda - N) / (N - 1)$, onde N indica o número de linhas em A (Saaty, 1977). A razão de consistência CR de A é dado por $CR = CI / RI$, com RI (um índice aleatório) dado na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** para diversos valores de N .

N	3	4	5	6	7	8
RI	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41

Tabela 1. Índice Aleatório (RI) para matrizes de dimensão $N = 1, \dots, 8$.

Conforme a literatura, é desejável trabalhar-se com valores de $CR < 0,10$. Esse valor, todavia, deve ser tomado como sugestão. Para compreender o significado desse valor, considere uma matriz de comparações onde os valores preenchidos na matriz foram escolhidos *aleatoriamente* da escala $[1/9, 9]$, correspondendo ao pior caso possível de consistência, já que nenhum critério de transitividade entre elementos foi considerado quando do preenchimento da matriz. Um valor de $CR = 0,10$ denota uma matriz de comparação onde 10% das avaliações foram realizadas sem nenhum critério, ou seja, existe 10% de “caos” nas comparações.

- - *O número de IDEs a serem comparados usando o método de comparação aos pares limita seriamente sua aplicação. Um número N de IDEs resulta em $N(N - 1)/2$ pares de alternativas a serem comparados (p.ex., quando $N = 7$, 21 pares devem ser comparados). Este problema pode ser contornado agrupando IDEs em categorias, conforme suas afinidades. Assim, somente IDEs dentro de uma mesma categoria passam a ser avaliados. Os pesos de importância dos IDEs são então obtidos considerando a importância da categoria a que eles pertencem relativamente às demais e normalizando os resultados. Um exemplo numérico é apresentado a seguir.*
 -
- Considere 8 IDEs agrupados em 2 categorias (ver **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**). A avaliação direta dos 8 IDEs implica na comparação de 28 diferentes pares de alternativas. Agrupando IDEs em categorias, a avaliação passa a ser executada dentro de cada categoria, reduzindo o total de pares a serem comparados para 12. Suponha que após avaliação dos pares, chegue-se aos vetores de pesos de importância $w_1 = [0,2, 0,3, 0,1, 0,4]$ e $w_2 = [0,1, 0,1, 0,4, 0,4]$, associados a IDEs nas categorias 1 e 2, respectivamente. Suponha também que após avaliar as categorias entre si (um único par de alternativas), obtém-se o vetor de pesos $w_c = [0,3, 0,7]$. Considere o seguinte procedimento: pesos em w_i são corrigidos considerando a importância da categoria i ($i = 1,2$); assim, o maior valor em w_i é substituído pelo peso de importância da categoria i , sendo os demais elementos em w_i reescalados para refletir esta substituição (utilizando regra de três simples). Usando w_1 , w_2 e w_c acima, obtém-se os vetores reescalados $w'_1 = [0,15, 0,225, 0,075, 0,3]$ e $w'_2 = [0,175, 0,175, 0,7, 0,7]$. O peso de importância dos IDEs, conforme avaliado pelo grupo de especialistas pode ser obtido normalizando conjuntamente os pesos em w'_1 e w'_2 , isto é, $w = [0,06, 0,09, 0,03, 0,12, 0,07, 0,07, 0,28, 0,28]$. Note que um vetor de igual dimensão seria obtido comparando os 8 IDEs diretamente; o número de pares a comparar, porém, seria bem maior.

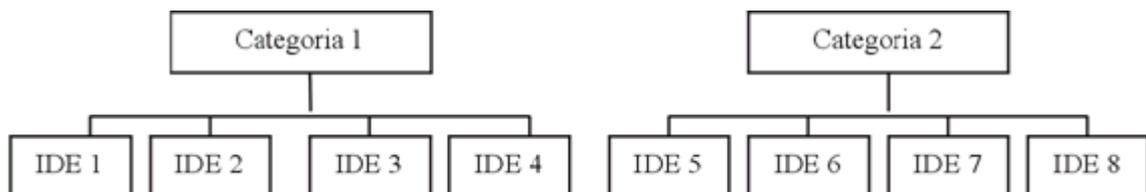


Figura 1. IDEs agrupados em categorias (exemplo com 8 IDEs e 2 categorias).

Conforme descrito anteriormente, o método das comparações aos pares gera dois resultados: um *ranking* de importância dos elementos comparados na matriz (obtido através de seu vetor de pesos) e uma medida da consistência nas avaliações. O modo de utilização da informação contida no vetor de pesos depende da estratégia adotada para coleta de informações (ver seção 2.1 acima).

Mediante a *Estratégia A*, em que os pesos de importância dos IDEs são baseados em sua frequência e ordem de menção, a revisão dos pesos de importância dos IDEs utilizando a opinião de especialistas é feita qualitativamente. Em outras palavras, compara-se o *ranking* dos IDEs gerado pelos usuários e pelos especialistas: itens significativamente diferentes são revisados e concensados quanto ao seu *ranking* final (corrigido) de importância.

Mediante a *Estratégia B*, com pesos de importância dos IDEs mensurados quantitativamente, a comparação entre o *ranking* dos IDEs dados por usuários e especialistas é feita diretamente, usando as médias de importância para as IDEs dados pelos usuários e o vetor de pesos de importância gerados pelos especialistas. Caso haja divergências nos *rankings*, pesos corrigidos de importância são obtidos calculando a média ponderada entre os pesos dados por usuários e especialistas. A ponderação baseia-se na importância relativa atribuída às opiniões de usuários e especialistas pelo líder do projeto.

Finalmente, cabe ao grupo de especialistas avaliar a necessidade de incorporação de itens ergonômicos relevantes não mencionados pelo usuário na lista de IDEs. Para tanto, sugere-se a técnica de *brainstorming*. Nesta técnica, lista-se o maior número possível de IDEs, itens relevantes listados no *brainstorming* e não constantes na lista de IDEs gerada pelos usuários passam então a ser considerados. O peso de importância dos novos IDEs é determinado qualitativamente, comparando sua importância com itens já ponderados. Considere um exemplo com vetor de pesos corrigidos dado por $w_{\text{final}} = [0,165, 0,710, 0,125]$. Um novo IDE é introduzido à lista com peso de importância similar ao 1º item (isto é, 0,165). Assim, aloca-se um peso de importância 0,165 ao novo item, sendo ele introduzido no vetor w_{final} , o qual é então normalizado. O novo vetor corrigido resultante será dado por $w'_{\text{final}} = [0,142, 0,142, 0,609, 0,107]$.

2.3 Listagem dos IDs a serem considerados no projeto de produtos.

Nesta etapa, são listados os itens a serem avaliados no *design* ergonômico de produtos. Estes itens são denominados *itens de design* (ID). IDs podem ou não ser alterados na intervenção macroergonômica. A atuação sobre os IDs é ditada por sua relação com os IDEs. Um ID sem efeito sobre os IDEs será mantido inalterado (por exemplo, no caso de um posto de trabalho já existente) ou não será contemplado no projeto (por exemplo, no caso de novos postos de trabalho). A relação entre IDs e IDEs será discutida em detalhes na seção 2.4 abaixo.

Um *checklist* inicial de IDs relacionados a postos, equipamentos e ferramentas de trabalho pode ser encontrada em autores como Grandjean (1998). Tais listagens podem ser utilizadas como ponto de partida na determinação dos IDs candidatos ao projeto de um posto de trabalho. Alternativamente, diversas técnicas para levantamento de IDs podem ser utilizadas, tais como: (i) observação direta das características do posto de trabalho em questão, (ii) filmagem em vídeo da rotina de trabalho de seus usuários, (iii) observação participativa de membros da equipe de *design* [ou seja, membros da equipe de *design* trabalham no posto por um determinado período de tempo; ver Flynn et al. (1990)], (iv) inspeção do elenco de IDEs selecionados na etapa anterior e determinação de possíveis IDs relacionados a eles, e (v) compilação de dados históricos disponíveis em literatura.

É importante ressaltar que o objetivo nesta etapa da metodologia de DM é obter uma listagem completa de possíveis IDs a serem considerados em um projeto. Quaisquer esforços para identificação de IDs significativos na satisfação dos IDEs listados nas etapas anteriores devem ser deferidos até a próxima etapa da metodologia.

2.4 Determinação da força de relação entre IDEs e IDs.

Nas seções 2.2 e 2.3, mostrou-se como a equipe de *design* em conjunto com os usuários geram listagens de IDEs e IDs através da utilização de técnicas estatísticas e de análise de decisão. Os IDEs listados foram também ponderados quanto à sua importância ergonômica. Nesta etapa da metodologia de DM, a força de relação entre IDEs e IDs deve ser explicitada, tendo em vista dois objetivos: (i) gerar pesos de importância para IDs relevantes na satisfação dos IDEs e, assim, classificá-los quanto à sua prioridade, e (ii) identificar IDs sem efeito na satisfação dos IDEs e, conseqüentemente, desconsiderá-los no projeto. Esses objetivos são

alcançados através da utilização da Matriz da Qualidade do QFD (*Quality Function Deployment*).

O QFD é uma ferramenta de planejamento utilizada no desenvolvimento de novos produtos e serviços ou na melhoria daqueles já existentes [Akao (1990), Cohen (1995)]. A Matriz da Qualidade (MQ), uma das partes componentes do QFD, é uma ferramenta de análise de decisão utilizada na priorização de IDs. Os resultados da MQ não indicam *como* projetar os IDs, mas estabelece prioridades. Um exemplo genérico de MQ, apresentando os elementos utilizados na metodologia de DM, é dado na Tabela 3; estes elementos são detalhados na seqüência, utilizando a mesma numeração da tabela.

① Itens de Demanda Ergonômica (IDES)		② Peso de Importância PI_i	③ Itens de Design			Avaliação dos Competidores		⑥ Priorização do IDE, P_i
Desdobramento dos IDEs			Item 1	Item 2	...	④ Avaliação Estratégica, E_i	⑤ Avaliação Competitiva, M_i	
Primário	Secundário							
IDE Prim. 1	IDE Sec. 1							
IDE Prim. 2	IDE Sec. 2		⑦	R_{ij}				
⋮	⋮							
⑧ Importância Técnica, IT_i								

Tabela 1. Matriz da Qualidade utilizada na metodologia DM.

1. *Itens de Demanda Ergonômica / Desdobramento* – as linhas da MQ contêm os IDEs listados na seção 2.2. Quando IDEs são agrupados em categorias, as categorias correspondem a desdobramentos *primários* das IDEs, enquanto IDEs dentro de cada categorias constituem desdobramentos *secundários*. Como os pesos de importância são associados a IDEs e não as suas categorias, a menção das categorias na MQ é facultativa.
2. *Pesos de Importância, PI_i* – os pesos a serem escritos correspondem aos pesos *corrigidos* das IDEs, obtidos após levar em consideração conjuntamente as opiniões de usuários e especialistas sobre a importância relativa das IDEs. A cada IDE i corresponde um peso de importância PI_i .
3. *Itens de Design* – nas colunas da MQ listam-se os IDs levantados na seção 2.4.
4. *Avaliação Estratégica, E_i* – associado a cada IDE i , existe um valor de avaliação estratégica E_i . Nesta avaliação, considera-se a repercussão do atendimento aos IDEs sobre a satisfação dos usuários primários e secundários do produto em estudo, imagem da empresa junto a seus clientes e fornecedores, etc. Essa avaliação estratégica é preferencialmente realizada por um grupo de gerentes ou executivos da empresa, utilizando uma escala contínua de 0,5 (importância pequena) a 2 (importância muito grande).
5. *Avaliação Competitiva, M_i* – neste item, analisa-se a posição da empresa em relação a concorrência, relativamente a cada um dos IDEs. A comparação é feita contra dois ou

três concorrentes bem conceituados no mercado. No caso da empresa ser a líder de seu segmento no mercado, a comparação é feita considerando um concorrente com características *ideais*. Para cada IDE i , existe um valor de avaliação competitiva M_i correspondente. A avaliação competitiva dos IDEs é geralmente realizada pela equipe de especialistas responsável pelo projeto, utilizando uma escala contínua de 0,5 (acima da concorrência) a 2 (muito abaixo da concorrência). A avaliação competitiva, assim como a avaliação estratégica das IDEs, é de preenchimento facultativo na MQ.

6. *Priorização do Item de Demanda Ergonômica*, P_i – a priorização do $i^{\text{ésimo}}$ IDE leva em consideração a importância aferida pelos usuários e especialistas ao IDE, os resultados da avaliação estratégica, e os resultados da avaliação competitiva, através da seguinte expressão:

$$P_i = PI_i \times \sqrt{E_i} \times \sqrt{M_i}, \quad i = 1, \dots, I.$$

onde I denota o número total de IDEs sendo considerados no projeto.

1. *Relação entre os IDEs e os IDs*, R_{ij} – a avaliação da relação entre os IDEs e IDs listados na MQ utiliza uma escala contínua de 0 (nenhuma relação) a 5 (relação forte). No preenchimento da matriz, a equipe de especialistas deve avaliar o quanto cada ID (listados nas colunas da matriz) atende à demanda ergonômica expressa pelos IDEs (listados nas linhas da matriz). Algumas situações especiais podem ocorrer. Por exemplo, uma MQ com muitas relações fracas indica inconsistência entre IDEs e IDs. Nesta situação, os IDs devem ser revistos pela equipe de especialistas, já que não atendem às necessidades ergonômicas expressas pelos IDEs. Uma MQ com colunas em branco, por sua vez, indica a existência de IDs desnecessários, os quais devem ser revistos quanto à sua importância ou desconsiderados do projeto. Uma MQ com linhas em branco, por outro lado, indica inconsistência na seleção dos IDs selecionados pela equipe de especialistas: IDs importantes para a satisfação da demanda ergonômica expressa pelos IDEs não listados, devem ser identificados e acrescentados à MQ.

Importância Técnica, IT_j – a importância técnica de um ID j estabelece sua prioridade relativamente aos demais. O cálculo de IT_j utiliza os valores de importância P_i , além dos valores de intensidade de relação R_{ij} , através da expressão

$$IT_j = \sum_{i=1}^I P_i \times R_{ij}, \quad j = 1, \dots, J,$$

onde J denota o número total de IDs listados na matriz. Uma vez determinados os valores de IT_j , pode-se gerar um *ranking* de prioridade para os IDs a serem considerados no projeto. Um *ranking* desta natureza pode servir a diversos fins, como estabelecer critérios de alocação de recursos humanos e financeiros no projeto ou justificar necessidades materiais junto à direção da empresa. Como evidenciado na eq. (1), o *ranking* de prioridade para os IDs é essencialmente determinado pelos pesos de importância alocados aos IDEs por usuários e especialistas, cumprindo, assim, ao objetivo principal da metodologia de DM: promover o projeto participativo de produtos.

2.5 Tratamento ergonômico dos Itens de Design.

Na etapa anterior, determinaram-se IDs a serem considerados no projeto de produtos e sua ordem de prioridade. Nesta etapa, o objetivo é estabelecer metas ergonômicas para os IDs. As metas consistem de especificações técnicas e valores-alvo que levam em conta aspectos como conforto e segurança do ambiente físico, questões antropométricas e de organização do trabalho, materiais a serem utilizados, viabilidade técnica, etc.

O tratamento ergonômico de IDs em projetos de postos de trabalho, com enfoques diversos, pode ser encontrado na literatura [Kroemer (1994), Osborne (1987), Salvendy (1997), Pheasant (1996)]. A combinação de IDs específicos para cada tipo de projeto não permite estabelecer um procedimento padrão para tratamento ergonômico. O trabalho multidisciplinar envolvendo ergonomistas, *designers*, médicos, engenheiros, etc., e a utilização conjunta da *expertise* destes profissionais possibilita a obtenção de bons resultados nesta etapa.

2.6 Implementação do novo *design* e acompanhamento.

A implementação do novo *design*, uma vez concluído o tratamento ergonômico dos IDs, implica no desenvolvimento de um *mock-up*, protótipo ou produto-piloto para teste do projeto proposto e ajustes finais. O objetivo principal do produto-piloto é auxiliar a equipe de *design* na verificação da eficácia das soluções propostas. Uma vez concluídos os ajustes no protótipo, o novo *design* pode ser implementado. O acompanhamento nesta fase é essencial, pois os usuários devem ser orientados em como atuar com a nova proposta, proporcionando um *feedback* à equipe de *design* quanto às soluções implementadas.

Testes com protótipos encontram-se bastante documentados na literatura, não constituindo o foco de atenção deste trabalho. Para um tratamento mais completo da etapa de testes com protótipos, ver Clark & Wheelwright (1993) e Bowen et al. (1995), entre outros.

3. Conclusão

A metodologia de *Design Macroergonômico* para o projeto de produtos baseia-se em preceitos macroergonômicos, e inova ao aliar, à *expertise* da equipe de projetistas, a demanda ergonômica do usuário no *design* de produtos.

A metodologia promove a utilização conjunta de técnicas estatísticas, ferramentas de análise de decisão e conceitos ergonômicos, sendo implementada através de um procedimento em sete etapas. O resultado principal da aplicação da metodologia é dado na forma de uma lista priorizada de itens de *design*. Tal lista pode ser utilizada como diretriz na aplicação de recursos e esforços no projeto ergonômico de produtos.

4. Referências

- AKAO, Y. (1990). *Quality Function Deployment – Integrating customer requirements into product design*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- BOWEN, H.K., CLARK, K. HOLLOWAY, C. & WHEELWRIGHT, S. (1995). *Vision and Capability: High Performance Product Development in the 1990's*. New York: Oxford University Press.
- BROWN, O. Jr. (1995). *The development and domain of participatory ergonomics*. In IEA WORLD CONFERENCE 1995 and BRAZILIAN ERGONOMICS CONGRESS, 7, Proceedings. Rio de Janeiro: ABERGO, p. 28-31.
- CLARK, K.B. & WHEELWRIGHT, S.C. (1993). *Managing new product and process development – Text and Cases*. Boston: Free Press.
- COCHRAN, W. G. (1997). *Sampling Techniques*. 3rd Ed., New York: John Wiley.
- COHEN, L. (1995). *Quality Function Deployment – How to make QFD work for you*. New York: Addison-Wesley.
- FLYNN, B. B., SAKAKIBARA, S., SCHROEDER, R. G., BATES, K. A. & FLYNN, E. J. (1990). Empirical Research Methods in Operations Management. *Journal of Operations Management*, Vol. 9, No. 2, p. 250-283.

- GOLEMAN, D. (1997). *Emotional Intelligence*. New York: Bantam Books.
- GRANDJEAN, E. (1998). *Manual de Ergonomia – Adaptando o trabalho ao homem*. 4ª Ed., Porto Alegre: Bookman.
- GUIMARÃES, L.B. de M. (1995) *Desenvolvimento de metodologia para design e avaliação de interfaces: relatório de projeto*. Porto Alegre: CIENTEC.
- HANSEN, M. H., HURWITZ, W. N. & MADOW, W. G. (1993) *Sample Survey Methods and Theory (In 2 Volumes)*. New York: John Wiley.
- HENDRICK, H. W. (1993) *Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety and quality of work life*. In CONGRESSO LATINOAMERICANO DE ERGONOMIA, 2 e SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 6, Anais. Florianópolis, , p. 39-58.
- KROEMER, K. H. E. (1994) *Ergonomics : how to design for ease and efficiency*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- OBORNE, D. J. (1987) *Ergonomics at work*. 2nd Ed. New York: Wiley,.
- OSBORN, A.F. (1963) *Applied imagination; principles and procedures of creative problem-solving*. 3rd Ed. New York: Scribner.
- PANERO, J. & ZELNIK, M. (1979) *Human Dimension & Interior Space*. London: Architectural Press.
- PHEASANT, S. (1996) *Bodyspace : anthropometry, ergonomics, and the design of work*. 2nd Ed. London: Taylor & Francis.
- SAATY, T. (1977) A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *J. Math. Psychology*, (15), nº 3, , 234 – 281.
- SALVENDY, G. (Ed.). (1997) *Handbook of human factors and ergonomics*. 2nd Ed. New York : Wiley.
- STONE, H., SIDEL, J., OLIVER, S., WOOLSEY, A. & SINGLETON, R.C. (1974) Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. *Food Technology*. **28**(1) p. 24-34.