

## Design Macroergonômico: uma proposta metodológica para projeto de produto

Flávio S. Fogliatto, PhD  
ffogliatto@ppgep.ufrgs.br

Lia B. de Macedo Guimarães, PhD, CPE  
liabmg@vortex.ufrgs.br

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

Neste trabalho é apresentada a metodologia de *Design Macroergonômico*, auxiliar no projeto ergonômico de produtos e postos de trabalho. A metodologia baseia-se em preceitos de macroergonomia e faz uso de técnicas estatísticas, bem como de ferramentas de análise de decisão. Sua principal característica é a promoção da participação dos usuários (trabalhadores) no projeto de produtos e postos de trabalho; itens a serem considerados no projeto são essencialmente determinados pelos usuários. A metodologia é implementada através de um procedimento em sete etapas. Um estudo de caso, tendo como objeto o projeto de cabines para cobrança de pedágio, ilustra a aplicação da metodologia.

**Palavras-chave:** Projeto; Produto; Posto de Trabalho; Macroergonomia; Cabine de Pedágio.

In this paper we propose *Macroergonomic Design*, a methodology for the products and work stations 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' ergonomic requirements. To capture those requirements and translate them into the design appropriately, a seven-step procedure is suggested. The methodology is applied in a case study from the transportation industry.

**Keywords:** Design; Product; Workstation; Macroergonomics; Toll Booth.

### 1 Introdução

A macroergonomia (Hendrick, 1993, Brown, 1995) investiga a adequação organizacional de empresas ao gerenciamento de novas tecnologias de produção e métodos de organização do trabalho. Estudos macroergonômicos são operacionalizados através de 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 estes profissionais. Ao longo de todo o estudo macroergonômico, esse processo participatório é estimulado. O envolvimento dos trabalhadores na

concepção e operacionalização das tarefas aumenta sensivelmente as chances de sucesso na implementação de modificações sugeridas através da análise macroergonômica do trabalho.

A estratégia participativa delineada acima pode ser estendida ao projeto ergonômico de produtos e postos de trabalho, com usuários estimulados a manifestarem suas preferências e a participarem ativamente no projeto. Uma modalidade de *design* com tais características constituiria um significativo avanço sobre projetos desenvolvidos seguindo o enfoque da ergonomia tradicional. Nestes, enfatiza-se a adequação física de produtos e postos de trabalho ao homem, através do estudo dos problemas de manipulação associados às posturas adotadas (Hendrick, 1993). Nenhuma 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.

Neste artigo, propõe-se o *Design Macroergonômico* (DM), uma metodologia para *design* de produtos e postos de trabalho, de caráter participativo, baseada em preceitos macroergonômicos. O DM inova ao incorporar a demanda ergonômica do usuário no processo de *design*. Mais especificamente, busca-se propor um projeto com características orientadas à satisfação da demanda ergonômica do usuário. Por demanda ergonômica compreende-se as manifestações do usuário quanto às questões ergonômicas envolvidas nos produtos que manuseia e nos postos de trabalho onde executa suas tarefas.

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. A priorização utiliza a própria informação coletada em (i), baseando-se, por exemplo, em características do conjunto de dados amostrais (frequências, ordem de menção de itens, etc.). O objetivo nesta etapa é 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 incorporação de itens pertinentes de demanda ergonômica não identificados pelo usuário. Determina-se, assim, um *ranking corrigido* de itens de demanda ergonômica a ser utilizado nas etapas seguintes da metodologia;
- (iv) listagem dos itens de *design* (IDs) a serem considerados no projeto ergonômico do posto de trabalho. Uma lista inicial de itens de *design* pode ser obtida através de inspeção na lista de IDEs. Esta etapa é desenvolvida essencialmente pelo ergonomista;
- (v) determinação da força de relação entre os IDEs e os IDs determinados em (iv). O objetivo é identificar grupos de IDs a serem priorizados nas etapas seguintes da metodologia;
- (vi) tratamento ergonômico dos IDs. Nesta etapa, estabelecem-se metas ergonômicas para os IDs baseadas em fatores como conforto e segurança do ambiente físico, além de questões antropométricas e de organização do trabalho. Metas ergonômicas compreendem características dos IDs tais como valores-alvo dimensionais, especificação de materiais, dispositivos acessórios, etc.;
- (vii) implementação do novo *design* e acompanhamento.

A metodologia de DM apresenta uma demanda, inexistente nas metodologias tradicionais de *design*, pela utilização de técnicas que operacionalizam o envolvimento dos trabalhadores no projeto de seus postos de trabalho. 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. As técnicas estatísticas e de análise de decisão mencionadas acima serão apresentadas em detalhes neste trabalho.

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 (iii) e (iv) e a etapa de *design* básico nos itens (v) e (vi) acima. Finalmente, as etapas de construção de um protótipo e teste de campo correspondem ao item (vii) das etapas do DM.

Como já mencionado, a metodologia de DM promove a participação dos usuários no projeto de produtos e postos de trabalho. Nessa metodologia, as opiniões de usuários e especialistas são incorporadas de maneira harmônica e estruturada no projeto, com vistas a identificar e priorizar itens relevantes de *design*. Na apresentação da metodologia, delineada nas próximas seções deste trabalho, enfatizam-se 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, serão abordadas sem maiores detalhes.

A utilização da metodologia de *Design Macroergonômico* proposta neste artigo é ilustrada através de um estudo de caso. O posto de trabalho

em questão é uma cabine de cobrança de pedágio. O projeto foi desenvolvido em parceria com uma concessionária de pedágios no estado do Rio Grande do Sul.

Este artigo está estruturado em quatro seções, incluindo a presente introdução. Na seção 2, é apresentada uma descrição detalhada das etapas envolvidas na metodologia de DM; técnicas estatísticas e ferramentas de análise de decisão utilizadas na metodologia são explicitadas. A seção 3 traz uma aplicação da metodologia proposta no estudo de caso em questão. A conclusão do artigo é apresentada na seção 4.

## 2 Etapas da metodologia de Design Macroergonômico

Esta seção encontra-se dividida em seis subseções. Em cada subseção, uma ou mais etapas da metodologia de DM encontram-se detalhadas. Técnicas quantitativas de apoio à metodologia são apresentadas nas etapas pertinentes. Desenvolvimentos matemáticos necessários para compreensão dessas técnicas também são apresentados de maneira simplificada e com o apoio de exemplos numéricos.

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

Esta seção compreende as duas primeiras etapas da metodologia de DM. Estas etapas cumprem dois objetivos: identificar itens de demanda ergonômica (IDEs) e gerar um *ranking* de importância que permita identificar itens de demanda a serem priorizados no projeto.

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

A identificação dos usuários em estudos de design ergonômico de produtos e postos de trabalho é, geralmente, feita por observação direta. Usuários podem ser observados diretamente na empresa, quando do *redesign*; caso um novo produto ou posto de trabalho esteja sendo projetado (isto é, em empresas novas ou que não possuam produtos ou postos similares), a observação pode ser feita em empresas desempenhando atividades afins.

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 nível compreendendo faixas etárias distintas. Cada combinação de níveis forma uma subpopulação ou estrato da população (ver 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 em uma população são classificados em um único estrato. A identificação dos estratos de uma população possibilita selecionar uma amostra de composição balanceada.

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  $W_h = n_h / N = 0,3$

Na metodologia de DM, a coleta de informações sobre a demanda ergonômica dos usuários pode ser feita em duas etapas. Na primeira etapa, identificam-se os itens de demanda através de uma entrevista espontânea ou estruturada (ver Weinberg, 1983). Esses itens consistem, em geral, de características ou itens almejados pelo usuário relativamente a um produto ou posto de trabalho. Na segunda etapa, os usuários recebem uma lista de itens de demanda e identificam seu grau de importância utilizando uma escala contínua. O grau de importância apontado pelos usuários permite uma priorização dos itens de demanda. Em ambas as etapas da coleta de informações, é necessário identificar o número de usuários a serem amostrados por estrato populacional.

As duas etapas descritas acima geram, pelo menos, duas estratégias para coleta de informações, detalhadas na sequência:

*Estratégia A:* IDEs são levantados através de entrevistas e priorizados utilizando (i) a frequência e (ii) a ordem de menção dos itens pelos entrevistados.

*Estratégia B*: IDEs são identificados através de entrevistas. Os mesmos usuários então pontuam o grau de importância dos itens 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 (o item com maior valor médio de importância é prioritário; os demais itens são classificados de maneira similar).

Dependendo da situação, pode ser utilizada a *Estratégia A*, a *Estratégia B* ou a *Estratégia A + B*. A *Estratégia A* isolada é conveniente quando não é possível retornar ao local, *a posteriori*, para aplicação do questionário. A *Estratégia A + B*, garante que as pessoas que não se manifestaram na entrevista possam expor suas opiniões.

Toda a coleta de informações na *Estratégia A* depende do correto planejamento da entrevista a ser aplicada ao usuário. Na metodologia de DM, sugere-se a utilização de uma entrevista composta por um módulo espontâneo, seguido de um módulo induzido quando necessário. No módulo espontâneo, o usuário é solicitado a listar IDEs em seu posto de trabalho. 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 Figura 1 apresenta um exemplo deste tipo de entrevista.

A priorização dos itens de demanda 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 seja dado pelo recíproco da respectiva posição; ou seja,  $1/p$ . Assim, o primeiro fator mencionado pelo entrevistado recebe um peso de importância  $1/1 = 1,0$ , o segundo fator recebe peso  $1/2 = 0,5$ , e assim por diante. A função recíproca garante um peso alto de importância para os primeiros fatores mencionados. Uma vez pontuados em todas as entrevistas, os itens de demanda têm seus pesos somados; a partir dos pesos finais pode-se gerar um *ranking* de importância para esses itens. Observe que tal *ranking* utiliza a suposição de que a ordem de menção dos itens de demanda nas entrevistas tende a representar um *ranking* de importância dos fatores, onde os três primeiros fatores mencionados tendem a ser os mais importantes (Guimarães, 1995); esse *ranking* pode ou não se preservar para os demais fatores mencionados.

A composição da amostra de usuários a serem entrevistados mediante a *Estratégia A* pode (i) basear-se no peso de importância dos estratos identificados inicialmente para a população na determinação do número de usuários a serem amostrados em cada 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 de cada estrato. Mediante a *Estratégia A*, a composição da amostra conforme descrito em (i) é escolha mais apropriada. Note que nenhuma estatística acerca de variáveis aleatórias

### Entrevista para coleta de informações sobre a demanda ergonômica dos cobradores de ônibus quanto ao seu assento de trabalho

#### Módulo Espontâneo:

Como você gostaria que fosse seu assento de trabalho?

#### Módulo Induzido:

Liste as características ideais para seu assento de trabalho no que diz respeito ao:

- Assento
- Encosto
- Apoio para os pés
- Apoio para os braços

Figura 1. Exemplo de roteiro para entrevista com módulos espontâneo e induzido.



Tabela 2. Escala utilizada nas comparações aos pares.

Valor	Descrição
1	Elementos são igualmente importantes
3	Elemento 1 é um pouco mais importante que elemento 2
5	Elemento 1 é mais importante que elemento 2
7	Elemento 1 é muito mais importante que elemento 2
9	Elemento 1 é absolutamente mais importante que elemento 2

Os valores nas células  $a_{mn}$  de uma matriz de comparação variam entre  $1/9$  e 9. Quando dois elementos  $m$  e  $n$  são comparados utilizando opiniões de especialistas, o valor 1 descreve uma situação onde nenhuma diferença existe entre os elementos  $m$  e  $n$ . Quando  $m$  é muito mais importante do que  $n$ , o valor 9 é utilizado para descrever essa relação. Se o exato oposto for o caso, o valor  $1/9$  é utilizado. Valores intermediários descrevem situações de compromisso.

Através de manipulação algébrica, pode-se obter duas informações da matriz de comparações: (i) um escore dos elementos comparados, e (ii) um índice (razão) de consistência das avaliações. Para entender o conceito de consistência, considere a comparação entre três elementos, A, B e C. Como a estratégia é de comparação aos pares, um total de três comparações serão necessárias. Suponha que o grupo de especialistas compare os elementos A e B, tal que  $A = 3B$ . Na seqüência, os elementos A e C são comparados, e o resultado é  $A = 6C$ . Para que o grupo de especialistas seja consistente, a avaliação dos elementos B e C deve resultar em  $B = 2C$ . O desvio observado desse valor esperado de avaliação fornece uma medida da consistência média dos especialistas executando as comparações.

O escore dos elementos de uma matriz de comparação A é dado pelo seu autovetor principal  $w$  (para verificação desse resultado, ver Saaty, 1977). O autovetor principal de uma matriz pode ser obtido da seguinte maneira. Multiplique os  $N$  elementos em cada linha da matriz e determine a  $n$ 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).

O valor de consistência média de uma matriz de comparações é dado pela razão de consistência CR e obtido a partir de manipulações algébricas

envolvendo o seu autovalor principal,  $\lambda$ . Para calcular o índice de consistência (CI), execute três operações:

$$(i) \mathbf{z} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{w}, (ii) \mathbf{o} = \mathbf{z} \cdot \mathbf{w}, \text{ e } (iii) \lambda = \sum_{i=1}^N o_i, \text{ onde } o$$

corresponde ao elemento do vetor  $\mathbf{o}$ . 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 Tabela 3 para diversos valores de  $N$ .

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  $[1/9, 9]$ . Este corresponderia 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 constitui uma de suas principais limitações. 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 vem apresentado a seguir.

Tabela 3. Índice Aleatório (RI) para matrizes de dimensão  $N = 1, \dots, 8$ .

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

Considere 8 IDEs agrupados em 2 categorias (ver Figura 2). 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 número 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 o peso de 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  $w_i$  também 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,  $w = [0,06, 0,09, 0,03, 0,12, 0,07, 0,07, 0,28, 0,28]$ . Um vetor de igual dimensão seria obtido comparando os 8 IDEs diretamente (isto é, comparando os 28 pares de alternativas). O procedimento apresentado acima, todavia, simplifica a análise.

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 hajam 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. Por exemplo, considere três IDEs avaliados por usuários mediante a *Estratégia B*, resultando num vetor normalizado de médias de importância  $w_{usuário} = [0,22, 0,74, 0,04]$ ; considere os mesmos IDEs reavaliados por especialistas utilizando o método de Saaty, resultando num vetor de pesos de importância  $w_{especialista} = [0,11, 0,68, 0,21]$ . O ranking obtido a partir desses vetores é conflitante. O *project leader*, analisando a qualidade das informações fornecidas por cada grupo de analistas, atribui o mesmo peso de importância as avaliações feitas por usuários e especialistas. Um ranking corrigido de importância das IDEs analisadas pode ser obtido através da média ponderada dos vetores, ou seja,  $w_{final} = 0,5 \times w_{usuário} + 0,5 \times w_{especialista} = [0,165, 0,710, 0,125]$ .

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 utilização da 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 o exemplo anterior, com um vetor de pesos corrigidos dado por  $w_{final} = [0,165, 0,710, 0,125]$ . 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



Figura 2. Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) agrupados em categorias (exemplo com 8 IDEs e 2 categorias).

vetor corrigido resultante será dado por  $w'_{\text{final}} = [0,142, 0,142, 0,609, 0,107]$ .

### 2.3 Listagem dos itens de *design* a serem considerados no projeto ergonômico de produtos e postos de trabalho

Nesta etapa, itens a serem avaliados no *design* ergonômico de produtos e postos de trabalho são listados. Estes itens são denominados *itens de design* (ID), já que serão contemplados no projeto do posto de trabalho. 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 (no caso de um produto ou posto de trabalho já existente) ou não será contemplado no projeto (no caso de novos produtos ou 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 diversos produtos e postos 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. Alternativamente, diversas técnicas para levantamento de IDs podem ser utilizadas, tais como:

- (i) observação direta das características do produto ou 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* (por exemplo, para identificar IDs em um determinado posto, 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 no projeto do produto ou posto de trabalho. 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 Itens de Demanda Ergonômica e Itens de *Design*

Nas seções 2.2 e 2.3, a equipe de *design* em conjunto com os usuários geraram listagens de IDEs e IDs através da utilização de técnicas estatísticas e de análise de decisão. Os IDEs, além de identificados, foram também ponderados relativamente à sua importância ergonômica. Nesta etapa da metodologia de DM, a força de relação entre IDEs e IDs deve ser explicitada. Dois são os objetivos nesta etapa: (i) identificar IDs sem efeito na satisfação dos IDEs e, consequentemente, desconsiderá-los no projeto, e (ii) gerar pesos de importância para IDs relevantes na satisfação dos IDEs e, através destes pesos, classificá-los quanto à sua prioridade no projeto. Esses objetivos são alcançados na metodologia de DM 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 (ver Akao, 1990 e Cohen, 1995).

A Matriz da Qualidade (MQ), uma das partes componentes do QFD, é uma ferramenta de análise de decisão utilizada na priorização de itens de *design*. Os resultados da MQ não indicam *como* projetar os itens de *design*, mais quais itens são prioritários. A priorização dentro da MQ na metodologia de DM é baseada na demanda ergonômica do usuário e na opinião de especialistas, como apresentado a seguir.

Um exemplo genérico de MQ vem apresentado na Tabela 4. Naquela tabela são apresentados apenas os elementos da MQ utilizados na metodologia de DM. Matrizes mais complexas podem ser encontradas em Cohen (1995). Os elementos apresentados na Tabela 4 são detalhados na sequência (a numeração é a mesma utilizada na tabela):

1. *Itens de Demanda Ergonômica / Desdobramento* – nas linhas da MQ são listados os IDEs levantados na seção 2.2. Quando IDEs são agrupados por afinidades em categorias (ver procedimento na seção 2.2, acompanhando a figura 2), as categorias correspondem a desdobramentos *primários* das IDEs, enquanto IDEs dentro de cada categoria consistem desdobramentos *secundários*. É importante ressaltar que, uma vez sendo os pesos de importância associados à IDEs e não às suas categorias, a menção das categorias na MQ é facultativa.

2. *Pesos de Importância,  $P_i$*  – os pesos a serem escritos na MQ estão relacionados às IDEs e correspondem a pesos *corrigidos*, isto é, aos pesos 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 são listados os itens de *design* levantados na seção 2.4, acima.

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) a satisfação dos usuários primários e secundários do produto ou posto de trabalho em estudo, (b) a imagem da empresa junta a seus clientes e fornecedores, (c) a sobrevivência da empresa no médio e longo prazo, etc. A avaliação estratégica dos IDEs pode ser realizada tanto pela equipe de especialistas responsável pelo projeto do posto de trabalho, como por um grupo de gerentes ou executivos da empresa. A escala a ser utilizada na avaliação estratégica dos IDEs está apresentada na Tabela 5. Vale ressaltar que esse item é de preenchimento facultativo na MQ

5. *Avaliação Competitiva*,  $M_i$  – a idéia da avaliação competitiva é analisar 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 uma empresa 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. A escala utilizada na

avaliação competitiva está apresentada na Tabela 6. 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  $i^{ésimo}$  IDE leva em consideração (a) a importância aferida pelos usuários e especialistas ao IDE, (b) os resultados da avaliação estratégica, e (c) os resultados da avaliação competitiva, através da seguinte expressão:

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

onde  $I$  denota o número total de IDEs sendo considerados no projeto do produto ou posto de trabalho.

7. *Relação entre os Itens de Demanda Ergonômica e os Itens de Design*,  $R_{ij}$  – a avaliação da relação entre os IDEs e IDs listados na MQ utiliza a escala apresentada na Tabela 7. 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:

(a) Matriz 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.

Tabela 4. Matriz da Qualidade utilizada na metodologia DM.

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

Tabela 5. Escala utilizada na avaliação estratégica dos itens de Demanda Ergonômica listados na Matriz da Qualidade.

Valor	Descrição
0,5	Importância pequena
1,0	Importância média
1,5	Importância grande
2,0	Importância muito grande

Tabela 6. Escala utilizada na avaliação competitiva dos itens de Demanda Ergonômica listados na Matriz da Qualidade.

Valor	Descrição
0,5	Acima da concorrência
1,0	Similar a concorrência
1,5	Abaixo da concorrência
2,0	Muito abaixo da concorrência

Tabela 7. Escala utilizada na avaliação da relação entre Itens de Demanda Ergonômica e Itens de Design na Matriz da Qualidade.

Valor	Descrição
0	Nenhuma relação
1	Relação fraca
3	Relação média
5	Relação forte

Obs.: valores intermediários denotam situações de compromisso.

(b) Matriz com colunas em branco - indica a existência de IDs desnecessários, os quais devem ser revistos quanto à sua importância ou desconsiderados do projeto do posto de trabalho.

(c) Matriz com linhas em branco - indica inconsistência na seleção dos IDs selecionados pela equipe de especialistas. IDs importantes para a satisfação da demanda ergonômica expressa pelos IDEs não encontram-se listados na matriz, devendo ser identificados e acrescentados à MQ.

8. *Importância Técnica*,  $IT_j$  - a importância técnica de um Item de Design  $j$  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 seguinte expressão:

$$IT_j = \sum_{i=1}^I P_i \times R_{ij}, j = 1, \dots, J. \quad (2)$$

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 Itens de Design a serem considerados no projeto do posto de

trabalho. Um *ranking* desta natureza pode servir a diversos fins, como estabelecer critérios de alocação de recursos humanos e financeiros no projeto do produto ou posto de trabalho ou justificar necessidades materiais junto à direção da empresa. É importante ressaltar que o *ranking* de prioridade para os IDs é essencialmente determinado pelos pesos de importância alocados aos IDEs pelos usuários e especialistas. Em suma, através da participação de usuários e especialistas é possível estabelecer prioridades no projeto, cumprindo, assim, ao objetivo principal da metodologia de DM, a saber: promover o projeto participativo e "customizado" de produtos e postos de trabalho.

## 2.5 Tratamento ergonômico dos Itens de Design

Na etapa anterior da metodologia de DM, determinaram-se Itens de Design a serem considerados no projeto do posto de trabalho, bem como sua ordem de prioridade. Nesta etapa, o objetivo é estabelecer metas ergonômicas para os IDs.

As metas consistem de especificações técnicas e valores-alvo, os quais 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 produtos ou 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 produto ou posto de trabalho não permite estabelecer um procedimento padrão para seu tratamento ergonômico. O trabalho multidisciplinar envolvendo ergonomistas, *designers*, médicos e engenheiros, entre outros, e a utilização conjunta da *expertise* desses profissionais possibilita a obtenção de resultados satisfatórios nesta etapa da metodologia de DM.

## 2.6 Implementação do novo *design* e acompanhamento

A implementação do novo *design*, uma vez concluído o tratamento ergonômico dos IDs, implica na organização de um produto-piloto ou protótipo para teste do projeto proposto e ajustes finais. O objetivo principal do protótipo 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 reeducados na utilização de novos produtos ou na execução do trabalho nos novos postos, 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, são recomendados os trabalhos de Clark & Wheelwright, 1993 e Bowen et al., 1995.

## 3 Estudo de caso

Nesta seção, as etapas (i) a (v) da metodologia de Design Macroergonômico são ilustradas através de um estudo de caso. O caso apresentado trata do projeto ergonômico de uma cabine para cobrança de pedágio. O projeto foi realizado no ano de 1998 como parte de uma parceria entre a UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul e uma concessionária de pedágios da região Sul do país. As etapas (vi) e (vii) da metodologia de DM foram omitidas

intencionalmente desta apresentação, visando atender às exigências de sigilo da empresa contratante.

O projeto em questão tinha por objetivo estabelecer parâmetros ergonômicos para o projeto de cabines de pedágio a serem construídas pela contratante no estado do Rio Grande do Sul. Parâmetros ergonômicos, neste contexto, compreenderam fatores relacionados ao conforto e segurança do ambiente físico (como, por exemplo, a presença de aerodispersóides, incidência de ruído e vibração, condições de temperatura, etc.), questões antropométricas (que implicam no dimensionamento das estações de trabalho) e todas as demais questões que possibilitam a realização do trabalho com conforto e segurança, incluindo questões referentes à organização do trabalho. A metodologia de *Design Macroergonômico* foi utilizada na execução do projeto das cabines. A aplicação das etapas (i) a (v) da metodologia e resultados obtidos vêm apresentados a seguir.

- *Identificação do usuário e coleta organizada de informações acerca de sua demanda ergonômica*

Os usuários identificados foram cobradores de pedágio. A contratante não dispunha de postos de pedágio em funcionamento. Desta forma, a coleta de informações acerca da demanda ergonômica dos usuários teve como base trabalhadores de outros postos de pedágio já em funcionamento no estado (isto é, outras concessionárias de pedágio em operação). O número total de cobradores em operação no estado era de 30, todos entre 20 e 30 anos e de cor branca. Um único estrato relevante foi identificado, o *sexo* do cobrador. A distribuição dos cobradores relativamente a esse estrato, bem como a composição da amostra utilizada neste trabalho estão apresentados na Tabela 8. O tamanho da amostra foi limitado pela concessionária de pedágios onde a pesquisa foi realizada. A composição da amostra foi definida pela equipe de projeto.

- *Priorização dos itens de demanda ergonômica identificados pelo usuário*

Tendo em vista o tamanho da amostra disponível, adotou-se a *Estratégia A* para coleta de informações sobre a demanda ergonômica dos usuários. A coleta utilizou uma entrevista composta por um módulo espontâneo, sendo o entrevistado questionado sobre sua demanda ergonômica relativamente ao seu posto de trabalho atual. A utilização de um módulo induzido foi descartada, frente aos bons resultados obtidos utilizando somente o módulo espontâneo. A ordem e frequência de menção dos IDEs foi considerada na determinação de seus pesos de importância. A ordem de menção foi incorporada aos pesos de importância utilizando a função recíproca descrita na seção 2.1. Algumas dos IDEs levantados e seus pesos de importância são apresentados na Tabela 9.

Tabela 8. Composição da população de cobradores de pedágio no estado do RS classificados quanto ao sexo e amostra utilizada no estudo.

Estrato <i>sexo</i>	<i>Masculino</i>	<i>Feminino</i>
• População	19 (63%)	11 (37%)
• Amostra	7 (64%)	4 (36%)

- *Incorporação da opinião de especialistas e obtenção de um ranking corrigido de itens de demanda ergonômica*

As IDEs levantadas na etapa anterior foram analisadas pela equipe de projeto (isto é, pelo grupo de especialistas mencionado nas etapas da metodologia, na seção 2), agrupadas considerando aspectos como duplicidade de informação e afinidade e separadas em Itens Primários e Secundários. Após observação *in loco* das condições do posto de trabalho e análise de gravações em vídeo, o grupo optou pela não inclusão de novas IDEs àquelas listadas inicialmente pelos usuários. Algumas das IDEs consideradas no projeto final da cabine e avaliadas pela equipe de projeto quanto à sua importância, vêm apresentadas na Tabela 10.

A avaliação da importância dos IDEs pela equipe de projeto foi feita através do método de comparação aos pares descrito na seção 2.2. Inicialmente, a equipe avaliou os IDEs primários; a matriz de comparações resultantes está apresentada na Tabela 11. Na sequência, grupos de IDEs secundários foram avaliados; uma das matrizes de comparações

resultantes está apresentada na Tabela 12. O valor limite para a Razão de Consistência CR definido pela equipe de projeto foi de 0,2.

Concluídas as avaliações aos pares dos IDEs primários e secundários, pode-se calcular os novos pesos de importância para os IDEs, seguindo o procedimento que acompanha a Figura 2, na seção 2.2; estes pesos encontram-se listados na Tabela 10. Não houve diferença significativa no *ranking* de importância das IDEs, sob o ponto de vista dos usuários e da equipe de projeto. Optou-se, assim, pela utilização dos pesos constantes na Tabela 10 nas etapas posteriores da metodologia.

- *Listagem dos itens de design a serem considerados no projeto ergonômico do posto de trabalho*

A determinação da lista de IDs a serem considerados no projeto das cabines de pedágio utilizou as seguintes técnicas: observação direta das características do posto de trabalho, filmagem em vídeo da rotina de trabalho de seus usuários e *brainstorming* com membros da equipe de projeto. Uma lista parcial de IDs vem apresentada na Tabela 13.

Tabela 9. Lista parcial dos Itens de Demanda Ergonômica utilizados no projeto das cabines de pedágio e seus pesos de importância.

<i>IDEs</i>	<i>Peso de Importância</i>
Reduzir fumaça	6,00
Reduzir incidência de sol na lateral	3,12
Reduzir dor nas costas	2,25
Reduzir dor no braço esquerdo	1,67
Trabalhar em pé e sentado (ruim ficar muito tempo sentado)	1,50
Reduzir ruído	1,31
Melhorar assentos (assentos inadequados)	1,23
Favorecer trabalho sentado	0,75
Reduzir dor nas pernas	0,75
Reduzir dor de cabeça	0,71
Permitir a alternância de postura	0,67
Facilitar a identificação do número de eixos dos caminhões	0,50
Melhorar apoio para os pés	0,33
Reduzir reflexo do sol na tela do computador	0,33
Reduzir distância entre veículo e cobrador	0,33
Eliminar quina da esquadria da janela	0,25
Reduzir oscilação da tela do computador	0,25
Instalar sensor prévio para identificar nº de eixos	0,20
Melhorar protetor auditivo	0,14

Tabela 10. Lista parcial dos Itens de Demanda Ergonômica após incorporação da opinião do grupo de especialistas e seus pesos corrigidos de importância.

<i>IDEs Primárias</i>	<i>IDEs Secundárias</i>	<i>Peso</i>
1. Eliminar fumaça		5,00
Incidência de Sol	2. Reduzir incidência de luz	2,92
	3. Reduzir incidência de calor	0,73
Postura no Trabalho	4. Eliminar dor no braço	1,67
	5. Liberdade e estabilidade de movimento	0,67
	6. Facilidade na arrecadação da tarifa	0,88
	7. Permitir alternância de postura	0,23
9. Eliminar ruído	8. Apoio adequado para os pés	0,22
		1,29
10. Facilidade de identificação do nº de eixos (categorização do veículo)		2,73
11. Manter conforto térmico na cabine		1,13

Tabela 11. Matriz de comparações entre Itens Primários de Demanda Ergonômica; **w** denota o vetor de pesos de importância (Razão de Consistência = 0,15).

<i>IDEs Primários</i>	1	2	3	4	5	6	<b>w</b>
1. Eliminar fumaça	1,00	3,00	6,00	5,00	0,50	5,00	0,361
2. Incidência de Sol	0,33	1,00	2,00	3,00	1,00	3,00	0,197
3. Postura no Trabalho	0,17	0,50	1,00	2,00	0,50	2,50	0,113
4. Eliminar ruído	0,20	0,33	0,50	1,00	2,00	0,67	0,087
5. Facilidade de identif. do nº de eixos	2,00	1,00	2,00	0,50	1,00	2,00	0,184
6. Manter conforto térmico na Cabine	0,20	0,33	0,40	1,50	0,50	1,00	0,076

Tabela 12. Matriz de comparações entre Itens Secundários de Demanda Ergonômica pertinentes ao item primário *Postura no Trabalho*; **w** denota o vetor de pesos de importância (Razão de Consistência CR = 0,18).

	1	2	3	4	5	Escore
1. Eliminar dor no braço	1	7	1	6	6	0,454
2. Liberdade e estabilidade de movimento	1/7	1	3	2,5	2,5	0,183
3. Facilidade na arrecadação da tarifa	1	1/3	1	5	6	0,238
4. Permitir alternância de postura	1/6	1	1/5	1	1	0,063
5. Apoio adequado para os pés	1/6	1	1/6	1	1	0,061

Tabela 13. Lista parcial de Itens de Design considerados no projeto da cabine de pedágio.

1. Largura da janela
2. Altura da janela
3. Tipo de acionamento da janela
4. Diferença de pressão do ar interno com externo e climatização
5. Transparência da superfície da janela
6. Sistema de renovação de ar

• *Determinação da força de relação entre os Itens de Demanda Ergonômica e os Itens de Design*

Nesta etapa, toda a informação coletada nas etapas anteriores da metodologia foi incorporada à Matriz da Qualidade apresentada na Tabela 4. Nas linhas da matriz, introduziram-se informações similares àquelas apresentadas na Tabela 10. Nas colunas da matriz, introduziram-se informações similares àquelas na Tabela 13. Os itens referentes à avaliação dos competidores (*avaliação estratégica e avaliação competitiva*) foram desconsiderados no projeto das cabines (isto é, todos os IDEs receberam valor 1,0 nos quesitos avaliação estratégica e competitiva). Assim, os valores  $P_i$  de Priorização para os IDEs, obtidos utilizando a equação (1), resultaram idênticos aos pesos de importância  $PI_i$  inicialmente escritos na matriz.

A força da relação entre os IDEs e IDs foi avaliada pela equipe de projeto, utilizando a escala na Tabela 7. Esses valores, em conjunto com os valores  $P_i$ , foram utilizados para determinação dos valores de Importância Técnica ( $IT_j$ ) para os Itens de Design, utilizando a equação (2). Os valores (percentualizados) de  $IT_j$  foram então utilizados na priorização dos IDs. Utilizando esses resultados, criou-se quatro categorias de IDs, prioritários, secundários, terciários e irrelevantes, como descrito a seguir.

A alocação de IDs às categorias utilizou-se a seguinte estratégia: se todos IDs apresentassem o mesmo  $IT_j$  percentual, este seria dado por  $100/32 = 2,94\%$  (já que um total de 32 IDs foi considerado no projeto das cabines). Assim, IDs com  $IT_j$  percentual superior a 2,94% foram alocados à categoria dos prioritários, IDs com  $IT_j$  percentual entre 2% e 2,94% foram alocados à

categoria dos secundários, IDs com  $IT_j$  percentual entre 1% e 2% foram alocados à categoria dos terciários; os demais IDs foram alocados à categoria dos itens irrelevantes. Esses intervalos de classificação foram determinados pela equipe de projeto. A Tabela 14 apresenta alguns dos IDs alocados em cada categoria.

Itens de Design primários são de prioridade máxima no projeto. As especificações desses IDs devem ser seguidas à risca e seus valores-alvo de especificação devem ser prioritários relativamente aos demais. Os recursos do projeto devem ser canalizados para satisfação desses itens. IDs secundários são de alta prioridade no projeto, devendo encontrar-se dentro da faixa de especificação; o atendimento aos seus valores-alvo de especificação não é, todavia, prioritário. IDs terciários são de baixa prioridade no projeto. Apesar do não-atendimento desses itens ter efeito pequeno sobre a satisfação ergonômica dos usuários, eles devem ser atendidos sempre que possível. IDs irrelevantes são passíveis de serem desconsiderados no projeto: nenhum impacto decorrente do não-atendimento desses itens é esperado sobre os usuários.

## 4 Conclusão

Neste artigo, apresenta-se a metodologia de *Design Macroergonômico* para o projeto de produtos e postos de trabalho. Esta metodologia, baseada em preceitos macroergonômicos, inova ao incorporar a demanda ergonômica do usuário no processo de *design*, aliando-a à *expertise* da equipe de projetistas.

Tabela 14. Itens de Design classificados em categorias de prioridade conforme seus valores de Importância Técnica Percentual ( $IT_j$  %).

<i>Itens de Design Primários</i>	$IT_j$ %
1. Largura da janela	8,12%
2. Altura da janela	7,12%
3. Tipo de acionamento da janela	6,90%
<i>Itens de Design Secundários</i>	
1. Altura interna da janela em relação ao piso da cabine	2,90%
2. Uso de sensores prévio a cabine	2,85%
3. Iluminação adequada na cabeceira da pista (noite/chuva/neblina)	2,85%
<i>Itens de Design Terciários</i>	
1. Material de construção interno da cabine	1,90%
2. Material de construção externo da cabine	1,81%
3. Posição da impressora	1,78%
<i>Itens de Design Irrelevantes</i>	
1 Tipo de teclado	0,79%
2 Espessura da superfície de trabalho	0,23%
3 Tipo da impressora	0,19%

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. A metodologia é ilustrada através de um estudo de caso, onde o objeto de estudo é o projeto ergonômico de cabines para cobrança de pedágio.

## 5 Referências bibliográficas

- AKAO, Y. *Quality Function Deployment – Integrating customer requirements into product design*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1990.
- BROWN, O. Jr. *The development and domain of participatory ergonomics*. In IEA WORLD CONFERENCE 1995 and BRAZILIAN ERGONOMICS CONGRESS, 7, Proceedings. Rio de Janeiro: ABERGO, 1995, p. 28-31.
- BOWEN, H.K., CLARK, K. HOLLOWAY, C. & WHEELWRIGHT, S. *Vision and Capability: High Performance Product Development in the 1990's*. New York: Oxford University Press, 1995.
- CLARK, K.B. & WHEELWRIGHT, S.C. *Managing new product and process development – Text and Cases*. Boston: Free Press, 1993.
- COHEN, L. *Quality Function Deployment – How to make QFD work for you*. New York: Addison-Wesley, 1995.
- COCHRAN, W. G. *Sampling Techniques*. 3<sup>rd</sup> Ed., New York: John Wiley, 1977.
- FLYNN, B. B., SAKAKIBARA, S., SCHROEDER, R. G., BATES, K. A. & FLYNN, E. J. Empirical Research Methods in Operations Management. *Journal of Operations Management*, Vol. 9, No. 2, 1990, p. 250-283.
- GRANDJEAN, E. *Manual de Ergonomia – Adaptando o trabalho ao homem*. 4<sup>a</sup> Ed., Porto Alegre: Bookman, 1998.
- GUIMARÃES, L. B. M. Desenvolvimento de metodologia para design e avaliação de interfaces: relatório de projeto. Porto Alegre: CIENTEC, 1995.
- GUIMARÃES, L. B. M. *Ergonomia de processo I*. Porto Alegre: PPGEP – UFRGS, 1998.
- HANSEN, M. H., HURWITZ, W. N. & MADOW, W. G. *Sample Survey Methods and Theory (In 2 Volumes)*. New York: John Wiley, 1993.
- HENDRICK, H. W. *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, 1993, p. 39-58.
- JONES, J. C. *Métodos de diseño*. Barcelona: Gustavo Gili, 1976.
- KROEMER, K. H. E. *Ergonomics: how to design for ease and efficiency*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1994.
- OBORNE, D. J. *Ergonomics at work*. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Wiley, 1987.
- OSBORN, A.F. *Applied imagination; principles and procedures of creative problem-solving*. 3<sup>rd</sup> Ed. New York: Scribner, 1963.
- PANERO, J. & ZELNIK, M. *Human Dimension & Interior Space*. London: Architectural Press, 1979.
- PHEASANT, S. *Bodyspace: anthropometry, ergonomics, and the design of work*. 2<sup>nd</sup> Ed. London: Taylor & Francis, 1996.
- SAATY, T. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *J. Math. Psychology*, (15), nº 3, 1977, 234 – 281.
- SALVENDY, G. (Ed.). *Handbook of human factors and ergonomics*. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Wiley, 1997.
- STONE, H., SIDEL, J., OLIVER, S., WOOLSEY, A. & SINGLETON, R.C. Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. *Food Technology*, 28(1), 1974, p. 24-34.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe de projeto das cabines de pedágio, composta por Andréia Leal, Daniela Fischer, Flávio Belmonte, Julio van der Linden e Marcelo Moutinho Silva, pelo auxílio no desenvolvimento do estudo de caso. 