

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DESIGN MACROERGONÔMICO NO PROJETO  
DE POSTOS DE TRABALHO: ESTUDO DE CASO DE POSTO DE PRÉ-  
CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE ENERGIA MONOFÁSICOS**

**Sérgio Ricardo Krug**

**Porto Alegre, 2000**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE DESIGN MACROERGONÔMICO NO PROJETO DE  
POSTOS DE TRABALHO: ESTUDO DE CASO DE POSTO DE PRÉ-CALIBRAÇÃO DE  
MEDIDORES DE ENERGIA MONOFÁSICOS

Sérgio Ricardo Krug

Orientadores:

Lia Buarque de Macedo Guimarães, PhD

Flávio Sanson Fogliatto, PhD

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fernando Gonçalves Amaral

Prof. Dr. Gilberto Dias da Cunha

Prof. Dr. Anamaria de Moraes

Trabalho de Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia  
apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como  
requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia – modalidade  
Profissionalizante

Porto Alegre, 2000

**Esta dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de mestre em ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo coordenador do Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.**

---

**Prof<sup>a</sup>. Lia Buarque de Macedo Guimarães**

Dr. Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientador

---

Prof. Flávio Sanson Fogliatto, PhD

Dr. Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup>. Helena Beatriz Cybis

Coordenadora do Mestrado Profissionalizante  
em Engenharia

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Fernando Gonçalves Amaral

**PPGEP/UFRGS**

Prof. Dr. Gilberto Dias da Cunha

**PPGEP/UFRGS**

Prof<sup>a</sup>. Dr. Anamaria de Moraes

**PPGEP/UFRGS**

## AGRADECIMENTOS

- À empresa ASEA BROWN BOVERI Ltda, por propiciar a realização desse estudo de caso em suas instalações de Cachoeirinha-RS.
- Aos funcionários da referida empresa, por seu interesse e sua participação na realização deste trabalho.
- À Dra. Lia Buarque de Macedo Guimarães, pela transmissão dos conhecimentos para estruturação deste trabalho e por sua incansável vontade de mostrar a verdadeira aplicação da ergonomia para a melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores.
- Ao Dr. Flávio Sanson Fogliatto, pela transmissão dos conhecimentos para a aplicação da metodologia de *Design* Macroergonômico.
- À professora June Scharnberg, pelas orientações necessárias a estruturação desta dissertação.
- À minha esposa, Lussani Hart, pela sua dedicação e compreensão.
- Aos professores do PPGEF, pela contribuição dada na minha formação técnica.
- A meus colegas Tatiana Pastre, Daniela Fischer, Júlio Carlos de Souza van der Linden, Luis Ulisses Signori e a todos aqueles que de alguma maneira colaboraram durante a realização desta dissertação.

## RESUMO

O presente estudo de caso aplica a ferramenta “Design Macroergonômico” (DM), proposta por Fogliatto & Guimarães (1999), no projeto de postos de pré-calibração de medidores de energia elétrica monofásicos de uma empresa do setor elétrico do Rio Grande do Sul. Seu objetivo principal foi desenvolver o *design* ergonômico dos postos de pré-calibração de medidores monofásicos dentro de uma perspectiva participativa, ou seja, considerando a opinião de usuários (trabalhadores) e especialistas.

A abordagem participativa do DM, que considera a opinião de trabalhadores e especialistas, possibilitou o *design* ergonômico de um posto mais adequado às necessidades do usuário.

## **ABSTRACT**

This dissertation presents “Macroergonomic Design” (MD), as proposed by Fogliatto & Guimarães (1999), applied to the project of a single-phase watt-hour meter precalibration workstation. The main objective is to conceive an ergonomic design for precalibration workstations favouring a participative approach, which starts by gathering users' demands about their workstations.

Results indicate that DM's participatory approach, which considers both workers' and experts' opinion in the conception phase of the design, was appropriate to the ergonomic design of a workstation that meets user's needs.

RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	7
1 INTRODUÇÃO .....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
2.1 MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	14
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS ELÉTRICOS DE MEDIDA .....	14
2.3 MEDIDORES DE ENERGIA .....	15
2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS MEDIDORES DE ENERGIA .....	15
2.4.1 Quanto ao Tipo de Energia a ser Medida .....	16
2.4.2 Quanto ao Número de Elementos/Fios .....	16
2.4.3 Quanto ao Tipo de Ligação à Carga .....	17
2.4.4 Medidores Especiais .....	17
2.5 MEDIDORES DE ENERGIA DE INDUÇÃO .....	17
2.6 PARTES COMPONENTES DOS MEDIDORES DE ENERGIA ATIVA ( POR .....	18
PRINCIPIO DE INDUÇÃO ) .....	18
2.7 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS MEDIDORES DE ENERGIA .....	21
2.8 AFERIÇÃO .....	21
2.9 CALIBRAÇÃO .....	23
2.9.1 Calibração na Carga Nominal ou Calibração de Plena Carga ou de Carga Alta .....	24
2.9.2 Calibração na Carga Pequena ou Carga Leve .....	25
2.9.3 Calibração na Carga Indutiva ou Calibração do Fator de Potência .....	25
2.10 CONSIDERAÇÕES E CONDIÇÕES PARA A CALIBRAÇÃO .....	26
2.11 ERROS DOS MEDIDORES NO PROCESSO DE AFERIÇÃO / CALIBRAÇÃO E .....	27
APÓS COLOCADOS EM FUNCIONAMENTO .....	27
2.12 INFLUÊNCIAS EXTERNAS AO MEDIDOR .....	28
2.12.1 Sobrecarga ou Sobrecorrente .....	28
2.12.2 Influência da Variação de Temperatura .....	28
2.12.3 Influência da Variação da Tensão .....	29
2.12.4 Influência da Variação de Frequência e do Fator de Potência (cos $\phi$ ) .....	29
2.12.5 Influência de Campos Magnéticos Externos .....	30
2.13 DISPOSITIVOS DE COMPENSAÇÃO AUTOMÁTICA .....	30
2.14 EXIGÊNCIAS HUMANAS DURANTE O PROCESSO DE PRÉ-CALIBRAÇÃO .....	30
3 MÉTODOS DE ANÁLISE E DE <i>DESIGN</i> ERGONÔMICO .....	33
3.1 ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO .....	33
3.2 ENFOQUE MACROERGONÔMICO .....	36
3.3 METODOLOGIA DE <i>DESIGN</i> MACROERGONÔMICO (DM) .....	37
3.3.1 1ª etapa: Identificação do Usuário e Coleta Organizada de Informações Acerca de .....	38
sua Demanda Ergonômica. ....	38
3.3.2 2ª etapa: Priorização dos Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) Identificados pelo .....	40
Usuário .....	40
3.3.3 3ª etapa: Incorporação da Opinião de Especialistas e de Itens Pertinentes de .....	41
Demanda Ergonômica não Identificados pelo Usuário .....	41
3.3.4 4ª etapa: Listagem dos Itens de <i>Design</i> (IDs) a serem Considerados no Projeto .....	42
Ergonômico do Posto de Trabalho .....	42
3.3.5 5ª etapa: Determinação da Força de Relação entre Itens de Demanda Ergonômica .....	43
(IDEs) e Itens de <i>Design</i> (IDs) .....	43
3.3.6 6ª etapa: Tratamento Ergonômico dos Itens de <i>Design</i> (IDs) .....	46
3.3.7 7ª etapa: Implementação do Novo <i>Design</i> e Acompanhamento .....	46
3.4 VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO <i>DESIGN</i> .....	46
MACROERGONÔMICO DE POSTOS DE TRABALHO .....	46
4 ESTUDO DE CASO: INTERVENÇÃO ERGONÔMICA NO SETOR DE PRÉ- .....	49
CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES MONOFÁSICOS .....	49
4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	49
4.2 ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NOS POSTOS DE PRÉ-CALIBRAÇÃO .....	51
DE MEDIDORES MONOFÁSICOS .....	51
4.3 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO EM ESTUDO .....	53
4.3.1 Levantamento da Situação .....	53
4.4 PRIORIZAÇÃO DOS ITENS DE DEMANDA ERGONÔMICA (IDES) .....	82
IDENTIFICADOS PELO USUÁRIO NO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO (PRÉ- .....	82

MODIFICAÇÃO).....	82
4.5 INCORPORAÇÃO DA OPINIÃO DE ESPECIALISTAS E DE ITENS PERTINENTES.....	85
DE DEMANDA ERGONÔMICA NÃO IDENTIFICADOS PELO USUÁRIO.....	85
4.6 LISTAGEM DOS ITENS DE <i>DESIGN</i> A SEREM CONSIDERADOS NO PROJETO.....	86
ERGONÔMICO DO POSTO DE TRABALHO.....	86
4.7 DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE RELAÇÃO ENTRE ITENS DE DEMANDA.....	89
ERGONÔMICA (IDES) E ITENS DE <i>DESIGN</i> (IDS) DETERMINADOS NA ETAPA.....	89
ANTERIOR.....	89
4.8 TRATAMENTO ERGONÔMICO DOS IDs.....	93
4.8.1 Proposta de Soluções.....	93
4.8.2 Definição dos Parâmetros Dimensionais.....	94
4.8.3 Valores alvo.....	95
4.9 IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO <i>DESIGN</i> E ACOMPANHAMENTO.....	108
4.9.1 1º Passo: Na Organização de um Protótipo.....	108
4.9.2 2º Passo: Teste e Acompanhamento do Projeto Proposto a partir do Protótipo.....	113
4.9.3 3º Passo: Ajustes Finais.....	114
4.9.4 4º Passo: Coleta de Indicadores quanto à Adequação do Projeto Proposto.....	114
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	115
5.1 RESULTADOS.....	115
5.1.1 Itens de Demanda Ergonômica (IDES).....	115
5.1.2 Organização do Trabalho e <i>Layout</i> .....	117
5.1.3 Conforto Ambiental.....	119
5.1.4 "Novo Posto de Pré-calibração".....	120
5.1.5 Itens de <i>Design</i> .....	121
5.1.6 Itens de Demanda (opinião de especialistas).....	122
5.2 DISCUSSÃO.....	123
5.2.1 Itens de Demanda Ergonômica (IDES).....	123
5.2.2 Organização do Trabalho e <i>Layout</i> .....	124
5.2.3 Conforto Ambiental.....	124
5.2.4 "Novo Posto de Pré-Calibração".....	126
5.2.5 Itens de <i>Design</i> .....	126
5.2.6 Itens de Demanda (opinião de especialistas).....	127
5.2.7 Intervenção Ergonômica Realizada.....	128
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	129
6.1 CONCLUSÃO.....	129
Os dados disponíveis (casos de DORT e produtividade) revelam que a intervenção ergonômica na empresa em estudo, obteve sucesso, embora não se possa precisar o quanto as melhorias no posto de pré-calibração contribuíram para este sucesso.....	130
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
ANEXOS.....	135
ANEXO 1.....	136
ANEXO 2.....	138
ANEXO 3.....	143
ANEXO 4.....	145
ANEXO 5.....	147
ANEXO 6.....	151
ANEXO 7.....	159
ANEXO 8.....	169
ANEXO 9.....	174
ANEXO 10.....	178
ANEXO 11.....	195

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, é difícil imaginar o mundo sem o uso da energia elétrica. Nossa dependência da eletricidade é muito grande, pois a mesma é uma das principais fontes de energia, sendo empregada para geração de força motriz, iluminação e alimentação dos mais diversos tipos de cargas elétricas (máquinas e equipamentos que funcionam com a eletricidade). Assim, a energia elétrica é empregada, por exemplo, para o funcionamento de motores elétricos (que por sua vez fazem funcionar as mais diversas máquinas e equipamentos), para a alimentação de lâmpadas elétricas (as quais são fontes de luz artificiais e que possibilitam a execução de uma série de atividades noturnas que vão desde as mais diversas atividades produtivas até as atividades de lazer), para a alimentação de computadores, para o funcionamento de eletrodomésticos, etc.

A fim de atender à crescente demanda por energia elétrica, são necessários investimentos em todas as suas fases (geração, transmissão, distribuição e consumo) bem como um uso cada vez mais racional, com investimentos em programas de conservação de energia. Para controlar o uso da energia elétrica é necessário medir o seu consumo e, para tanto, é necessária a existência de um equipamento capaz de medi-lo. Este equipamento é o medidor de energia elétrica. O valor obtido com essa medição deve ser o mais fiel possível, pois estão envolvidos interesses econômicos de empresas geradoras e distribuidoras de energia, bem como dos consumidores que devem ter seus direitos respeitados. Com o propósito de manter os medidores dentro dos padrões rígidos exigidos, estes devem ser calibrados de acordo com normas específicas. Estar calibrado quer dizer que o medidor está ajustado para medir o consumo de energia elétrica, dentro dos erros admissíveis.

Atualmente, as empresas que fabricam medidores monofásicos incorporam, antes da calibração propriamente dita, uma fase de pré-calibração. Trata-se de um ajuste grosseiro de calibração, mas extremamente necessário para reduzir o tempo de calibração, pois esta geralmente se dá em paralelo (ou seja, vários medidores simultaneamente). A calibração feita de forma serial (um medidor por vez), aumenta o tempo total da tarefa de calibração.

As aferições (determinação do erro) e os ajustes (calibração propriamente dita) realizados na etapa de pré-calibração, não são exatamente as aferições e os ajustes de calibração

determinados em norma. Tais aferições e ajustes são importantes para facilitar as aferições e os ajustes de calibração (estipulados por norma) e, conseqüentemente, para que o valor medido do consumo de energia seja o mais exato possível (o erro do medidor deverá estar dentro da faixa estipulada por norma específica). A exatidão do aparelho em medir o consumo de energia elétrica é uma das qualidades essenciais para o medidor ganhar a confiança de seus clientes, isto é das entidades fornecedoras de energia elétrica (concessionárias de energia). Este e outros fatores, tais como, necessidade imposta pelo mercado globalizado de redução de preços e de custos, busca de equipamentos cada vez mais robustos e mais duráveis, etc., têm gerado inovações constantes nos projetos de medidores de energia e processos de fabricação. Segundo Guedes, “a constante preocupação em aprimorar seus materiais e suas técnicas de fabricação fizeram dele um instrumento de duração quase ilimitada, do qual se pode dizer que não envelhece, mas que se aposenta”.

Neste cenário, as empresas necessitam ser cada vez mais competitivas, a fim de se manterem no mercado. Para tanto, as empresas necessitam ser eficientes no uso de recursos disponíveis (materiais, pessoal e tempo) e eficazes no atendimento aos clientes (satisfação dos clientes), sendo necessários investimentos em máquinas e equipamentos e, principalmente, nas pessoas. Muitas vezes a “eficiência” (maior produção em menor tempo) tem sido alcançada às custas de sofrimento e sacrifício dos trabalhadores. Como causas deste sofrimento, pode-se citar as posturas inadequadas e prolongadas adotadas no trabalho, frutos de projetos mal concebidos, equipamentos, mobiliários e produtos em geral, além de condições ambientais inadequadas, bem como má organização do trabalho, que gera tarefas repetitivas, monotonia e insatisfação.

Para buscar soluções para estes problemas, pode-se fazer uso da ergonomia. Segundo IIDA (1998), a ergonomia tem como objetivos práticos a segurança, a satisfação e o bem-estar dos trabalhadores no seu relacionamento com sistemas produtivos; neste contexto, a eficiência virá como resultado.

A intervenção ergonômica deve buscar não somente analisar o posto de trabalho (geralmente o foco da microergonomia), mas, sim, considerar os aspectos relativos ao sistema produtivo como um todo. A visão mais ampla e sistêmica da macroergonomia (Hendrick, 1990), considera a organização, a tecnologia, o ambiente de trabalho, os postos e as pessoas na intervenção ergonômica. Dentro deste enfoque macroergonômico, realizou-se a avaliação ergonômica do trabalho e o projeto de um posto de pré-calibração de medidores monofásicos,

em uma empresa fabricante de medidores de energia elétrica. A avaliação foi motivada pelas seguintes necessidades:

- a) busca de uma maior competitividade frente à concorrência;
- b) busca do aumento de qualidade da operação de pré-calibração e, conseqüentemente, da operação de calibração;
- c) aumento de produtividade;
- d) melhoria na qualidade de vida dos trabalhadores.

A potencial obtenção dos resultados acima, justifica plenamente a realização deste trabalho.

O objetivo geral do estudo foi o de realizar uma avaliação macroergonômica do trabalho de pré-calibração de medidores de energia monofásicos, em uma empresa do setor elétrico.

Especificamente foi: identificar as necessidades dos usuários; verificar o grau de satisfação das pessoas no trabalho; analisar os aspectos relativos à organização, posto e ambiente de trabalho que favoreçam as demandas de produção, conforto e saúde do trabalhador; levantar os itens de projeto necessários para o *design* de um posto adequado ao trabalho realizado; implementar as soluções projetuais propostas e analisar os resultados obtidos.

O presente trabalho está inserido em um projeto maior de readequação das relações homem-máquina ao longo de toda a empresa, dentro de uma perspectiva macroergonômica. O referido projeto foi desenvolvido pela empresa em estudo, em parceria com o Laboratório de Otimização de Produtos e Processos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LOPP/UFRGS). O estudo consistiu no *design* ergonômico do posto de trabalho de pré-calibração de medidores monofásicos. A abordagem participativa adotada resultou em um envolvimento conjunto de usuários e especialistas nas etapas que definem o desenvolvimento ergonômico de produtos. Essas etapas vêm delineadas a seguir:

a) análise ergonômica do trabalho nos postos de pré-calibração de medidores monofásicos, incluindo:

- levantamento da situação ou apreciação ergonômica (levantamento inicial e coleta organizada de informações acerca da demanda ergonômica dos usuários);
- diagnose ergonômica (quem faz, o que faz, como faz, quando faz e onde faz o trabalho);
- análise das condições ambientais, importantes para o conforto do usuário e desempenho do produto (medidor de energia monofásico);

- avaliação da carga física de trabalho (facilidades/dificuldades de atuar, posturas adotadas no posto);
  - avaliação do *design* do posto;
  - avaliação da organização do trabalho.
- b) verificação do grau de satisfação das pessoas no trabalho;
  - c) projeto dos postos de pré-calibração de medidores monofásicos;
  - d) avaliação do projeto proposto.

A hipótese geral deste estudo é que o projeto participativo dos postos de pré-calibração de medidores monofásicos da empresa resultará em um projeto mais adequado às necessidades dos usuários, em uma aceitação do novo posto e em maior satisfação dos trabalhadores. Consequentemente, espera-se verificar uma maior produtividade na calibração de medidores.

Desta forma, pretende-se ressaltar a importância da ergonomia na melhoria das condições de trabalho, principalmente melhorando a qualidade de vida dos funcionários que atuam nos postos de pré-calibração de medidores monofásicos.

As limitações do trabalho desenvolvido são apresentadas a seguir. O estudo se aplica aos postos de pré-calibração da empresa Asea Brown Boveri LTDA (ABB), unidade de Cachoeirinha/RS, visto que tal empresa apresenta características particulares em termos de organização do trabalho, condições ambientais, equipamentos, trabalhadores, produtos, ambiente de trabalho, etc. Em função do volume de dados envolvidos no estudo ergonômico, os Itens de *Design* (itens a serem avaliados no *design* ergonômico de produtos e postos de trabalho) não puderam ser comparados entre si, antes e depois da intervenção.

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, além desta introdução. No segundo capítulo apresentam-se alguns conceitos sobre medidores de energia, inclusive sua pré-calibração e calibração, que serão utilizados no decorrer do trabalho. O capítulo três descreve os métodos de análise ergonômica do trabalho e *Design* Macroergonômico utilizados na pesquisa. O quarto capítulo enfoca a análise ergonômica realizada na empresa, enfocando o trabalho de pré-calibração. No quinto capítulo são apresentados os resultados do estudo de caso realizado, fazendo-se a análise e discussão. Finalmente, o último capítulo apresenta as conclusões finais do trabalho e também são sugeridos alguns temas a serem estudados no futuro.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

“A medição da energia elétrica é, do ponto de vista econômico, a mais importante de todas as medições elétricas” (Harris, 1959).

De acordo com o *Handbook for Electricity Metering* (1992), energia e potência são grandezas elétricas distintas. Potência é uma quantidade instantânea, ao passo que a energia considera o tempo de funcionamento, ou seja, quanto tempo a potência foi aplicada. Energia equivale à potência média multiplicada pelo tempo. Assim, quando se deseja medir a energia, é necessário ter um medidor que meça a quantidade de potência durante todo o período de tempo. A unidade básica de medida da energia elétrica é o watt-hora e o instrumento usado para medir a energia elétrica é chamado de medidor de quilowatt-hora.

Na prática, a energia elétrica é medida em quilowatts-hora (representada por kWh e equivalente a 1000 watts-hora), pois a unidade watt-hora é muito pequena. Os instrumentos utilizados para medir a energia elétrica (medidores de quilowatt-hora) são integradores, ou seja, somam a potência consumida ao longo do tempo (Creder, 1992).

A medição da energia elétrica é empregada, na prática, para possibilitar à entidade fornecedora o faturamento adequado da quantidade de energia elétrica consumida por cada usuário, dentro de uma tarifa estabelecida. A concessionária, entidade fornecedora de energia elétrica, tem grande interesse no perfeito e correto desempenho deste medidor, pois nele é que repousam as bases econômicas da empresa. Os litígios entre consumidores e fornecedores podem ser bastante reduzidos se os cuidados necessários forem dispensados à correta medição da energia elétrica consumida (Medeiros Filho, 1990).

### 2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS ELÉTRICOS DE MEDIDA

De acordo com Bossi & Sesto (1989)

“os instrumentos elétricos podem ser classificados com base nos seguintes critérios fundamentais:

- princípio de funcionamento (eletromagnéticos, magnetoelétricos, eletrodinâmicos, de indução, etc.);
- natureza da corrente que os atravessa (alternada ou contínua);
- grandeza medida (tensão, corrente, potência, energia, etc.);
- grau de precisão (de quadro, de controle, de laboratório);
- características construtivas (indicadores, registradores, formato externo, etc.).”

### 2.3 MEDIDORES DE ENERGIA

O Centro Técnico de Aperfeiçoamento e Formação (CETAF), da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), define medidor de energia ativa, medidor de quilowatt-hora, ou simplesmente medidor, como sendo “um instrumento de medição, no qual se baseiam as faturas relativas às vendas de energia elétrica, efetuadas pelas empresas de energia elétrica a seus consumidores”. Ainda, segundo o mesmo órgão, a sua função é a de totalizar o número de quilowatt-horas consumidos em cada instalação elétrica (CEEE). O Regulamento de Instalações Consumidoras (RIC): fornecimento em tensão secundária define medidor “como o aparelho instalado pela CEEE, com o objetivo de medir e registrar o consumo de energia elétrica” (CEEE, 1992). Segundo a *Commission Electrotechnique Internationale* (1988), medidor de quilowatt-hora “é um instrumento planejado para medir energia ativa por integração da potência ativa com relação ao tempo”. Para Mamede Filho (1989), os medidores de energia são aparelhos de uso exclusivo das concessionárias. “O equipamento de medição será instalado pela concessionária, em local previamente preparado pelo interessado dentro da propriedade particular, e servirá para medir, conjuntamente, o consumo de iluminação, cargas resistivas e força motriz” (Niskier & Macintyre, 1985).

### 2.4 CLASSIFICAÇÃO DOS MEDIDORES DE ENERGIA

Não tendo sido encontrada uma classificação na literatura, adotou-se a classificação usada pela empresa em estudo, em seus cursos sobre medidores ministrados para funcionários e clientes. Segundo a Asea Brown Boveri LTDA, os medidores de energia podem ser classificados conforme mostrado a seguir.

### 2.4.1 Quanto ao Tipo de Energia a ser Medida

Dividem-se em:

- a) medidor de energia ativa (kWh): medidor que se destina a medir energia ativa de uma instalação. A energia ativa é aquela que realmente realiza trabalho. Estes são os medidores mais utilizados em medição de energia;
- b) medidor de energia reativa (kvarh): medidor que se destina a medir energia reativa de uma instalação. A energia reativa tem como função principal fornecer campos magnéticos requeridos pelas cargas indutivas.

### 2.4.2 Quanto ao Número de Elementos/Fios

Classificam-se em:

- a) medidores monofásicos: são medidores que possuem apenas um elemento motor (conjunto formado pela bobina de potencial e seu núcleo, por uma ou mais bobinas de corrente e seu núcleo, destinado a produzir um conjugado motor sobre o elemento móvel). Estes medidores são utilizados nas unidades consumidoras de baixo consumo, tais como residências. Subdividem-se ainda em:
  - medidores monofásicos a dois fios: medidores que possuem um elemento de potencial e um elemento de corrente;
  - medidores monofásicos a três fios: medidores que possuem um elemento de potencial e dois elementos de corrente;
- b) medidores polifásicos: são medidores que possuem dois ou três elementos motores. Estes medidores são utilizados nas unidades consumidoras de médio e grande consumo, tais como lojas, indústrias, etc. Subdividem-se em:
  - medidores polifásicos de dois elementos e três fios: medidores que possuem dois elementos de potencial e dois elementos de corrente;
  - medidores polifásicos de dois elementos e quatro fios: medidores que possuem dois elementos de potencial e três elementos de corrente;
  - medidores polifásicos de três elementos e quatro fios: medidores que possuem três elementos de potencial e três elementos de corrente.

### **2.4.3 Quanto ao Tipo de Ligação à Carga.**

Podem ser classificados em:

a) medidores diretos: medidores para serem ligados diretamente à rede e à carga, sem o uso de transformadores de potencial e de transformadores de corrente. A energia consumida pela instalação passa integralmente através do medidor. Utilizados geralmente em residências e empresas de pequeno porte;

b) medidores indiretos: medidores para serem ligados através de transformadores de corrente e/ou transformadores de potencial. Neste caso, apenas uma parcela conhecida da energia consumida passa através do medidor. A energia total é obtida multiplicando-se a energia registrada no medidor por um fator que depende das relações de transformação dos transformadores da medição (de potencial e de corrente).

### **2.4.4 Medidores Especiais**

Incluem-se nesta categoria, os medidores de dupla tarifa, medidores classe 1, que são medidores de energia ativa, cujos erros não excedam 1% para todos os valores de corrente entre 10% da corrente nominal e a corrente máxima, com fator de potência unitário (chama-se fator de potência ao co-seno do ângulo de defasagem entre a corrente e a tensão, logo, fator de potência unitário, significa que a corrente e tensão não estão defasadas), medidores painel (medidores para painéis de controle de energia), medidor de V2H (medidor de tensão elétrica), medidores com acessórios (medidor com sensor, medidor com emissor de pulsos), etc.

## **2.5 MEDIDORES DE ENERGIA DE INDUÇÃO**

Segundo o Centro Técnico de Aperfeiçoamento e Formação (CETAF), da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), os medidores utilizados em corrente alternada monofásica e polifásica são instrumentos que baseiam o seu funcionamento no princípio da indução eletromagnética e, nesse particular, assemelham-se aos motores elétricos de indução (CEEE).

Os medidores de indução somente podem ser utilizados em circuitos de corrente alternada, sendo quase universalmente usados para medição de energia em circuitos que operam com

corrente alternada (Golding & Widdis, 1963; Rizzi, 1980). A aplicação do princípio de indução em medidores de energia elétrica foi inicialmente proposta pelo italiano Galileo Ferraris, por Nikola Tesla e Oliver B. Shallenberger, os últimos naturalizados americanos. Os primeiros medidores de indução eram razoavelmente precisos para carga com fator de potência unitário, mas eram considerados ruins para cargas com baixos fatores de potência, pois não havia exata quadratura entre as ondas de corrente e tensão. O primeiro medidor de quilowatt-hora do tipo de indução, para corrente alternada, que se usou comercialmente na Europa, foi o de Blathy, mas seu princípio básico já havia sido patenteado por Shallenberger (Guedes).

## 2.6 PARTES COMPONENTES DOS MEDIDORES DE ENERGIA ATIVA ( POR PRINCÍPIO DE INDUÇÃO )

O medidor de quilowatt-hora é basicamente constituído de: um motor cujo torque é proporcional à potência que flui através dele, um freio magnético para retardar a velocidade do motor de tal modo que seja proporcional à potência (tornando o efeito do freio proporcional a velocidade do rotor) e um registrador para contar o número de revoluções que o motor faz. Se a velocidade do motor é proporcional à potência, o número de revoluções também será proporcional à energia (*Handbook for Electricity Metering*, 1992).

A Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 8377 – Medidor de Energia Ativa (ABNT, 1995), apresenta um detalhamento pormenorizado de um medidor de energia elétrica. Um medidor é constituído nas seguintes partes componentes: base, terminais (bornes), bloco de terminais, compartimento do bloco de terminais, tampa do bloco de terminais, mostrador, ciclômetro, primeiro cilindro ciclométrico, registrador, núcleo, bobina de corrente (eletroímã de corrente), bobina de potencial (eletroímã de tensão), elemento motor, dispositivos de calibração, elemento frenador (freio magnético), tampa do medidor, elemento móvel, catraca, dispositivos de compensação, estrutura (armação), mancais e placa de identificação. Cada uma dessas partes componentes, as quais foram agrupadas em dois grupos (principais e demais), tem as seguintes características/funções:

a) Principais partes componentes (Ver Fig. 1):

- Base: parte do medidor destinada à sua instalação e sobre a qual são fixados a estrutura, a tampa do medidor, o bloco de terminais e a tampa do bloco de terminais. Os

medidores monofásicos produzidos podem ter base plástica ou injetada sob pressão em alumínio-silício. É pela base que o medidor é fixado no local a ser instalado;

- Terminais (bornes): dispositivos destinados a ligar o medidor ao circuito a ser medido;

- Bloco de terminais (bornes): suporte de material isolante, no qual são agrupados os terminais do medidor;

- Compartimento do bloco de terminais (bornes): parte onde fica localizado o bloco de terminais;

- Tampa do bloco de terminais (bornes): peça destinada a cobrir e proteger o bloco de terminais, o(s) furo(s) inferior(es) de fixação do medidor e o compartimento do bloco de terminais;

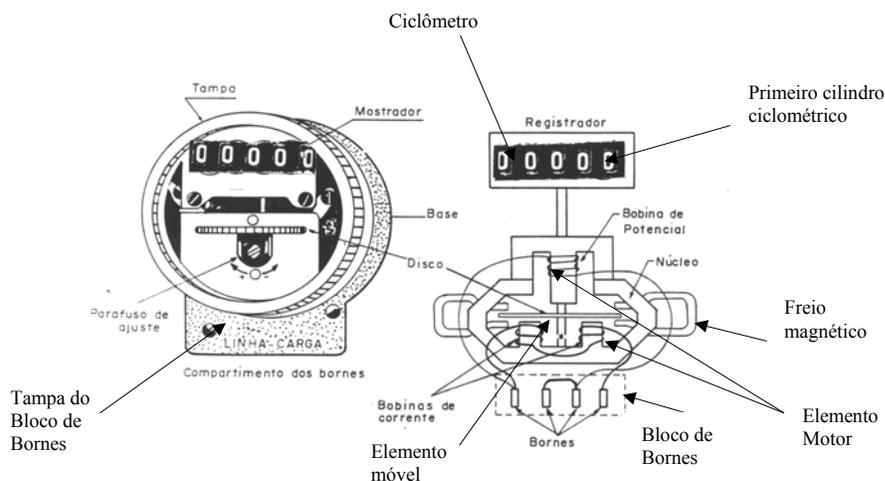


FIGURA 1 – Principais partes constituintes de um medidor de energia.  
Fonte: adaptada de Creder (1992)

- Mostrador: placa que contém abertura para leitura dos algarismos do ciclômetro;

- Ciclômetro: tipo de registrador dotado de cilindros com algarismos;

- Primeiro cilindro ciclométrico: cilindro do ciclômetro que indica a menor quantidade de energia expressa em números inteiros de quilowatts-hora;

- Registrador: conjunto formado pelo mostrador, sistema de engrenagem e cilindros ciclométricos. Indica, no caso de medidores de energia ativa, o consumo de quilowatt-horas (kWh) absorvidos pelo consumidor, o qual é proporcional ao número de rotações efetuadas pelo disco;

- Núcleo: conjunto de lâminas de material magnético que forma os circuitos magnéticos das bobinas de potencial e de corrente;
  - Bobina de corrente (eletroímã de corrente): bobina cujo campo magnético resultante é função da corrente que circula no circuito cuja energia se pretende medir;
  - Bobina de potencial (eletroímã de tensão): bobina cujo campo magnético resultante é função da tensão do circuito, cuja energia se pretende medir;
  - Elemento motor: conjunto formado pela bobina de potencial e seu núcleo, por uma ou mais bobinas de corrente e seu núcleo, destinado a produzir um conjugado motor sobre o elemento móvel;
  - Dispositivos de calibração (parafuso de ajuste): dispositivos por meio dos quais se calibra o medidor para que indique, dentro dos erros admissíveis, a energia a ser medida;
  - Elemento frenador (freio magnético): conjunto compreendendo um ou mais ímãs, destinado a produzir um conjunto frenador sobre o elemento móvel;
  - Tampa do medidor: peça sobreposta à base para cobrir e proteger a estrutura e todas as peças nela montadas. As tampas mais comuns são de vidro e policarbonato;
  - Elemento móvel: conjunto formado pelo disco, eixo e partes solidárias que gira com velocidade proporcional à potência do circuito, cuja energia se pretende medir. É constituído de uma chapa de alumínio de alta condutibilidade e leveza. O número de rotações dado pelo disco é proporcional ao consumo. À medida que a carga aumenta ou diminui, ocorre o mesmo com a velocidade do disco, porém o consumo registrado mantém os erros de calibração;
- b) Demais partes componentes:
- Catraca: dispositivo que impede o movimento do elemento móvel em sentido contrário ao normal. Para medidores de energia ativa (kWh), não é necessário utilizá-la; já nos casos de medidores de energia reativa (kvarh), o seu uso é indispensável;
  - Dispositivos de compensação: dispositivos destinados à compensação automática dos erros introduzidos por variações de temperatura, sobrecarga, ou outras causas;
  - Estrutura (armação): destinada a fixar algumas partes do medidor à base;
  - Mancais: conjunto de peças destinadas a manter o elemento móvel em posição adequada a permitir sua rotação;
  - Placa de identificação: peça destinada à identificação do medidor.

## 2.7 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS MEDIDORES DE ENERGIA

O princípio de funcionamento do medidor de energia é o mesmo que o de um motor de indução, ou seja, os campos gerados pelas bobinas de corrente e de potencial induzem correntes em um disco, provocando a sua rotação. Solidário com o eixo do disco, existe um eixo em conexão com uma rosca sem-fim, que provoca a rotação dos registradores, os quais forneceram a leitura. Cada fabricante tem características próprias, sendo o número de rotações do disco para indicar 1 kWh variável (Creder,1992).

## 2.8 AFERIÇÃO

De acordo com a NBR 8377 – Medidor de energia ativa (ABNT, 1995), aferir significa “determinar os erros do medidor”.

Os medidores podem ser aferidos sob quaisquer condições de tensão, corrente, frequência e fator de potência (chama-se fator de potência ao co-seno do ângulo de defasagem entre a corrente e a tensão). A fim de padronizar os procedimentos e de obter elementos de referência para análise de resultados de desempenho desses medidores, os órgãos oficiais de metrologia e as normas técnicas estabeleceram que cada medidor deve ser submetido a três aferições, sendo cada aferição realizada sob condições bem definidas por aquelas entidades. Os erros de cada medidor são verificados submetendo-o aos três ensaios seguintes:

a) carga nominal: carga que corresponde a uma corrente no medidor igual à corrente nominal (intensidade de corrente para a qual o medidor é projetado e que serve de referência para a realização dos ensaios), com tensão nominal (tensão para a qual o medidor é projetado e que serve de referência para a realização dos ensaios) e frequência nominal (frequência para a qual o medidor é projetado e que serve de referência para a realização dos ensaios) e fator de potência unitário (chama-se fator de potência ao co-seno do ângulo de defasagem entre a corrente e a tensão, logo, fator de potência unitário, significa que a corrente e tensão não estão defasadas);

b) carga pequena: carga que corresponde a uma corrente no medidor igual a 1/10 da corrente nominal, com tensão e frequência nominais e com fator de potência unitário;

c) carga indutiva: carga que corresponde a uma corrente no medidor igual à corrente nominal, com tensão e frequência nominais e com fator de potência igual a 0,5 indutivo (Medeiros Filho,1990).

Harris (1959) relata que dois métodos, os quais diferem no princípio, estão disponíveis para determinar o correto registro de um medidor de quilowatt-hora. Se a potência é constante e conhecida durante todo o intervalo, seus valores podem ser multiplicados pelo tempo transcorrido para obter a energia, e os valores de energia assim determinados podem ser comparados com o registro do medidor. Alternativamente, o medidor pode ser comparado diretamente com um medidor que é conhecido por medir corretamente. Os medidores são operados com cargas exatamente idênticas durante o intervalo de teste e em iguais períodos de tempo.

Segundo Rizzi (1980), a aferição pode ser executada por um dos seguintes métodos: Método do Wattímetro ou Método do Medidor Padrão (Método do Padrão Rotativo). O Método do Wattímetro consiste em fazer passar pelo medidor uma energia durante um tempo suficientemente grande, com potência constante, medida pelo Wattímetro de modo a se obter um determinado número de rotações do disco do medidor. Durante o ensaio, a tensão e a corrente deverão ser mantidas dentro de  $\pm 2\%$ . A medida do tempo deverá ser feita com cronômetro comandado manual ou automaticamente, permitindo leituras de 1/10 de segundo. A potência deverá ser mantida dentro de  $\pm 0,2\%$  em torno do valor medido, que será adotado pelo cálculo. O erro relativo percentual do medidor será dado por:

$$e (\%) = [ (3.600 \times Kd \times N - W \times t) \times 100 ] / (W \times t)$$

onde:

e (%) = erro relativo percentual do medidor;

Kd = constante do disco em watt-horas por rotação;

N = número inteiro de rotações do disco do medidor;

W = potência indicada pelo Wattímetro, em watts;

t = tempo decorrido em segundos.

Método do Medidor Padrão (Método do Padrão Rotativo) consiste em passar, simultaneamente, pelo medidor e pelo padrão rotativo, uma dada energia com potência constante, de modo a obter-se um número inteiro de rotações do disco do medidor. O erro relativo percentual do medidor será dado por:

$$e (\%) = [ (Nm \times Kd - Np \times Kp) \times 100 ] / (Np \times Kp)$$

onde:

$e (\%)$  = erro relativo percentual do medidor;

$Nm$  = número inteiro de rotações do disco do medidor;

$Kd$  = constante do disco em watt-horas por rotação;

$Np$  = número de rotações corretas do disco do padrão rotativo;

$Kp$  = constante do padrão rotativo em watt-horas por rotação.

Deve-se escolher um valor de  $Nm$  suficientemente grande, de modo a permitir uma leitura no padrão com erro desprezível (Rizzi, 1980).

## 2.9 CALIBRAÇÃO

De acordo com a NBR 8377 – Medidor de energia ativa (ABNT, 1995), calibração é o “manejo dos dispositivos de calibração do medidor de modo a fazê-lo indicar, dentro dos erros admissíveis, a energia medida”.

Um medidor de quilowatt-hora pode ser calibrado pela sua conexão com um watímetro padrão, de modo que a mesma corrente e a mesma voltagem afetem tanto o medidor de quilowatt-hora como o watímetro padrão. Mantendo a potência constante por um período de tempo medido, a energia é dada pelo produto de watts pelo tempo em horas, produto este que deveria ser registrado em um mostrador de um medidor de quilowatt-hora. O tempo pode ser medido com um relógio padrão ou um bom relógio (Smith, 1948).

Segundo Breant (1965), o método do medidor padrão (método de comparação) se aplica principalmente aos medidores de indução. Este método consiste em comparar o medidor a ser calibrado com um medidor padrão (medidor especialmente construído e compensado para calibração e aferição, cuja precisão é geralmente 10 vezes maior que a dos medidores a serem calibrados) utilizando um método estroboscópico (método que utiliza o efeito estroboscópico da luz para possibilitar a leitura no disco e o ajuste do medidor).

Os medidores são providos de três dispositivos de ajustes de calibração correspondentes, respectivamente, às cargas nominal, pequena e indutiva. Ao submeter-se o medidor à aferição em relação a um padrão, se ele apresentar erro relativo percentual superior ao pré-estabelecido

em qualquer das três cargas referidas, maneja-se o dispositivo de ajuste de calibração correspondente àquela carga, até fazer o medidor atingir a faixa de medição admissível. A cada manejo feito num dispositivo de ajuste de calibração, deve corresponder uma aferição (Medeiros Filho, 1990). Estes ajustes (regulagens) podem ser vistos na Fig. 2.

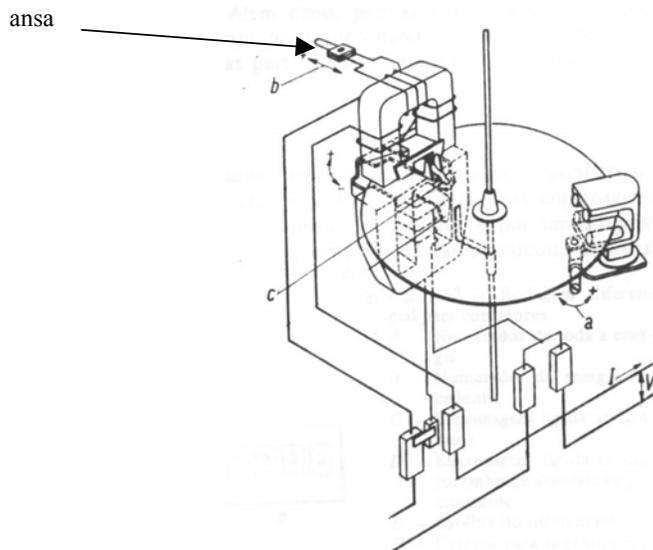


FIGURA 2 – Dispositivos de regulagem de um medidor monofásico de indução. Onde: a – regulagem da carga nominal; b – regulagem da carga indutiva; c – regulagem da carga pequena.

Fonte: adaptada de Bossi & Sesto (1989)

### 2.9.1 Calibração na Carga Nominal ou Calibração de Plena Carga ou de Carga Alta

O ajuste de carga nominal objetiva ajustar a correta velocidade com a corrente e a tensão nominal e fator de potência unitário (Kinnard, 1967). O ajuste de carga nominal consiste em fazer com que a velocidade angular do elemento móvel seja compatível com a constante de disco especificada (que representa o número de watts-hora correspondentes a uma rotação completa do elemento móvel), nas condições normais de carga (corrente nominal, tensão nominal, frequência nominal e fator de potência unitário); (Silva Filho, 1989).

O ajuste fino é feito por meio de um parafuso alojado no corpo do ímã permanente e que permite deslocá-lo com precisão dentro de pequenas distâncias. Para o ajuste grosso, solta-se

o imã, faz-se o deslocamento necessário e volta-se a fixá-lo. Estes ajustes modificam o conjugado frenador ou de amortecimento produzido pelo imã permanente sobre o disco (Rizzi, 1980).

### **2.9.2 Calibração na Carga Pequena ou Carga Leve**

O ajuste com carga pequena proporciona um meio de conseguir que a velocidade do disco seja correta com pouca carga, usualmente de 10% (Kinnard, 1967). Uma placa de material condutor é colocada sob a bobina de potencial, podendo ser deslocada. O conjugado motor resultante pode atrasar ou adiantar o movimento do disco, de acordo com a posição que a placa ocupar relativamente à bobina de potencial. Assim sendo, o sistema é capaz de compensar os atritos do sistema mecânico e as assimetrias do circuito magnético, que se tornam relevantes no registro da energia solicitada por pequenas cargas, onde a velocidade angular do rotor é reduzida (Silva Filho, 1989).

O ensaio com carga pequena é realizado comparando-se o medidor com um padrão, fazendo-se circular uma corrente reduzida (10% da corrente nominal) através da sua bobina de corrente. Esse ensaio possibilita verificar se ocorreu ou não a compensação dos atritos do sistema mecânico e as assimetrias do circuito magnético (Medeiros Filho, 1990).

### **2.9.3 Calibração na Carga Indutiva ou Calibração do Fator de Potência**

Em 1890, Shallenberger apresentou sua teoria para o ajuste de carga indutiva. A base da teoria é que para se ter o correto registro com variação do fator de potência da carga, o fluxo da bobina de tensão deve-se atrasar do fluxo da bobina de corrente exatamente em  $90^\circ$ , quando a carga do medidor possuir fator de potência unitário. Essa relação de  $90^\circ$  é essencial para manter a força de impulsão no disco proporcional a potência para qualquer valor de fator de potência da carga. Uma das formas, de se obter esta relação de  $90^\circ$ , é fazer o fluxo da bobina de tensão atrasar-se do fluxo da bobina de corrente por mais do que  $90^\circ$ , por meio de uma bobina envolta do núcleo da perna central da bobina de corrente. É então necessário mover-se o fluxo da bobina de corrente em direção ao fluxo da bobina de tensão, até o ângulo ser exatamente de  $90^\circ$  (*Handbook for Electricity Metering*, 1992).

Conforme Onesti (1981), este ajuste é desnecessário para medidores destinados unicamente a circuitos de luz. Nos medidores destinados a outros circuitos, existe freqüentemente uma pequena bobina suplementar sobre o mesmo núcleo da bobina de tensão ou em uma das pernas da bobina de corrente. Os terminais deste enrolamento são curto-circuitados mediante uma pequena ansa (em formato de asa) de fio de resistência (Ver Fig. 2). Variando-se o comprimento da ansa, aumenta-se ou diminui-se a resistência em série com esta bobina suplementar, permitindo efetuar a regulagem de fase.

## 2.10 CONSIDERAÇÕES E CONDIÇÕES PARA A CALIBRAÇÃO

Medeiros Filho (1990) faz as seguintes considerações sobre a calibração:

- a) deve-se começar a calibração pela carga nominal, pois o ajuste do freio magnético afeta o medidor como um todo em todas as cargas;
- b) em função do projeto do medidor e do processo adotado na sua fabricação, os ajustes de carga pequena e carga indutiva, não devem ter influência um sobre o outro, nem sobre a carga nominal. Verifica-se que nos medidores modernos, estas influências são desprezíveis;
- c) é aconselhável fazer uma pré-calibração e depois uma aferição para verificar como ficou o medidor em cada uma das cargas, nominal, indutiva e pequena, reajustando os respectivos dispositivos de calibração, se houver necessidade.

A NBR 5313 – Aceitação de lotes de medidores de energia ativa – Procedimento (ABNT, 1997), estabelece as condições para a calibração dos medidores de energia ativa monofásicos.

São elas:

- a) “os medidores deverão ser calibrados na posição correta de serviço (ou seja, posição vertical) após terem ficado pelo menos 15 min sob freqüência nominal e tensão de ajuste. A temperatura ambiente deve ser de  $25^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ ”;
- b) “se os medidores estiverem armazenados a uma temperatura fora dos limites prescritos anteriormente, eles devem ficar durante 1 h antes da calibração em um ambiente com a temperatura controlada dentro dos limites”;
- c) “a calibração deve ser feita pelo método do medidor padrão ou por outro método de pelo menos igual exatidão, na carga nominal, carga indutiva e carga pequena sob tensão de ajuste”.

Com respeito à temperatura ambiente, a *Commission Electrotechnique Internationale* (1988) estabelece que os medidores classe 2 (medidores cujos erros não devem exceder a 2%, para todos os valores de corrente entre 10% da corrente nominal e a corrente máxima, com fator de potência unitário, sendo os mesmos abordados pela NBR 5313 – Aceitação de lotes de medidores de energia ativa), deverão ser calibrados com temperatura ambiente de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Isto deve ser observado, quando tratam-se de lotes fabricados para exportação para países que trabalham com a referida norma.

## 2.11 ERROS DOS MEDIDORES NO PROCESSO DE AFERIÇÃO / CALIBRAÇÃO E APÓS COLOCADOS EM FUNCIONAMENTO

O erro dos medidores de indução também varia com a temperatura, frequência e outros fatores (Popov, 1970). No processo de aferição/calibração poderão ocorrer os seguintes erros: erros devido ao equipamento (incluindo o medidor padrão), erros do operador do equipamento na execução dos ensaios e erros devido às condições inadequadas de limpeza do laboratório (Silva Filho, 1989).

A exatidão de um medidor por um longo período de tempo é uma consideração importante. Em função do grande número de medidores em serviço, do tempo e gastos que são envolvidos em ajustes periódicos deles, é obviamente muito vantajoso que suas construções sejam capazes de assegurar mudanças desprezíveis comercialmente em suas exatidões por um período de alguns anos em condições normais de uso. Duas possibilidades de problemas são as engrenagens e o freio magnético. Caso ocorra uma fricção excessiva o medidor tenderá a funcionar mais lentamente, particularmente em cargas leves. De outra forma, se o freio magnético diminuir em força, o medidor tenderá a funcionar mais rápido em todas as cargas (Harris, 1959).

De acordo com o Centro Técnico de Aperfeiçoamento e Formação (CETAF), da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), os medidores devem ser projetados e construídos tendo-se em vista as seguintes qualidades essenciais: fidelidade, precisão, sensibilidade, alta robustez e longa duração. Isso, para proteção recíproca do comprador e do vendedor de energia elétrica.

Harris (1959) relata que em um teste de 40.000 medidores, após um período de 4 anos de operação, verificou-se que, na carga nominal, 78 % deles tinham erros de 1% ou menos,

enquanto 99 % tinham erros de menos de 4%. Na carga pequena, 67 % tinham erros menores do que 1 %, enquanto 97% tinham erros menores do que 4 %. Mais medidores funcionavam de forma lenta do que rápida, e a fricção excessiva foi a mais comum fonte de erros.

A NBR 5313 (ABNT, 1997) também estabelece os erros percentuais admissíveis para cada um dos ajustes. São eles: carga pequena  $\pm 2,0$ , carga nominal  $\pm 1,5$  e carga indutiva  $\pm 2,0$ .

## 2.12 INFLUÊNCIAS EXTERNAS AO MEDIDOR

A ocorrência de sobrecorrentes, variações na temperatura, variações na tensão, variações na frequência e variações no fator de potência, bem como a presença de campos magnéticos, podem afetar o funcionamento correto do medidor (Onesti, 1981; Medeiros Filho, 1990). Essas influências externas ao medidor são discutidas nos itens que se seguem.

### 2.12.1 Sobrecarga ou Sobrecorrente

A medida que a corrente cresce, o fluxo da bobina de corrente também cresce e seu efeito no amortecimento passa a ser considerável, tendendo a atrasar o disco (Medeiros Filho, 1990).

### 2.12.2 Influência da Variação de Temperatura

Variações de temperatura influem sobre os erros percentuais nos medidores, embora não seja possível avaliá-los quantitativamente nas várias condições de carga. Em função disso, os laboratórios de calibração e aferição de medidores devem ser mantidos a uma temperatura constante, geralmente ao redor de 25°C (Onesti, 1981). O mesmo autor afirma que vários pesquisadores constataram que um aumento da temperatura de 10° Celsius pode provocar: redução de 4 % do torque motor, diminuição de 5% do torque frenante, diminuição do ângulo de defasamento, diminuição das correntes induzidas no disco e, conseqüentemente, do fluxo motor. Essas alterações provocam o aumento na velocidade de giro do medidor.

A resistência específica do disco depende da temperatura. Isto influencia tanto o torque motor quanto o torque frenador. Como a velocidade do disco é obtida do equilíbrio destes dois

torques, esta influência da temperatura é cancelada. Os componentes elétricos e magnéticos estão sujeitos às mudanças da temperatura. Pela apropriada combinação de materiais usados, uma compensação adequada é alcançada. No freio magnético, o caminho magnético consiste de dois pedaços de ferro: um provido de um coeficiente negativo de temperatura e outro, de um positivo, compensando-se mutuamente (Reissland, 1989).

As condições térmicas que influenciam no funcionamento e no processo de aferição / calibração do produto (medidor), também exercem sua influência sobre os trabalhadores de postos de pré-calibração. Segundo Koenigsberger *et al* (1980), uma das necessidades básicas humanas é a troca e a variação, um fato que tem sido ignorado por diversos pesquisadores. Este ponto torna-se particularmente visível em ambientes controlados mecanicamente, tais como em um sistema de ar condicionado central de um edifício, onde as condições ambientais podem ser e freqüentemente são mantidas constantes dentro de limites muito pequenos. O que o projetista deve almejar é uma faixa de condições de conforto, dentro da qual variações mais amplas sejam possíveis.

### **2.12.3 Influência da Variação da Tensão**

A medida que a tensão cresce, o fluxo da bobina de tensão também cresce, alterando o funcionamento correto do medidor, pois o amortecimento varia com o quadrado do fluxo da bobina de tensão (Medeiros Filho, 1990). Em geral, sob tensão menor que a nominal, o medidor tem tendência a marcar mais e, sob tensão superior à nominal, o medidor tem tendência a marcar menos (Onesti, 1981).

### **2.12.4 Influência da Variação de Freqüência e do Fator de Potência ( $\cos \phi$ )**

Com cargas puramente resistivas, as quais apresentam fator de potência unitário (chama-se fator de potência ao co-seno do ângulo de defasagem entre a corrente e a tensão, logo, fator de potência unitário, significa que a corrente e a tensão não estão defasadas), as pequenas variações da freqüência não produzem sensíveis alterações na marcha do medidor. Contudo, verifica-se, geralmente, uma leve tendência a retardar (atrasar), no caso de aumento da freqüência e a acelerar (adiantar), se a freqüência diminui (Medeiros Filho, 1990; Onesti,

1981). Com frequência nominal e carga indutiva o medidor monofásico, em geral, marca levemente mais do que em carga puramente resistiva (Onesti, 1981).

### **2.12.5 Influência de Campos Magnéticos Externos**

Embora esta não seja uma causa freqüente de indicações incorretas do medidor, é conveniente ter presente que campos magnéticos intensos, atuando na proximidade do instrumento, podem alterar o seu funcionamento normal e causar erros na medição de energia fornecida pela linha alimentadora da instalação. A ausência desses campos magnéticos externos, a não ser daqueles intencionalmente produzidos na ocasião de ensaios especiais, é condição imprescindível nos laboratórios durante a calibração e aferição de medidores (Onesti, 1981).

## **2.13 DISPOSITIVOS DE COMPENSAÇÃO AUTOMÁTICA**

Além dos dispositivos de calibração, os medidores de energia elétrica, tipo indução, são providos de outros artifícios que compensam automaticamente as variações de certas grandezas que podem alterar o seu desempenho correto (por exemplo; variações da temperatura, sobrecarga ou sobrecorrente e variações da tensão). Estes artifícios são dispositivos fixos, colocados pelos fabricantes e não acessíveis aos calibradores, sendo chamados de dispositivos de compensação automática. Existem, assim, compensações para: sobrecarga ou sobrecorrente, variações da tensão e variações da temperatura. Como nas instalações elétricas atuais as variações de frequência se situam dentro de pequenas faixas ( $\pm 1$  Hz), e com avanço tecnológico dos materiais empregados na fabricação dos medidores de energia elétrica tipo indução, não há necessidade de introdução de dispositivos especiais para compensação de variação de frequência (Medeiros Filho, 1990).

## **2.14 EXIGÊNCIAS HUMANAS DURANTE O PROCESSO DE PRÉ-CALIBRAÇÃO**

Sob o ponto de vista do ser humano, o trabalho de pré-calibração exige controle visual e atenção contínua (vigilância) para o controle de erros de leitura e precisão de movimento para ajuste dos componentes. Não foi encontrado, na literatura, referência sobre trabalhos de

ergonomia na área de pré-calibração/calibração de medidores de energia. Mas a ergonomia tem vasta bibliografia sobre os dois elementos que são a base do trabalho de pré-calibração.

Grandjean (1998) define a vigilância, ou atenção contínua como “a faculdade que mantém nossa vigília em níveis adequados por um tempo prolongado”. Pesquisas sobre vigilância permitiram a obtenção de resultados importantes, tais como:

- a) a vigilância diminui com a duração das tarefas de observação;
- b) verifica-se uma melhora (dentro de certos limites) no rendimento da observação quando os sinais tornam-se mais freqüentes, os sinais crescem em intensidade, as pessoas são informadas do seu rendimento e quando a ocorre o aumento a nitidez dos sinais críticos (contrastes, formas);
- c) a piora do rendimento das observações ocorre quando a distribuição dos intervalos entre os sinais críticos é grande, quando ocorrer a privação de sono e a realização de exercícios físicos antes do teste e quando da ocorrência de condições adversas (clima, ruído).

Laville (1977), no que se refere a atenuar a evolução do decréscimo da vigilância na apresentação de sinais, faz considerações semelhantes às apresentadas por Grandjean (1998), porém complementa com recomendações sobre a organização da tarefa. O autor afirma que as pausas e mudanças de atividades restabelecem o nível inicial de vigilância, e a dupla vigilância (dois operadores) diminui a probabilidade de erros e omissões. A margem de erros também diminui quando o operador é treinado e executa o trabalho com satisfação e com ritmo adequado (Iida, 1998).

Segundo Grandjean (1998), os trabalhos de precisão exigem contração rápida e comedida dos músculos, coordenação de movimentos isolados de músculos, precisão dos movimentos, concentração e controle visual. Com relação às atividades de precisão, Grandjean (1998) distingue três fases distintas: a percepção, a vigilância e o desenvolvimento dos movimentos, sendo a manutenção da vigilância durante longos períodos de trabalho, considerada como a maior sobrecarga do organismo. Para buscar um alívio na vigilância, a pessoa busca os automatismos naturalmente, permitindo que a vigilância (atenção) seja toda dirigida para o comando geral de um trabalho de precisão a ser realizado. Com a finalidade de evitar distrações visuais em um trabalho de precisão (normalmente o controle das operações de precisão é por via visual), o referido autor propõe as seguintes medidas: agrupar os trabalhos de precisão em um mesmo ambiente, isolar acusticamente este ambiente e torná-lo o mais tranquilo possível.

Assim, para a redução dos erros na pré-calibração, devem ser considerados fatores como treinamento e supervisão adequada do operador e a aplicação dos conhecimentos ergonômicos no aperfeiçoamento de mostradores, controles e postos de trabalho, bem como na organização do trabalho.

A consideração dos fatores apresentados no projeto do posto de trabalho, permitirá o estabelecimento de condições de trabalho a serem respeitadas, fazendo com que os operadores possam manter um nível de vigilância para atenuar os erros e omissões na detecção de informações e, conseqüentemente, permitir a obtenção de um produto com a qualidade desejada e garantir a integridade dos trabalhadores.

O capítulo 3, a seguir, apresenta o método de intervenção ergonômica aplicado no setor de pré-calibração de uma empresa fabricante de medidores de energia elétrica. O enfoque da intervenção extrapola o posto de trabalho de pré-calibração propriamente dito, tendo enfocado, dentro de uma perspectiva mais ampla, as condições ambientais a que os trabalhadores estão expostos e as questões organizacionais que importam no trabalho dos calibradores.

### 3 MÉTODOS DE ANÁLISE E DE *DESIGN* ERGONÔMICO

#### 3.1 ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO

A análise ergonômica do trabalho é uma metodologia para a análise das exigências e condições reais da tarefa e a análise das funções efetivamente utilizadas para realizá-las (Laville, 1977). Ainda segundo o mesmo autor, a utilidade da análise do trabalho “é provocar o aparecimento das causas da disfunção entre o operador e a tarefa, orientando a fixação da carga de trabalho”.

Para os ergonomistas de língua francesa, a análise ergonômica do trabalho, originou-se do livro de A. Ombredane e J. M. Favergé intitulado “A análise do trabalho”, publicado em 1955 (Wisner, 1997).

“A metodologia de análise ergonômica varia de um autor para outro e sobretudo em função das circunstâncias da intervenção” (Wisner, 1997). O mesmo autor desenvolveu uma metodologia de análise ergonômica, a qual acreditar ser eficiente. Esta metodologia compreende cinco etapas:

- a) análise da demanda e proposta de contrato;
- b) análise do ambiente técnico, econômico e social;
- c) análise das atividades e da situação de trabalho e restituição dos resultados;
- d) recomendações ergonômicas;
- e) validade da intervenção e eficiência das recomendações.

A análise ergonômica do trabalho comporta três fases:

- a) análise da demanda: definição do problema a ser analisado, a partir de uma negociação com os diversos atores sociais envolvidos;
- b) análise da tarefa: definição do que o trabalhador deve realizar e as condições ambientais, técnicas e organizacionais desta realização;
- c) análise das atividades: definição do que o trabalhador, efetivamente, realiza para executar a tarefa. É a análise do comportamento do homem no trabalho (Santos & Fialho, 1995).

Para garantir uma coerência metodológica e evitar percalços, a abordagem deve seguir uma ordem cronológica. Entretanto, na prática ergonômica, estas fases podem ocorrer de forma quase simultânea, sem contudo prejudicar a seqüência metodológica (Santos & Fialho, 1995).

A análise macroergonômica do trabalho (AMT) proposta por Guimarães (1999) e que segue a mesma nomenclatura proposta por Moraes e Mont'Alvão (1998) consiste nas seguintes etapas, todas realizadas com a participação dos usuários:

a) Levantamento da situação ou apreciação ergonômica. Nesta fase inicial, os problemas são mapeados através de observações (assistêmicas ou sistemáticas) no local de trabalho. Nas observações, poderão ser utilizados métodos diretos ou indiretos (filmagem). É necessário levantar quem faz, o que faz, como faz, quando faz e onde faz. O mapeamento pode ser organizado no quadro de caracterização de problemas ergonômicos conforme proposto por Moraes e Mont'Alvão (1998). Com o propósito de envolver os integrantes da empresa (direção, gerência, trabalhadores, equipe médica, equipe de segurança, delegados sindicais e CIPA) interessados no estudo ergonômico, deve-se efetuar o levantamento junto com o grupo interessado e discutir os dados. Esta etapa de levantamento termina com o parecer ergonômico e é a fase mais importante porque as demais dependem da exatidão da apreciação;

b) Diagnose ergonômica. Esta etapa destina-se ao aprofundamento dos problemas levantados e priorizados no parecer, através de observações sistemáticas, às vezes planejadas estatisticamente e medições mais acuradas. Deve-se definir o que medir e como medir, ou seja, definir os instrumentos necessários, as técnicas a serem empregadas e realizar o planejamento estatístico caso seja necessário. Deverão ser feitas as seguintes análises: (i) de documentos sobre o trabalho prescrito e sobre a história dos postos (doenças, acidentes, erros...); (ii) do trabalho real ou descrito com base nos dados colhidos nas discussões, na observação direta, na observação indireta (dos filmes, etc) e nas entrevistas; (iii) das condições ambientais e do posto. Nesta etapa, detalha-se as informações sobre quem faz, o que faz, como faz, quando faz e onde faz:

- quem faz: dados de identificação dos trabalhadores (sexo, idade, nível de escolaridade e contexto sócio – cultural), obtidos junto ao setor de RH da empresa;

- como faz: abrange o trabalho prescrito e o trabalho descrito para confrontação. O trabalho prescrito pode ser depreendido da ficha de cargos e funções do RH (levantamento de documentos sobre trabalho prescrito e sobre a história dos postos). O trabalho descrito compreende as exigências físicas, mentais e psíquicas as quais o trabalhador está submetido e

que são obtidas a partir de observações diretas e indiretas (filmagem), entrevistas e questionários;

- quando faz: jornada e os turnos de trabalho;

- onde faz: ou seja, as condições ambientais (componentes físico-ambientais e componentes espacial/arquiteturais), importantes para o usuário e o produto e as condições do posto (antropometria, componentes interfaciais, componentes comunicacionais, componentes instrumentais, componentes informacionais, componentes acionais e componentes movimentacionais);

c) Proposta de soluções ou projeção ergonômica. Terminada a etapa de diagnose, a qual aponta para os problemas a serem enfrentados e permite a elaboração de proposta (s) de soluções que deverão ser implantadas para obtenção da qualidade ergonômica, passa-se à etapa do projeto. A etapa do projeto (de estações, equipamentos/ferramentas, ou sistema) incorpora o conceito do projeto, a configuração e o dimensionamento;

d) Implantação de modificações (soluções). A construção de *mock ups* (modelos), com materiais de baixo custo (ex.: papelão) auxilia na redução de custos, permitindo a avaliação de várias propostas de modificações. Já a construção de um protótipo tem um custo maior, mas aproxima-se mais da realidade que se quer validar. Tanto o *mock up* quanto o protótipo permite avaliar, junto com o usuário e em condições próximas do real, os erros e os acertos do projeto proposto. Esta etapa consiste numa validação da eficiência do projeto proposto. Tal validação pode ser feita, por exemplo, utilizando um teste *t*-pareado, conforme apresentado na seção 3.4 deste capítulo;

e) Análise das modificações (avaliação ou validação ergonômica). A partir da implantação de modificações (soluções), é feita a análise das soluções implantadas que são validadas ou sofrem modificações para melhor adequar às necessidades do usuário;

f) Proposições finais (detalhamento ergonômico). Compreende a revisão do projeto a partir da avaliação das soluções propostas e termina com as especificações ergonômicas.

Ainda segundo Guimarães (1999), é fundamental adotar o método participativo de intervenção (que envolve integrantes da empresa), desde a fase de apreciação ergonômica, para que a mesma seja bem sucedida. Devido a este caráter participativo, e também por ter sempre em vista a organização como um todo, Guimarães (1999) classifica sua proposta como macroergonômica.

### 3.2 ENFOQUE MACROERGONÔMICO

A macroergonomia não se limita apenas ao *design* dos postos de trabalho; ela engloba, também, o *design* dos produtos fabricados, as condições do ambiente físico e do posto de trabalho, os fatores organizacionais (como layout, ritmo de trabalho e rotina de trabalho), políticos, sociais e psicológicos do trabalho. Em outras palavras “a macroergonomia é o campo que enfatiza a interação entre os contextos organizacional e psicossocial de um sistema e o projeto, implementação e uso de novas tecnologias” (Brown, 1995).

A idéia de que a participação dos trabalhadores no gerenciamento da organização pode permitir uma maior satisfação no trabalho, na qualidade de vida no trabalho e na motivação não é recente na literatura organizacional. Em função de experiências mal sucedidas, ocorreu um descrédito por parte da sociedade em geral, de que as organizações poderiam se preocupar com seus funcionários, tal como se preocupam com questões como a economia e produtividade. Anos depois, passou-se a ter o entendimento de que o envolvimento no processo de mudança é crítico para aceitação e institucionalização da mudança, sendo que, as organizações precisam se mover em direção a um maior envolvimento para o gerenciamento da organização (Brown, 1995).

Guimarães & Costella (1998) afirmam que nos processos tradicionais de implantação de um programa de ergonomia, normalmente não ocorre a participação dos trabalhadores nas fases de identificação e análise dos problemas e das proposições de soluções de melhoria, sendo que seu envolvimento se limita à atuar nos novos postos propostos por *experts* (ergonomistas). Em função destes processos tradicionais de implantação, pouco ou nenhum interesse pela intervenção é demonstrado pelo trabalhador. Em consequência, geralmente ele não aceita bem as modificações propostas sem sua participação, não aprende a fazer uma análise crítica do seu próprio trabalho e, portanto, não é capacitado a atuar, em ergonomia, sem a ajuda de um especialista. Para contornar este problema, uma das alternativas é fazer uso da ergonomia participativa, a qual busca envolver o trabalhador em todas as fases de um programa de ergonomia.

A ergonomia participativa é a idéia central do *Design* Macroergonômico, uma ferramenta para identificação da demanda ergonômica de projeto de produtos e postos de trabalho. Segundo Fogliatto & Guimarães (1999), na proposição da referida ferramenta, “o envolvimento dos trabalhadores na concepção e operacionalização das tarefas aumenta sensivelmente as chances

de sucesso na implementação de modificações sugeridas na análise macroergonômica do trabalho”.

### 3.3 METODOLOGIA DE *DESIGN* MACROERGONÔMICO (DM)

O *Design* Macroergonômico (DM) proposto por Fogliatto & Guimarães (1999) é uma ferramenta fundamentada em preceitos macroergonômicos e que pode ser utilizada para auxiliar no *design* de produtos e no projeto ergonômico de postos de trabalho. Seu objetivo principal é desenvolver um produto ou posto de trabalho com características voltadas para o atendimento das demandas levantadas pelos próprios usuários destes postos e produtos, buscando, desta forma, a satisfação dos mesmos. Para tanto (bem como para estabelecer prioridades no projeto), é proposto o projeto participativo, através da integração de usuários (trabalhadores) e especialistas no projeto de seu posto de trabalho, bem como a utilização conjunta de técnicas estatísticas, ferramentas de análise de decisão e conceitos ergonômicos. Essa ferramenta tem sido aplicada em projetos de postos de trabalho, e tem-se mostrado eficiente na identificação da demanda dos usuários (Guimarães, 1998b; Fogliatto & Guimarães, 1999; Linden, 1999) em estudos que adotaram a análise macroergonômica do trabalho (AMT) proposta por Guimarães (1999). A implementação do DM contempla as seguintes etapas:

- a) 1ª etapa: identificação do usuário e coleta organizada de informações acerca de sua demanda ergonômica;
- b) 2ª etapa: priorização dos Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) identificados pelo usuário;
- c) 3ª etapa: incorporação da opinião de especialistas e de Itens pertinentes de Demanda Ergonômica não identificados pelo usuário;
- d) 4ª etapa: listagem dos Itens de *Design* (IDs) a serem considerados no projeto ergonômico do posto de trabalho;
- e) 5ª etapa: determinação da força de relação entre os Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) e os Itens de *Design* (IDs);
- f) 6ª etapa: tratamento ergonômico dos Itens de *Design* (IDs);
- g) 7ª etapa: implementação do novo *design* e acompanhamento.

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, entretanto, ele é aplicado ao todo (ao *design* dos postos de trabalho, o *design* dos produtos fabricados, as condições do ambiente físico e do posto de trabalho, aos fatores organizacionais, políticos, sociais e psicológicos do trabalho), enquanto o procedimento tradicional de *design* de produtos somente é aplicado ao desenvolvimento do produto. 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 (a) - (c), a etapa de estudo dos conceitos nos itens (c) e (d) e a etapa de design básico nos itens (e) e (f) acima. Finalmente, as etapas de construção de um protótipo e teste de campo correspondem ao item (g) das etapas do DM.

A descrição de cada uma das etapas para implementação da ferramenta (DM) é feita a seguir.

### **3.3.1 1ª etapa: Identificação do Usuário e Coleta Organizada de Informações Acerca de sua Demanda Ergonômica.**

Esta etapa tem como objetivo identificar itens de demanda ergonômica (IDEs) dos usuários de um determinado posto de trabalho ou produto. Suas tarefas componentes vêm explicitadas a seguir.

#### 3.3.1.1 Identificação do Usuário:

Inicialmente, deve-se identificar os usuários. Na maioria das aplicações do DM, usuários são trabalhadores que poderão sofrer as conseqüências (positivas ou negativas) das condições estabelecidas no projeto de um produto ou posto de trabalho. Estes podem ser:

a) usuários primários (priorizados na metodologia de DM) - pessoas que trabalham no posto em estudo ou utilizam o produto que está sendo projetado;

b) usuários secundários - pessoas que, embora não atuando diretamente no posto em estudo ou com o produto que está sendo projetado ou reprojetoado, possuem alguma ligação com o usuário primário e podem ser atingidos pelas condições do posto de trabalho ou produto em questão.

Duas situações de projeto podem ocorrer:

- a) *redesign* de um produto ou posto de trabalho - nesta situação, a observação dos usuários pode ser feita diretamente na empresa;
- b) projeto de um novo produto ou posto de trabalho - neste caso, em que a empresa não tem um histórico para embasamento, poderão ser feitas observações em outras empresas do mesmo ramo de atividade.

É necessário definir o tamanho e a composição da amostra, para que a mesma seja representativa da população em estudo. O tamanho da amostra deve ser definido pelo emprego de técnicas estatísticas específicas. Segundo Fogliatto & Guimarães (1999), a composição deve corresponder à da população em estudo quanto a sexo (masculino e feminino), idade (jovens, adultos e idosos) e grupo étnico, por exemplo.

### 3.3.1.2 Coleta Organizada de Informações Acerca de sua Demanda Ergonômica

Identificados os usuários, procede-se à coleta organizada de informações acerca de sua demanda ergonômica. As estratégias para coleta de informações são:

- a) Estratégia A: utilizam-se entrevistas (espontâneas e / ou induzidas) para obter os IDEs. Em algumas situações práticas, após a realização das entrevistas, não é possível voltar ao local para aplicação de questionários. Neste tipo de situação, deverá ser aplicada esta estratégia;
- b) Estratégia B: os IDEs (Itens de Demanda Ergonômica), percebidos pelos usuários, são identificados através de entrevistas (espontâneas e/ou induzidas) seguidas por um questionário, que tem por objetivo medir o grau de importância de cada item demandado. A Estratégia B é aplicada quando deseja-se garantir que as pessoas que não se manifestaram na entrevista possam expor suas opiniões.
- c) Estratégia A + B (Estratégia A conjugada com a Estratégia B): aplica-se esta estratégia quando deseja-se considerar a priorização feita a partir das entrevistas (ou seja, considerar a espontaneidade das entrevistas) e garantir que as pessoas que não se manifestaram na entrevista possam expor suas opiniões no questionário.

### 3.3.2 2ª etapa: Priorização dos Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) Identificados pelo Usuário

Podem ser utilizadas as seguintes estratégias:

a) Estratégia A: para obter um *ranking* de importância para os IDEs, deve-se considerar a frequência e a ordem de menção dos mesmos pelos entrevistados. Diversos métodos podem ser adotados para considerar a informação sobre a ordem de menção dos itens. Por exemplo, adotar os pesos de importância 3,0, 2,0 e 1,0 para os primeiros três itens de demanda mencionados no módulo espontâneo da entrevista e adotar peso 1,0 para os demais itens do módulo espontâneo, bem como todos os itens de módulo induzido. Também é possível considerar a informação sobre a ordem de menção dos itens, assumindo 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. Concluída a pontuação dos itens de demandas, os mesmos podem ser somados, obtendo-se os pesos finais que permitirão a elaboração de um *ranking* de importância para os itens de demanda;

b) Estratégia B: concluída a entrevista, parte-se para a elaboração de um questionário, onde os IDEs serão medidos quanto ao grau de importância. Para elaboração do questionário, os IDEs identificados são inicialmente agrupados por afinidade (de modo a evitar redundância) e, após, listados. Com o objetivo de medir o grau de importância dos IDEs, utiliza-se uma escala de fácil compreensão por parte dos entrevistados, a qual é sugerida por Stone et al. (1974, apud Fogliatto & Guimarães, 1999). Trata-se de uma escala contínua de 15 cm, com duas âncoras nas extremidades (pouco importante e muito importante) e uma âncora no centro da escala (importante), sobre a qual o usuário deverá marcar a sua percepção sobre o item, gerando um dado contínuo. A intensidade marcada na escala é diretamente transformada em valores numa escala de 0 a 15. Aos dados obtidos para cada um dos itens do questionário, será aplicada a média aritmética para gerar o peso do referido item. Um *ranking* de importância é determinado com base nas medições de importância; desta forma, o item prioritário será aquele com maior valor médio de importância, sendo os demais itens classificados de maneira similar;

c) Estratégia A + B: para priorização dos IDEs, considera-se tanto a priorização dos IDEs obtida pela Estratégia A, quanto pela Estratégia B, de tal forma que o resultado final

seja função do somatório dos pesos obtidos por cada uma das estratégias. Assim, considera-se a espontaneidade das entrevistas e garante-se que as pessoas que não se manifestaram na entrevista possam expor suas opiniões. Poderá ser atribuída uma importância diferente para cada uma das estratégias, bastando para isto, multiplicar os pesos obtidos em cada uma das estratégias por um fator escolhido.

### **3.3.3 3ª etapa: Incorporação da Opinião de Especialistas e de Itens Pertinentes de Demanda Ergonômica não Identificados pelo Usuário**

Na utilização da metodologia de DM, poderão ocorrer situações nas quais os usuários não mencionem itens relevantes no *design* macroergonômico de produtos e/ou postos de trabalho. Em função disto, e para corrigir distorções que possam ocorrer nos pesos de importância atribuídos aos IDEs pelos usuários, a metodologia de DM prevê a incorporação da opinião de especialistas através de um método estruturado. Assim, a técnica de *brainstorming* poderá ser usada para incorporação de itens ergonômicos relevantes não mencionados pelo usuário, sendo seus pesos de importância determinados de forma qualitativa, por comparação com os pesos de importância corrigidos dos IDEs listados pelos usuários, enquanto que a matriz de comparação aos pares de Saaty (1977, apud Fogliatto & Guimarães, 1999) poderá ser usada para a revisão dos pesos de importância dos IDEs.

O método de Saaty tem como idéia central a comparação dos itens aos pares. Uma matriz de comparações é utilizada para apresentação dos resultados das comparações. O resultado da avaliação de cada par de elementos (elemento da linha e o elemento da coluna da matriz) é escrito na célula da matriz que corresponde à interseção entre esses elementos. Os valores dos resultados variam entre 1/9 (situação que representa que o elemento 2 é absolutamente mais importante que elemento 1) e 9 (Ver Tab. 1), sendo função de uma posição de consenso entre os especialistas envolvidos na avaliação.

A aplicação do método de comparação aos pares permitirá a formação de um escore (*ranking* de importância) dos elementos comparados (IDEs) a ser utilizado nas etapas seguintes da metodologia, e o estabelecimento de uma medida de consistência nas avaliações. Uma das principais limitações deste método é o número de IDEs a serem comparados. Para contornar este problema, simplificando a análise, deve-se agrupar os IDEs em categorias, conforme suas afinidades. Assim, somente serão avaliados os IDEs dentro de uma mesma categoria. Para

obter os pesos de importância dos IDEs, deve-se considerar a importância da categoria a que eles pertencem relativamente às demais e normalizar os resultados.

A forma de comparação entre o *ranking* dos IDEs gerado pelos usuários e o *ranking* dos IDEs gerado pelos especialistas depende da estratégia adotada para a coleta de informações.

Maiores informações a respeito da aplicação do método poderão ser encontradas em Fogliatto e Guimarães (1999).

TABELA 1 – Escala utilizada na comparação 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

Fonte: Fogliatto & Guimarães (1999)

### 3.3.4 4ª etapa: Listagem dos Itens de *Design* (IDs) a serem Considerados no Projeto Ergonômico do Posto de Trabalho.

Os Itens de *Design* (IDs), que têm como propósito atender à demanda ergonômica expressa pelos IDEs e criada a partir do projeto de produtos e postos de trabalho, devem ser listados nesta etapa.

Como ponto de partida para o levantamento dos Itens de *Design* (IDs), Fogliatto e Guimarães (1999) sugerem um *checklist* inicial de IDs relacionados a diversos produtos e postos de trabalho (encontrada em autores como Grandjean, 1998). Ainda segundo os mesmos autores, outras técnicas podem ser aplicadas. Como exemplos são citadas as seguintes técnicas: observação direta das características do posto de trabalho em questão, filmagem em vídeo da rotina de trabalho de seus usuários, observação participativa de membros da equipe de *design* (para identificar IDs em um determinado posto, membros da equipe de *design* trabalham no posto por um determinado período de tempo), inspeção do elenco de IDEs selecionados na etapa anterior e determinação de possíveis IDs relacionados a eles, e compilação de dados históricos disponíveis em literatura.

### 3.3.5 5ª etapa: Determinação da Força de Relação entre Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) e Itens de *Design* (IDs).

Nesta etapa da metodologia de DM, são determinadas as forças de relações entre IDEs e IDs. Segundo Fogliatto & Guimarães (1999), os objetivos nesta etapa são:

- a) determinar (e desconsiderar no projeto) IDs que não tenham relação com a satisfação dos IDEs; e
- b) gerar pesos de importância para IDs relevantes na satisfação dos IDEs; com a determinação destes pesos, pode-se estabelecer a prioridade dos mesmos no projeto.

Para alcançar estes objetivos, a metodologia de DM faz uso de uma ferramenta de análise de decisão: a Matriz da Qualidade (MQ) do QFD (*Quality Function Deployment*). Os resultados da MQ indicam quais são os itens prioritários, considerando a demanda ergonômica do usuário e a opinião de especialistas.

A Fig. 3 apresenta um exemplo genérico de MQ, onde são apresentados apenas os elementos utilizados na metodologia de DM. Os detalhamentos destes elementos (a numeração é a mesma utilizada na tabela) são apresentados de forma resumida, a seguir:

**1. Itens de Demanda Ergonômica / Desdobramento** – os IDEs, listados na 1ª etapa da metodologia de DM, são listados nas linhas da Matriz da Qualidade;

**2. Pesos de Importância,  $PI_i$**  – os pesos colocados na MQ dizem respeito às IDEs e correspondem a pesos corrigidos (levam em consideração conjuntamente as opiniões de usuários e especialistas). Esses pesos são determinados na 2ª etapa da metodologia de DM e corrigidos na 3ª etapa da mesma;

**3. Itens de *Design*** – os Itens de *Design*, levantados na 4ª etapa da metodologia de DM, são listados nas colunas da MQ;

**4. Avaliação Estratégica,  $E_i$**  – leva em consideração a repercussão do atendimento aos IDEs sobre a satisfação dos usuários primários e secundários do produto ou do posto de trabalho em estudo, a imagem da empresa perante os seus clientes e fornecedores e a sobrevivência da empresa no médio e longo prazo, etc. Pode ser realizada pela equipe de projeto, como por um

grupo de gerentes ou executivos da empresa, utilizando a escala apresentada na porção superior da Tab. 2. Seu preenchimento na MQ não tem caráter obrigatório e sim facultativo.

❶ Itens de Demanda Ergonômica (IDEs)		❷ Peso de Importância, $PI_i$	❸ Itens de <i>Design</i>			Avaliação dos Competidores		
Desdobramento dos IDEs								
Primário	Secundário		<i>Item 1</i>	<i>Item 2</i>	...	❹ Avaliação Estratégica, $E_i$	❺ Avaliação Competitiva, $M_i$	❻ Priorização do IDE, $P_i$
<i>IDE Prim. 1</i>	<i>IDE Sec. 1</i>							
<i>IDE Prim. 2</i>	<i>IDE Sec. 2</i>		❷ $R_{ij}$					
:	:							
❸ Importância Técnica, $IT_j$								

FIGURA 3 - Matriz da qualidade utilizada na metodologia DM.  
Fonte: Fogliatto & Guimarães (1999)

**5. Avaliação Competitiva,  $M_i$**  – serve para avaliar a situação da empresa em relação à concorrência, relativamente a cada um dos IDEs. É realizada pela equipe de projeto, utilizando a escala apresentada na porção central da Tab.2. Seu preenchimento na MQ não tem caráter obrigatório e sim facultativo.

**6. Priorização do Item de Demanda Ergonômica,  $P_i$**  – O cálculo de  $P_i$  é dado através da seguinte expressão:

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

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

TABELA 2 – Escalas utilizadas para avaliação estratégica, avaliação competitiva e avaliação da relação entre IDEs e IDs

Escala utilizada na avaliação estratégica dos itens de demanda ergonômica listados na matriz da qualidade ( <i>Ei</i> )	
Valor	Descrição
0,5	Importância pequena
1,0	Importância média
1,5	Importância grande
2,0	Importância muito grande
Escala utilizada na avaliação competitiva dos itens de demanda ergonômica listados na matriz da qualidade ( <i>Mi</i> )	
Valor	Descrição
0,5	Acima da concorrência
1,0	Similar à concorrência
1,5	Abaixo da concorrência
2,0	Muito abaixo da concorrência
Escala utilizada na avaliação da relação entre Itens de Demanda Ergonômica e Itens de <i>Design</i> na matriz da qualidade ( <i>Rij</i> )	
Valor	Descrição
0	Nenhuma relação
1	Relação fraca
3	Relação média
5	Relação forte
Obs.: valores intermediários denotam situações de compromisso.	

Fonte: adaptada de Fogliatto & Guimarães (1999)

**7. Relação entre os Itens de Demanda Ergonômica e os Itens de *Design*,  $R_{ij}$**  – com o propósito de avaliar a intensidade de atendimento de cada ID quanto à demanda ergonômica expressa pelos IDEs, a equipe de projeto deverá utilizar a escala apresentada na porção inferior da Tab. 2. Em função desta avaliação, poderão ocorrer situações que merecerão atenção especial da equipe de projeto:

a) Matriz com muitas relações fracas - significa que existe inconsistência entre IDEs e IDs. Os IDs devem ser revisados pela equipe de projeto, já que não atendem às necessidades ergonômicas expressas pelos IDEs;

b) Matriz com colunas em branco - indica que IDs desnecessários foram listados, devendo ser revistos ou desconsiderados no projeto;

c) Matriz com linhas em branco - indica que IDs importantes para a satisfação da demanda ergonômica (expressa pelos IDEs) não foram listados. Estes devem ser identificados e acrescentados à MQ.

**8. Importância Técnica de um Item de *Design*  $j$ ,  $IT_j$**  - a determinação dos valores de  $IT_j$ , tem por objetivo gerar um *ranking* de prioridade para os Itens de *Design* a serem considerados no projeto de produtos ou postos de trabalho. O cálculo de  $IT_j$  é dado através da seguinte expressão:

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

onde  $j$  denota o número total de IDs listados na matriz.

### 3.3.6 6ª etapa: Tratamento Ergonômico dos Itens de *Design* (IDs)

Esta etapa da metodologia de DM compreende a determinação dos valores-alvo e das especificações técnicas para os IDs, levando-se em consideração aspectos ergonômicos (como conforto e segurança do ambiente físico, questões antropométricas e de organização do trabalho, materiais a serem utilizados, viabilidade técnica, etc). Fogliatto & Guimarães (1999) sugerem a formação de uma equipe multidisciplinar (constituída de ergonomistas, *designers*, médicos e engenheiros, entre outros) trabalhando conjuntamente, com o propósito de alcançar resultados satisfatórios a esta etapa da metodologia.

### 3.3.7 7ª etapa: Implementação do Novo *Design* e Acompanhamento

Trata-se da etapa final, onde o projeto proposto deverá ser testado e os ajustes finais deverão ser realizados caso sejam necessários. Para isto, antes de implementar o novo *design*, deverá ser organizado um produto-piloto ou protótipo e ser feito o acompanhamento do usuário com o objetivo de proporcionar a equipe de *design* um retorno quanto às soluções implementadas nos postos e nos produtos.

## 3.4 VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO *DESIGN* MACROERGONÔMICO DE POSTOS DE TRABALHO

O resultado final da intervenção ergonômica sugerida acima, quando aplicada a remodelagem de postos de trabalho, será dado na forma de um protótipo do novo posto. Apesar de

essencialmente concebido a partir das demandas estabelecidas pelos próprios usuários, uma verificação da eficiência do projeto proposto é necessária. A avaliação da eficiência do novo posto de trabalho deve utilizar o mesmo instrumento de coleta de dados concebido para a coleta inicial dos elementos de demanda ergonômica. Em outras palavras, o questionário utilizado na etapa inicial de coleta de dados deverá ser aplicado sobre os mesmos respondentes para identificação do impacto das modificações sugeridas no posto de trabalho sobre a satisfação dos usuários.

Nesta dissertação, sugere-se a comparação entre as situações iniciais e finais de satisfação do usuário (antes e depois da implantação do novo posto de trabalho) utilizando o teste *t*-pareado. A fim de possibilitar a aplicação do teste, explicado a seguir, os respondentes devem ser identificados, quando da aplicação do primeiro questionário, para permitir a formação de pares de respostas, uma proveniente de cada questionário.

O teste *t*-pareado é um caso especial do teste *t*, que ocorre quando as observações de duas populações de interesse são coletadas aos pares. Cada par de observações é tomado sob condições homogêneas, embora estas condições possam variar de um par para outro (Montgomery & Runter, 1994). Para verificar se existe alguma diferença, nas médias das populações, entre uma situação inicial e uma outra, após a intervenção ergonômica, faz-se uso do referido método.

Montgomery & Runter (1994), demonstram a aplicação do método através de um exemplo, no qual aparece uma sequência de passos a serem seguidos, descritos abaixo.

1. O parâmetro de interesse é a diferença na média entre cada par de observações, ou seja,  $\mu_D = \mu_1 - \mu_2 = 0$ ;
2. A hipótese nula do teste é dada por  $H_0: \mu_D = 0$ ;
3. A hipótese alternativa do teste é dada por  $H_1: \mu_D \neq 0$ ;
4. O nível de significância do teste é dado por  $\alpha$ . Na maioria das aplicações, sugere-se um valor de  $\alpha = 0,05$ ;
5. A estatística de teste é dada por:

$$t_0 = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}}$$

onde  $\bar{d}$  é a média das diferenças calculadas nos  $n$  pares de observações e  $s_d$  é o desvio-padrão destas diferenças.

6. Determinar o valor de  $t_0$  utilizando as informações da amostra.

7. Rejeitar  $H_0: \mu_D = 0$  (o que implica em  $\mu_1 = \mu_2$ ) se o valor calculado na estatística de teste  $t_0$  for tal que  $t_0 > t_{\alpha/2, n-1}$  ou  $t_0 < -t_{\alpha/2, n-1}$ . Os valores-limite tabelados de  $t$  podem ser encontrados em textos padrão de estatística, como o próprio Montgomery & Runger (1994).

## **4 ESTUDO DE CASO: INTERVENÇÃO ERGONÔMICA NO SETOR DE PRÉ-CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES MONOFÁSICOS**

### **4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O presente estudo foi realizado em uma empresa multinacional do setor elétrico (Asea Brown Boveri), fabricante de medidores de energia elétrica, sediada em Cachoeirinha/RS. Esse estudo enfoca a identificação das necessidades dos usuários, o projeto e a avaliação dos postos de pré-calibração de medidores de energia monofásicos (incluiu equipamento de pré-calibração de medidores de energia monofásicos e a bancada utilizada para suportar o equipamento), bem como a verificação da satisfação dos trabalhadores usuários desses postos.

O referido trabalho está inserido em um projeto maior, desenvolvido pela empresa em estudo em parceria com o Laboratório de Otimização de Produtos e Processos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LOPP/UFRGS). Segundo Guimarães & Fischer (1998), esse projeto, desenvolvido em parceria, teve como objetivo, “a readequação das relações do sistema homem-máquina ao longo de toda a empresa, dentro de uma perspectiva macroergonômica”.

A demanda pelo projeto de um novo equipamento de pré-calibração foi motivada em função dos seguintes necessidades: a) busca de uma maior competitividade frente à concorrência; b) busca do aumento de qualidade da operação de pré-calibração e, conseqüentemente, da operação de calibração; c) aumento de produtividade; d) melhoria na qualidade de vida dos trabalhadores.

O presente trabalho de intervenção ergonômica ficou restrito ao setor de pré-calibração, devido à solicitação da empresa, que levou em consideração as necessidades expostas acima e fatores financeiros (disponibilidade de verba de investimentos) para desenvolvimento de projetos.

A montagem de medidores monofásicos da empresa em estudo segue o seguinte fluxo de operações: montagem do medidor propriamente dita, pré-calibração, calibração, teste de vazio / partida (VP) e fechamento. A pré-calibração antecede à calibração propriamente dita. Sua

função é fazer um ajuste grosseiro para facilitar o processo posterior de calibração simultânea de vários medidores (calibração em paralelo). A calibração feita de forma serial (ou seja, um medidor por vez), aumenta o tempo total de calibração.

Até 1998, a montagem era tradicionalmente feita em 3 linhas, cada linha com 10 postos. Em 1999, dentro do escopo da parceria com a Universidade, as linhas foram substituídas por células. Tanto na linha tradicional quanto no sistema celular atual, o medidor é pré-calibrado após a montagem.

Na pré-calibração, são realizadas as seguintes aferições (determinação dos erros) e ajustes:

a) *aferição e ajuste de carga nominal*, cujos objetivos são, respectivamente, avaliar e corrigir o desempenho do medidor (caso o erro apresentado pelo medidor seja maior que o erro admissível) nas seguintes condições: intensidade de corrente igual a duas vezes a corrente nominal (intensidade de corrente para o qual o medidor é projetado), tensão nominal (tensão de projeto) e fator de potência unitário (chama-se fator de potência ao co-seno do ângulo de defasagem entre a corrente e a tensão, logo, fator de potência unitário, significa que a corrente e tensão não estão defasadas). A corrente assume um valor igual a duas vezes o valor da corrente nominal para aumentar a velocidade de pré-calibração dos medidores. No ajuste de carga nominal deve ser realizada a desmagnetização do freio magnético do medidor, a qual tem influência na velocidade de rotação do disco e, conseqüentemente, no registro do consumo de energia. O ajuste de carga nominal tem influência sobre os demais ajustes (ajustes de tensão e de carga indutiva);

b) *aferição e ajuste da tensão (a vazio)*, que servem, respectivamente, para avaliar e corrigir o desempenho do medidor sem carga (caso o erro apresentado pelo medidor seja maior que o erro admissível); nesta aferição, o medidor somente é submetido à tensão nominal sem nenhuma carga ligada a ele, não podendo ocorrer o giro do disco nesta condição. Caso ocorra o giro, o medidor deverá ser ajustado sob tensão nominal sem nenhuma carga ligada a ele. A aferição e o ajuste de tensão (a vazio) irão auxiliar na realização da aferição e o ajuste de calibração denominada de carga pequena sob tensão de ajuste, cuja finalidade é avaliar e corrigir o desempenho do medidor sob baixo consumo de energia (caso o erro apresentado pelo medidor seja maior que o erro admissível);

c) *aferição e ajuste da carga indutiva*, que têm, respectivamente, por objetivos avaliar e corrigir o desempenho do medidor sob cargas indutivas (caso o erro apresentado pelo medidor seja maior que o erro admissível). Ex.: motores e lâmpadas fluorescentes. Para

aumentar a velocidade de pré-calibração, o medidor é submetido a uma corrente igual a duas vezes o valor da corrente nominal.

Salienta-se que o procedimento adotado junto a pré-calibração é submeter o medidor à aferição em relação a um padrão e se ele apresentar erro superior ao admissível (preestabelecido no equipamento) em qualquer um dos tipos de aferições, procede-se ao ajuste do medidor (através de dispositivos de ajuste existentes no medidor) até fazer o mesmo atingir a faixa de exatidão admissível. A cada ajuste, deve corresponder uma aferição.

A eliminação da pré-calibração, no caso da empresa em estudo, somente seria possível caso as bancas de calibração existentes na empresa (bancas Nansen) fossem concebidas para incluir a desmagnetização do freio magnético do medidor (operação realizada pelas bancas de pré-calibração no ajuste de carga nominal).

Segundo informações obtidas junto à empresa, outras empresas que fabricam medidores também utilizam a pré-calibração, pois as bancas de calibração que realizam a desmagnetização do freio magnético do medidor (não existe a pré-calibração) resultam em uma baixa produtividade.

O processo de pré-calibração submete os trabalhadores a uma série de constrangimentos, tais como: a) condições ambientais desfavoráveis; b) posturas inadequadas; c) repetitividade; d) ritmos de trabalho intensos; e) riscos de choques elétricos; etc. Estes constrangimentos poderão afetar a saúde, a segurança e o conforto das pessoas, bem como aumentar o risco de acidentes. Assim, a análise ergonômica do setor de calibração de medidores monofásicos faz-se necessária, bem como o uso de uma ferramenta capaz de assegurar a participação dos usuários (trabalhadores) e especialistas para identificação dos itens relevantes a serem considerados na solução dos problemas.

#### 4.2 ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NOS POSTOS DE PRÉ-CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES MONOFÁSICOS

Para garantir o envolvimento dos usuários, foi adotada a abordagem participativa na intervenção ergonômica do posto de pré-calibração de medidores monofásicos. O método de Análise Macroergonômica do Trabalho (AMT) proposto por Guimarães (1999) foi utilizado na análise e o *Design* Macroergonômico, proposto por Fogliatto & Guimarães (1999) foi a

ferramenta usada para auxiliar no projeto ergonômico dos postos de pré-calibração de medidores monofásicos da empresa. O método e a ferramenta utilizados já foram detalhados no capítulo 3. Basicamente, a análise macroergonômica do trabalho abrangeu as seguintes etapas:

a) levantamento bibliográfico sobre posto de pré-calibração e calibração de medidores de energia monofásicos;

b) apreciação ergonômica, a qual se dividiu em:

b.1) levantamento inicial da situação: foi efetuado nas visitas iniciais realizadas junto a empresa, nas quais conheceu-se os processos produtivos da empresa, bem como os produtos produzidos por esta;

b.2) coleta organizada de informações acerca da demanda ergonômica do usuário: também, nas visitas iniciais, tomou-se ciência das demandas ergonômicas existentes na empresa com base na coleta organizada;

c) diagnóstico: o qual subdivide-se em:

c.1) levantamento detalhado que abrangeu os seguintes aspectos:

- histórico dos postos de pré-calibração de medidores;

- levantamento das condições atuais de trabalho:

- quem faz: dados de identificação dos trabalhadores (sexo, idade, nível de escolaridade e contexto sócio – cultural), obtidos junto ao setor de RH da empresa;
- como faz: considerando o trabalho prescrito e o trabalho descrito. O trabalho descrito compreende as exigências físicas, mentais e psíquicas, as quais o trabalhador está submetido;
- quando faz: jornada, pausas, ritmo e os turnos de trabalho;
- onde faz: ou seja, as condições ambientais, importantes para o usuário e o produto (medidor de energia monofásico) e as condições do posto ( antropometria, dispositivos interfaciais e dispositivos comunicacionais);

c.2) análise dos dados levantados;

d) priorização dos Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) identificados pelos usuários;

e) incorporação da opinião de especialistas e obtenção de um *ranking* corrigido de

Itens de Demanda Ergonômica;

f) listagem dos Itens de *Design* (IDs) a serem considerados no projeto ergonômico do posto de trabalho;

g) determinação da força de relação entre os Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) e os Itens de *Design* (IDs);

h) tratamento ergonômico dos IDs (para estabelecer propostas de modificações);

i) implementação do novo *design* (implantação de modificações) e acompanhamento.

A etapa de implementação do novo *design* e acompanhamento implicou nos seguintes passos:

1º passo) organização de um protótipo (posto de trabalho);

2º passo) teste e acompanhamento do projeto proposto a partir do protótipo (para auxiliar a equipe de *design* na verificação da eficácia das soluções propostas);

3º passo) ajustes finais;

4º passo) coleta de indicadores quanto à adequação do projeto proposto.

### 4.3 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO EM ESTUDO

#### 4.3.1 Levantamento da Situação

O diagnóstico (levantamento detalhado e análise) do trabalho nos postos de pré-calibração de medidores monofásicos foi realizado com base em dois tipos de levantamento: levantamento sem a participação direta do usuário e levantamento com a participação direta do usuário. O detalhamento dos levantamentos é feito a seguir.

##### 4.3.1.1 Levantamento Sem Participação Direta do Usuário

Foi realizado através da observação direta, de avaliações quantitativas dos riscos ambientais e da observação indireta, através de filmagem para posterior análise detalhada. O recurso de filmagem (observação indireta) foi utilizado com a finalidade de auxiliar na elaboração da descrição do trabalho real e como técnica auxiliar no levantamento de Itens de *Design* do posto de pré-calibração.

Antes da realização de qualquer filmagem, solicitou-se a permissão (verbal) dos trabalhadores envolvidos, bem como dos responsáveis pelo processo produtivo. Para a filmagem do trabalho realizado junto ao posto de pré-calibração, colocava-se a filmadora em um tripé, em três pontos: nas laterais esquerda e direita e atrás do operador. Procurou-se executar as filmagens com a maior discricção possível, tampando-se inclusive o led que indica que a mesma está ligada. Ressalta-se, no entanto, que os trabalhadores já estavam acostumados com o método

de filmagem, pois o trabalho de intervenção ergonômica já havia iniciado há mais de dois anos e filmagens eram bastante comuns na empresa.

#### - Quem faz (identificação do usuário)

A população de funcionários apta a trabalhar junto aos postos de pré-calibração de medidores monofásicos na empresa totalizava 26 pessoas, sendo que 12 trabalhavam no primeiro turno e 14 no segundo turno.

As características dos usuários (sexo, idade, nível de escolaridade, estado civil e tempo de serviço) são apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - Pré-calibração: caracterização do grupo

Sujeito	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
<b>Sexo</b>	F	F	M	F	F	F	F	M	M	F	F	F	F
<b>Idade</b>	27	25	26	25	22	23	29	23	29	25	21	31	26
<b>Nível de Escolaridade</b>	2º												
<b>Estado Civil</b>	C	A	D	S	C	C	C	S	C	S	S	C	S
<b>Tempo Serviço (meses)</b>	20	04	03	03	20	04	04	03	20	08	04	91	28
Sujeito	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
<b>Sexo</b>	F	F	M	F	F	F	F	M	M	F	F	F	F
<b>Idade</b>	24	30	24	26	37	23	26	32	29	33	27	32	28
<b>Nível de Escolaridade</b>	2º	2º	2º	2º	1º	2º							
<b>Est. Civil</b>	S	C	A	S	C	A	S	C	C	S	S	C	S
<b>Tempo Serviço (meses)</b>	21	20	05	04	54	20	04	20	03	05	04	20	05

(legenda: F = feminino; M = masculino; 1º e 2º referem-se a 1º e 2º graus completos, respectivamente; S = solteiro; C = casado; D = divorciado; A = amasiado).

A partir dos dados levantados, constata-se que:

a) a grande maioria dos trabalhadores (65,4 %) aptos a trabalharem junto aos postos de pré-calibração é formada por pessoas do sexo feminino (Ver Fig. 4);

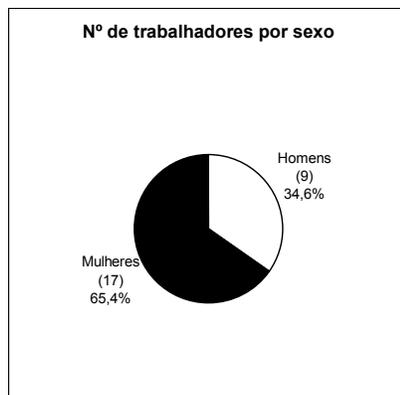


FIGURA 4 – Nº de trab. por sexo - postos de pré-calibração.

b) o maior número de trabalhadores (21) dos postos de pré-calibração encontram-se na faixa etária de 21a 30 anos (Ver Fig. 5);

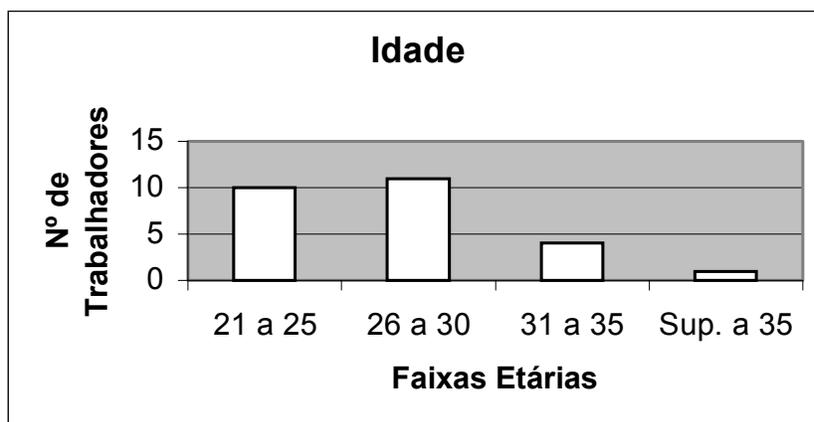


FIGURA 5 – Divisão por faixas etárias – trab. dos postos de pré-calibração.

c) a quase totalidade dos trabalhadores (96,15 %) possuem 2º grau completo (atualmente ensino médio) e os 3,85 % restantes (um trabalhador) possui o 1º grau completo (Ver Fig. 6);

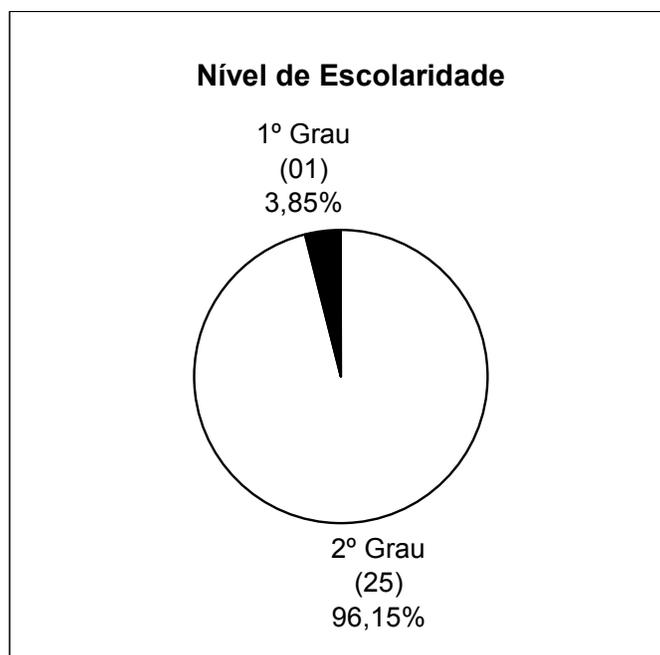


FIGURA 6 – Divisão por nível de escolaridade – trab. dos postos de pré-calibração.

d) a distribuição dos trabalhadores, com relação ao seu estado civil, pode ser vista na Fig. 7;

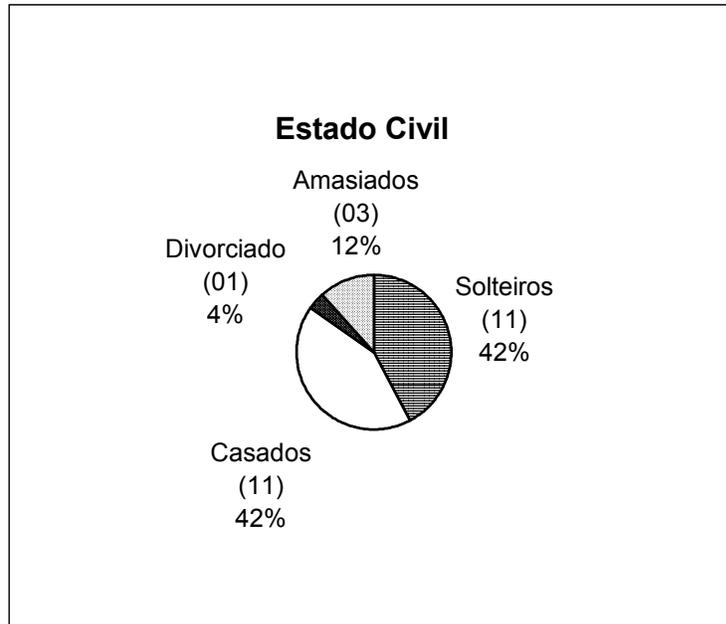


FIGURA 7 – Divisão por estado civil - trabalhadores dos postos de pré-calibração.

e) com relação ao tempo de serviço na empresa, 53,84% dos operadores funcionários trabalham na empresa há menos de seis meses (Ver Fig. 8).

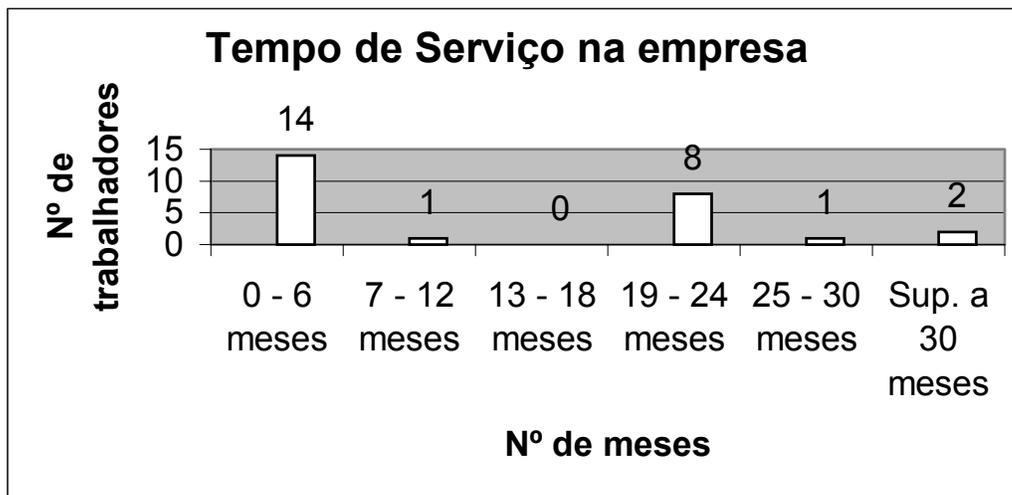


FIGURA 8 – Tempo de serviço na empresa - trab. dos postos de pré-calibração.

Com relação a Fig. 8, verificou-se que não existe documentação suficiente que justifique a alta rotatividade. Acredita-se que a grande rotatividade dos funcionários (quando da coleta de dados), junto ao posto de pré-calibração, devia-se ao fato de que não haviam sido implantadas melhorias para os problemas ergonômicos identificados junto aos mesmos (fase de apreciação ergonômica). Outra possibilidade é que grande parte dos funcionários não gostava de executar a tarefa de pré-calibração, pois a mesma exige uma maior capacitação.

### **- Quando faz**

#### **Jornada/Turnos de Trabalho**

Atualmente, a jornada de trabalho na empresa é de aproximadamente 9 horas para o turno 1 e de 8 horas e 25 min para o turno 2, sendo que as atividades são desenvolvidas de segunda-feira a sexta-feira.

A empresa operava com dois turnos de trabalho: 1º turno: 5 h e 46 min às 14 h e 15 min; 2º turno: 14 h e 05 min às 24 h; intervalo para almoço e jantar: 60 minutos. A partir de primeiro de agosto de 1999, os turnos passaram a compreender os seguintes horários: 1º turno: 7 h às 17 h e 15 min; 2º turno: 21 h às 7 h; intervalo para almoço e jantar: 60 minutos. Novamente em 03 de janeiro de 2000, os horários dos turnos foram alterados, passando aos seguintes horários: 1º turno: 6 h às 15 h e 58 min; 2º turno: 15 h e 50 min à 1 h e 15 min; intervalo para almoço e jantar: 60 minutos. Estes dados foram fornecidos pelo setor de Recursos Humanos da empresa.

#### **Ritmo**

O ritmo de trabalho não é determinado pelo indivíduo (não é livre) e sim imposto pelas exigências de produção determinadas pela empresa, com base nos dados do setor de cronoanálise, para cada um dos modelos de medidores colocados em produção nas linhas de montagem (Ver Quadro 2). Cabe aos trabalhadores gerenciarem suas atividades, de tal forma a atingir as metas estabelecidas para a produção.

#### **Pausas**

Além das pausas para o lanche (15 min) e para o almoço e jantar (60 minutos) existem outras pausas determinadas e realizadas pelos próprios trabalhadores, tais como pausa para tomar café (garrafas térmicas com café eram colocadas junto às células de produção, as quais foram

substituídas por uma máquina de fazer café localizada próxima a uma das entradas da produção) e água, e pausas para atender as necessidades fisiológicas. Entretanto, a empresa orienta que durante estas pausas ocorra a substituição do funcionário que realiza a pausa por um outro (normalmente o curinga). Também verificam-se pausas, devido a utilização de uma esteira rolante, para o abastecimento das peças (medidores) a serem pré-calibradas. Segundo Grandjean (1998), a destreza ou a intensidade do trabalho de cada trabalhador é que determinam a duração das pausas necessárias do trabalho em esteiras rolantes. Os mais velhos freqüentemente trabalham quase que ininterruptamente, pois como a destreza para o trabalho diminui com o aumento da idade, eles precisam compensar a queda de produtividade, reduzindo as pausas espontâneas. Os mais jovens, por outro lado, têm pausas mais longas por possuírem maior destreza (o tempo de pausa aumenta em função do aumento da velocidade com que o serviço é executado, o que vai depender da destreza e da intensidade do trabalho).

QUADRO 2 - Metas de produção.

<b>Medidores: ME21 e NE21</b>	<b>Medidor: M8C</b>	<b>Medidor: N8C</b>
Montagem: 4 postos X15/h = 60/h	Montagem: 4 postos X20/h = 80/h	Montagem: 4 postos X22/h = 88/h
Pré-calibração: 55/h	Pré-calibração: 75/h	Pré-calibração: 57/h
Calibração:55/h	Calibração:60/h	Calibração:45/h
VP: 69/h	VP: 75/h	VP: 74/h
Célula: 55/h	Célula: 60/h	Célula: 45/h

Observação: atualmente existem três postos de montagem por célula de produção, mas a idéia é colocar quatro postos para atender as metas estabelecidas.

Fonte: Setor de cronometragem e cronoanálise da empresa.

### - Como faz

A pesquisa sobre a execução do trabalho abrangeu o trabalho prescrito e o trabalho descrito, detalhados a seguir.

### Organização do trabalho e do sistema de produção

No sistema celular de produção de medidores de energia monofásicos, existem três células de produção, designadas por célula 1, 2 e 3. Cada célula era composta de 6 postos de trabalho (três células de montagem, um posto de pré-calibração, um posto de calibração e um posto de vazio/partida, conhecido por VP) . Em cada uma das três células de produção, trabalhavam sete pessoas simultaneamente (três trabalhavam junto à montagem, sendo uma pessoa/célula de montagem, uma junto a pré-calibração, uma junto a calibração, uma junto ao teste de vazio/partida e uma trabalhava como curinga, auxiliando onde for preciso, mas normalmente era junto a calibração) totalizando 21 pessoas por turno e 42 nos dois turnos existentes. Deste

total de 42 pessoas, 26 pessoas estavam aptas a trabalhar junto ao posto de pré-calibração. Todos os funcionários eram e são estimulados pela empresa a fazer rodízio para prevenção da DORT (distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho) entre os postos de trabalho existentes nas células de produção (atuando, assim, nas células de montagem, pré-calibração, calibração, VP e atualmente fechamento), cabendo aos mesmos a organização deste rodízio. Em algumas situações, os funcionários de uma célula poderão substituir os que faltaram em outra célula, como quando há a falta de funcionários. Com o propósito de viabilizar o rodízio entre os postos, a empresa adotou, a partir de setembro de 1999, o conceito de trabalhador multifuncional. Conforme definido pela própria empresa, trabalhador multifuncional, “ é aquele que através de treinamento é capaz de ocupar todos os postos de uma célula de produção, produzindo com qualidade e produtividade”. Segundo estimativas da empresa, o número de trabalhadores multifuncionais fica em torno de 5%.

É importante salientar que a partir de meados de novembro de 1999, o setor de fechamento dos medidores monofásicos também passou para o mesmo ambiente onde estão as células de produção, tornando-se parte destas. Assim, no setor produtivo passaram a trabalhar simultaneamente 10 pessoas por célula de produção (são três ao todo), distribuídas da seguinte forma: três trabalham junto às células de montagem, uma junto a pré-calibração, uma junto a calibração, uma junto ao teste de vazio / partida (VP) , três trabalham no fechamento e uma trabalha como curinga, auxiliando onde for preciso (normalmente junto a calibração), totalizando 30 pessoas por turno e 60 nos dois turnos existentes.

### **Descrição do trabalho prescrito para o posto de pré-calibração**

O trabalho de pré-calibração conforme prescrito é detalhado na folha de processo, a qual está fixada junto ao equipamento:

- 1- colocar o medidor nos bornes da banca de teste;
- 2- verificar tensão e corrigir;
- 3- verificar carga nominal e acionar botão da carga nominal;
- 4- desmagnetizar ímã utilizando bobina desmagnetizadora;
- 5- calibrar, através da lâmpada estroboscópica, o sentido de giro dos traços do disco;
- 6- no sentido horário, a carga indutiva é negativa, então girar ajuste de carga indutiva para esquerda (p/ baixo). No sentido anti-horário, a carga é positiva, então girar ajuste de carga indutiva para lado direito (para cima);

7- no sentido anti-horário, a carga nominal está positiva, então regular nos parafusos de ajuste de carga nominal;

8- no sentido horário, a carga nominal está negativa, então passar chave especial nas pastilhas do freio até os traços ficarem parados;

9- colocar o conjunto na esteira.

Também constam na folha de processo as instruções para realizar a inspeção dos medidores. São elas:

a) visual 100%: verificar centragem do disco, conexão do plug e engrenamento do registrador;

b) verificar falta de componentes;

c) a cada 60 min passar padrão na banca pré-calibração.

### **Trabalho real realizado no posto de pré-calibração**

A descrição do trabalho real foi obtida a partir dos seguintes recursos: observação direta, descrição dos operadores e observação indireta (filmagem). As principais posturas assumidas para a realização deste trabalho podem ser vistas no Anexo 1, na Fig. 1.

O trabalho real compreende os seguintes passos:

1. Pegar com a mão direita o medidor da esteira;

2. Inspecionar o medidor a ser pré-calibrado de forma manual e visual com respeito aos seguintes itens:

a) verificação da falta de componentes (feita de forma visual);

b) verificação da centragem do disco, realizada com a mão direita e de forma visual, enquanto que, com a mão esquerda o operador segura o medidor;

c) verificação do estado do registrador no que diz respeito a engrenagem, se está corretamente engrenado com o eixo do disco, não podendo estar “muito engrenado” ou “mal-engrenado”, expressões estas utilizadas pelos funcionários. Esta verificação é realizada com a mão direita, enquanto que, com a mão esquerda o operador segura o medidor;

d) verificação da marcação do registrador, se o registrador está zerado, sendo realizada de forma visual. Poderá ser zerado no próprio posto ou voltar para a montagem a critério do operador, quando o número marcado for um valor baixo. Quando estiver “defasado”, expressão utilizada pelos operadores, significando que o registrador apresenta um valor muito alto, o mesmo deverá retornar para o fornecedor, pois torna-se difícil zerar o registrador;

e) com o calibre (ferramenta manual) na mão esquerda, verificar se o parafuso (caso dos medidores M8C e N8C) ou os dois parafusos (caso dos medidores ME21 e NE21) do freio magnético (carga nominal) estão com a margem adequada (onde a margem adequada é a espessura do calibre); caso contrário, proceder ao ajuste do(s) parafuso(s), conforme o modelo do medidor. O ajuste é realizado com uma chave de fenda na mão direita. Quando o parafuso estiver muito duro, normalmente os funcionários utilizam as duas mãos, sendo para isto, necessário fixar o medidor no equipamento de pré-calibração.

Se nas verificações (a), (b) ou (c) for constatado algum tipo de problema, o medidor deverá retornar para a montagem, o que se constitui em retrabalho.

3. Utilizando as duas mãos, fixar o medidor na borneira do equipamento de pré-calibração (dispositivo onde estão os contatos para energização do medidor sob teste e que também serve para prender o referido medidor); o encaixe é feito sob pressão, devendo-se pressionar o medidor para baixo. Para o medidor N8C de 30 A com base de alumínio, deve-se utilizar uma parafusadeira a fim de fixar os parafusos do mesmo na borneira em função do tipo de terminais (os quais são maiores, para suportar a corrente de 30 A);

4. Existem três verificações (chamadas de aferições) a serem realizadas: carga nominal, tensão e carga indutiva. Em função das verificações, caso seja necessário, procedem-se a ajustes no medidor (o que se constitui na calibração). Observou-se que são adotadas pelos operadores, segundo sua escolha, duas seqüências:

a) tensão, carga nominal e carga indutiva (esta seqüência consta no trabalho prescrito);

b) carga nominal, tensão e carga indutiva (recomendada pela chefia da produção, como sendo a melhor seqüência).

No caso dos medidores N8C e NE21, antes das verificações, deve-se fazer a conexão do plugue que alimenta as bobinas de tensão e corrente. As verificações e ajustes são descritos a seguir:

4.1. Para verificar / ajustar a carga nominal:

1º) apertar com a mão direita o botão da carga nominal-estrobe no equipamento de pré-calibração. Muitos utilizam uma chave de fenda para apertar este botão;

2º) Acionar (deve permanecer segurando o botão, caso contrário o mesmo volta à sua posição normal) com a mão direita o botão que liga a bobina desmagnetizadora (chamada de “sabão” pelos operadores) e, simultaneamente, aproximar com a mão esquerda a bobina desmagnetizadora do freio magnético, a fim de desmagnetizá-lo, enfraquecendo, assim, a ação do freio, fazendo com que o disco gire mais rápido. Existe um ruído proveniente da bobina desmagnetizadora, decorrente de um pulso de energia (carga e descarga) de um capacitor

(componente eletrônico interno a bobina desmagnetizadora), que fornece ao operador uma informação referente ao tempo de acionamento da bobina desmagnetizadora. Este ruído inicia fraco e vai ficando cada vez mais forte com o passar do tempo, pois os pulsos de energia provocados pela carga e descarga do capacitor vão se tornando cada vez mais frequentes, em função da redução do tempo de duração da carga e descarga do capacitor. A distância da bobina desmagnetizadora ao freio magnético e o tempo da operação da mesma influem no processo de desmagnetização do freio magnético do medidor. Este ajuste é do tipo grosseiro. O ajuste está concluído quando o operador consegue fazer a leitura no disco com o auxílio da luz estroboscópica (identificação de um conjunto interno de linhas no disco dando a impressão que estão paradas, embora pareça que o disco está girando no sentido anti-horário, dando a impressão que está saindo do medidor) sendo que isto só é conseguido quando o disco gira em uma velocidade ideal, que não é muito rápida nem muito lenta. Cabe salientar que não existe um tempo padrão ideal, embora o tempo dependa do estado inicial de magnetização do freio magnético e da experiência do operador.

Muitas vezes, torna-se necessário realizar dois tipos de ajustes finos, citados a seguir:

a) com a chave de fenda na mão direita ajustar o parafuso (caso dos medidores M8C e N8C) ou os dois parafusos (caso dos medidores ME21 e NE21) do freio magnético (ajuste de carga nominal). Quando o parafuso estiver muito duro, normalmente os funcionários utilizam as duas mãos; e

b) utilizando uma chave de fenda na mão direita o operador passa a chave de fenda nos furos do freio magnético (caso dos medidores ME21 e NE21) ou na lateral do freio magnético (caso dos medidores M8C e N8C) várias vezes (nº de vezes também depende da experiência do operador). Esta operação tem como propósito “positivar o disco” (expressão utilizada pelo operador e que implica em desmagnetizar o disco), resultando no enfraquecimento da ação do freio e, conseqüentemente, fazendo com que o disco gire no sentido anti-horário mais rapidamente, dando a impressão que o disco está saindo do medidor e as marcas estão paradas;

Estes ajustes estarão concluídos da mesma forma mencionada no ajuste grosseiro. Poderá ocorrer de o operador “matar o freio”, ou seja desmagnetizar muito o freio, fazendo que o disco gire muito rápido, devendo o medidor voltar para a montagem.

4.2. Para verificar / ajustar a tensão (a vazio):

1º) Com a mão direita posicionar o disco no número 10 ou 30 (inscritos no disco) ou ainda na tarja preta demarcada no disco, sendo esta escolha feita pelo operador. Estes pontos são conhecidos como pontos de frenagem.

2º) Apertar o botão da tensão no equipamento de pré-calibração. Muitos utilizam uma chave de fenda para apertar este botão;

3º) Fazer a leitura do disco (verificar o estado do disco), devendo o mesmo dar a impressão de estar parado. Caso contrário, procede-se com a mão direita ao ajuste no gap (espaçamento na bobina de tensão) da bobina de tensão, até obter-se o efeito desejado. Para este ajuste utiliza-se uma chave de fenda, acionando-a lateralmente o gap da bobina de tensão.

4.3. Para verificar / ajustar a carga indutiva:

1º) apertar com a mão direita o botão da carga indutiva-estrobe. Muitos utilizam uma chave de fenda para apertar este botão;

2º) observar o disco;

3º) utilizando uma chave de fenda na mão direita, ou somente a mão direita para fazer o ajuste (com exceção do medidor ME21, onde o ajuste com a mão não é possível), ajustar o botão da carga indutiva que se localiza na direita do medidor. Os ajustes possíveis são: movimentar o botão para cima negativando o disco e para baixo positivando o disco. O ajuste está concluído quando o operador consegue fazer a leitura no disco com o auxílio da luz estroboscópica (identificação de um conjunto interno de linhas no disco dando a impressão que estão paradas, embora pareça que o disco está girando no sentido anti-horário, dando a impressão que está saindo do medidor), sendo que isto só é conseguido quando o disco gira em uma velocidade ideal, que não é muito rápida nem muito lenta. Cabe salientar que não existe um tempo padrão ideal, sendo que o tempo total depende da experiência do operador.

5. Após realizar as devidas verificações e ajustes, o operador deverá checar se não ocorreram alterações nos parâmetros de carga nominal, tensão e carga indutiva. Caso tenha ocorrido, deverá ajustá-los novamente.

6. Retirar o medidor da borneira com as duas mãos;

7. Com a mão direita, colocar o medidor na esteira.

A cada hora, o operador da banca de pré-calibração, calibra a mesma com um padrão. O padrão consiste em um medidor (comum) calibrado em uma banca Nansen (banca de calibração), o qual é inserido na borneira da banca de pré-calibração. Após o medidor ser inserido, procedendo-se aos ajustes na banca de pré-calibração (através dos botões de ajuste de carga nominal e de carga indutiva existentes no equipamento).

### **Análise dos dados levantados sobre o trabalho prescrito e trabalho real**

“A oposição entre trabalho prescrito e trabalho real é uma das referências do método de análise ergonômica” (Moraes & Mont’alvão, 1998).

Segundo Valentin (apud Moraes & Mont’alvão, 1998)

“dos desvios entre o trabalho prescrito e o real nascem os procedimentos de regulação que são freqüentemente custosos – seja para os operadores (dificuldades de aprendizagem, fadiga, etc), seja para a empresa (tempos perdidos, perda de matérias-primas, falta de conformidade na qualidade)”.

A partir da comparação entre a descrição do trabalho prescrito e a descrição do trabalho real, verifica-se o que deve ser efetivamente realizado para pré-calibrar medidores. Constata-se, também, que o trabalho real difere do trabalho prescrito. Na verdade, os procedimentos para a pré-calibração dos medidores dependem muito da experiência e da habilidade dos trabalhadores, adquiridos com o tempo e com os treinamentos formais e informais (onde um trabalhador mais experiente orienta um menos experiente). Isto pode ser facilmente constatado no procedimento para desmagnetizar o freio magnético do disco utilizando a bobina desmagnetizadora. Nessa situação, a aproximação da bobina desmagnetizadora e o tempo de operação da mesma são fundamentais para desmagnetizar o freio magnético, enfraquecendo a ação do mesmo, fazendo com que o disco gire mais rápido. A própria leitura no disco com o auxílio da luz estroboscópica (aferições de carga nominal e indutiva) é um outro exemplo. A leitura no disco consiste na identificação de um conjunto interno de linhas no mesmo. Estas linhas devem dar a impressão que estão paradas para que o ajuste possa ser considerado como concluído, embora pareça que o disco está girando no sentido anti-horário, dando a impressão que está saindo do medidor.

Com base na análise da comparação entre o trabalho prescrito e o trabalho real, considera-se que as principais dificuldades encontradas pelos trabalhadores são:

- a) a desmagnetização do freio magnético, pois poderá o operador facilmente desmagnetizar excessivamente o freio, fazendo com que o disco gire muito rápido, não conseguindo ajustar a velocidade ideal para o mesmo, tendo o medidor que retornar para a montagem;
- b) realizar as verificações (aferições) com o auxílio da luz estroboscópica.

O *design* do novo equipamento de pré-calibração deverá levar em consideração estes aspectos, com o propósito de permitir uma melhor adaptação do trabalho ao homem.

### - Onde faz

Aqui são descritas as condições ambientais, importantes para o usuário e o produto (medidor de energia monofásico) e as condições do posto.

No mapa de riscos elaborado para o setor de aferição / montagem pela CIPA gestão 98/99 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) com a participação dos trabalhadores, são identificados os seguintes riscos ocupacionais: eletricidade, iluminação, ruído, postura inadequada e repetitividade, todos estes classificados como risco médio (intensidade do risco, determinada de acordo com a percepção dos trabalhadores), em uma classificação que pode variar entre risco pequeno, médio e grande. A elaboração do mapa de riscos e classificação dos riscos obedeceu ao disposto na NR-5 – CIPA aprovada pela Portaria 3214 de 8 de junho de 1978 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999) que estava em vigor na ocasião. Cabe salientar que esta NR (Norma Regulamentadora) sofreu alterações que entraram em vigor a partir de 23 de maio de 1999, sendo que esta nova redação não traz mais uma metodologia para elaboração dos mapas de risco, ficando esta a critério dos “cipeiros”.

Segundo Moraes & Mont’alvão (1998)

“para melhor apreender os problemas quando das primeiras visitas ao local de trabalho, durante a apreciação ergonômica cumpre ter como orientação categorias de problemas que compreendem deficiências e faltas e falhas específicas. Com as categorias de problemas em mente, torna-se mais fácil e eficiente para o ergonômista realizar observações assistemáticas em campo e propor questões durante a entrevista focalizada”.

Desta forma, os problemas observados nas primeiras visitas foram organizados de acordo com o proposto por Moraes & Mont’alvão (1998) e constam do Quadro 3. A formulação dos problemas ergonômicos identificados é apresentada no Anexo 2 no Quadro 1.

QUADRO 3 – Quadro de categorização dos problemas ergonômicos (Segundo Moraes & Mont’alvão, 1998)

<b>Problemas</b>	<b>Caracterização</b>
<b>Acidentários</b>	trabalho com equipamentos energizados, existindo risco de choque elétrico, já que, para pré-calibração dos medidores é necessário que os mesmos estejam energizados.
<b>Físico-ambientais</b>	temperatura, ruído, iluminação, reflexos da luz estroboscópica no disco do medidor, oscilação (piscagem) da luz estroboscópica.
<b>Interfaciais</b>	Posturas prejudiciais assumidas para realizar a leitura do disco e ajustes de tensão, de carga nominal, e indutiva.
<b>Informacionais</b>	Dificuldades na leitura do disco.
<b>Operacionais</b>	Ritmo intenso e repetitividade.

## Condições ambientais

No processo de calibração de medidores monofásicos, a temperatura é um parâmetro que merece uma atenção especial, pois existe uma faixa de temperatura ideal para a calibração. Calibrar fora desta faixa de temperatura poderá resultar em erros no processo de calibração de medidores monofásicos. A NBR 5313 – Aceitação de lotes de medidores de energia ativa – Procedimento (ABNT, 1997), traz a especificação de que os medidores (vendidos para o mercado nacional), devem ser calibrados com temperatura ambiente de  $25 \pm 2^\circ \text{C}$ .

Até janeiro de 1998, somente o setor de aferição (pré-calibração, calibração e teste de vazio / partida) era climatizado (climatização feita com ar condicionado central). Entretanto, a NBR 5313 – Aceitação de lotes de medidores de energia ativa – Procedimento (ABNT, 1997), também traz a exigência de que se os medidores estiverem armazenados a uma temperatura fora dos limites de temperatura prescritos anteriormente, eles devem ficar durante 1 h antes da calibração em um ambiente com a temperatura controlada dentro destes limites. Esta exigência não podia ser atendida pela empresa com o *layout* existente na época, em função das seguintes razões: a) a montagem (etapa que antecede a pré-calibração) não era climatizada; b) falta de espaço na aferição; c) tratava-se de um *layout* em série com a seguinte seqüência para o produto: montagem, pré-calibração, calibração, teste de vazio/partida (VP) e fechamento, onde o produto era deslocado por intermédio de uma esteira.

Tal fato motivou a empresa a fazer um rearranjo do *layout* integrando a montagem e a aferição, eliminando divisórias, paredes, etc., com nova climatização, passando-se este ambiente a ser chamado de aferição (Ver Anexo 3, Fig. 2). Para manter a climatização e evitar a contaminação do produto por poeira, o ambiente de aferição foi dotado de portas de acesso estanques, acionadas eletronicamente (sensor de proximidade). Estas medidas imprimiram maior qualidade ao processo de calibração.

Com relação ao ruído, pode-se afirmar que o equipamento de pré-calibração não produz níveis de ruído elevados (ruídos produzidos pelo equipamento são inferiores a 65 dB(A)), sendo que o principal problema está no ruído de fundo (a dose de ruído para uma jornada de 9 horas foi de 13,97%, o que equivale a 70,6 dB(A)), produzido nas células de montagem dos medidores monofásicos e polifásicos (principalmente por aparafusadeiras pneumáticas), pelas conversas e pelo som ambiental (música). Com relação ao ruído de fundo, por não ter acesso a um analisador de frequências (equipamento para determinação do espectro de ruído), não foi

possível realizar uma análise de frequência do mesmo. Existe um ruído provocado pela bobina desmagnetizadora do freio magnético (decorrente de um pulso de energia) que fornece ao operador uma informação referente ao tempo de acionamento da mesma.

O sistema de iluminação utilizado é o de iluminação geral, com lâmpadas fluorescentes 2X60W – iluminação luz do dia, com pé direito (altura do plano de trabalho até às luminárias) de aproximadamente de 2,7 m.

Os equipamentos utilizados para avaliação dos riscos ambientais foram:

a) para a avaliação do ruído utilizou-se um dosímetro de ruído (dosímetro marca Quest, modelo Q400 – tipo 2: Precisão de 0,1 dB), adotando-se a metodologia constante na Norma Regulamentadora NR 15 – Atividades e Operações Insalubres – Anexo nº 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978 ( Segurança e Medicina do Trabalho, 1999);

b) para a avaliação dos índices de iluminação utilizou-se um luxímetro com fotocélula corrigida para a sensibilidade do olho humano e em função do ângulo de incidência (luxímetro marca ICEL, modelo LD-500 – Precisão  $\pm (2\% + 2 \text{ dig})$ ), adotando-se a metodologia constante na Norma Regulamentadora NR 17 – Ergonomia, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978 ( Segurança e Medicina do Trabalho, 1999) e na NTH 10-I/E – Norma para avaliação ocupacional do nível de iluminação (FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 1986);

c) utilizou-se um psicrômetro (marca: Incoterm – Precisão  $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) para medição da umidade relativa do ar. O psicrômetro é constituído de dois termômetros idênticos colocados paralelamente, um de bulbo seco, que determina a temperatura do ar (tbs), e outro de bulbo úmido, o qual determina a temperatura de bulbo úmido (tbu). Os valores obtidos nos dois termômetros são colocados em uma carta psicrométrica, obtendo-se, dessa forma, a umidade relativa do ar. Não existe metodologia específica para sua determinação na legislação (Normas Regulamentadoras, aprovadas pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978);

d) um anemômetro (marca Lutron, modelo AM 4201 – Precisão  $\pm (2\% + 1 \text{ d})$ ) para velocidades do ar menores ou iguais a 25 m/s para fazer a medição da velocidade do ar. Não existe metodologia específica para sua determinação nas Normas Regulamentadoras, aprovadas pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978;

e) a temperatura efetiva (TE) leva em conta a temperatura do ar, sua velocidade e a temperatura de bulbo úmido. O índice tomou a forma de dois ábacos (para homens sem roupa da cintura para cima e para pessoas normalmente vestidas), onde podem ser inseridos os valores dos parâmetros considerados, obtendo-se assim a TE. Não existe metodologia específica para sua determinação nas Normas Regulamentadoras NR's, aprovadas pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999).

Os dados ambientais coletados foram:

a) ruído: as medições foram realizadas no dia 08/07/99, com duração de 102 minutos e 45 segundos. Os valores obtidos variaram de 45 dB(A) a 101 dB(A). Entretanto, a dose de ruído resultante para a jornada adotada (9 horas/dia) é igual a 13,97%, o que equivale a 70,6 dB(A). De acordo com Guimarães (1998a), “em ergonomia, busca-se limites inferiores a 80 dB(A), já que acima deste limite já é possível ocorrer perdas auditivas em alguns indivíduos após exposição prolongada”. Conforme mencionado, a dose de ruído resultante para a jornada adotada (9 horas/dia) é igual a 13,97%, equivalente a 70,6 dB(A), valor este inferior a 80 dB(A);

b) iluminação: as medições foram realizadas no dia 13/08/99, no turno da tarde (o dia estava nublado) e no dia 23/08/99, no turno da noite. Os valores obtidos para os índices de iluminação, bem como os níveis mínimos exigidos pela NBR 5413 – Iluminância de Interiores (ABNT, 1992), podem ser vistos no Anexo 4, na Tab. 1. Os valores encontrados estão abaixo do valor de iluminação mínimo (500 lux) recomendado na NBR 5413 - Iluminância de Interiores, subitem 5.3.47, para a situação em estudo (ABNT, 1992);

c) temperaturas: as medições foram realizadas no dia 31/08/99, no turno da tarde, tendo-se obtido os seguintes valores:

- tbs (temperatura de bulbo seco) = 23° C (obs.: valor obtido com o psicrômetro parado, sendo que este valor deu idêntico aos medidos pelos termômetros digitais existentes no ambiente de aferição);

- tbs (temperatura de bulbo seco) = 20° C (valor obtido após realizar os giros com o psicrômetro);

- tbu (temperatura de bulbo úmido) = 18° C (valor obtido após realizar os giros com o psicrômetro);

d) entrando-se com os valores de tbs (valor obtido após realizar os giros com o psicrômetro) e tbu (valor obtido após realizar os giros com o psicrômetro) em uma carta psicrométrica (vem junto com o psicrômetro), determinou-se um valor de umidade igual a

82,5 %. Este valor é bem superior a 40 %, que é o mínimo recomendado na NR-17 – Ergonomia; ( Segurança e Medicina do Trabalho, 1999);

e) velocidade do ar: a medição foi realizada no dia 31/08/99, no turno da tarde, sendo o valor obtido de 0 m/s. Acredita-se, em função da sensibilidade do equipamento ( $\pm (2\% + 1d)$ ), que este valor não é exatamente de 0 m/s e sim um valor muito próximo a este. Esse valor encontrado atende ao disposto na NR-17 – Ergonomia (não superior a 0,75 m/s); ( Segurança e Medicina do Trabalho, 1999);

f) os valores obtidos para velocidade do ar, tbs (psicrômetro parado) e tbu (valor obtido após realizar os giros com o psicrômetro), foram inseridos em um ábaco para pessoas normalmente vestidas, conforme mostrados em Macintyre (1990) e Koenigsberger *et al* (1980), obtendo-se, assim, o valor para a  $TE = 21,1^\circ C$ . O valor obtido para a temperatura efetiva ( $21,1^\circ C$ ) está dentro da faixa recomendada na NR-17 – Ergonomia (entre  $20^\circ C$  e  $23^\circ C$ ); ( Segurança e Medicina do Trabalho, 1999). De posse dos dados obtidos, verificou-se que a exigência de temperatura para calibração dos medidores (produto) está de acordo com aquela para conforto térmico dos trabalhadores preconizadas pela NR-17 – Ergonomia.

### **Condições do posto**

O posto de trabalho de pré-calibração existente (Ver Fig. 9) foi projetado para permitir o trabalho sentado e de pé, alternadamente, sendo utilizada uma cadeira alta para execução do trabalho sentado. Mesmo tendo sido concebido com possibilidade de alternância, observou-se que a maior parte do tempo os trabalhadores trabalham sentados.

Neste posto, a altura da superfície de trabalho não coincide com a altura da bancada, sendo que a superfície de trabalho (centro do medidor) está a 134 cm, enquanto que a bancada tem uma altura de 97,5 cm. As dimensões do posto estão detalhadas no Quadro 4.

Os medidores montados e que devem ser pré-calibrados são transferidos das células de montagem através de uma esteira instalada ao longo de toda a célula de produção de medidores monofásicos de energia, cujas dimensões são mostradas no Quadro 4. A esteira possui uma borda para evitar que os medidores caiam no chão e sofram danos.

O assento utilizado é do tipo alto, sem rodízios e sem apoio para os braços. Possui regulagem de altura de 10 cm, variando de 67 cm a 77cm, bem como regulagem de altura e inclinação do encosto. A cadeira não será detalhada no quadro 4, pois não faz parte do escopo do trabalho,

embora, em um levantamento não muito detalhado, tenha-se verificado que a mesma não é ideal para o posto de pré-calibração. A análise da cadeira fez parte do trabalho maior desenvolvido junto a empresa.

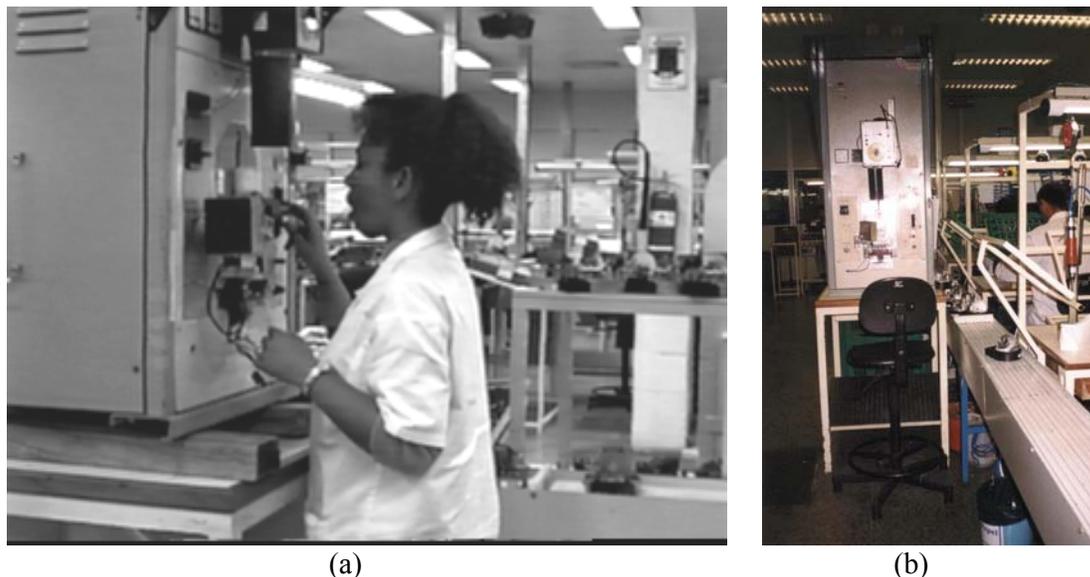


FIGURA 9 – Posto de pré-calibração existente na empresa em estudo.

QUADRO 4 - Dimensões do posto de pré-calibração de medidores monofásicos existente.

<b>Bancada</b>	<b>Dimensões (cm)</b>
Comprimento	70
Altura	97,5
Profundidade	80
Espessura do tampo	3,5
Espessura da barra de sustentação do tampo	4
<b>Apoio para os pés</b>	<b>Dimensões (cm)</b>
Comprimento	70
Profundidade	81,1
Ângulo	9,6°
Altura mínima (parte frontal ) em relação ao solo	25,5
Altura máxima (parte de trás) em relação ao solo	39
<b>Equipamento</b>	<b>Dimensões (cm)</b>
Comprimento	58
Altura	125
Profundidade	62
Altura do centro do medidor	134
<b>Esteira</b>	<b>Dimensões (cm)</b>
Altura (sem a borda)	83
Altura da borda	2,5
Largura	21,5
Comprimento	1885

#### 4.3.1.2 Levantamento Com Participação Direta do Usuário

Para a coleta de informações sobre a demanda ergonômica dos usuários, utilizou-se a estratégia A + B (estratégia A + estratégia B) da metodologia de *Design* Macroergonômico, proposta por Fogliatto & Guimarães (1999). A coleta foi realizada em duas etapas, com base em pesquisa de campo e utilizando opiniões de especialistas. A primeira compreendeu uma entrevista aberta, enquanto que a segunda etapa foi realizada através de questionários. Estas etapas são explicadas a seguir.

##### **a) Entrevistas**

No presente estudo de caso, optou-se por trabalhar com toda a população de trabalhadores aptos a trabalharem nos postos de pré-calibração de medidores monofásicos, ao invés de uma amostra. Isto foi possível em função das facilidades encontradas, tais como: a abertura para um estudo detalhado possibilitada pela empresa, tamanho reduzido da população, disposição dos funcionários em cooperar e cultura ergonômica já disseminada na empresa.

Para obter os elementos de insatisfação (Itens de Demanda Ergonômica – IDEs - dos usuários) junto aos postos de pré-calibração de medidores monofásicos, realizou-se uma entrevista aberta, que contemplou toda a população de funcionários aptos a trabalharem junto aos postos de pré-calibração de medidores monofásicos da empresa. Ao todo, foram entrevistados 26 trabalhadores, sendo 12 no primeiro turno e 14 no segundo turno. A entrevista era composta por um módulo espontâneo, sem indução de qualquer tipo por parte do entrevistador na elaboração das respostas. Foi solicitado ao entrevistado que comentasse sobre seu trabalho no setor de pré-calibração de medidores monofásicos. A utilização de um módulo induzido de entrevista foi descartada, já que os dados obtidos geraram informações consideradas como suficientes.

Os resultados (elementos de insatisfação no posto de pré-calibração) das entrevistas com os usuários, a ordem de menção dos mesmos e os pesos de importância atribuídos para cada um dos elementos de insatisfação, podem ser vistos na Tab. 3. Os números no corpo da tabela referem-se a ordem de menção dos elementos de insatisfação. Desta forma, o número um corresponde a um elemento mencionado na entrevista em primeiro lugar pelo usuário, o número dois corresponde a um elemento mencionado em segundo lugar e assim, sucessivamente. A obtenção dos pesos de importância atribuídos para cada elemento de

insatisfação será explicado na seção 4.4 (Priorização dos Itens de Demanda Ergonômica Identificados pelo Usuário no Primeiro Questionário) deste capítulo.

TABELA 3 – Resultados da entrevista, ordem de menção dos problemas no posto de pré-calibração e os respectivos pesos de importância atribuídos a cada elemento.

Elementos de insatisfação	Pesos de Importância conforme ordem de menção pelos entrevistados																										Peso
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	
Luz estroboscópica			2		1		2	1		1	2	1	1	2	1	1	3	2	1		1	2	2	1	1	1	15,83
Altura Centro Medidor	1	2			2					3										2	4	1					4,08
Postura p/ ajuste da tensão		5	1				1										2			1							3,75
Altura dos botões de ajuste do equip. (CN e CI)	1					1					1																3,00
Mov. pegar/colocar o medidor na esteira		3										3	4	3							2			2			2,24
Regulagem da cadeira					3												1			3	5						1,91
Grau de automatização do equip. de pré-calibração.				1						2							4										1,75
Encaixe medidor na born.												1	3								3						1,66
A desmagnetização do freio utilizando o sabão															2				2				4				1,25
Ajuste do gap																				5	4		3			4	1,08
Postura incomoda																		1									1,00
Falta de margem de ajuste no paraf. p/ ajuste de CI										1																	1,00
Dor no braço																							1				1,00
Falta de confiab. do equip.					4																					3	0,58
Ritmo de trabalho																	2										0,50
Repetitividade																									2		0,50
Se matar o freio no ME21 não consegue trocar																										2	0,50
Apoio para pés								2																			0,50
Dor no pescoço e costas				2																							0,50
Teclas de ajuste de teste (CN/CI/CP)																							3				0,33
Ajustar CI no ME21- armação difícil																				3							0,33
Botões de ajuste do equip. (CN e CI) não identific.																							4				0,25
Cansaço nos dedos		4																									0,25
Usar protetor auricular																										5	0,25
Conexão do plug		6																									0,25

## **b) Questionários**

Com base nos dados obtidos com as entrevistas e nas observações efetuadas foram elaborados e aplicados quatro questionários: dois foram aplicados antes da intervenção ergonômica (pré-modificações) e os outros dois, foram aplicados após a intervenção ergonômica (pós-modificações). Especificamente, com as seguintes finalidades:

a) o primeiro (Ver Anexo 5) teve por finalidade medir o grau de satisfação dos usuários com relação aos Itens de Demanda Ergonômica levantados pelos próprios usuários;

b) o segundo (Ver Anexo 6) teve por finalidade medir o grau de satisfação dos usuários com relação às questões relativas à organização do trabalho, *layout* e condições ambientais, assento e plataforma para apoio dos pés, antes da intervenção ergonômica;

c) o terceiro (Ver Anexo 7) teve por finalidade medir o grau de satisfação dos usuários com relação ao novo posto de trabalho, mais especificamente aos Itens de Demanda Ergonômica e aos Itens de *Design* levantados e considerados no projeto do posto efetuado com base no diagnóstico;

d) o quarto (Ver Anexo 8) teve por finalidade medir o grau de satisfação dos usuários com relação às questões relativas a organização do trabalho, *layout* e condições ambientais após a intervenção ergonômica, apesar destes itens não terem sido identificados pelos usuários como passíveis de intervenção.

### **b.1) Montagem dos questionários**

Para a montagem do primeiro questionário (Ver Anexo 5) utilizou-se os principais elementos de insatisfação levantados nas entrevistas (Veja Fogliatto & Guimarães, 1999) com os funcionários aptos a trabalharem nos postos de pré-calibração (26 pessoas ao todo). Os elementos de insatisfação que fizeram parte do questionário foram definidos em função de suas colocações no *ranking* de importância (a importância é função do valor atribuído ao peso, sendo que, quanto maior for o valor, maior será a importância) elaborado para estes itens (Ver Tab. 3). Desta forma, fizeram parte do primeiro questionário, os elementos com peso superior a um e que diziam respeito ao posto de pré-calibração (incluiu equipamento de pré-calibração e bancada para sustentação do equipamento). Os itens considerados de pouca importância (peso  $\leq 1$ ) (Ver Anexo 9, Tab. 4), não foram considerados. Os itens referentes ao produto fabricado (medidor monofásico) (Ver Anexo 9, Tab. 2) e referentes ao assento (Ver Anexo 9, Tab. 3) não foram considerados, por não serem o foco deste trabalho.

Em um segundo questionário, foram abordados itens referentes a plataforma para apoio dos pés, condições ambientais, *layout*, ao assento e a organização do trabalho, de forma a obter a opinião dos trabalhadores com relação a itens não mencionados na entrevista espontânea ou mencionados de forma superficial. Esta estratégia foi adotada para que os questionários tivessem poucas perguntas e não cansassem os trabalhadores, evitando desta forma, distorções nos resultados.

Na montagem do terceiro questionário foram considerados os Itens de Demanda Ergonômica levantados pelos próprios usuários e Itens de *Design* considerados no projeto do posto.

O quarto questionário abordou as questões relativas à organização do trabalho, *layout* e condições ambientais após a intervenção ergonômica.

Para medição do grau de importância dos itens constantes no primeiro questionário (Ver Anexo 5) e no terceiro questionário (Ver Anexo 7), utilizou-se uma escala contínua, de 15 cm, com duas âncoras nas extremidades (pouco satisfatório e muito satisfatório) e uma âncora no centro da escala (neutro), seguindo, desta forma, a metodologia de *Design* Macroergonômico, proposta por Fogliatto & Guimarães (1999).

Já no segundo questionário (Ver Anexo 6) e no quarto questionário (Ver Anexo 8), embora tenha-se utilizado a mesma escala para medição do grau de importância dos itens considerados no questionário, alterou-se, em função das perguntas realizadas, a descrição das âncoras das extremidades e da âncora no centro da escala. Assim, utilizou-se nas extremidades as seguintes âncoras: muito importante e nada importante (somente para o segundo questionário); muito satisfeito e pouco satisfeito; muito agradável e muito monótono; com calor e com frio; muito ruído e pouco ruído; e muita luz e pouca luz. No centro da escala foram utilizadas: neutro, confortável e satisfatório.

## **b.2) Da aplicação dos questionários**

Todos os questionários (pré-modificações e pós-modificações) foram aplicados para os dois turnos de trabalho existentes na empresa em estudo em duas etapas/dia. A primeira etapa contemplou o pessoal do primeiro turno e, a segunda, o do segundo turno.

O primeiro e o segundo questionário foram aplicados com um intervalo de três semanas entre cada um deles. Após a intervenção, aplicou-se o terceiro e o quarto questionário em duas etapas. Antes da distribuição dos questionários, escolheu-se aleatoriamente, dois funcionários

que trabalhassem junto aos postos de pré-calibração e solicitou-se para que os lessem, a fim de verificar se o questionário traduzia a linguagem utilizada pelos funcionários aptos a trabalharem junto aos referidos postos. Não houve necessidade de alteração de nenhum dos questionários.

Nos dois primeiros questionários, procurou-se a participação de toda a população apta a desenvolver atividades junto ao posto de pré-calibração, ou seja, 26 funcionários ao todo, sendo que quando da aplicação do primeiro questionário, 12 trabalhavam no primeiro turno e 14 no segundo turno. Já na aplicação do segundo questionário, uma pessoa do primeiro turno havia passado para o segundo turno, ficando 11 pessoas no primeiro turno e 15 no segundo turno. Em ambos os questionários, não foi possível obter participação integral, pois na aplicação dos dois questionários duas pessoas estavam ausentes. Desta forma, foram distribuídos 24 questionários.

O terceiro e o quarto questionário foram entregues somente para as pessoas que tinham experiência junto ao antigo posto de pré-calibração e que tiveram alguma experiência junto ao novo posto (de pelo menos de 15 dias), totalizando 10 pessoas. Entretanto, destes total, somente sete haviam respondido os dois primeiros questionários.

Com o propósito de obter o máximo de confiabilidade das respostas, explicou-se, de forma individual, que o preenchimento não era obrigatório, mas de relevante importância para atingir os seguintes objetivos:

- permitir o conhecimento do grau de insatisfação com relação aos postos de pré-calibração, a fim de possibilitar a adoção de melhorias nos postos de pré-calibração e;
- implementar tais melhorias e avaliar os resultados.

Também entendeu-se como necessária, face aos questionamentos, uma explicação individual sobre o preenchimento dos mesmos.

Com o propósito de facilitar o recebimento dos questionários, nomeou-se um representante do primeiro turno e um representante do segundo turno para receberem os questionários.

### **b.3) Do retorno dos questionários**

Os dados sobre o retorno dos questionários podem ser vistos na Tab. 4 mostrada a seguir. Acredita-se que as diferenças percentuais de devolução dos questionários entre o primeiro e o segundo turno, ocorridas para o primeiro e o segundo questionários, devam-se principalmente

aos horários em que foram entregues os questionários. Os questionários do primeiro turno foram entregues próximo ao final do turno, o que levou alguns funcionários a levarem seus questionários para casa, pois em função da cobrança pela produção, os mesmos provavelmente não puderam preencher durante o expediente. Isto pode ter acarretado em esquecimento do questionário, conforme alegado espontaneamente por um funcionário. Já os questionários do segundo turno foram entregues no início do turno, o que pode ter possibilitado o preenchimento dos mesmos durante o expediente evitando, assim, que levassem para casa com conseqüente esquecimento. Outra possibilidade é a de que nem todos os funcionários desejaram preenchê-lo. Salienta-se que não foram feitas cobranças para a devolução dos questionários.

TABELA 4 – Número de questionários entregues/devolvidos e percentual de devolvidos.

Questionário	Nº Questionários Entregues			Nº Questionários Devolvidos					
	nº total	1º turno	2º turno	nº total	% do total de entregues	1º turno	% do total de entregues no 1º turno	2º turno	% do total de entregues no 2º turno
Primeiro	24	11	13	18	75%	7	63,6%	11	84,6%
Segundo	24	11	13	19	79,17%	8	72,7%	11	84,6%
Terceiro	10	6	4	10	100%	6	100%	4	100%
Quarto	10	6	4	10	100%	6	100%	4	100%

No que diz respeito ao terceiro e ao quarto questionário, todos os 10 exemplares entregues foram devolvidos.

#### b.4) Determinação dos resultados

No primeiro questionário, com o propósito de gerar dados contínuos (a partir das escalas dos questionários) a serem aplicados na metodologia de DM usou-se as relações (equivalências) mostradas no Quadro 5.

QUADRO 5 - Relações utilizadas no 1º questionário.

Âncora	Peso
Neutro	0
Satisfeito	- 1
Pouco Satisfatório	+1

Os valores “0” e “+1” foram utilizados para manter os mesmos pesos de importância da entrevista, onde o peso máximo = 1 ( peso de importância de um fator mencionado em

primeiro lugar) e o peso mínimo = 0 (peso de importância de um fator não mencionado). Já o valor “-1” foi utilizado para tirar a importância de fatores tidos como satisfatórios, deflacionando o somatório dos elementos de insatisfação (Ver Tab. 5). Utilizando-se a mesma faixa de variação dos dados para a entrevista e para o questionário, evita-se a perda de significado dos dados já obtidos a partir das entrevistas ( *ranking* de importância dos elementos de insatisfação).

TABELA 5 – *Ranking* de importância (pesos questionários).

<b>Elementos de insatisfação</b>	<b>Peso</b>	<b>Ordem</b>
Luz estroboscópica	10,68	2°
Altura do Centro do Medidor	6,06	7°
Postura assumida p/ ajuste da tensão (C.P.)	12,33	1°
Altura dos botões de ajuste do equipamento (CN e CI)	- 1,22	8°
Movimento – pegar/colocar o medidor na esteira	7,43	4°
Grau de automatização do equipamento de pré-calibração	9,32	3°
Encaixe do medidor na borneira	6,62	6°
A desmagnetização do freio utilizando o sabão	6,96	5°

Comparando-se os resultados obtidos (pesos) a partir dos questionários (Tab. 5) com os resultados (pesos) obtidos através das entrevistas (Tab. 3), observa-se alterações no *ranking* de importância e o aparecimento de um valor negativo (-1,22) para um dos resultados. Este valor negativo diz respeito ao elemento de insatisfação, altura dos botões de ajuste do equipamento. O valor negativo, mostra que quando todos os participantes foram questionados, obteve-se na média, um resultado satisfatório para este fator, embora existam pessoas insatisfeitas com relação ao mesmo, conforme revelado pela entrevista. De forma a facilitar a visualização das alterações no *ranking* de importância dos elementos de insatisfação, montou-se a Tab. 6, mostrada a seguir.

TABELA 6 – Alterações no *ranking* de importância

<b>Elementos de insatisfação</b>	<b>Ordem Entrevista</b>	<b>Ordem Questionário</b>
Luz estroboscópica	1°	2°
Altura do Centro do Medidor	2°	7°
Postura assumida p/ ajuste da tensão (C.P.)	3°	1°
Altura dos botões de ajuste do equipamento (CN e CI)	4°	8°
Movimento – pegar/colocar o medidor na esteira	5°	4°
Grau de automatização do equipamento de pré-calibração	6°	3°
Encaixe do medidor na borneira	7°	6°
A desmagnetização do freio utilizando o sabão	8°	5°

A partir da Tab. 6 pode-se verificar que:

a) ocorreram alterações significativas (considerou-se como alterações significativas, as mudanças de ordem de elementos em três ou mais posições) no *ranking*, tais como: no elemento altura do centro do medidor, altura dos botões de ajuste do equipamento, grau de automatização do equipamento de pré-calibração e a desmagnetização do freio utilizando o sabão (bobina desmagnetizadora);

b) O principal elemento de insatisfação, apontado nas entrevistas (luz estroboscópica) não sofreu mudança significativa em sua colocação no *ranking* obtido a partir do questionário;

c) O elemento de insatisfação: postura assumida p/ ajuste da tensão, passa a ocupar uma posição de destaque no *ranking* obtido a partir do questionário.

É importante salientar que, enquanto, a entrevista se baseia na espontaneidade, o questionário permite que um maior número de pessoas opinem a respeito de itens não mencionados nas entrevistas.

Para poder gerar, a partir das escalas, dados contínuos que representem a satisfação dos usuários com relação aos itens questionados no terceiro questionário, utilizou-se as relações mostradas no Quadro 6.

QUADRO 6 - Relações utilizadas no 3º questionário.

<b>Âncora</b>	<b>Peso</b>
Neutro	7,5
Satisfeito	15
Pouco Satisfatório	0

Já no segundo e no quarto questionários, também com a finalidade de gerar dados contínuos a partir das escalas, utilizou-se as seguintes relações (equivalências) mostradas no Quadro 7.

QUADRO 7 - Relações utilizadas no 2º e no 4º questionário.

<b>Âncora</b>	<b>Peso</b>	<b>Âncora</b>	<b>Peso</b>
Neutro	7,5	Neutro	7,5
Muito Importante	15,0	Muito Satisfeito	15,0
Nada Importante	0	Pouco Satisfeito	0
<b>Âncora</b>	<b>Peso</b>	<b>Âncora</b>	<b>Peso</b>
Neutro	7,5	Neutro	7,5
Muito Agradável	15,0	Com Calor	15,0
Muito Monótono	0	Com Frio	0
<b>Âncora</b>	<b>Peso</b>	<b>Âncora</b>	<b>Peso</b>
Neutro	7,5	Neutro	7,5
Muito Ruído	15,0	Muita Luz	15,0
Pouco Ruído	0	Pouca Luz	0

## **b.5) Resultados obtidos nos questionários pré-modificações (primeiro e segundo)**

### **- Resultados do primeiro questionário**

Como estava previsto um espaço para comentários, alguns fizeram uso do referido espaço. Assim, obteve-se opiniões relacionadas à luz estroboscópica, postura para ajuste da tensão, desmagnetização do freio e sobre o equipamento de pré-calibração em si. Ao analisar os comentários, constatou-se que o questionário aplicado contemplou todos os aspectos mencionados.

### **- Resultados do segundo questionário**

Da mesma forma, em função do espaço previsto no segundo questionário, obteve-se opiniões relacionadas ao rodízio entre os postos.

- ***Layout***

No que diz respeito ao *layout*, quando da aplicação do segundo questionário (onde o participante deveria opinar, marcando em uma escala), questionou-se os trabalhadores com relação a tal alteração de *layout*, através da seguinte pergunta: foi feito um rearranjo do *layout* integrando a montagem e a calibração, eliminando divisórias, paredes, etc. Como você se sente no novo *layout*? Obteve-se um valor de resposta igual a 11,77 para a média aritmética das respostas, com um desvio padrão igual a 3,08. Os pesos que refletem a opinião dos trabalhadores com relação ao rearranjo do *layout* podem ser vistos no Anexo 9, na Tab. 5. O valor obtido para a média das respostas está próximo da âncora “muito satisfeito” (15,0), o que representa que, na média, os trabalhadores estão satisfeitos com relação ao *layout*.

- **Condições Ambientais**

A opinião dos trabalhadores dos postos de pré-calibração quanto às condições ambientais (temperatura, ruído e iluminação) existentes junto aos postos de pré-calibração foi obtida através de perguntas (Ver modelo do segundo questionário no Anexo 6), onde o participante marcou respostas em uma escala.

Os resultados obtidos quanto às condições ambientais (média aritmética das opiniões individuais / desvio padrão) podem ser vistos na Tab. 7. Os pesos que refletem a opinião dos

trabalhadores com relação as condições ambientais podem ser vistos no Anexo 9, na Tab. 6.

TABELA 7 – Média aritmética e desvio padrão dos pesos que refletem a opinião dos trabalhadores com relação as: condições térmicas, condições de ruído e condições de iluminação geral do ambiente de aferição, onde está localizada a pré-calibração.

Sujeito	Condições Térmicas	Condições de Ruído	Condições do Iluminação Geral
	Valor obtido da escala	Valor obtido da escala	Valor obtido da escala
Média	12,37	9,33	5,34
Desvio Padrão	2,86	4,97	3,72

A partir da Tab. 7 observa-se que:

- a) com relação às condições térmicas do ambiente, o valor encontrado para a média (12,37) é muito próximo da âncora “com calor” (15,0), ou seja, na média, os trabalhadores estão “com calor”;
- b) com relação ao ruído, o valor encontrado para a média (9,33) é um valor um pouco acima da situação confortável (7,5), ou seja, na média, os trabalhadores entendem que o nível de ruído está um pouco acima do nível ideal para uma situação de conforto;
- c) quanto às condições de iluminação geral do ambiente, o valor encontrado para a média (5,34) está abaixo da situação satisfatória (7,5), revelando que, na média, os trabalhadores estão insatisfeitos, havendo a necessidade de realizar-se melhorias no iluminação geral do ambiente de pré-calibração.

Observa-se que nas entrevistas espontâneas não ocorreram referências às condições ambientais, o que poderia indicar que as condições ambientais estão dentro de faixa de valores confortáveis. Tal hipótese é descartada pelas informações obtidas nos questionários.

- **Postura de trabalho**

No segundo questionário, os trabalhadores também foram questionados com relação à postura de trabalho através do seguinte questionamento: “você gosta de trabalhar ?” , para o qual existiam as seguintes opções: sentado, de pé e alternando entre de pé e sentado.

Obteve-se os seguintes resultados:

- a) uma pessoa optou por trabalhar sentado, o que representa 5,26 %;
- b) nenhuma optou por trabalhar de pé;

c) a grande maioria, ou seja 18 pessoas (94,74 %), optou pela alternância entre de pé e sentado.

- **Organização do trabalho**

A opinião dos trabalhadores dos postos de pré-calibração quanto à organização do trabalho foi obtida através de perguntas (Ver modelo do segundo questionário no Anexo 6) onde o participante deveria opinar, marcando em uma escala, a respeito da organização do trabalho.

Os resultados obtidos quanto à organização do trabalho (média aritmética das opiniões individuais e o desvio padrão) podem ser vistos na Tab. 8. Os pesos que refletem a opinião dos trabalhadores com relação à organização do trabalho podem ser vistos no Anexo 9, na Tab. 7.

TABELA 8 – Pesos que refletem a opinião dos trabalhadores com relação as questões relativas a organização do trabalho.

Sujeito	Ritmo	Fazer rodízio	Não poder fazer rodízio	Trabalho em si
	Valor obtido da escala	Valor obtido da escala	Valor obtido da escala	Valor obtido da escala
Média	7,88	11,67	1,18	8,94
Desvio Padrão	4,69	4,09	2,00	4,40

A partir da Tab. 8 observa-se que:

a) com relação ao questionamento sobre o ritmo de trabalho, o valor encontrado para a média aritmética (7,88) é muito próximo da âncora “neutro” (7,5), ou seja, na média, o ritmo de trabalho não é fonte de insatisfação e nem de satisfação para os trabalhadores;

b) com relação ao questionamento sobre fazer rodízio entre os postos de trabalho, o valor encontrado para a média aritmética (11,67) é próximo da âncora “muito satisfeito” (15,0), ou seja, na média, a realização de rodízio entre os postos de trabalho deixa os trabalhadores satisfeitos;

c) o fato de não fazer rodízio, na média implica em insatisfação. O valor encontrado para a média aritmética (1,18), no que se refere ao questionamento sobre a possibilidade de não ser possível fazer rodízio às vezes, é muito próximo da âncora “pouco satisfeito” (zero);

d) com relação ao questionamento sobre o trabalho em si, o valor encontrado para a média aritmética (8,94) é próximo da âncora “neutro” (7,5), ou seja, na média o trabalho não é considerado nem como muito monótono, nem como muito agradável.

Ao analisar os comentários sobre a organização do trabalho recebidos no segundo questionário, constatou-se que o questionário aplicado contemplou todos os aspectos mencionados.

Com base nos resultados encontrados para os questionamentos realizados sobre rodízio dos postos de trabalho, bem como nos comentários feitos, acredita-se que os trabalhadores entendem que o rodízio é uma das formas de controle na prevenção dos problemas ergonômicos encontrados.

#### **b.6) Resultados obtidos nos questionários pós-modificações (terceiro e quarto)**

##### **- Resultados do terceiro questionário**

No espaço previsto para observações no terceiro questionário, obteve-se opiniões relacionadas a bancada onde está o equipamento de pré-calibração, sobre o apoio de pés, sobre a postura e sobre o teclado.

##### **- Resultados do quarto questionário**

No quarto e último questionário, obteve-se opiniões relacionadas as condições de iluminação da célula 3.

#### **4.4 PRIORIZAÇÃO DOS ITENS DE DEMANDA ERGONÔMICA (IDES) IDENTIFICADOS PELO USUÁRIO NO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO (PRÉ-MODIFICAÇÃO)**

O escore de importância dos Itens de Demanda Ergonômica (IDES) obtido nesta fase determina o grupo de fatores de *design* a serem priorizados no projeto ergonômico. Esse escore foi obtido utilizando dados coletados em campo e opiniões de especialistas.

A priorização dos Itens de Demanda Ergonômica (IDES) identificados pelo usuário foi realizada considerando a estratégia A + B, gerando um *ranking* de importância dos Itens de

Demanda Ergonômica (Ver Tab. 9) obtido da seguinte forma: pesos de importância obtidos através de entrevistas  $\times 0,30$  + pesos de importância obtidos através de questionários  $\times 0,70$ . Isto significa que o grau de importância da entrevista é de 30% e o grau de importância do questionário é de 70%.

TABELA 9 - Ranking de importância (Estratégia A + B).

Peso (Entrev. + Quest.) = Pesos entrevista  $\times 0,30$  + Pesos questionários  $\times 0,70$

Elementos de insatisfação	Entrevista			Questionário			Entrevista + Questionário	
	Peso	Peso $\times 0,3$	Ordem	Peso	Peso $\times 0,7$	Ordem	Peso	Ordem
Luz estroboscópica.	15,83	4,75	1°	10,68	7,47	3°	12,22	1°
Altura do Centro do Medidor.	4,08	1,22	2°	6,06	4,24	8°	5,46	5°
Postura assumida p/ ajuste da tensão.	3,75	1,12	3°	12,33	8,63	1°	9,75	2°
Altura dos botões de ajuste do equipamento (CN e CI).	3,00	0,9	4°	- 1,22	-0,85	9°	0,05	8°
Movimento – pegar/colocar o medidor na esteira.	2,24	0,67	5°	7,43	5,2	5°	5,87	4°
Grau de automatização do equip. de pré-calibração.	1,75	0,52	6°	9,32	6,52	4°	7,04	3°
Encaixe do medidor na borneira.	1,66	0,49	7°	6,62	4,63	7°	5,12	7°
A desmagnetização do freio utilizando o sabão.	1,25	0,37	8°	6,96	4,87	6°	5,24	6°

Para gerar os pesos de importância para os IDEs (elementos de insatisfação) levantados através de entrevistas (Ver Tabelas 3 e 9) considerou-se a frequência e a ordem de menção dos itens pelos entrevistados. Como na coleta organizada de informações acerca de sua demanda ergonômica, utilizou-se uma entrevista aberta, a ordem de menção dos fatores pelos entrevistados representa um *ranking* de importância dos fatores (os primeiros três fatores mencionados tendem a ser os mais importantes, conforme Guimarães, 1995). Para obter este *ranking*, identificou-se a ordem de menção de cada fator pelos entrevistados. O peso de importância de um fator mencionado na  $p^{\text{ésima}}$  posição é dado pelo recíproco da respectiva posição, ou seja,  $1/p$  (Ver Tabelas 3 e 10). Assim, um fator mencionado em primeiro lugar terá um peso  $1/1 = 1$ , um mencionado em segundo lugar  $1/2 = 0,5$ , em terceiro lugar  $1/3 = 0,33$ , um mencionado em quarto lugar  $1/4 = 0,25$  e para os mencionados a partir da quinta colocação (inclusive) será adotado o peso 0,25.

TABELA 10 – Pesos de Importância.

Elementos de insatisfação	Pesos de Importância conforme ordem de menção pelos entrevistados																				Peso							
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t		u	v	w	x	y	z	
Luz estroboscópica			.5		1		.5	1		1		.5	1	1	.5	1	1	.33	.5	1		1	.5	.5	1	1	1	15,83
Altura Centro Medidor	1	.5			.5					.33										.5	.25	1						4,08
Postura p/ ajuste da tensão		.25	1					1										.5			1							3,75
Altura dos botões de ajuste do equip. (CN e CI)		1									1																	3,00
Mov. pegar/colocar o medidor na esteira		.33												.33	.25	.33					.5			.5				2,24
Regulagem da cadeira					.33												1			.33	.25							1,91
Grau de automatização do equip. de pré-calibração.				1						.5							.25											1,75
Encaixe medidor na born.													1		.33						.33							1,66
A desmagnetização do freio utilizando o sabão															.5					.5				.25				1,25
Ajuste do GAP																				.25	.25		.33			.25		1,08
Postura incomoda																			1									1,00
Falta de margem de ajuste no paraf. p/ ajuste de CI										1																		1,00
Dor no braço																								1				1,00
Falta de confiab. do equip.					.25																					.33		0,58
Ritmo de trabalho																	.5											0,50
Repetitividade																									.5			0,50
Se matar o freio no ME21 não consegue trocar																									.5			0,50
Apoio para pés								.5																				0,50
Dor no pescoço e costas				.5																								0,50
Teclas de ajuste de teste (CN/CI/CP)																							.33					0,33
Ajustar CI no ME21- armação dificulta																					.33							0,33
Botões de ajuste do equip. (CN e CI) não identifi.																							.25					0,25
Cansaço nos dedos		.25																										0,25
Usar protetor auricular																									.25			0,25
Conexão do plug		.25																										0,25

Os principais fatores foram organizados conforme seus pesos percentuais de importância mostrados na Fig. 10.

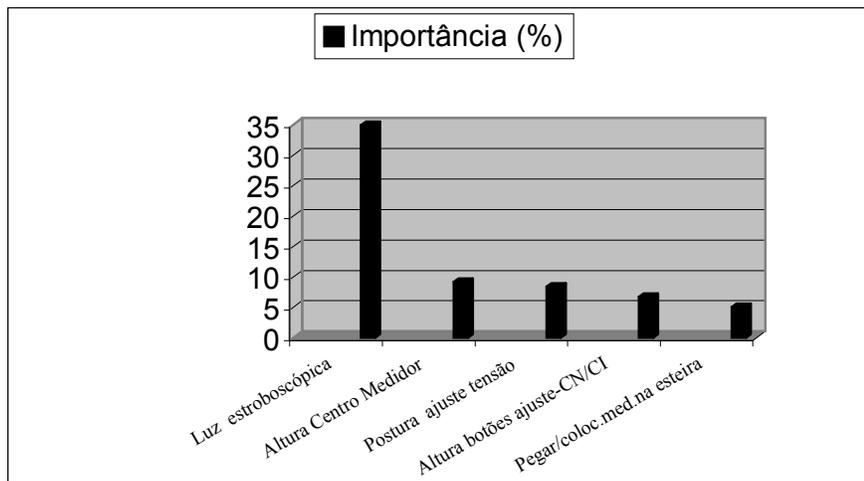


FIGURA 10 – Principais elementos de insatisfação.

Com o objetivo de gerar pesos de importância obtidos através de questionários (Ver Tabelas 5 e 9), os Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) levantados através de entrevistas foram pontuados quanto ao grau de importância através de escalas contínuas que constavam dos questionários. Todos os usuários pontuaram Itens de Demanda, inclusive aqueles por eles não identificados nas entrevistas. A priorização foi 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).

#### 4.5 INCORPORAÇÃO DA OPINIÃO DE ESPECIALISTAS E DE ITENS PERTINENTES DE DEMANDA ERGONÔMICA NÃO IDENTIFICADOS PELO USUÁRIO

Durante a etapa de coleta de informações sobre a demanda ergonômica dos usuários, poderá ocorrer que alguns itens ergonômicos (itens de projeto) escapem a percepção dos usuários, não sendo por eles identificados. Desta forma, cabe ao ergonomista a verificação dos itens identificados pelos usuários, em busca de itens que sejam relevantes para o projeto do posto. Em função do exposto, alguns Itens de Demanda Ergonômica, não identificados ou pouco mencionados pelos usuários, foram incorporados em função da opinião de especialistas (professores e alunos do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - PPGEP da UFRGS), após análise do trabalho realizado no posto de pré-calibração, com base no contato com os trabalhadores. São eles (Ver Tab. 11):

- a) o posto deve permitir alternância de postura;
- b) deve haver uma plataforma para os pés (pouco mencionado);
- c) é necessário melhorar o conforto ambiental;
- d) é preciso garantir a segurança na operação do equipamento.

Para os Itens de Demanda Ergonômica incorporados em função da opinião de especialistas, foram atribuídos pesos de importância considerando a opinião dos mesmos. Estes pesos foram atribuídos da seguinte maneira:

a) para o item segurança na operação do equipamento, atribuiu-se um peso igual ao dobro do maior dos pesos (neste caso, o peso do efeito da luz estroboscópica = 12,22), em virtude de que a falta de dispositivos de segurança no equipamento, pode provocar acidentes graves e fatais;

b) para os demais itens foi atribuído um peso igual ao do item postura assumida para ajuste da tensão, pois foram julgados tão importantes quanto este.

Obteve-se, assim, um *ranking* corrigido de Itens de Demanda Ergonômica a ser utilizado nas etapas seguintes da metodologia (Ver Tab. 11).

TABELA 11 – Ranking de importância - após a incorporação da opinião de especialistas.

Elementos de insatisfação	Entrevista			Questionário			Entrevista + Questionário	
	Peso	Peso	Ordem	Peso	Peso	Ordem	Peso	Ordem
Efeito da luz estroboscópica	15,83	4,75	1°	10,68	7,47	3°	12,22	2°
Altura do centro do medidor	4,08	1,22	2°	6,06	4,24	8°	5,46	6°
Postura assumida p/ ajuste da tensão	3,75	1,12	3°	12,33	8,63	1°	9,75	3°
Altura dos botões de ajuste do equipamento (CN e CI)	3,00	0,9	4°	-1,22	-0,85	9°	0,05	9°
Movimento – pegar/colocar o medidor na esteira	2,24	0,67	5°	7,43	5,2	5°	5,87	5°
Grau de automatização do equip. de pré-calibração.	1,75	0,52	7°	9,32	6,52	4°	7,04	4°
Encaixe do medidor na borneira	1,66	0,49	8°	6,62	4,63	7°	5,12	8°
A desmagnetização do freio utilizando o sabão	1,25	0,37	9°	6,96	4,87	6°	5,24	7°
Falta de alternância de postura *	-	-	-	-	-	-	9,75	3°
Apoio para pés *	-	-	-	-	-	-	9,75	3°
Conforto ambiental *	-	-	-	-	-	-	9,75	3°
Segurança na operação do equip. *	-	-	-	-	-	-	24,44	1°

\* Incorporados – opinião do especialista.

Para incorporação da opinião de especialistas, com vistas à correção de possíveis distorções apresentadas no *ranking* obtido na etapa anterior, entendeu-se que a técnica de matriz de comparação aos pares de Saaty, proposta no artigo *Design Macroergonômico* (Fogliatto & Guimarães, 1999), não seria adequada, pois resultaria em um grande número de comparações (66 comparações), podendo gerar confusões. Também considerou-se a opinião de especialistas (professores e alunos do PPGE/UFGRS) na revisão dos pesos de importância dos Itens de Demanda Ergonômica, os quais entenderam que o *ranking* obtido para os mesmos, não apresentava distorções.

#### 4.6 LISTAGEM DOS ITENS DE *DESIGN* A SEREM CONSIDERADOS NO PROJETO ERGONÔMICO DO POSTO DE TRABALHO

Nesta etapa, itens a serem avaliados no *design* ergonômico do posto de trabalho foram listados. Estes itens são denominados Itens de *Design*, já que serão contemplados no projeto do posto de trabalho.

Foram utilizadas pela equipe de projeto as seguintes técnicas para levantamento dos Itens de *Design*:

- a) observação direta das características do posto de trabalho em questão;
- b) filmagem em vídeo da rotina de trabalho de seus usuários;
- c) observação participativa (ou seja, para identificar Itens de *Design* no posto de pré-calibração de medidores monofásicos, os projetistas pré-calibraram alguns medidores);
- d) inspeção do elenco de Itens de Demanda Ergonômica selecionados na etapa anterior e determinação de possíveis Itens de *Design* relacionados a eles;
- e) compilação de dados disponíveis em literatura.

Os Itens de *Design* a serem considerados no projeto dos postos de pré-calibração de medidores monofásicos são os seguintes:

- luz estroboscópica;
- reflexo da luz estroboscópica no disco do medidor;
- oscilação (piscagem) da luz estroboscópica;
- iluminação (lux);
- nível de ruído produzido pelo sabão (dB);
- nível de ruído de fundo (dB);
- temperatura efetiva (°C);
- umidade relativa do ar (%);
- velocidade do ar (m/s);
- possibilidade de rotação do posto em 180°;
- cor do painel;
- espaço para colocação de ferramentas;
- comprimento painel (cm);
- comprimento bancada (cm);
- altura da bancada (cm) (suporte p/ o painel);
- altura do painel (cm);
- profundidade da bancada (cm);
- profundidade do painel (cm);
- espessura do tampo da bancada (cm);
- posicionamento automático do sabão;

- funcionamento automático do ajuste utilizando o sabão;
- automatização da leitura dos ajustes de CP, CN e CI;
- possibilidade de pré-calibrar dois medidores ao mesmo tempo;
- altura do centro dos medidores (cm);
- altura das borneiras (cm);
- distância entre centros das borneiras (cm);
- distância entre centro dos medidores (cm);
- tipo de encaixe da borneira;
- isolamento elétrica para as borneiras;
- colocação de tapete de borracha junto ao posto;
- aterramento elétrico do equipamento;
- leitura dos parâmetros através de displays;
- altura dos centros dos displays (cm);
- displays com regulagem de inclinação;
- distância entre displays (cm);
- atuação síncrona do comando bimanual;
- altura do comando bimanual (cm): botão avança + botão fim;
- altura da chave liga/desliga o equipamento (cm);
- distância entre botões do comando bimanual (cm);
- distância entre comandos bimanuais (cm);
- colares de proteção em volta dos dispositivos de atuação de comando;
- botão de carga indutiva – estrobo;
- botão de carga nominal – estrobo;
- botão de tensão;
- botão desligar luz estroboscópica e tensão;
- botão de acionamento do sabão;
- botões de ajuste do equipamento: CN / CI;
- inserir dados de ajuste através de teclado;
- altura do borda superior do teclado (cm);
- lâmpada para orientar operador p/ atender outra borneira;
- altura da esteira (cm);

- altura do apoio de pés (cm);
- profundidade do apoio de pés (cm);
- comprimento do apoio de pés (cm);
- ângulo do apoio de pés (°).

#### 4.7 DETERMINAÇÃO DA FORÇA DE RELAÇÃO ENTRE ITENS DE DEMANDA ERGONÔMICA (IDES) E ITENS DE *DESIGN* (IDS) DETERMINADOS NA ETAPA ANTERIOR

Nesta etapa, toda a informação coletada nas etapas anteriores da metodologia foi incorporada à Matriz da Qualidade apresentada no Anexo 9 na Tab. 8. Nas linhas da matriz, introduziram-se informações similares àquelas apresentadas na Tab. 11. Nas colunas da matriz, introduziram-se os Itens de *Design* listados no item anterior. Os itens referentes à avaliação dos competidores (avaliação estratégica e avaliação competitiva) foram desconsiderados no projeto do novo equipamento de pré-calibração (isto é, todos os Itens de Demanda Ergonômica receberam valor 1,0 nos quesitos avaliação estratégica e competitiva). Assim, os valores  $P_i$  de Priorização para os Itens de Demanda Ergonômica (IDES), obtidos utilizando a equação (1), resultaram idênticos aos pesos de importância  $P_{li}$  inicialmente escritos na matriz.

A força de relação entre os Itens de Demanda Ergonômica (IDES) e Itens de *Design* (IDs) foi realizada por professores e alunos do PPGEP/UFRGS, utilizando a escala na porção inferior da Tab. 2. 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  $IT_j$  (Ver Tab. 12) foram então utilizados na priorização dos Itens de *Design*. Utilizando esses resultados, criou-se quatro categorias de Itens de *Design*, prioritários, secundários, terciários e irrelevantes.

Para a alocação de Itens de *Design* às categorias, utilizou-se a seguinte estratégia: se todos os Itens de *Design* apresentassem o mesmo  $IT_j$  percentual, este seria dado por  $100/53 = 1,88\%$  já que um total de 53 Itens de *Design* foram considerados no projeto dos postos de pré-calibração. Assim, Itens de *Design* com  $IT_j$  percentual superior a 1,88% foram alocados à categoria dos prioritários. Itens de *Design* com  $IT_j$  percentual entre 1,26% e 1,88% foram alocados à categoria dos secundários. Itens de *Design* com  $IT_j$  percentual entre 0,62% e 1,25% foram alocados à categoria dos terciários. Os demais Itens de *Design* foram alocados à categoria dos itens irrelevantes.

A Tab. 13 apresenta os Itens de *Design* alocados em cada categoria.

TABELA 12 - Valores (percentualizados) de *ITj*.

<b>Itens de <i>Design</i></b>	<b><i>ITj</i> %</b>	<b>Itens de <i>Design</i></b>	<b><i>ITj</i> %</b>
Luz Estroboscópica	3,34	Colocação de Tapete de Borracha	1,83
Reflexo da Luz Estroboscópica no Disco do Medidor	3,34	Aterramento Elétrico do Equip.	1,92
Oscilação da Luz Estroboscópica	3,34	Leitura Parâmetros por Displays	2,01
Iluminação (Lux)	3,42	Altura Centros dos Displays (cm)	2,06
Nível de Ruído do Sabão (dB)	1,07	Displays com regulagem de Inclinação	2,05
Nível de Ruído de Fundo (dB)	1,93	Distância entre Displays (cm)	1,07
Temperatura Efetiva (°C)	0,48	Atuação Síncrona do Comando Bimanual	1,78
Umidade Relativa do Ar (%)	0,48	Altura do Comando Bimanual (cm)	2,48
Velocidade do Ar (m/s)	0,48	Altura Chave Liga/Desliga o Equip. (cm)	1,68
Possibilidade de Rotação do Posto em 180°	1,44	Distância entre Botões do Comando Bimanual (cm)	1,84
Cor do Painel	2,61	Distância entre Comandos Bimanuais (cm)	1,84
Espaço p/ Ferramentas (cm)	2,58	Colares de Proteção p/ Dispositivo de Atuação de Comando	1,78
Compr. Painel = Compr. Bancada (cm)	2,53	Botão de Carga Indutiva – Estrobo	0,35
Altura da Bancada (cm)	3,38	Botão de Carga Nominal – Estrobo	0,60
Altura do Painel (cm)	3,72	Botão de Tensão	0,82
Profundidade da Bancada (cm)	2,13	Botão Deslig. Luz Estrobo./Tensão	0,82
Profundidade do Painel (cm)	2,00	Botão de Acionamento do Sabão	1,07
Espessura Tampo da Bancada (cm)	1,71	Botões de Ajuste do Equip.: CN/CI	0,35
Posicionamento Autom. do Sabão	2,11	Inserir Dados Ajuste por Teclado	0,35
Funcionamento Autom. do Ajuste Utilizando o Sabão	2,11	Altura do Borda Superior do Teclado (cm)	1,09
Automatização da Leitura dos Ajustes de CP, CN e CI	3,90	Lâmpada para Orientar Operador p/ Atender Outra Borneira	0,40
Possibilidade de pré-calibrar dois medidores ao mesmo tempo	0,79	Altura da Esteira (cm)	1,03
Altura Centro dos Medidores (cm)	3,55	Altura do Apoio de Pés (cm)	1,71
Altura das Borneiras (cm)	3,55	Profundidade Apoio de Pés (cm)	1,71
Distância entre Centros das Borneiras (cm) = Distância entre Centro dos Medidores (cm)	3,33	Comprimento Apoio de Pés (cm)	1,71
Tipo de Encaixe da Borneira	2,75	Ângulo de Apoio dos Pés (°)	
Isolação Elétrica para as Borneiras	2,17		

TABELA 13 - Itens de *Design* por categoria.

<b>PRIORITÁRIOS (Superior a 1,88%)</b>	<b>ITj %</b>	<b>TERCIÁRIOS (entre 0,62% e 1,25%)</b>	<b>ITj %</b>
Automatização da Leitura dos Ajustes: CP/CN/CI	3,90	Altura Borda Superior Teclado (cm)	1,09
Altura do Painel (cm)	3,72	Botão de Acionamento do Sabão	1,07
Altura Centro dos Medidores (cm)	3,55	Nível de Ruído do Sabão (dB)	1,07
Altura das Borneiras (cm)	3,55	Distância entre Displays (cm)	1,07
Iluminação (Lux)	3,42	Altura da Esteira (cm)	1,03
Altura da Bancada (cm)	3,38	Botão de Tensão	0,82
Luz Estroboscópica	3,34	Botão Desligar Luz Estroboscópica e Tensão	0,82
Reflexo da Luz Estroboscópica no Disco do Medidor	3,34	Possibilidade de pré-calibrar dois medidores ao mesmo tempo	0,79
Oscilação da Luz Estroboscópica	3,34	<b>IRRELEVANTES (os demais)</b>	<b>ITj %</b>
Distância entre Centros das Borneiras (cm) = Distância entre Centro dos Medidores (cm)	3,33	Botão de Carga Nominal – Estrobo	0,60
Tipo de Encaixe da Borneira	2,75	Temperatura Efetiva (°c)	0,48
Cor do Painel	2,61	Umidade Relativa do Ar (%)	0,48
Espaço p/ Ferramentas (cm)	2,58	Velocidade do Ar (m/s)	0,48
Comprimento Painel (cm) = Comprimento Bancada (cm)	2,53	Lâmpada para Orientar Operador p/ Atender Outra Borneira	0,40
Altura do Comando Bimanual (cm): Botão Avança + Botão Fim	2,48	Botão de Carga Indutiva – Estrobo	0,35
Isolação Elétrica para as Borneiras	2,17	Botões de Ajuste do Equip.: CN/CI	0,35
Profundidade da Bancada (cm)	2,13	Inserir Dados de Ajuste por de Teclado	0,35
Posicionamento Automático do Sabão	2,11		
Funcionamento Automático do Ajuste Utilizando o Sabão	2,11		
Altura dos Centros dos Displays (cm)	2,06		
Displays com regulagem de Inclinação	2,05		
Leitura dos Parâmetros Através de Displays	2,01		
Profundidade do Painel (cm)	2,00		
Nível de Ruído de Fundo (dB)	1,93		
Aterramento Elétrico do Equip.	1,92		
<b>SECUNDÁRIOS (entre 1,26% e 1,88%)</b>	<b>ITj %</b>		
Distância entre Botões do Comando Bimanual (cm)	1,84		
Distância entre Comandos Bimanuais (cm)	1,84		
Colocação de Tapete de Borracha	1,83		
Colares de Proteção p/ Dispositivos de Atuação de Comando	1,78		
Atuação Síncrona do Comando Bimanual	1,78		
Espessura Tampo da Bancada (cm)	1,71		
Altura do Apoio de Pés (cm)	1,71		
Profundidade do Apoio de Pés (cm)	1,71		
Comprimento poio de Pés (cm)	1,71		
Altura da Chave Liga/Desliga o Equipamento (cm)	1,68		
Possibilidade de Rotação do Posto em 180°	1,44		
Ângulo do Apoio de Pés (°)	1,43		

A partir da classificação realizada, tem-se que:

a) Prioritários: são Itens de *Design* de prioridade máxima no projeto. As especificações desses Itens de *Design* 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;

b) 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. Entende-se que embora classificados como secundários, alguns Itens de *Design* deveriam ser classificados como prioritários, pois são itens relacionados diretamente à segurança do operador do equipamento; são eles: distância entre botões do comando bimanual; distância entre comandos bimanuais; colocação de tapete de borracha junto ao posto; colares de proteção em volta dos dispositivos de atuação de comando e atuação síncrona do comando bimanual;

c) Terciários: são itens 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. No que diz respeito à altura da borda superior do teclado aceita-se este item como terciário, desde que sua utilização seja mínima. Já com relação à altura da esteira, entende-se que a mesma está adequada para atender a 90 % da população, o que poderia justificar sua classificação como item terciário;

d) categoria dos irrelevantes: as condições ambientais, tais como: temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do ar, embora tenham ficado dentro da categoria dos irrelevantes, devem merecer uma maior atenção, ou seja, pelo menos deveriam ser considerados como Itens de *Design* secundários, pois segundo Iida (1998), as condições ambientais desfavoráveis como excesso de calor, ruídos e vibrações são uma grande fonte de tensão no trabalho, causando desconforto, aumentando o risco de acidentes e podendo provocar danos consideráveis à saúde. A análise dos resultados obtidos no segundo questionário, a partir da opinião dos trabalhadores, revelaram demandas pela correção das condições ambientais. Salienta-se que tais demandas não foram levantadas a partir da entrevista espontânea e sim quando solicitou-se aos funcionários (no segundo questionário) a opinarem sobre como se sentiam quanto às condições térmicas do ambiente, às condições de ruído e as condições de iluminação. Tal esquecimento em mencionar as condições ambientais durante a entrevista, provavelmente ocorreu, pois na visão dos trabalhadores existiam

condições (exemplo: luz estroboscópica) que eram ainda piores do que as condições ambientais.

No que diz respeito ao Item de *Design* botões de ajuste do equipamento: CN (carga nominal) / CI (carga indutiva) entendeu-se que os mesmos não deveriam existir no novo equipamento, o que resolveria a insatisfação com relação à altura dos botões de ajuste. Embora este item tenha sido levantado na entrevista, seu grau de importância foi reduzido significativamente quando da aplicação do questionário, o que determinou sua classificação como irrelevante, ou seja passível de ser desconsiderado no projeto.

Com relação aos demais Itens de *Design* revelados como irrelevantes entende-se que realmente são passíveis de serem desconsiderados no projeto: nenhum impacto decorrente do não-atendimento desses itens é esperado sobre os usuários.

#### 4.8 TRATAMENTO ERGONÔMICO DOS IDs

Nesta etapa, estabeleceram-se metas ergonômicas para os IDs baseadas em fatores como conforto e segurança do ambiente físico, além de questões antropométricas. Metas ergonômicas compreendem características dos IDs tais como valores-alvo dimensionais, especificação de materiais, dispositivos acessórios, etc.

##### 4.8.1 Proposta de Soluções

O levantamento do INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA – INT (INT, 1988) observou que na indústria de transformação do Rio de Janeiro, a postura mais usual no posto de trabalho é a de pé (59,5%), sendo que 32,6% alternam a posição em pé/sentado e 7,8% trabalham sentados.

Segundo Iida (1998), o dimensionamento do posto de trabalho está intimamente relacionado com a postura e nenhum deles pode ser considerado separadamente um do outro. Conforme Grandjean (1998), do ponto de vista ortopédico e fisiológico, é altamente recomendável um local de trabalho que alterne o trabalho sentado com uma postura de pé. Um posto de trabalho deve permitir variação de postura. A variação de postura alivia os efeitos da carga

muscular estática para manutenção de uma determinada postura. Idealmente, o trabalhador deveria poder variar entre trabalhar de pé ou sentado em uma determinada atividade.

No *design* ergonômico dos postos de pré-calibração, em função das considerações apresentadas, do desejo dos trabalhadores (94,74% optou pela alternância) e em concordância com o objetivo de conceber o posto dentro de uma perspectiva participativa, deve-se manter a possibilidade de alternância de postura (trabalhar de pé ou sentado).

O posto deverá atender a 90% da população, ou seja, para o dimensionamento do posto deverão ser utilizadas dimensões antropométricas dos percentis extremos (percentil 5 e 95) de homens e mulheres.

Os valores-alvo dimensionais estão determinados no Anexo 9, na Tab. 8, sendo que o posto de pré-calibração foi projetado para possibilitar a alternância da postura de pé e sentada e atender a 90% da população. Para o dimensionamento do posto foram utilizadas dimensões antropométricas dos percentis extremos 5 (P5) e 95 (P95) de homens e mulheres, correspondentes a faixa etária de 18 a 79 anos (na falta destes, utilizou-se os correspondentes a adultos).

#### **4.8.2 Definição dos Parâmetros Dimensionais**

Para determinação de alguns dos valores alvos, optou-se pela realização de ensaios com protótipos, já que algumas informações foram solicitadas pela empresa a fim de confeccionar um novo equipamento de pré-calibração. Estas informações foram: dimensões do painel, posicionamento do teclado, altura do centro dos medidores, altura dos *displays*, distância entre medidores, distância entre *displays* e posicionamento dos botões. Para atender a algumas destas solicitações, procedeu-se, inicialmente, a uma revisão bibliográfica a respeito da antropometria. Após, partiu-se para o desenho em escala e uso de manequins antropométricos bidimensionais (um conjunto destes manequins, representando homem e mulher dos percentis extremos máximo e mínimo, em acetato de acrílico com escala de 1:5, da marca: ERGOKIT, INT, 1988), para fazerem-se as checagens necessárias. Finalmente, partiu-se para a realização dos ensaios com protótipos a fim de se determinar os seguintes parâmetros: altura do centro dos medidores, altura dos *displays*, distância entre medidores, distância entre *displays*.

Os objetivos dos ensaios foram os seguintes:

a) determinar a altura de trabalho e a altura dos displays a fim de atender a 90% da população. Junto ao centro dos medidores monofásicos são realizados os ajustes necessários para sua pré-calibração e calibração: carga nominal, tensão e carga indutiva, constituindo-se, assim, a altura do centro dos medidores na altura de trabalho;

b) determinar a distância entre medidores e a distância entre displays;

c) obter a opinião dos trabalhadores com relação à altura de trabalho, altura dos *displays*, distância entre medidores e distância entre *displays*.

Foram realizados três ensaios, os quais estão descritos no Anexo 10.

#### 4.8.3 Valores alvo

A seguir são apresentadas as justificativas para a adoção dos valores alvo:

- **luz estroboscópica:** necessária para a realização da leitura no disco do medidor. É apontada pelos trabalhadores ( a partir das entrevistas) como o principal elemento de insatisfação no posto de trabalho de pré-calibração. No novo equipamento, não mais deverá existir a necessidade da mesma, pois a leitura passará a ser realizada por intermédio de um sensor, sendo os dados obtidos pelo mesmo, convertidos em um valor numérico através de circuitos eletrônicos e mostrados em um *display*;

- **reflexo da luz estroboscópica no disco do medidor:** no equipamento atual, existe o reflexo em função da luz estroboscópica e do tipo de material utilizado para confecção do disco (alumínio), sendo necessária a observação visual do disco para a realização da leitura no mesmo. No novo equipamento, tal reflexo deixará de existir em função da luz estroboscópica não ser mais empregada; tampouco haverá a necessidade de leitura visual no disco;

- **oscilação (piscagem) da luz estroboscópica:** com a retirada da luz estroboscópica, deixará de existir;

- **iluminação do ambiente (lux):** na Norma Regulamentadora NR 17 - Ergonomia, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999), encontra-se em seu subitem 17.5.3.3 que “os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminância estabelecidas na NBR 5413, norma brasileira registrada no INMETRO”. Na NBR 5413 – Iluminância de interiores

(ABNT, 1992) encontra-se o valor mínimo de iluminação sugerido para o novo posto, que é de 500 lux (subitem 5.3.47 – ensaio, inspeção para as indústrias de materiais elétricos e telecomunicações);

- **nível de ruído produzido pelo sabão:** sabão é o nome dada pelos funcionários à bobina desmagnetizadora, a qual é utilizada no ajuste de carga nominal para desmagnetizar o freio magnético, liberando o disco do medidor, fazendo-o girar mais rápido. A mesma deve ser utilizada até se atingir a velocidade ideal, onde as marcas no disco parecem estar paradas, sendo este efeito somente percebido com a ajuda do efeito estroboscópico. Existe um ruído proveniente do sabão, decorrente de um pulso de energia (carga e descarga) de um capacitor (componente eletrônico interno ao sabão), que fornece ao operador uma informação referente ao tempo de acionamento do sabão. Este ruído inicia-se fraco e vai ficando cada vez mais forte com o passar do tempo, pois os pulsos de energia provocados pela carga e descarga do capacitor vão se tornando cada vez mais frequentes em função da redução do tempo de duração da carga e descarga do capacitor. No novo equipamento, esta informação deixará de ser importante, pois o ajuste utilizando o sabão será automatizado.

Na Norma Regulamentadora NR 17 - Ergonomia, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999), encontra-se (em seus subitens 17.5.2.a e 17.5.2.1) que os níveis de ruído recomendados para conforto, nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes (tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros), são determinados a partir da NBR 10152. Para as atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, mas que não apresentem equivalência ou correlação com aquelas relacionadas na NBR 10152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB(A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60 dB.

A partir da consulta a NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico (ABNT, 1987), verifica-se que a atividade de pré-calibração não apresenta equivalência ou correlação com as relacionadas na referida NBR, logo o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB(A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60 dB;

- **nível de ruído de fundo:** aqui valem as mesmas observações feitas para o nível de ruído produzido pelo sabão, as quais foram descritas no item anterior, a partir da NR-17,

aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999) e da NBR10152 - Níveis de Ruído para Conforto Acústico (ABNT, 1987);

- **temperatura efetiva:** de acordo com a Norma Regulamentadora NR 17 - Ergonomia, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978, subitem 17.5.2.b, (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999) o índice de temperatura efetiva deve estar entre 20 e 23°C nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes (tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros);

- **umidade relativa do ar:** a Norma Regulamentadora NR 17 - Ergonomia, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978, subitem 17.5.2.d (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999) estipula que a umidade relativa do ar não deve ser inferior a 40% (quarenta por cento) nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes (tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros);

- **velocidade do ar:** segundo a Norma Regulamentadora NR 17 - Ergonomia, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978, subitem 17.5.2.c (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999), a velocidade do ar não deve ser superior a 0,75 m/s, nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes (tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros);

- **possibilidade de rotação do posto em 180°:** embora não tenha sido solicitado, sugeriu-se a construção de um equipamento que possibilitasse movimento de rotação de 180°, através, por exemplo de uma bancada giratória. Um outro aspecto sugerido para viabilizar tal rotação, é que o cabo que alimenta o equipamento deveria sair por baixo e pelo centro do equipamento. Tal rotação permitiria, por exemplo, a mudança de postura para pegar e largar medidores junto à esteira, o que contemplaria Itens de Demanda Ergonômica, tais como: aprimorar o movimento de pegar/colocar o medidor na esteira e modernizar o equipamento de pré-calibração, ambos solicitados pelos trabalhadores;

- **cor do painel:** da Portaria 3214/78 em sua NR-26 – Sinalização de Segurança, item 26.2 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999), temos que: “o corpo das máquinas deverá ser pintado em branco, preto ou verde”. Considerou-se que cores escuras poderiam provocar um

contraste excessivo com as peças cromadas do medidor , como no caso do preto. O ideal seria a adoção de cores claras, desde que não refletissem demais a luz, ou seja, provocando reflexos incômodos. A cor bege clara é uma alternativa, embora não conste na referida NR;

- **comprimento do painel = comprimento da bancada:** modificações no comprimento do painel existente seria um retrocesso e não uma melhoria. Ocorreu, inclusive, uma solicitação por parte de uma funcionária, para que “no novo equipamento, os medidores estivessem mais próximos da esteira, a fim de evitar posturas indesejáveis quando do pegar/colocar os medidores na esteira, tais como esticar o braço e até inclinar o tronco”. Desta forma, sugeriu-se um painel com o mesmo comprimento (58 cm) ou menor que o existente. Reduzir o comprimento do painel facilitaria o alcance dos medidores na esteira, mas acarretaria em dificuldades construtivas da parte eletro-eletrônica, segundo os representantes da empresa contratada para a construção do equipamento de pré-calibração. O equipamento final ficou com 60 cm de comprimento.

- **altura da bancada (suporte para o painel):** sugeriu-se, inicialmente, a altura de 93 cm para a bancada de sustentação do equipamento de pré-calibração. Tal altura teve boa aceitação nos postos de montagem do medidor polifásico, pois possibilita a alternância da postura em pé e sentado. Com a adoção desta altura, busca-se a padronização das alturas das bancadas;

- **altura do painel:** a altura necessária para a colocação de comandos bimanuais, *displays*, teclado, bobinas desmagnetizadoras, lâmpadas, borneiras, pistões e chave liga/desliga na parte frontal do painel foi estimada em torno de 70 cm. Entretanto, como a altura do equipamento é função do comprimento e da profundidade do mesmo, essa foi especificada em 100 cm, para possibilitar o espaço necessário para colocação dos circuitos eletro-eletrônicos internos ao equipamento;

- **profundidade do painel:** a profundidade do equipamento é função do comprimento e da altura do mesmo, tendo sido especificada em 63 cm pela empresa que construiu o equipamento, devido à necessidade de espaço para os circuitos eletro-eletrônicos;

- **profundidade da bancada:** inicialmente não considerou-se a necessidade de um espaço para ferramentas, ficando a bancada com a mesma profundidade do painel;

- **espessura do tampo da bancada:** a fim de obter-se um maior espaço para a colocação das pernas, bem como garantir a resistência necessária para suportar o peso do equipamento, determinou-se que a espessura do tampo da bancada deveria ser de 2cm;

- **posicionamento automático do sabão (bobina desmagnetizadora):** este Item de *Design* volta-se ao atendimento de um dos itens demandados pelos trabalhadores: aprimorar o ajuste utilizando o sabão. É importante lembrar que a distância do sabão com relação ao freio do medidor é um fator fundamental a ser considerado na desmagnetização do freio;

- **funcionamento automático do ajuste utilizando o sabão:** este Item de *Design* também volta-se ao atendimento do item aprimorar o ajuste utilizando o sabão. O fator tempo além da distância do sabão com relação ao freio do medidor também é um fator fundamental a ser considerado na desmagnetização do freio. Com o posicionamento e o funcionamento feitos de forma automática espera-se reduzir a incidência de freios “mortos” (desmagnetizados excessivamente);

- **automatização da leitura (leitura por sensor) dos ajustes de tensão, CN (carga nominal) e CI (carga indutiva):** conforme já mencionado anteriormente, com a retirada da luz estroboscópica no novo equipamento, a leitura passará a ser realizada por intermédio de um sensor, sendo os dados obtidos pelo sensor convertidos em um valor numérico através de circuitos eletrônicos e mostrados em *display*;

- **possibilidade de pré-calibrar dois medidores ao mesmo tempo:** a idéia de incluir tal Item de *Design* partiu dos representantes da empresa em estudo, com o objetivo de “maximizar a eficiência”, ou seja, aumentar a produtividade;

- **altura do centro dos medidores:** considerando as conclusões obtidas com o primeiro, o segundo e o terceiro ensaios (Ver Anexo 10), entendeu-se que a altura do centro dos medidores deveria permanecer a 134 cm;

- **altura das borneiras:** para determinação da altura das mesmas deve-se considerar a maior dimensão dos medidores monofásicos, que é de 22,8 cm, e a altura do centro dos medidores. Assim, a altura prevista para as borneiras é:  $122,6 \text{ cm} = 134 \text{ cm}$  (altura prevista para o centro dos medidores) –  $22,8 \text{ cm} / 2$  (metade da maior dimensão dos medidores monofásicos);

- **distância entre borneiras = distância entre medidores:** face aos resultados obtidos a partir do segundo e terceiro ensaios (Ver Anexo 10), optou-se por estabelecer o valor da distância em 15 cm, tanto para medidores e borneiras quanto para os *displays*, sendo que a distância de centro a centro dos medidores é igual a 28,2 cm = 15 cm + 13,2 cm /2 + 13,2 cm/2 (15 cm corresponde a distância entre medidores e 13,2 cm é a maior largura entre os medidores fabricados);

- **tipo de encaixe da borneira:** um dos itens demandados pelos trabalhadores é o aprimoramento do encaixe do medidor na borneira. Para colocar o medidor na borneira deve-se fazer muita força, devido ao mesmo não encaixar facilmente. A fim de evitar esforço de compressão, será utilizado um sistema automático para realizar tal força de compressão;

- **isolação elétrica para as borneiras:** no equipamento antigo, os pinos da borneira não ficam expostos quando o medidor está no lugar. No novo equipamento, tal fato ocorre, devido a adoção de um outro tipo de borneira. Sugeriu-se que tais pinos fossem isolados, a fim de evitar o contato direto com a eletricidade devido a contatos acidentais com as “partes vivas” (energizadas) e, conseqüentemente, o choque elétrico e seus efeitos;

- **colocação de tapete de borracha junto ao posto:** a fim de evitar o contato direto e indireto com a eletricidade devido a contatos acidentais com as “partes vivas” e a problemas no equipamento, respectivamente, e, conseqüentemente, o choque elétrico e seus efeitos;

- **aterramento elétrico do equipamento:** a fim de evitar o contato indireto com a eletricidade devido a problemas no equipamento e, conseqüentemente, o choque elétrico e seus efeitos. Aliás, a Norma Regulamentadora NR 10 – Instalações e serviços em eletricidade, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978, subitem 10.2.1.4 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999), estipula que: “toda instalação ou peça condutora que não faça parte dos circuitos elétricos, mas que, eventualmente, possa ficar sob tensão, deve ser aterrada, desde que esteja em local acessível a contatos”;

- **leitura dos parâmetros através de *displays*:** no novo equipamento os dados obtidos pelo sensor, os quais serão convertidos em um valor numérico através de circuitos eletrônicos, deverão ser apresentados em um *display*;

- **altura dos centros dos *displays*:** alguns autores em ergonomia recomendam que mostradores de instrumentos ou outros objetos visuais fiquem em um ângulo de visão entre 5°

acima e 30° abaixo de uma linha imaginária horizontal (Grandjean, 1998). Outros consideram que a área de visão ótima situa-se na faixa abaixo da linha horizontal de visão, até 30° e para os lados, com abertura lateral de 30°, representada por um cone com 30° de abertura (Iida, 1998).

Para determinação da altura do centro do *display*, deve-se considerar as seguintes informações:

- a) a dimensão antropométrica altura dos olhos em pé para mulheres adultas para o menor percentil ( P5M) = 143 cm (Ver Panero & Zelnik ,1996, p. 98);
- b) as informações constantes no Anexo 10, Tab. 13;
- c) a altura definida para o centro do medidor = 134 cm com relação ao piso;
- d) a maior dimensão dos medidores monofásicos, que é de 22,8 cm;
- e) a dimensão da peça necessária para prender o medidor (estimada em 2 cm);
- f) a altura da base ao centro do *display* =  $4,5 \text{ cm} / 2 = 2,25 \text{ cm}$ .

Tais considerações levam aos seguintes valores:

- a) 143 cm (dimensão antropométrica altura dos olhos em pé para o menor percentil P5M);
- b) do 1º ensaio: média = 145 cm e mediana = 143 cm;
- c) do 3º ensaio: média = 153 cm e mediana = 153 cm;
- d)  $149,65 \text{ cm} = 41 \text{ cm}$  (altura do centro dos medidores com relação ao equipamento) +  $93 \text{ cm}$  (altura da bancada) +  $11,4 \text{ cm}$  (metade do maior medidor) +  $2 \text{ cm}$  (a dimensão da peça necessária para prender o medidor) +  $2,25 \text{ cm}$  (altura da base ao centro do *display*). Embora tenham sido mencionadas dificuldades construtivas para colocação dos *displays* a 143cm, recomendou-se que fossem buscadas alternativas para colocar os *displays* a 143cm, que corresponde a altura dos olhos em pé do menor percentil de mulheres adultas, ou seja, P5M = 143 cm (Panero & Zelnik, 1996, p. 98);

- ***displays* com regulagem de inclinação:** a fim de compensar o acréscimo de altura que os *displays* poderão ter, solicitou-se que estes tivessem regulagem de inclinação, para atender às preferências individuais;

- **distância entre *displays*:** conforme já mencionado, em função dos resultados obtidos a partir do segundo e terceiro ensaios (Ver Anexo 10), optou-se em estabelecer a distância em 15 cm, tanto para medidores quanto para os *displays*;

- **atuação síncrona do comando bimanual:** a atuação síncrona significa que um sinal de saída deve ser gerado somente quando os dois dispositivos de atuação do comando forem atuados com um retardo de tempo menor ou igual a 0,5 s. A finalidade da mesma é a de evitar a possibilidade de um dispositivo de comando bimanual ser operado por duas pessoas, mantendo, dessa forma, duas mãos livres;

- **distância entre botões do comando bimanual /altura do comando bimanual (botão avança + botão fim) / colares de proteção em volta dos dispositivos de atuação de comando:** a fim de evitar o risco de prensar as mãos e dedos do operador quando da operação do equipamento (pois existirá um pistão para prender o medidor), optou-se pela colocação de dois conjuntos de comandos bimanuais, sendo um conjunto para cada medidor. Aqui há de se levar em conta os requisitos legais, constantes na NR-12 – Máquinas e equipamentos, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999) e os constantes na norma da ABNT, NBR 14152 - Segurança de Máquinas – Dispositivos de Comando Bimanuais – Aspectos Funcionais e Princípios para Projeto (ABNT, 1998). A NR-12 – Máquinas e equipamentos em seus subitens 12.2.1 e 12.2.2 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999), que estabelece que:

- as máquinas e os equipamentos devem ter dispositivos de acionamento e parada localizados de modo que:

- a) seja acionado ou desligado pelo operador na sua posição de trabalho;
- b) não se localize na zona perigosa da máquina ou do equipamento;
- c) possa ser acionado ou desligado em caso de emergência, por outra pessoa que não seja o operador;
- d) não possa ser acionado ou desligado, involuntariamente, pelo operador, ou de qualquer outra forma acidental;
- e) não acarrete riscos adicionais (subitem 12.2.1);

- as máquinas e os equipamentos com acionamento repetitivo, que não tenham proteção adequada, oferecendo risco ao operador, devem ter dispositivos apropriados de segurança para o seu acionamento (subitem 12.2.2).

A NBR 14152 - Segurança de Máquinas – Dispositivos de Comando Bimanuais – Aspectos Funcionais e Princípios para Projeto (ABNT, 1998), estipula que os dispositivos de atuação do comando de um dispositivo de comando bimanual devem ser projetados e dispostos de tal forma que, o efeito protetivo do dispositivo de comando bimanual não possa ser facilmente burlável e que a probabilidade da atuação acidental seja minimizada, de acordo com a

apreciação do risco para a aplicação particular. A utilização de apenas uma mão, a combinação de uma mão e/ou outras partes do corpo e/ou a utilização de auxílios simples, que permitam burla (tornar inoperante o efeito protetivo do dispositivo de comando bimanual), devem ser considerados de tal forma que não seja possível o alcance da zona de perigo, durante uma situação de perigo. A atuação accidental, por exemplo, pelas roupas do operador, deve ser considerada da mesma forma. Auxílios simples podem ser, por exemplo, cordões e fitas. A seleção de direções de acionamento diferentes, coberturas, chapas, etc., pode minimizar as possibilidades de burla. A possibilidade de um dispositivo de comando bimanual ser operado por duas pessoas, mantendo, dessa forma, duas mãos livres, pode ser evitada pela utilização da atuação síncrona.

Em uma primeira reunião com representantes da empresa em estudo e da empresa que iria construir o equipamento, estimou-se que a distância mínima entre os botões do comando bimanual deveria ser de pelo menos 250mm, a fim de evitar a burla na utilização de uma mão. Cabe salientar que não foi encontrado, em tabelas antropométricas, a variável necessária (comprimento da mão espalmada) para se fazer tal verificação. É importante salientar que esta dimensão deve contemplar 100% da população. Em função desta distância e do comprimento do painel (igual a 600 mm), entendeu-se que não haveria espaço suficiente para a colocação dos conjuntos de comando bimanual lado a lado na parte frontal do equipamento, e que a colocação de um conjunto sobre o outro, bem como a mistura dos mesmos, provocaria confusões na operação. Os fatos apresentados levaram a uma série de propostas durante a reunião, optando-se pela colocação de um dos botões dos comandos bimanuais nas laterais do equipamento.

A NBR 14152 - Segurança de Máquinas – Dispositivos de Comando Bimanuais – Aspectos Funcionais e Princípios para Projeto (ABNT, 1998) estipula formas de evitar outros tipos de burla, tais como prevenção de burla na utilização de uma mão e cotovelo do mesmo braço, prevenção de burla na utilização do (s) antebraço (s) ou cotovelo (s), prevenção de burla na utilização de uma mão e qualquer outra parte do corpo (por exemplo, joelho e quadris), prevenção de burla através do bloqueio de um dispositivo de atuação de comando, bem como prevenção da operação accidental. Os métodos de burla que devem ser considerados dependem do projeto do dispositivo de comando bimanual, das condições de operação, do método de fixação e posicionamento do dispositivo de comando bimanual e requisitos especificados para as distâncias de segurança, etc.

Para evitar os tipos de burla apresentados sugere-se:

a) prevenção da burla na utilização de uma mão: a separação dos dispositivos de atuação de comando (dimensão interna) deve ser de pelo menos 260 mm entre si. Para prevenção de burla pela utilização da mão e cotovelo do mesmo braço, algumas das sugestões apresentadas pela NBR 14152 (ABNT, 1998) são: dispositivos de atuação de comando de diferentes direções de operação e ou a separação dos dispositivos de atuação de comando, por uma distância igual ou maior que 550 mm. Assim, pode-se concluir que, adotando (para prevenção de burla pela utilização da mão e cotovelo do mesmo braço) dispositivos de atuação de comando de diferentes direções de operação, contempla-se a situação para prevenção da burla na utilização de uma mão, também;

b) prevenção de burla pela utilização da mão e cotovelo do mesmo braço: dentre as sugestões que a norma estipula adotou-se a que se refere a dispositivos de atuação de comando de diferentes direções de operação;

c) prevenção de burla na utilização do (s) antebraço (s) ou cotovelo (s): sugere-se a utilização de colares para os dispositivos de atuação de comando;

d) prevenção de burla na utilização de uma mão e qualquer outra parte do corpo (por exemplo, joelho, quadris): sugere-se a localização dos dispositivos de atuação de comando em uma superfície vertical, com colares de proteção em volta dos dispositivos de atuação de comando;

e) prevenção da operação acidental: as medidas sugeridas para prevenção dos tipos de burla ajudam a minimizar a atuação acidental.

- **altura da chave liga/desliga o equipamento:** da NR-12 – Máquinas e Equipamentos, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999), tem-se que:

- as máquinas e os equipamentos devem ter dispositivos de acionamento e parada localizados de modo que:

- a) seja acionado ou desligado pelo operador na sua posição de trabalho;
- b) não se localize na zona perigosa da máquina ou do equipamento;
- c) possa ser acionado ou desligado em caso de emergência, por outra pessoa que não seja o operador;
- d) não possa ser acionado ou desligado, involuntariamente, pelo operador, ou de qualquer outra forma acidental;
- e) não acarrete riscos adicionais (subitem 12.2.1);

- as máquinas e os equipamentos que utilizarem energia elétrica, fornecida por fonte externa, devem possuir chave geral, em local de fácil acesso e acondicionada em caixa que evite o seu acionamento acidental e proteja as suas partes energizadas (subitem 12.2.3).

Existe a necessidade de determinação do alcance. Inicialmente, como aproximação, utilizou-se dados da antropometria estática. Assim, analisou-se a pior situação para a postura sentada e para a postura de pé.

Sentado, a pior situação seria: 124,7cm (Altura Alcance Vertical Inferior Sentado: P 5M) - 19,1cm (Altura da Coxa do maior percentil: P 95 H) – 2cm (Espessura do Tampo do Avanço) + 97,5 cm (Altura da bancada) = 201,1cm (Ver Quadro 8).

De pé, a pior situação seria: 185,2cm (Alcance Vertical Assimétrico Inferior: P5M) (Ver Quadro 8).

QUADRO 8 – Dimensões antropométricas utilizadas para determinar a altura da chave liga/desliga o equipamento.

<b>Dimensões Antropométricas</b>	<b>P 95 H (cm)</b>	<b>P 5 M (cm)</b>	<b>Página</b>
Altura da coxa **	17,5 (=P 95 M)	10,4	92
Altura da coxa *	19,1	10,4	102
Alcance vertical assimétrico***	224,8	185,2	100
Altura alcance vertical sentado***	149,9	124,7	100

Legenda: P 95 H (Percencil 95 Homens) e P 5 M (Percentil 5 Mulher)

\* Previsão para 1985, dimensões de homens e mulheres adultos.

\*\* Faixa de 18 a 79 anos.

\*\*\*Dimensões para homens e mulheres adultos.

Fonte: Panero & Zelnik (1996)

A fim de determinar-se valores mais adequados, partiu-se para o desenho em escala e uso de manequins antropométricos bidimensionais. Concluiu-se que a chave liga/desliga deverá ficar a 155cm de altura com relação ao piso para permitir o alcance da mesma, tanto na postura de pé como sentada;

- **distância entre comandos bimanuais:** com relação à distância entre comandos bimanuais, Grandjean (1998) propõe a distância mínima na montagem de 20 mm e a distância ótima na montagem de 50 mm, a fim de que os comandos sejam manipulados sem perturbações, sem possibilidade de erros e sem tocar involuntariamente os controles vizinhos;

- **botão de carga indutiva – estrobo:** como a luz estroboscópica deixará de existir, este botão perderá sua função;

- **botão de carga nominal – estrobo:** como a luz estroboscópica deixará de existir, este botão perderá sua função;

- **botão de tensão:** no caso dos ensaios de calibração realizados, passa-se a empregar os botões avança e fim, sendo também, neste caso, desnecessário o emprego deste botão para ligar a tensão;

- **botão desligar luz estroboscópica e tensão:** como a luz estroboscópica deixará de ser empregada, não existirá mais a necessidade deste botão para desligá-la. No caso dos ensaios de calibração realizados, como já mencionado, passa-se a empregar os botões avança e fim, sendo também, neste caso desnecessário o emprego deste botão para desligar a tensão;

- **botão de acionamento do sabão (bobina desmagnetizadora):** como o sabão passa a ter posicionamento e funcionamento automáticos, este botão perde sua função;

- **botões de ajuste do equipamento ( Carga Nominal e Carga Indutiva):** no equipamento antigo, existe a necessidade de ajustar constantemente a banca de pré-calibração. Este ajuste é realizado a partir de um padrão (medidor comum) calibrado na banca Nansen (banca de calibração). Na nova banca, tal necessidade deverá deixar de existir. Assim, não existirá a necessidade destes botões e, conseqüentemente, estará resolvida a insatisfação com relação a altura dos botões de ajuste;

- **inserir dados de ajuste através de teclado:** diz respeito a um dos Itens de Demanda Ergonômica: modernizar o equipamento de pré-calibração;

- **altura da borda superior do teclado:** o representante da empresa em estudo estava convicto de que o uso do teclado seria mínimo, sendo utilizado apenas para acertar parâmetros de ajuste de cada lote. Em função de tal convicção, o representante entendia que a colocação do teclado poderia localizar-se num local mais elevado no painel. Sugeriu-se que, mesmo neste tipo de situação, era preciso buscar uma posição mais adequada, tal como a altura do centro dos medidores (134 cm). Feitas as verificações por parte do pessoal contratado para a construção do referido painel, veio a informação de que não era possível a colocação do teclado junto ao local sugerido e que o mesmo seria “posto um pouco mais abaixo, pois ao lado do disco o acesso é difícil”;

- **lâmpada para orientar operador para atender outra borneira:** este Item de *Design* também foi proposto pelos representantes da empresa em estudo, com o objetivo de aumentar a produtividade. A lâmpada deverá acender “sempre que o procedimento tomado pela banca for um pouco demorado (>4s)”. A lâmpada acesa indicará que o operador pode mexer na outra borneira;

- **altura da esteira:** a esteira em questão atende à montagem, à pré-calibração, à calibração, ao teste de vazio/partida (V. P. ) e, agora, ao fechamento, sendo difícil mexer em sua altura (altura da esteira sem a borda é igual a 83 cm). Fez-se necessária a verificação do alcance com relação à esteira, tanto para a postura de pé como a sentada. Para determinação do alcance, inicialmente, como aproximação, utilizou-se dados da antropometria estática. Assim, analisou-se a pior situação para a postura sentada e para a postura de pé. A fim de determinarem-se valores mais adequados, partiu-se para o desenho em escala e uso de manequins antropométricos bidimensionais, a fim de fazer-se as checagens necessárias. Concluiu-se que para a bancada com 93cm de altura, o alcance com relação a esteira está adequado para atender a 90 % da população.

- **altura do apoio de pés:** a parte mais baixa ficará a 18,56 cm de altura, o apoio central com 27cm de altura e a parte mais alta a 35,44 cm. Tal altura foi testada e aplicada com sucesso nos postos de montagem dos medidores polifásicos. Com esta medida, busca-se a uniformização dos mesmos no setor de produção da empresa em estudo. A fim de checar a adequação do apoio de pés, partiu-se para o desenho em escala e uso de manequins antropométricos bidimensionais, verificando-se que estas dimensões do apoio de pés são adequadas para atender a 90 % da população;

- **profundidade do apoio de pés:** será aproveitada toda a profundidade da bancada, ficando com 65,22 cm;

- **comprimento do apoio de pés:** 60cm, o que corresponde ao comprimento da bancada;

- **ângulo do apoio de pés:** 15°. Tal valor foi testado e aplicado com sucesso nos postos de montagem dos medidores polifásicos. Com esta medida, busca-se a uniformização dos mesmos no setor de produção da empresa em estudo.

#### 4.9 IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO *DESIGN* E ACOMPANHAMENTO

A etapa de implementação do novo *design* e acompanhamento implicou nos seguintes passos, descritos a seguir.

##### 4.9.1 1º Passo: Na Organização de um Protótipo

As características do protótipo eram:

- **luz estroboscópica, reflexo da luz estroboscópica no disco do medidor e oscilação (piscagem) da luz estroboscópica:** no novo equipamento, a luz estroboscópica não é mais empregada, pois a leitura é realizada por intermédio de um sensor, sendo os dados obtidos pelo mesmo e convertidos em um valor numérico através de circuitos eletrônicos e mostrados em um *display*;

- **iluminação do ambiente (lux):** não ocorreram melhorias em nível da iluminação;

- **nível de ruído produzido pelo sabão:** no novo equipamento, esta informação deixou de ser importante, pois o ajuste utilizando o sabão foi automatizado;

- **nível de ruído de fundo:** não foram implantadas formas de controle para o ruído;

- **temperatura efetiva:** existe a necessidade de manter este parâmetro dentro de certos limites para a calibração dos medidores;

- **umidade relativa do ar:** as normas brasileiras sobre calibração de medidores de energia não trazem exigências com relação a este parâmetro. Sendo assim, a empresa não implantou nenhum sistema de controle para este parâmetro no ambiente de aferição/calibração;

- **velocidade do ar:** feitas as medições necessárias, encontrou-se a velocidade do ar igual a 0 m/s, valor que atende ao estipulado pela Norma Regulamentadora NR 17 - Ergonomia, aprovada pela Portaria n.º 3214, de 8 de junho de 1978, no subitem 17.5.2.c (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999), ou seja, “velocidade do ar não superior a 0,75 m/s”;

- **possibilidade de rotação do posto em 180°:** o novo posto não foi concebido para tal finalidade;

- **cor do painel:** observou-se a cor com que foi pintado o novo equipamento ( prata ) e concluiu-se que não produz reflexos incômodos ou contrastes excessivos. A adoção de tal cor foi justificada pelo representante da empresa em estudo, como sendo uma tentativa de padronização dos equipamentos da produção;

- **dimensões da bancada:** a bancada não foi construída conforme a solicitação inicial (bancada: altura = 93cm, comprimento = 60cm e profundidade = 63cm, espessura do tampo = 2 cm; apoio de pés: profundidade = 65,22cm, comprimento = 60cm, inclinação = 15° e o apoio central a 27cm de altura) e, mesmo se tivesse sido construída conforme o especificado, os *displays* ficariam mais altos do que o especificado (caso a bancada fique com 93cm, ficarão a 153cm, que é um valor bem superior aos 143cm sugeridos). A mesma não conta com apoio de pés e espaço para colocação de ferramentas. Sua altura é de 84 cm, estando o centro dos medidores nos equipamentos de pré-calibração a 125 cm e o centro dos *displays* a 145 cm em relação ao piso.

- **dimensões do painel:** observou-se que a principal solicitação, a qual dizia respeito ao comprimento do painel, ficou muito próxima do solicitado (60 cm quando o solicitado era de 58 cm). Já a altura que era de 125 cm no equipamento antigo ficou em 100 cm e a profundidade manteve-se em 63 cm, tendo sido estas justificadas em função da necessidades de espaço para os circuitos eletro-eletrônicos;

- **posicionamento automático do sabão e funcionamento automático do ajuste utilizando o sabão (bobina desmagnetizadora):** tais medidas foram implantadas;

- **automatização da leitura (leitura por sensor) dos ajustes de tensão, CN (carga nominal) e CI (carga indutiva):** foi implantada, passando a leitura a ser feita por intermédio de um sensor, sendo os dados obtidos pelo sensor convertidos em um valor numérico através de circuitos eletrônicos e mostrados em *display*;

- **possibilidade de pré-calibrar dois medidores ao mesmo tempo:** foi implantada;

- **altura do centro dos medidores:** verificou-se que no novo equipamento de pré-calibração foi atendida a solicitação para que o centro dos medidores ficasse a 134 cm do piso, considerando a altura da bancada igual a 93 cm.

- **altura das borneiras:** considerando a altura da bancada igual a 93 cm, as borneiras ficarão a 126 cm de altura no equipamento e não a 122,6 cm, como determinado inicialmente;

- **distância entre borneiras = distância entre medidores:** feitas as devidas verificações, os medidores encontram-se com 15,7cm de distância entre si, sendo que a distância de centro a centro é igual a 28,9 cm = 15,7 cm + 13,2 cm /2 + 13,2 cm/2 (15,7 cm corresponde a distância entre medidores e 13,2 cm é a maior largura entre os medidores fabricados);

- **tipo de encaixe da borneira:** foi implantado um sistema automático com pistão, para realizar uma força de compressão eliminando, desta forma, o esforço manual de compressão do operador;

- **isolação elétrica para as borneiras:** os pinos não foram isolados, existindo o risco de contato direto com a eletricidade e, conseqüentemente, a ocorrência do choque elétrico e seus efeitos;

- **colocação de tapete de borracha junto ao posto:** ainda não foi colocado, existindo o risco de contato direto e indireto com a eletricidade e, conseqüentemente, a ocorrência do choque elétrico e seus efeitos;

- **aterramento elétrico do equipamento:** foi implantado;

- **leitura dos parâmetros através de *displays*:** no novo equipamento, os dados obtidos pelo sensor são convertidos em um valor numérico através de circuitos eletrônicos e são apresentados em um *display*;

- **altura dos *displays*:** verificou-se que os centros dos *displays* estão posicionados a 60cm de altura no equipamento, quando deveriam estar a 50cm (50 cm + 93 cm que é a altura da bancada = 143 cm) , a fim de contemplar a altura dos olhos para o menor percentil (de pé P5M = 143 cm e sentado P5M = 69,5cm). Dimensionou-se para o trabalho de pé, sendo que a adequação ao trabalho sentado é feita ajustando-se a altura do assento. Esta altura foi resultado de dificuldades construtivas (função do tamanho dos componentes utilizados), conforme alegou o representante da empresa em estudo;

- **displays com regulagem de inclinação:** foi constatada a existência de regulagem de inclinação para os *displays*, com o objetivo de atenuar este acréscimo de altura, conforme havia sido solicitado;

- **distância entre displays:** verificou-se que os mesmos compõem um único conjunto com o teclado e estão distanciados por 10cm;

- **atuação síncrona do comando bimanual:** foi implantada;

- **distância entre botões do comando bimanual /altura do comando bimanual (botão avançar + botão fim) / colares de proteção em volta dos dispositivos de atuação de comando:**

Algumas medidas foram implantadas para evitar os tipos de burla e a prevenção da operação acidental. São elas:

a) prevenção da burla pela utilização na utilização de uma mão: dispositivos de atuação de comando de diferentes direções de operação;

b) prevenção da burla da mão e cotovelo do mesmo braço: dentre as sugestões que a norma estipula, adotou-se a que se refere a dispositivos de atuação de comando de diferentes direções de operação;

c) prevenção de burla na utilização do (s) antebraço (s) ou cotovelo (s): os colares para os dispositivos de atuação de comando ainda não foram colocados;

d) prevenção de burla na utilização de uma mão e qualquer outra parte do corpo (por exemplo, joelho, quadris): os dispositivos de atuação de comando foram instalados em uma superfície vertical, faltando ainda a colocação dos colares de proteção em volta dos dispositivos de atuação de comando;

e) prevenção da operação acidental: as medidas sugeridas para prevenção dos tipos de burla ajudam a minimizar a atuação acidental. Outra medida que se aplica neste caso, ou seja, para os dispositivos mecânicos de atuação de comando, são as necessidades para atuação deliberada com relação à força e deslocamentos necessários.

- **altura da chave liga/desliga o equipamento:** a altura da chave liga / desliga do equipamento está localizada a 93 cm de altura no novo equipamento. Como a bancada (suporte p/ o equipamento) terá 93 cm de altura, a mesma ficará a 186 cm de altura. Com a bancada a 93 cm de altura, a chave liga/desliga deverá ser rebaixada em 31cm, devendo ficar a 155cm de altura com relação ao piso, afim de permitir o alcance da mesma;

- **distância entre comandos bimanuais:** com relação a distância entre comandos bimanuais, verificou-se que os mesmos estão a 14 cm de distância;
- **botão de carga indutiva – estrobo:** não existe mais;
- **botão de carga nominal – estrobo:** não existe mais;
- **botão de tensão:** não existe mais;
- **botão desligar luz estroboscópica e tensão:** não existe mais;
- **botão de acionamento do sabão:** não existe mais, pois o acionamento do mesmo passou a ser automático;
- **botões de ajuste do equipamento ( Carga Nominal e Indutiva):** não existem mais;
- **inserir dados de ajuste através de teclado:** foi feita a inclusão de um teclado para a entrada de dados;
- **altura da borda superior do teclado:** verificou-se que a solicitação para que o teclado ficasse em uma posição mais adequada, tal como a altura do centro dos medidores, não foi atendida, ficando o mesmo junto aos *displays*. O representante da empresa justificou que tal situação ocorreu por falta de espaço junto ao local solicitado. Verificou-se também que as intervenções junto ao teclado não eram apenas para acertar parâmetros de ajuste de cada lote (“uso do teclado seria mínimo”), como afirmava o representante da empresa. O mesmo afirmou que realmente tal fato estava ocorrendo, mas seria facilmente contornado por programação do equipamento;
- **lâmpada para orientar operador para atender outra borneira:** as lâmpadas foram colocadas;
- **altura da esteira:** a esteira permaneceu com a mesma altura.

#### 4.9.2 2º Passo: Teste e Acompanhamento do Projeto Proposto a partir do Protótipo

Com a chegada do novo equipamento de pré-calibração (Ver Fig. 11) em meados de setembro de 1999, procedeu-se ao teste e acompanhamento do projeto proposto, a partir do posto-piloto montado com este equipamento. Esta fase durou até meados de janeiro de 2000.

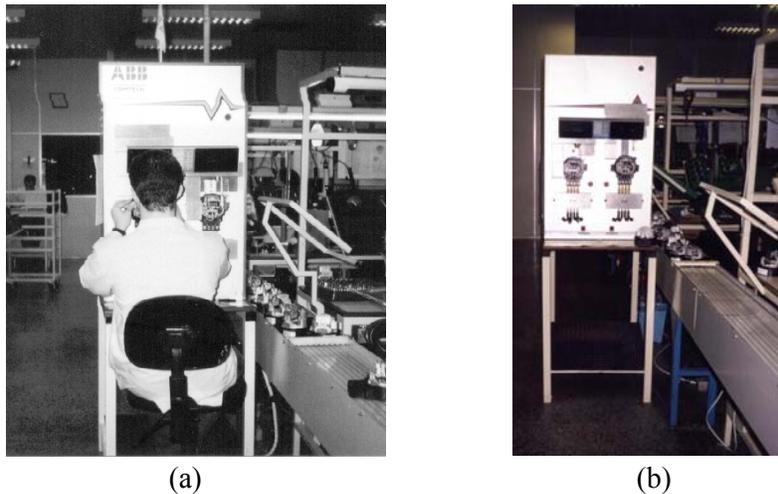


FIGURA 11– Novo posto de pré-calibração.

#### Descrição do teste e acompanhamento

Nas primeiras semanas, três pessoas trabalharam com este novo equipamento. Os principais problemas identificados através de entrevista espontânea foram: bancada baixa demais, falta de apoio para os pés, borneiras expostas e teclado elevado. Através da observação direta, constatou-se, no equipamento, os seguintes problemas: faltava um tapete de borracha, *displays*, bem como o teclado, mais altos do que o recomendado, borneiras sem isolamento elétrica, faltavam colares para os botões de comando bimanual e a altura da chave liga/desliga o equipamento muito alta (a 93 cm de altura no novo equipamento quando deveria ficar a 65 cm para uma bancada com 90 cm de altura). Também constatou-se que: a) na construção da bancada não foram observadas as dimensões recomendadas; b) falta um apoio para os pés; c) falta um espaço adequado na bancada para a colocação das ferramentas manuais utilizadas na pré-calibração. Estes problemas foram então encaminhados aos responsáveis pela construção da bancada e do equipamento, solicitando providências para saná-los. A fim de melhor solucionar alguns problemas apresentados entendeu-se como necessário a realização de um quarto ensaio (Ver Anexo 10). Uma nova proposta para a bancada foi repassada após a realização do quarto ensaio (Ver Anexo 11, Fig. 6).

#### 4.9.3 3º Passo: Ajustes Finais.

Dentre as correções propostas, a única modificação realizada foi com relação à bancada (realizada no mês de novembro de 1999); porém, o apoio de pés não foi construído conforme as especificações (Ver Quadro 9).

QUADRO 9 – Dimensões do apoio de pés.

<b>Apoio para os pés</b>	<b>Dimensões Recomendadas</b>	<b>Dimensões Aplicadas</b>
Comprimento (cm)	60,00	60,00
Profundidade (cm)	85,92	50,28
Ângulo (°)	15,00	17,35
Altura mínima (parte frontal ) em relação ao solo (cm)	15,89	16,00
Altura máxima (parte de trás) em relação ao solo (cm)	38,12	31

Em função de que os demais ajustes pretendidos não foram realizados até meados de janeiro de 2000 e entendendo-se que já havia transcorrido tempo suficiente para que alguns funcionários tivessem experimentado este novo posto e assim pudessem manifestar sua opinião, passou-se à última etapa da aplicação do método, que foi a de coleta de indicadores.

#### 4.9.4 4º Passo: Coleta de Indicadores quanto à Adequação do Projeto Proposto.

Para avaliar as soluções implantadas a fim de atender a demanda gerada pelos trabalhadores (IDEs), aplicou-se um 3º questionário (Ver Anexo 7). Neste questionário, os trabalhadores foram questionados quanto a satisfação com relação aos Itens de Demanda Ergonômica levantados pelos próprios trabalhadores no início do trabalho e com relação aos Itens de *Design* considerados no projeto do posto. Um 4º questionário foi também aplicado. Neste, constavam questões relativas à organização do trabalho, *layout* e às condições ambientais e que já haviam sido questionadas anteriormente no 2º questionário aplicado. Este último questionário teve como propósito verificar se alterações no posto provocariam alterações na satisfação dos funcionários com relação às questões da organização do trabalho, ao *layout* e as condições ambientais.

Os resultados obtidos com relação a satisfação dos trabalhadores são apresentados e discutidos no capítulo 5, a seguir.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 RESULTADOS

#### 5.1.1 Itens de Demanda Ergonômica (IDEs)

Com o propósito de verificar a eficácia das melhorias adotadas para a satisfação dos funcionários, com relação aos IDEs, aplicou-se o teste *t*-pareado. Algumas variáveis mostraram-se significativamente correlacionadas, o que motivou o teste.

Foram comparados os graus de satisfação dos funcionários antes e depois da intervenção ergonômica, para cada um dos Itens de Demanda Ergonômica (principais elementos de insatisfação) levantados, descritos a seguir:

- a) leitura dos parâmetros de pré-calibração (luz estroboscópica × displays);
- b) altura do centro do medidor;
- c) postura assumida para ajuste da tensão (C.P.);
- d) ajuste do equipamento (altura botões × teclado);
- e) movimento de pegar/colocar o medidor na esteira;
- f) grau de automatização do equipamento;
- g) encaixe do medidor na borneira;
- h) a desmagnetização do freio utilizando o sabão;
- i) a postura geral de trabalho (postura incomoda).

Os valores atribuídos pelos participantes a cada um dos itens de demanda ergonômica (antes e depois da intervenção ergonômica) são mostradas na Tab. 14. As médias aritméticas e os respectivos desvios padrões para cada um dos Itens de Demanda Ergonômica (medidos com relação a satisfação) antes e depois da intervenção ergonômica são mostradas na Tab. 15. Os resultados do teste *t*-pareado são apresentados na Tab. 16.

TABELA 14 - Grau de satisfação com relação aos principais itens de demanda ergonômica (IDEs) listados pelos usuários.

Itens de Demanda Ergonômica (IDEs) listadas pelos usuários	Participante / Situação													
	A		B		C		D		E		F		G	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Leitura dos parâmetros de pré-calibração (luz estrobosc. × <i>displays</i> )	4,8	12,9	1,3	13,9	10,8	10,4	3,2	12,2	0,5	13,2	5,5	10,3	2,1	14
Altura do centro do medidor	0,5	12,9	8	13,8	9,5	10,9	7,5	5,7	7,5	12,4	2,8	10,4	4,3	12,8
Postura assumida p/ ajuste da tensão (C.P.)	2,8	7,5	1	8,3	8,2	8,3	1,2	4,6	0	6,4	4,7	5,9	4,6	11,6
Ajuste do equipamento (altura botões × teclado)	10,9	12,4	0,9	14,8	5	9,4	11,1	11,9	1,6	8,4	8,1	10,5	10,9	13,5
Movimento de pegar/colocar o medidor na esteira	7,5	7,5	2,1	11,5	8,2	9,8	3,6	9,3	0	8,2	8,2	7,5	10,9	13,2
Grau de automatização do equip.	0	12,7	5,8	14,1	8	9	5,1	13,5	0	11,3	1,3	10,1	2,6	13,7
Encaixe do medidor na borneira	9,4	12,9	10,9	14,2	12,7	10	1,3	13,1	0	13,5	8	10,4	6,3	13,4
A desmagnetização do freio utilizando o sabão	0	13,8	8,1	14,7	8,4	13,6	8,3	13,1	0,8	14	7,2	10,7	6,1	14,2
Postura geral de trabalho (postura incomoda)	0	7,5	6,7	8,8	8,6	7,5	4,7	6,2	0,9	7,8	0,3	0,5	6,4	12,2

(Legenda: Antes da intervenção = situação 1/ Depois da intervenção = situação 2)

Obs.: os números no corpo da tabela indicam a nota dada pelo usuário em uma escala contínua que varia de zero (pouco satisfeito) a 15 (muito satisfeito). Para maiores detalhes do procedimento de obtenção dos dados apresentados ver seção 4.3.1.2.

TABELA 15 – Principais Itens de demanda ergonômica (IDEs) - médias e desvios padrões.

Var. nº	Itens de Demanda Ergonômica	Situação	Média	Desvio Padrão
1	Leitura dos parâmetros de pré-calibração (luz estroboscópica × <i>displays</i> )	Antes	4,0286	3,486
2		Depois	12,4143	1,5356
3	Altura do centro do medidor	Antes	5,7286	3,2561
4		Depois	11,2714	2,7262
5	Postura assumida para ajuste da tensão (C.P.)	Antes	3,2143	2,8416
6		Depois	7,5143	2,2461
7	Ajuste do equipamento (altura botões × teclado)	Antes	6,9286	4,4492
8		Depois	11,5571	2,2678
9	Movimento de pegar/colocar o medidor na esteira	Antes	5,7857	3,9283
10		Depois	9,5714	2,1399
11	Grau de automatização do equipamento	Antes	3,2571	3,1048
12		Depois	12,0571	1,9629
13	Encaixe do medidor na borneira	Antes	6,9429	4,7682
14		Depois	12,5	1,6269
15	A desmagnetização do freio utilizando o sabão	Antes	5,5571	3,6189
16		Depois	13,4429	1,3075
17	A postura geral de trabalho (postura incomoda)	Antes	3,9429	7,2143
18		Depois	7,2143	3,5116

TABELA 16 – Resultados teste-t pareado - IDEs listados pelos usuários.

<b>Pares</b>	<b>Diferença Significativa (Sim / Não)</b>	<b>Nível de Significância (p)</b>
Par 1: Var 1 e Var 2	Sim	0,004
Par 2: Var 3 e Var 4	Sim	0,02
Par 3: Var 5 e Var 6	Sim	0,007
Par 4: Var 7 e Var 8	Sim	0,036
Par 5: Var 9 e Var 10	Sim	0,046
Par 6: Var 11 e Var 12	Sim	0,041
Par 7: Var 13 e Var 14	Sim	0,002
Par 8: Var 15 e Var 16	Sim	0,045
Par 9: Var 17 e Var 18	Sim	0,001

(Obs.: valores de  $p \leq 0,05$  indicam diferença significativa de pelo menos 95% de confiança)

### 5.1.2 Organização do Trabalho e *Layout*.

Com o propósito de verificar a eficácia das melhorias adotadas para a satisfação dos funcionários, com relação a organização do trabalho e ao *layout*, aplicou-se o teste *t*-pareado. Algumas variáveis mostraram-se significativamente correlacionadas, o que motivou o teste.

Foram comparados os graus de satisfação dos funcionários antes e depois da intervenção ergonômica, para cada um dos itens referentes a organização do trabalho e ao *layout*.

Os valores atribuídos por cada um dos participantes para as questões relativas à organização do trabalho e ao *layout* (antes e depois da intervenção ergonômica) são mostradas no Tab. 17. As médias aritméticas e os respectivos desvios padrões para cada um dos itens relativos a organização do trabalho e *layout* (medidos com relação a satisfação) antes e depois da intervenção ergonômica são mostradas na Tab. 18. Os resultados do teste *t*-pareado são apresentados na Tab. 19.

TABELA 17 - Grau de satisfação com relação a organização do trabalho e *layout*.

<b>Participantes</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>H</b>	<b>H</b>
<b>Situação</b>	<b>1</b>	<b>2</b>												
Ritmo de trabalho	0	13,3	7,5	12,8	8,3	10,8	9,1	10,9	7,3	7,2	8,7	8,8	7,5	13,3
Fazer Rodízio	7,5	13	15	13,5	11,5	10,2	0	14,9	11,2	12,7	8,5	13	15	13,4
Não fazer rodízio	0	2	0	0,1	0,8	3,5	0	1,3	1,7	4,2	7,1	6,6	0	0,8
Trabalho	7,5	13,2	7,5	10	7,9	11,2	10,2	12,3	0	10,4	9,8	9,5	15	13,6
Novo <i>layout</i>	15	13,5	7,5	12,3	7,2	9,1	15	14,8	15	12,2	7,9	7,5	15	13,5

(Legenda: Antes da intervenção = situação 1/ Depois da intervenção = situação 2)

Obs.: os números no corpo da tabela indicam a nota dada pelo usuário em uma escala contínua que varia de zero (pouco satisfeito/muito monótono- para o trabalho) a 15 (muito satisfeito/muito agradável – para o trabalho). Para maiores detalhes do procedimento de obtenção dos dados apresentados ver seção 4.3.1.2.

TABELA 18 – Itens com relação a organização do trabalho e *layout* - médias e desvios padrões.

<b>Var. nº</b>	<b>Itens</b>	<b>Situação</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
1	Ritmo de trabalho	Antes	6,9143	3,1233
2		Depois	11,0143	2,3505
3	Fazer Rodízio	Antes	9,8143	5,1953
4		Depois	12,9571	1,4105
5	Não fazer rodízio	Antes	1,3714	2,6069
6		Depois	2,6429	2,2693
7	Trabalho	Antes	8,2714	4,4921
8		Depois	11,4571	1,6061
9	Novo <i>layout</i>	Antes	11,8	3,9962
10		Depois	11,8429	2,6127

TABELA 19 – Resultados teste *t*-pareado - Itens com relação a organização do trabalho e *layout*.

Pares	Diferença Significativa (Sim / Não)	Nível de Significância (p)
Par 1: Var 1 e Var 2	Não	0,059
Par 2: Var 3 e Var 4	Não	0,211
Par 3: Var 5 e Var 6	Sim	0,032
Par 4: Var 7 e Var 8	Não	0,076
Par 5: Var 9 e Var 10	Não	0,966

(obs.: valores de  $p \leq 0,05$  indicam diferença significativa de pelo menos 95% de confiança)

### 5.1.3 Conforto Ambiental

Com o propósito de verificar o impacto das alterações do posto, na percepção do conforto ambiental pelos trabalhadores, aplicou-se o teste *t*-pareado. Algumas variáveis mostraram-se significativamente correlacionadas, o que motivou o teste.

Foram comparados os graus de satisfação dos funcionários antes e depois da intervenção ergonômica, para cada um dos itens referentes ao conforto ambiental.

Os valores atribuídos por cada um dos participantes para as questões relativas ao conforto ambiental (antes e depois da intervenção ergonômica) são mostradas no Tab. 20. As médias aritméticas e os respectivos desvios padrões para cada um dos itens relativos ao conforto ambiental (medidos com relação a satisfação) antes e depois da intervenção ergonômica são mostradas na Tab. 21. Os resultados do teste *t*-pareado são apresentados na Tab. 22.

TABELA 20 - Grau de satisfação com relação ao IDE (opinião de especialistas): conforto ambiental.

Participante Situação	A		B		C		D		E		F		H	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Condições térmicas	11,1	7,7	15	6	8,6	7,7	15	6	11,4	7,9	9,1	7,5	15	7,4
Condições de ruído	15	13,6	0	8,7	8,1	9,7	9,6	3,8	0	7,5	11,8	7,5	7,5	7
Condições do iluminação geral do ambiente	7,5	7	7,5	7,3	7,8	9,5	10	3,4	0	3,3	8,8	7,6	0	3,7

(Legenda: Antes da intervenção = situação 1/ Depois da intervenção = situação 2)

Obs.: os números no corpo da tabela indicam a nota dada pelo usuário em uma escala contínua que varia de zero (com frio/pouco ruído/pouca luz, respectivamente, para as condições térmicas, condições de ruído e condições do iluminação geral do ambiente) a 15 (com calor/muito ruído/muita luz, respectivamente, para as condições térmicas, condições de ruído e condições do iluminação geral do ambiente). Para maiores detalhes do procedimento de obtenção dos dados apresentados ver seção 4.3.1.2.

TABELA 21 - Itens de demanda ergonômica (IDEs - opinião de especialistas): conforto ambiental - médias e desvios padrões.

Var. nº	Itens de Demanda Ergonômica	Situação	Média	Desvio Padrão
1	Condições térmicas	Antes	12,1714	2,8265
2		Depois	7,1714	0,8159
3	Condições de ruído	Antes	7,4286	5,6565
4		Depois	8,2571	2,9838
5	Condições do iluminação geral do ambiente	Antes	5,9429	4,1545
6		Depois	5,9714	2,4777

TABELA 22 – Resultados teste *t*-pareado - Itens de demanda ergonômica (IDEs - opinião de especialistas).

Pares	Diferença Significativa (Sim / Não)	Nível de Significância (p)
Par 1: Var 1 e Var 2	Sim	0,009
Par 2: Var 3 e Var 4	Não	0,706
Par 3: Var 5 e Var 6	Não	0,983

(Obs.: valores de  $p \leq 0,05$  indicam diferença significativa de pelo menos 95% de confiança)

#### 5.1.4 "Novo Posto de Pré-calibração"

Os valores atribuídos por cada um dos participantes com relação ao “novo posto de pré-calibração (após a intervenção ergonômica) são mostradas na Tab. 23.

TABELA 23 - Grau de Satisfação com relação ao "novo posto de pré-calibração"- médias e desvios padrões.

Item	Participante										Média	Desvio Padrão
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
Novo posto de pré-calibração	14,3	13,8	10	11,9	12,4	1,1	11,6	11,7	12,6	14,8	11,42	3,69589
<b>Avaliação dos IDEs após intervenção (média das médias)</b>											10,83	2,236238

### 5.1.5 Itens de *Design*

Os valores atribuídos por cada um dos participantes para cada um dos Itens de *Design* (após a intervenção ergonômica) são mostradas no Tab. 24.

TABELA 24 - Grau de satisfação com relação aos Itens de *Design* implementados com a intervenção ergonômica.

Grau de Satisfação com relação aos Itens de <i>Design</i> Implementados	Participantes									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Cor do painel	13,3	14,3	13,1	13,5	13,6	10,6	13,7	11,6	13,7	13,7
Comprimento do painel	13,1	14,3	12,7	9,6	14	10,5	13,8	11,8	13,4	13,5
Altura do painel	13	14,1	5,8	3,8	13,7	8,4	14	12,3	13,8	12,3
Profundidade do painel	13,5	14,3	7,5	6,2	13,8	8,2	14	12,1	13,6	7,7
Possibilidade de pré-calibrar dois medidores ao mesmo tempo	13,2	14,3	7,5	13,2	11,2	8,4	13,8	13,9	7,5	14,6
Distância entre os medidores	13,3	14,4	9,4	9,5	12,8	8,2	13,6	11,8	13,4	14,2
Altura dos <i>displays</i>	13,2	14,2	5,8	4,9	11,3	8,3	13,3	12,1	13,6	13,9
Possibilidade de regulagem de inclinação dos <i>displays</i>	12,5	14,3	10,5	12,9	13,8	8,2	14,1	12,2	13,5	14,6
Distância entre os <i>displays</i>	12,7	13,8	12,5	12,9	12,7	8,4	13,8	12,5	13,6	13
Altura da chave liga/desliga o equip.	13,7	14,4	12,7	10	13,5	8,9	13,3	12,2	13,6	7,8
Existência de dois botões (comandos bimanuais) p/ acionamento do pistão que prende o medidor	13,6	13,8	9,7	11,5	10,7	8,6	13,5	13,9	13,5	13
Forma dos botões de iniciar e fim (comandos bimanuais) p/ acionamento do pistão que prende o medidor	13	9,5	10,1	9,9	12,2	8,6	13,5	13,8	13,4	13,5
Distância entre os botões de iniciar/ fim (comandos bimanuais) p/ acionamento do pistão que prende o medidor	13,1	10	11,7	11,8	12,1	8,5	13,2	11,8	13,4	13,4
Altura dos botões iniciar e fim (comandos bimanuais)	13,5	12,2	9,3	11,2	10,7	8,2	13,2	12	13,3	12,9
Distância entre os botões bimanuais	13,2	10,2	10,9	10,6	10	8,3	13,6	11,6	13,3	13,6
Eliminação dos botões de carga indutiva, de carga nominal, de tensão e de desligar luz estroboscópica e tensão	13,3	12,8	12,3	13,2	7,3	8,4	13,9	11,5	13,4	13,4
Inserir dados através do teclado	7,6	13	12,1	12,8	10,3	8,1	13,9	1	13,5	14,2
Altura do teclado	7,5	12,9	12,8	10,1	6,7	8,1	13,8	11,4	13,4	14,4
Luz para orientar o operador a atender outra borneira	7,4	6,5	7,7	12,2	11,2	4,2	13,8	0,9	13	7,8
Altura da esteira	7,7	8,8	6,2	3,2	10,9	8,3	12,5	10,9	13,2	12
O comprimento da bancada	7,4	6,7	9,3	3,1	11	1	13	11,6	12,2	12,3
A altura da bancada	13,6	6,2	5,8	1,9	7,8	0,8	12,2	0,9	8	11,6
A profundidade da bancada	13,5	6,6	7,4	1,8	10,1	1,1	12,7	11,7	8,2	8,2
A espessura do tampo da bancada	7,5	12,4	8,3	6,6	11,2	0,6	12,9	7,5	12,7	8
Espaço na bancada para ferramentas	13,2	13,8	6,1	2,6	11,3	0	13	7,5	13,6	13,1
Altura da plataforma para apoio dos pés	13,2	11	7,6	6	9,2	0,6	9,5	11,1	12,7	13
Profundidade da plataforma p/ apoio dos pés	13	11	7,1	4,6	9,2	0,6	10,1	11,3	12,4	11
Comprimento da plataforma p/ apoio dos pés	12,8	12,8	8,6	9,1	11	0,4	9,8	11,2	11,6	11,9
Ângulo de inclinação da plataforma para apoio dos pés	13,4	11,7	9,3	3	12,1	0,6	11,5	3,8	11,4	13,1

A comparação das médias de cada um dos Itens de *Design* com a média das médias dos IDEs após a intervenção é feita na Tab. 25.

TABELA 25 – Itens de *Design* (IDs) - médias e desvios padrões.

<b>Grau de Satisfação com relação aos Itens de <i>Design</i> Implementados</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Cor do painel	13,11	1,128864
Comprimento do painel	12,67	1,563507
Possibilidade de regulagem de inclinação dos displays	12,66	3,750793
Distância entre os displays	12,59	3,264098
Existência de dois botões (comandos bimanuais) p/ acionamento do pistão que prende o medidor	12,18	2,892596
Distância entre os medidores	12,06	2,233682
Altura da chave liga/desliga o equipamento	12,01	3,469614
Eliminação dos botões de carga indutiva (que ligava o estrobo), de carga nominal (que ligava o estrobo), de tensão e de desligar luz estroboscópica e tensão	11,95	1,982815
Distância entre os botões de iniciar e fim (comandos bimanuais) p/ acionamento do pistão que prende o medidor	11,9	1,55667
Possibilidade de pré-calibrar dois medidores ao mesmo tempo	11,76	2,283491
Forma dos botões de iniciar e fim (comandos bimanuais) p/ acionamento do pistão que prende o medidor	11,75	1,925732
Altura dos botões iniciar e fim (comandos bimanuais)	11,65	1,998472
Distância entre os botões bimanuais	11,53	1,595131
Altura do painel	11,12	1,797066
Altura do teclado	11,11	1,834878
Profundidade do painel	11,09	2,27706
Altura dos displays	11,06	4,11751
<b>Avaliação dos IDEs após intervenção (média das médias)</b>	<b>10,83</b>	<b>2,236238</b>
Inserir dados através do teclado	10,65	2,828604
Comprimento da plataforma para apoio dos pés	9,92	4,108271
Espaço na bancada para ferramentas	9,42	3,134769
Altura da plataforma para apoio dos pés	9,39	4,137417
Altura da esteira	9,37	4,199484
Profundidade da plataforma para apoio dos pés	9,03	4,199484
Ângulo de inclinação da plataforma para apoio dos pés	8,99	3,757674
A espessura do tampo da bancada	8,77	5,063991
O comprimento da bancada	8,76	3,887716
Luz para orientar o operador a atender outra borneira	8,47	3,881881
A profundidade da bancada	8,13	3,639231
A altura da bancada	6,88	4,699515

### 5.1.6 Itens de Demanda (opinião de especialistas)

Os valores atribuídos por cada um dos participantes com relação aos Itens de Demanda (opinião de especialistas), após a intervenção ergonômica, são mostradas na Tab. 26.

TABELA 26 - Grau de satisfação com relação aos itens de demanda (opinião de especialistas) após as modificações.

Participante	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Média	Desvio Padrão
Possibilidade de alternar entre a postura de pé e a sentada	13,8	9,3	4,8	3,4	7	6,3	8	0,7	6,1	12,9	7,2	4,02217
Segurança na operação do equipamento	13,7	13,9	11,6	12,4	13,7	11	13,9	11,4	13,6	14,3	13	1,22497
Apoio para pés	13,5	9	12	5,6	11,6	6,7	8,6	13,9	11,1	-	10,22	2,91538
<b>Avaliação dos IDEs após intervenção (média das médias)</b>											10,83	2,236238

## 5.2 DISCUSSÃO

### 5.2.1 Itens de Demanda Ergonômica (IDEs)

A partir da Tab. 16, pode-se verificar que para todos os IDEs ocorreram diferenças estatísticas significativas. Com base na comparação entre as médias, expostas na Tab. 15, pode-se observar que estas diferenças são positivas, ou seja, ocorreu um aumento na satisfação dos trabalhadores com relação aos Itens de Demanda Ergonômica. Isto reforça a idéia de que a participação dos usuários no desenvolvimento de postos de trabalho possibilita o *design* com características voltadas para o atendimento das demandas levantadas pelos próprios usuários, aumentando o conforto e a satisfação destes. Assim, o aumento na satisfação dos usuários, provavelmente ocorreu em função do envolvimento dos usuários e, também, porque todos os Itens de Demanda Ergonômica comparados (principais elementos de insatisfação identificados pelos usuários junto aos postos de pré-calibração) foram atendidos através de Itens de *Design* (relacionados com os IDEs) contemplados no *design* ergonômico do posto de pré-calibração.

### 5.2.2 Organização do Trabalho e *Layout*

A partir da Tab. 19, pode-se verificar que somente para o item “não fazer rodízio” ocorreu uma diferença estatística significativa. Com base na comparação entre as médias, expostas na Tab. 18, pode-se observar que esta diferença é positiva, ou seja, as pessoas mostraram-se menos insatisfeitas com o fato de permanecer no mesmo posto (de pré-calibração). Acredita-se que a redução da insatisfação dos trabalhadores com relação ao item “não fazer rodízios”, seja função das melhorias realizadas junto ao posto de pré-calibração.

Embora não tenha ocorrido diferença estatística significativa nas médias, com relação ao item “fazer rodízios”, acredita-se que os trabalhadores estão satisfeitos com relação ao referido item, visto que, a média após a intervenção tem um valor igual a 12,9571, valor que está próximo de uma situação muito satisfatória que é representado por um valor igual a 15 (ponto que equivale a muito satisfeito, em uma escala contínua de 15 cm). Com base nos resultados obtidos sobre o rodízio, bem como nos comentários feitos, no segundo questionário (pré-modificações), acredita-se que os trabalhadores entendem que o rodízio é uma das formas de controle na prevenção da DORT. Desta forma, fica claro que a empresa pode intensificar os treinamentos para a formação de “trabalhadores multifuncionais” (que vão facilitar a realização dos rodízios), bem como o estímulo aos trabalhadores para que realizem os rodízios.

Observa-se, a partir da Tab. 19, que não ocorreram diferenças estatisticamente significativas nas médias antes e depois da intervenção para os itens “novo *layout*”, “trabalho” e “ritmo de trabalho”. No entanto, há forte evidência de que os trabalhadores estão mais satisfeitos com o ritmo no novo sistema (é significativa a 94% de confiança) e com o conteúdo do trabalho (significante a 92% de confiança).

### 5.2.3 Conforto Ambiental

Com base na Tab. 22, pode-se verificar que somente para as condições térmicas ocorreram diferenças significativas. Com base na comparação entre as médias antes da intervenção (12,1714) e depois da intervenção (7,1714), expostas na Tab. 21, para as condições térmicas, pode-se observar que ocorreu um aumento na satisfação dos trabalhadores com relação ao

item condições térmicas. A situação antes da intervenção, na média, refletia uma situação mais próxima a “com calor” (âncora no questionário que tinha um peso igual a 15,0) e a situação após a intervenção reflete, na média, uma situação mais próxima a condição “confortável”, ou seja, nem “com calor” nem “com frio” (âncora no questionário que tinha um peso igual a 7,5). Como a temperatura no ambiente de pré-calibração deve ser mantida ao redor de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  (exigência em norma para a calibração), acredita-se que o aumento na satisfação em relação às condições térmicas, deva-se às estações do ano, pois o segundo questionário (pré-modificações) que contemplava este item antes da intervenção, foi aplicado no inverno (julho de 1999) e o quarto questionário (pós-modificações) que contemplava este item após a intervenção, foi aplicado no verão (janeiro de 2000). Assim os  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  podem representar uma faixa de conforto no verão, mas não no inverno, onde seria necessário temperaturas mais baixas para estabelecer uma condição de conforto. Isto está de acordo com Szokolay S. V. (1980).

Os valores obtidos para as médias das condições de iluminação geral do ambiente, antes e depois da intervenção (Ver Tab. 21), são valores quase idênticos e que não apresentam diferença estatística significativa. Estes valores (média antes era igual ao valor 5,9429 e a média depois é igual ao valor 5,9714) estão abaixo de uma situação satisfatória que é de 7,5 (ponto neutro em uma escala contínua de 15 cm). Lembrando que para realizar esta avaliação, utilizou-se uma escala contínua, de 15 cm, com duas âncoras nas extremidades (zero que indicava pouca luz e o 15 que indicava muita luz) e uma âncora no centro (7,5 que indicava o ponto neutro). Em função do exposto e do fato de que as medições de iluminação realizadas revelaram valores abaixo do recomendado pela NBR 5413 - Iluminância de Interiores (ABNT, 1992) reforça-se a idéia de que devam ocorrer melhorias na iluminação geral deste ambiente. Salienta-se que a principal insatisfação ocorre para o equipamento de pré-calibração da célula 3 (próxima da parede).

No que diz respeito às condições de ruído, os valores obtidos para as médias, antes e depois da intervenção (Ver Tab. 21), também não apresentam diferenças estatísticas significativas. Isto era esperado já que não ocorreram alterações com relação a este agente. Estes valores (média antes era igual ao valor 7,4286 e a média depois é igual ao valor 8,2571) estão próximos de uma situação satisfatória que é de 7,5 (ponto neutro em uma escala contínua de 15 cm). Para realizar esta avaliação, utilizou-se uma escala contínua, de 15 cm, com duas âncoras nas extremidades (zero que indicava pouca ruído e o 15 que indicava muito ruído) e

uma âncora no centro (7,5 que indicava o ponto neutro). Este dado e o fato de que as medições de ruído realizadas não revelaram valores elevados, ou seja, a dose de ruído para uma jornada de 9 horas foi de 13,97 %, o que equivale a 70,6 dB(A), indicam que dificilmente existirá risco de ocorrerem perdas auditivas nos trabalhadores, em função deste nível de ruído. Segundo a NR-17 (Segurança e Medicina do Trabalho, 1999), quando deseja-se obter uma condição de conforto para os trabalhadores, com relação ao ruído, o ideal é obter valores mais baixos, da ordem de 65 dB(A) ou menos, devido à natureza da atividade realizada (atividade que exige solicitação intelectual e atenção constante). Isto pode ser conseguido, adotando-se medidas de controle para o ruído junto às células de montagem dos medidores monofásicos e polifásicos, onde o ruído é produzido principalmente por aparafusadeiras pneumáticas.

#### **5.2.4 “Novo Posto de Pré-Calibração”**

No caso deste item não foi possível adotar a mesma comparação utilizando o teste *t*-pareado, já que não foi feita uma avaliação pré-modificação do posto. Desta forma, comparou-se a média obtida no item com a média das médias dos Itens de Demanda Ergonômica.

A média aritmética (11,42) obtida para a satisfação com relação ao “Novo Posto de Pré-Calibração” (Ver Tab. 23) é superior à média das médias (10,83) dos IDEs após a intervenção ( Ver Tab. 23), o que parece indicar, na média, a satisfação dos usuários com relação ao novo posto de pré-calibração. Acredita-se que isto se deve ao fato de terem sido atendidas as principais demandas dos trabalhadores (IDEs).

#### **5.2.5 Itens de *Design***

Com base na comparação das médias de cada um dos Itens de *Design* (itens que têm como propósito atender à demanda ergonômica) com a média das médias dos IDEs após a intervenção ( Ver Tab. 25), verifica-se que os Itens de *Design* referentes ao apoio dos pés (comprimento, altura, ângulo e profundidade), a esteira (altura), a bancada (comprimento, profundidade, altura, a espessura do tampo e espaço para colocação das ferramentas), a questão de inserir dados através do teclado e a luz para orientar o operador a atender outra borneira apresentam médias abaixo da média das médias dos IDEs, o que parece indicar, na média, a insatisfação dos usuários com relação a estes itens. Salienta-se que, de acordo com a

Tab. 13, a altura da bancada, o comprimento da bancada, o espaço para ferramentas e a profundidade da bancada são Itens de *Design* prioritários no projeto.

As possíveis razões para a ocorrência de tais fatos são:

a) alguns operadores do equipamento podem ter confundido a bancada atual (mesa utilizada para suporte do equipamento) com a bancada que foi colocada provisoriamente (a qual não possuía apoio de pés, tendo sido improvisado um apoio de pés com uma caixa plástica), mas que ficou por quase dois meses;

b) não atendimento, na íntegra, do projeto proposto para a bancada, ou seja, o apoio de pés não foi construído exatamente como solicitado;

c) as soluções de compromisso adotadas para o posto provocaram esta situação.

Os demais Itens de *Design* apresentam média superior à média das médias dos IDEs (10,83) após a intervenção ( Ver Tab. 25), o que parece indicar, na média, a satisfação dos usuários com relação a estes itens.

### **5.2.6 Itens de Demanda (opinião de especialistas)**

A média aritmética (13) obtida para a satisfação com relação à “segurança na operação do equipamento” (Ver Tab. 26) é superior à média das médias dos IDEs (10,83) após a intervenção ( Ver Tab. 26), o que pode indicar, na média, a satisfação dos usuários com relação à “segurança na operação do equipamento de pré-calibração”. Os itens “possibilidade de alternar entre a postura de pé e a sentada” e “apoio para pés” apresentam médias abaixo da média das médias dos IDEs, o que parece indicar, na média, a insatisfação dos usuários com relação a estes itens.

Apesar de não terem sido implantadas algumas medidas necessárias para garantir a segurança dos trabalhadores, tais como, isolamento das borneiras, colocação de um tapete de borracha e colocação de colares de proteção em volta dos botões de comando bimanuais, acredita-se que os mesmos sintam-se relativamente seguros em função das medidas implantadas (aterramento elétrico do equipamento de pré-calibração, colocação de comandos bimanuais e atuação síncrona dos botões de comando bimanual), das orientações recebidas, dos procedimentos adotados para evitar os acidentes e da inexistência de acidentes graves e fatais na empresa em estudo. Cabe ressaltar que todos os participantes apresentaram opiniões individuais para este item, com valor acima da média das médias (Ver Tab. 26).

Com relação à alternância de postura, observou-se que a grande maioria dos trabalhadores (94,74%), quando questionados com relação à postura no segundo questionário (pré-modificação), optaram pela alternância entre de pé e sentado. Também observou-se que a postura normalmente adotada junto ao posto de pré-calibração é a postura sentada. Isto pode ser explicado pelo fato de que os funcionários que trabalham no posto de pré-calibração, normalmente fazem o rodízio com o posto de calibração, posto onde normalmente trabalham de pé. Desta forma, utilizam o posto de pré-calibração, trabalhando sentados, a fim de descansarem os grupos musculares envolvidos para a manutenção da postura de pé. Assim, acredita-se que a possível insatisfação decorre do fato do apoio de pés não estar adequado, conforme já mencionado anteriormente. Aliás, o item apoio de pés apresentou uma média abaixo da média das médias (Ver Tabelas 26).

### 5.2.7 Intervenção Ergonômica Realizada

Embora não se tenha indicadores específicos para o posto de pré-calibração, de uma maneira geral, pode-se concluir que a intervenção ergonômica na Asea Brown Boveri (ABB) foi bem sucedida. Tendo em vista que este trabalho é parte de um trabalho mais amplo de intervenção ergonômica na produção dos medidores de energia elétrica, não se pode precisar o quanto as melhorias no posto de pré-calibração contribuíram para este sucesso.

O trabalho como um todo resultou em 70% de redução dos casos de DORT na produção e contribuiu para um incremento de até 17% na produtividade de medidores polifásicos (Guimarães *et al*, 2000). A Fig. 12 ilustra os resultados obtidos para os casos de DORT e outros acidentes (ex.: ferimentos com chave de fenda, choque elétrico, fraturas, prensagem de dedos, etc.) no período da intervenção.

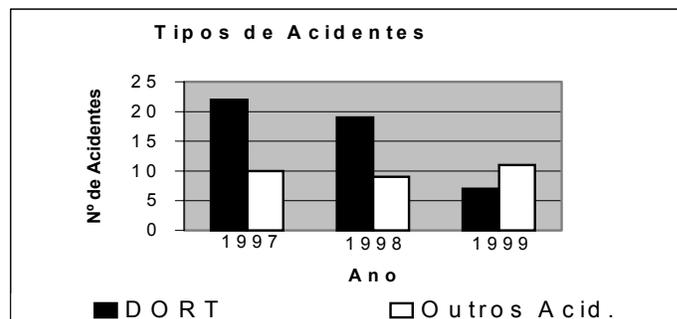


FIGURA 12 – Redução na incidência de DORT.

FONTE: Guimarães *et al* (2000).

## 6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONCLUSÃO

Apesar do levantamento do estado de arte do trabalho de calibração ter deixado claro que a ergonomia não é um item de projeto de tais equipamentos, este trabalho mostra que a ergonomia é fundamental para o *design* de postos mais adequados e que a margem de acerto do projeto aumenta com a participação dos usuários. Foi aplicado o método de Análise Macroergonômica do Trabalho (AMT) proposta por Guimarães (1999) e pôde-se verificar que a ferramenta de *Design* Macroergonômico, proposta por Fogliatto & Guimarães (1999), promoveu o projeto participativo do posto de pré-calibração, através da interação de usuários (trabalhadores) e especialistas.

Com base nesta participação, foi possível estabelecer um *ranking* de prioridade, para os Itens de *Design* a serem considerados no projeto do posto de trabalho de pré-calibração, *ranking* este determinado, essencialmente, pelos pesos de importância alocados aos itens de demanda ergonômica pelos usuários e especialistas, cumprindo, assim, o principal objetivo da metodologia de *Design* Macroergonômico, que é promover o desenvolvimento de projetos de postos de trabalho dentro de uma perspectiva participativa.

Para a definição dos valores alvo de alguns Itens de *Design*, foi necessária a realização de ensaios com protótipos, os quais possibilitaram o teste do projeto proposto e ajustes finais, auxiliando na verificação das soluções propostas.

Ficou evidente, com a utilização da metodologia de *Design* Macroergonômico, que os usuários têm ciência dos fatores que afetam o seu trabalho e quais são as prioridades de ação dentro de sua perspectiva. Este conhecimento permitiu o desenvolvimento do posto de trabalho com características voltadas para o atendimento das demandas identificadas pelos próprios usuários. Como exemplos podem ser citadas: a) a substituição da luz estroboscópica, necessária para realizar a leitura de dados no disco (principal elemento de insatisfação), por um sistema de leitura do disco através de sensor e com indicação de dados através de *display*; b) o encaixe do medidor no equipamento (era necessário o emprego de uma força de compressão) passando a ser realizado por um sistema automático por pistão, entre outras características.

A análise comparativa entre os postos pré e pós intervenção ergonômica, mostrou claramente que os principais problemas (demandas levantadas pelos trabalhadores) foram atendidos (para todos os Itens de Demanda Ergonômica ocorreram diferenças positivas e estatisticamente significativas).

O projeto ergonômico dos postos de pré-calibração de medidores monofásicos da empresa, através da participação de usuários e especialistas, possibilitou uma aceitação do novo equipamento e um aumento da satisfação dos trabalhadores.

Com relação à organização do trabalho, a empresa tem investido em modelos que permitem melhorias para a própria empresa e para os funcionários. Estas melhorias estão sendo conquistadas em função de uma política de capacitação dos funcionários, possibilitando a formação de uma mão-de-obra capaz de atuar em postos de trabalho diferentes, seguindo o próprio conceito de “trabalhadores multifuncionais” definido pela empresa, ou seja, “aquele que através de treinamento é capaz de ocupar todos os postos de uma célula de produção, produzindo com qualidade e produtividade”. A empresa, além do treinamento oferecido, tem estimulado os funcionários a fazerem rodízio com o objetivo de prevenção às DORT. Acredita-se que estas medidas têm começado a surtir efeito, pois há forte evidência de que os trabalhadores estão mais satisfeitos com o ritmo no novo sistema (é significativa a 94% de confiança) e com o conteúdo do trabalho (significante a 92% de confiança).

Os dados disponíveis (casos de DORT e produtividade) revelam que a intervenção ergonômica na empresa em estudo, obteve sucesso, embora não se possa precisar o quanto as melhorias no posto de pré-calibração contribuíram para este sucesso.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES

Devido à escassez de trabalhos de precisão realizados no Brasil, é fundamental que seja disseminado a importância de atentar para trabalhos de precisão. Especificamente com relação a ABB, tratando-se a pré-calibração de um ajuste grosseiro de calibração, e que influencia diretamente na calibração, recomenda-se fazer uso da análise ergonômica do trabalho junto a estes postos, dentro de uma perspectiva macroergonômica. Também recomenda-se a aplicação da ferramenta de *Design Macroergonômico* para os postos citados e para outros, com o objetivo de estimular, cada vez mais, a participação dos trabalhadores na busca de soluções dos problemas que afetam suas atividades laborais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASEA BROWN BOVERI LTDA (ABB). **Curso Básico de Medidores Eletromecânicos**. s.n.t.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Aceitação de Lotes de Medidores de Energia Ativa – Procedimento**. NBR 5313, Rio de Janeiro: dez. 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS(ABNT). **Iluminância de Interiores**. NBR 5413, Rio de Janeiro: abr. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS(ABNT). **Medidor de Energia Ativa**. NBR 8377, Rio de Janeiro: out. 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS(ABNT). **Níveis de Ruído para Conforto Acústico**. NBR 10152, Rio de Janeiro: dez. 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS(ABNT). **Segurança de Máquinas – Dispositivos de Comando Bimanuais – Aspectos Funcionais e Princípios para Projeto**. NBR 14152, Rio de Janeiro: jul. 1998.
- BOSSI, Antônio; SESTO, Ezio. **Instalações Elétricas**. s. l.: Hemus, 1989. v.1.
- BREANT, P. **Medidas Electricas**. Madrid: Aguilar, 1965.
- BROWN Jr., O. The Development and Domain of Participatory Ergonomics. In: IEA WORLD CONFERENCE, 1995; LATIN AMERICAN CONGRESS, 3.; BRAZILIAN ERGONOMICS CONGRESS, 7., 1995, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro, 1995. p. 28-31.
- CLARK, K. B.; WHEEL WRIGHT, S. C. **Managing New Product and Process Development: Text and Cases**. Boston: Free Press, 1993.
- COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE (CEI). **Compteurs D'énergie Active à Courant Alternatif des Classes 0,5, 1 et 2**. 2. ed., Genève: 1988. (CEI, 521).
- COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA (CEEE). **Medidor de Energia Ativa – kWh**. s.n.t.
- COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA (CEEE). **Regulamento de Instalações Consumidoras (Ric)**: Fornecimento em Tensão Secundária; Rede de Distribuição Aérea. 4. ed. Porto Alegre: 1992.
- CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 11. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992.
- DUL, J.; WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia Prática**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

- FOGLIATTO, Flávio; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. Design Macroergonômico: uma proposta metodológica para projeto de produto. **Produto & Produção**, Porto Alegre: v.3, n.3, p. 1-15, out. 1999.
- FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. Divisão de Higiene do Trabalho. Norma para Avaliação Ocupacional do Nível de Iluminamento: NTH 10-I/E. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. v.14, n.54, p.66-68, abr./jun.1986.
- GOLDING, E. W.; WIDDIS, F. C. **Electrical Measurements and Measuring Instruments**. 5. ed. London: Pitman, 1963.
- GRANDJEAN, Etienne. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- GUEDES, Custodio Di Jora. **A História dos Medidores de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Light, s.d.
- GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. Abordagem Ergonômica: O Método Macro da UFRGS. In: GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia de Processo 1**. [Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 1999]. cap. 1.1.
- GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Desenvolvimento de Metodologia para Design e Avaliação de Interfaces: Relatório de Projeto**. Porto Alegre: CIENTEC, 1995.
- GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. O ambiente. In: GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia de Processo 1**. [Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 1998a]. cap. 3.
- GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo (Coord.). **Recomendações Ergonômicas para Posto de Pedágio**. Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 1998b.
- GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo; COSTELLA, Marcelo. Macroergonomia. In: GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia de Processo 2**. [Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 1998]. cap. 3.
- GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo *et al.* Evaluation of Productivity Before and After an Ergonomic Intervention. In: IEA TRIENNIAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION, XIV, 2000; ANNUAL MEETING OF THE HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS SOCIETY, 44., 2000, San Diego. **Proceedings...** San Diego, 2000.
- GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo; FISCHER, Daniela. Intervenção Macroergonômica: Um Caso Prático. In: GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia de Processo 2**. [Porto Alegre: UFRGS/PPGEP, 1998]. cap. 3.1.
- HANDBOOK for Electricity Metering. 9. ed. Washington, DC: Edison Electric Institute, 1992.
- HARRIS, Forest K. **Electrical Measurements**. New York: John Wiley, 1959.

- HENDRICK, H. W. Macroergonomics: A System Approach to Integrating Human Factors With Organizational Design and Management. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE HUMAN FACTORS ASSOCIATION OF CANADA, 23., 1990, Ottawa. **Proceedings...** Ottawa: HFAC, 1990p. 28-31.
- IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA (INT). **Pesquisa Antropométrica e Biomecânica dos Operários da Indústria de Transformação – RJ**. Rio de Janeiro, INT, 1988. v.2.
- KINNARD, Isaac F. **Medidas Electricas y sus Aplicaciones**. 2. ed. Barcelona: Ediciones Tecnicas Marcombo, 1967.
- KOENIGSBERGER, O. H. *et al.* **Manual of Tropical Housing and Building**. London: Longman, 1980.
- LAVILLE, Antoine. **Ergonomia**. São Paulo: EPU, 1977.
- LINDEN, Júlio Carlos de Souza Van Der. **Identificação dos itens de demanda ergonômica em escritório informatizado**. Porto Alegre, 1999. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MACINTYRE, Archibald Joseph. **Ventilação Industrial e Controle da Poluição**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990.
- MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1989.
- MEDEIROS FILHO, Solon de. **Medição de Energia Elétrica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990?
- MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. New York: John Wiley, 1994.
- MORAES, Anamaria de, MONT'ALVÃO, Cláudia. **Ergonomia: Conceitos e Aplicações**. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.
- NISKIER, Julio; MACINTYRE, A. J. **Instalações Elétricas**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985.
- ONESTI, Álvaro. Medidores de Watt-hora a Disco de Indução. **Revista Mundo Elétrico**, São Paulo, v. 22, p. 40-47, abr. 1981.
- PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. **Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores: Estándares Antropométricos**. 7. ed. México: G. Gili, 1996.
- POPOV, V. **Electrical Measurements**. Moscow: Mir, 1970.
- REISSLAND, Martin U. **Electrical Measurements – Fundamentals – Concepts - Applications**. New Delhi: Wiley Eastern , 1989.

RIZZI, Álvaro Pereira. **Medidas Elétricas**. Rio de Janeiro: LTC; EFEI: Itajubá, 1980.

SANTOS, Neri dos; FIALHO, Francisco Antônio Pereira. **Manual de Análise Ergonômica no Trabalho**. Curitiba: Genesis, 1995.

SEGURANÇA e Medicina do Trabalho. 42. ed. São Paulo: Atlas, 1999. (Manuais de Legislação Atlas, 16).

SILVA FILHO, Matheus Teodoro da. Recalibração e Manutenção de Medidores de Quilowatt-hora. **Mundo Elétrico**, São Paulo, v. 30, n. 353, p. 39-48, mar. 1989.

SMITH, Arthur Whitmore. **Electrical measurements in theory and application**. 4. ed. New York: Mcgraw-Hill, 1948.

SZOKOLAY S. V. **Environmental Science Handbook**. Lancaster: Theconstrucion, 1980.

WISNER, Alain. **A Inteligência no Trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 1997.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**



**Postura p/ pegar o medidor na esteira**



**Postura p/ largar o medidor na esteira**



**Postura p/ pré-calibrar o medidor**



**Postura p/ pré-calibrar o medidor**



**Postura p/ pré-calibrar o medidor**



**Postura p/ pré-calibrar o medidor**



**Postura p/ pré-calibrar o medidor**



**Postura p/ pré-calibrar o medidor**

**FIGURA 1 – Principais posturas assumidas no posto de pré-calibração.**

## **ANEXO 2**

QUADRO 1 – Quadro de formulação dos problemas ergonômicos.

CLASSES DE PROBLEMAS	REQUISITOS	CONSTRANGIMENTOS	CUSTOS HUMANOS	DISFUNÇÃO DO SISTEMA	SUGESTÕES	RESTRICÇÕES
<b>ACIDENTÁRIO</b>						
Contato direto e indireto com a eletricidade (trabalho com equipamentos energizados, existindo risco de choque elétrico, já que, para pré-calibração dos medidores é necessário que os mesmos estejam energizados).	Instalações elétricas e procedimentos de trabalho de acordo com normas técnicas oficiais.	Insegurança na operação.	-Fibrilação ventricular; -Queimaduras; -Paradas cardiorespiratórias; -Morte.	Parada do sistema.	-Isolação elétrica das borneiras do equipamento; -Uso de ferramentas manuais eletricamente isoladas; -Aterramento elétrico do equipamento; -Manter as instalações elétricas em boas condições; -Uso de tapete de borracha; -Adoção de procedimentos de trabalho (orientações aos trabalhadores); -Uso de equipamento de proteção individual, tal como calçado de segurança isolante sem partes metálicas adequado a tensão de trabalho; -Criação de um espaço para colocação das ferramentas.	-Desconsideração do problema; -Recursos financeiros.

CLASSES DE PROBLEMAS	REQUISITOS	CONSTRANGIMENTOS	CUSTOS HUMANOS	DISFUNÇÃO DO SISTEMA	SUGESTÕES	RESTRICÇÕES
<b>FISICOS AMBIENTAIS</b>						
Temperatura constante	-Conforto Térmico; -Variações na temperatura.	Desconforto.	Desconforto.	Baixo rendimento e baixa qualidade.	Ventilação forçada.	-Recursos financeiros; -Desenvolvimento do produto; -Tecnológicos.
Ruído excessivo	Conforto Acústico.	Desconforto.	Perdas auditivas, cefaléia, perda da concentração, etc.	Baixo rendimento e baixa qualidade.	-Troca das aparafusadeiras pneumáticas por elétricas; -Enclausuramento da pré-calibração, calibração, teste de vazio/partida e fechamento, isolando estes ambientes da montagem (setor ruidoso).	-Recursos financeiros.
Iluminação Deficiente	Iluminação adequada.	Desconforto visual	Fadiga visual, acidente de trabalho.	Baixo rendimento e baixa qualidade.	-Melhorias na iluminação; -Iluminação de emergência.	-Recursos financeiros.
Reflexos da luz estroboscópica no disco do medidor	Ausência de Reflexos incômodos.	Desconforto visual; Ofuscamento.	Fadiga visual, acidente de trabalho.	Baixo rendimento e baixa qualidade.	Realizar a pré-calibração sem a luz estroboscópica.	-Recursos financeiros; -Tecnológicos.

Oscilação (piscagem) da luz estroboscópica	Ausência de Oscilação.	Desconforto visual.	Fadiga visual, acidente de trabalho.	Baixo rendimento e baixa qualidade.	Realizar a pré-calibração sem a luz estroboscópica.	-Recursos financeiros; -Tecnológicos.
<b>CLASSES DE PROBLEMAS</b>	<b>REQUISITOS</b>	<b>CONSTRANGIMENTOS</b>	<b>CUSTOS HUMANOS</b>	<b>DISFUNÇÃO DO SISTEMA</b>	<b>SUGESTÕES</b>	<b>RESTRIÇÕES</b>
<b>INTERFACIAIS</b>						
Posturas prejudiciais assumidas para realizar a leitura do disco e ajustes de tensão, carga nominal e indutiva.	-Posto de trabalho que favoreça as demandas de produção, conforto e saúde do trabalhador; -Adequar produto e processo de pré-calibração.	Posturas inadequadas.	Prejuízos para os sistemas muscular e esquelético.	Baixo rendimento, baixa qualidade, leituras incorretas e dificuldades de pré-calibração.	-Adequar a altura do plano de trabalho de forma a atender 90% da população; -Desenvolvimento de produto e melhorias no processo de pré-calibração para favorecer as demandas de produção, conforto e saúde do trabalhador.	-Recursos financeiros; -Desconsideração do problema; -Tecnológicos.
<b>INFORMACIONAIS</b>						
Processo de leitura do disco do medidor.	A leitura dos parâmetros deve ser feita de forma simples e direta.	Dificuldades de leitura.	Fadiga visual, cervicobraquialgias, distúrbios visuais e cefaléias.	Baixo rendimento, baixa qualidade, leituras incorretas e dificuldades de pré-calibração.	Indicações em <i>display</i> .	-Desconsideração do problema; -Recursos financeiros; -Desenvolvimento do produto; -Desenvolvimento do processo.
<b>OPERACIONAIS</b>						
Ritmo intenso.	Ritmo determinado pelo próprio trabalhador.	Desgaste físico e mental.	LER/DORT, monotonia, fadiga física e mental.	Baixo rendimento, e baixa qualidade.	Possibilitar pausas e o rodízio entre os postos de trabalhos.	Desconsideração do problema; Gerenciamento da produção; Organização do trabalho.

Repetitividade.	Trabalho deve ser pouco repetitivo.	Desgaste físico e mental.	LER/DORT, monotonia, fadiga física e mental.	Baixo rendimento, e baixa qualidade.	Possibilitar pausas e o rodízio entre os postos de trabalhos.	Desconsideração do problema; Gerenciamento da produção; Organização do trabalho.
-----------------	-------------------------------------	---------------------------	--	--------------------------------------	---	--

## **ANEXO 3**



## **ANEXO 4**

TABELA 1 - Níveis de iluminação medidos.

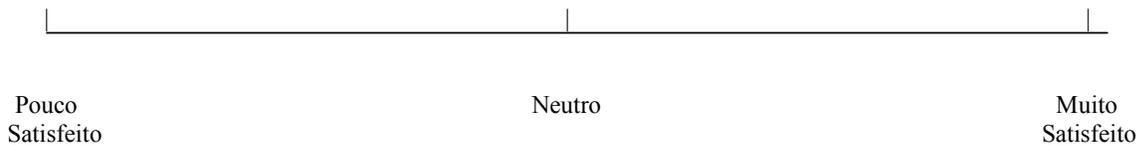
SETOR AVALIADO	PONTO DE MEDIÇÃO	NÍVEL DE ILUMINAMENTO (LUX)		NÍVEL DE ILUMINAMENTO (LUX) EXIGIDO	OBSERVAÇÕES
		Tarde	Noite		
Produção Equipamento 7004 célula 1	Centro do medidor – sem luz estroboscópica	180	170	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. nominal	266	245	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. indutiva	240	220	500	Luz natural + Luz artificial
	Junto a esteira	465	416	500	Luz natural + Luz artificial
Produção Equipamento 7002 célula 2	Centro do medidor – sem luz estroboscópica	220	200	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. nominal	229	220	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. indutiva	222	210	500	Luz natural + Luz artificial
	Junto a esteira	360	300	500	Luz natural + Luz artificial
Produção Equipamento 7005 célula 2	Centro do medidor – sem luz estroboscópica	220	190	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. nominal	248	229	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. indutiva	245	222	500	Luz natural + Luz artificial
	Junto a esteira	360	219	500	Luz natural + Luz artificial
Produção Equipamento 7001 célula 3	Centro do medidor – sem luz estroboscópica	300	245	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. nominal	490	340	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. indutiva	400	297	500	Luz natural + Luz artificial
	Junto a esteira	370	320	500	Luz natural + Luz artificial
Produção Equipamento 7006 célula 3	Centro do medidor – sem luz estroboscópica	150	140	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. nominal	293	202	500	Luz natural + Luz artificial
	Centro do medidor – c/ luz estrob. indutiva	178	150	500	Luz natural + Luz artificial
	Junto a esteira	416	370	500	Luz natural + Luz artificial

## **ANEXO 5**

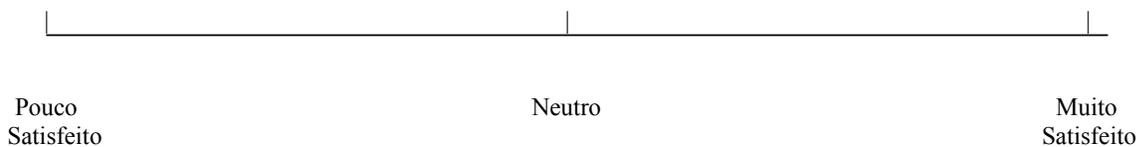


**Marque na escala, qual o seu grau de satisfação quanto aos seguintes itens:**

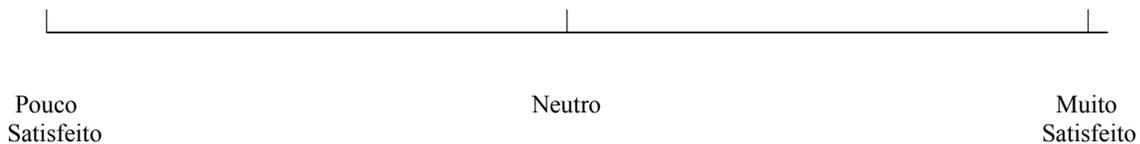
***1. Luz estroboscópica para fazer a leitura no disco.***



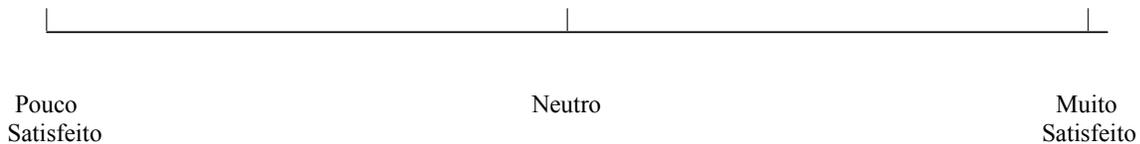
***2. Altura do Centro do Medidor.***



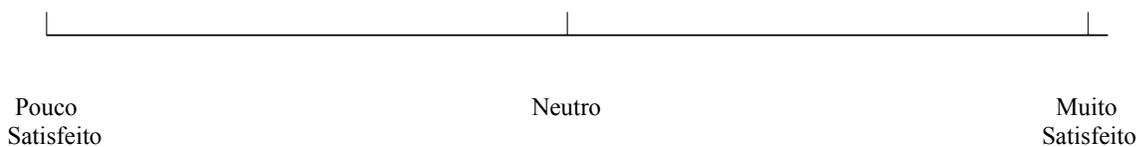
***3. Postura assumida p/ ajuste da tensão (Carga Pequena).***



***4. Altura dos botões de ajuste do equipamento (Carga Nominal e Carga Indutiva).***



***5. Movimento de pegar e colocar o medidor na esteira.***





## **ANEXO 6**

## **Projeto melhoria dos Postos de Pré-Calibração dos medidores monofásicos.**

(Julho/1.999) – 2º Questionário

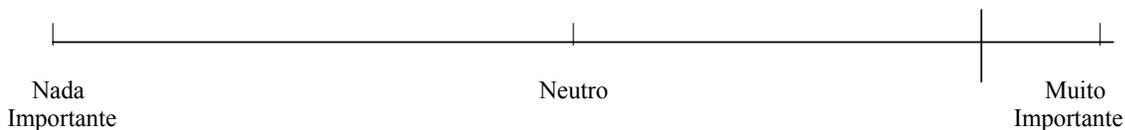
### **Prezado colega!**

Este questionário não é obrigatório, mas sua opinião sobre seu trabalho no posto de pré-calibração de medidores monofásicos É MUITO IMPORTANTE. Solicitamos, então, que você marque na escala, a resposta que melhor representa sua opinião com relação aos diversos itens apresentados e naquelas questões que sejam de marcar, assinale a opção, que melhor representa a sua opinião, com um X.

Não coloque seu nome no questionário. As informações são sigilosas e servirão para o trabalho que está sendo desenvolvido pelo LOPP/PPGEP/UFRGS, junto a vocês da ABB. Muito obrigado.

### **Exemplo (marcação na escala):**

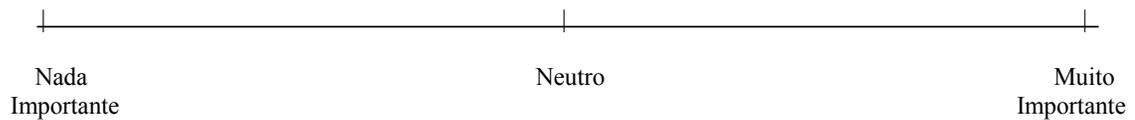
1. Qual é a sua opinião, a respeito da importância do projeto de melhorias que está sendo implantado?



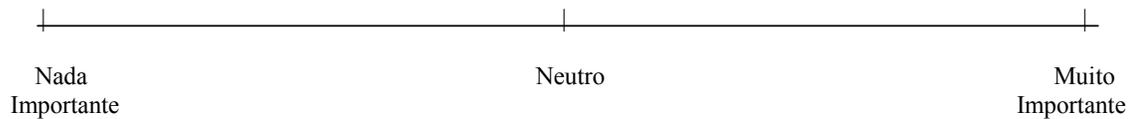
**Marque na escala, qual o seu grau de satisfação quanto aos seguintes itens:**

## **Questões relativas ao assento.**

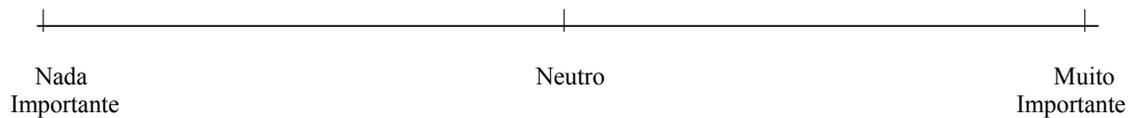
### **1. Assento com rodízios?**



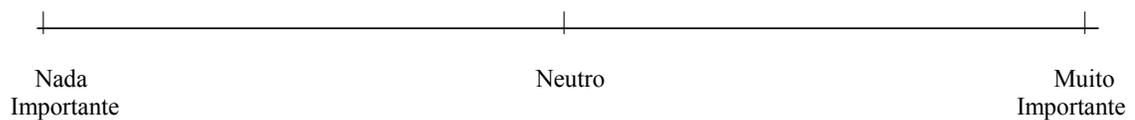
### **2. Assento giratório?**



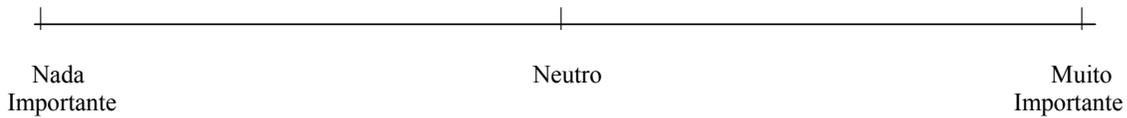
### **3. Assento com regulagem de altura?**



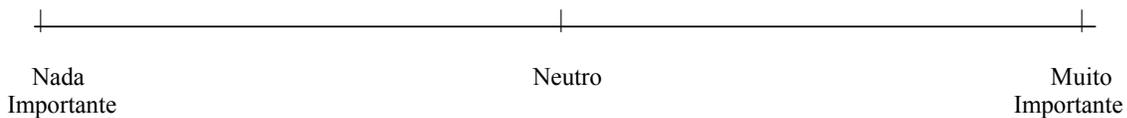
### **4. Assento com regulagem de inclinação?**



## 5. Assento com apoio de braço?

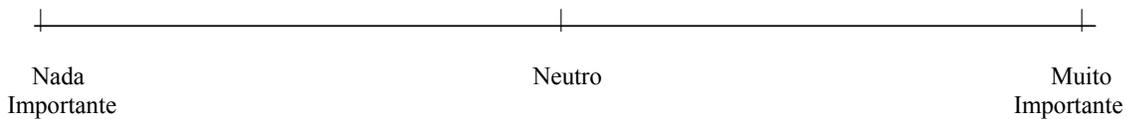


## 6. Estofamento do assento?

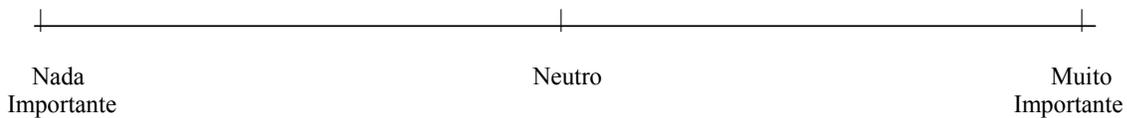


## Questões relativas ao encosto.

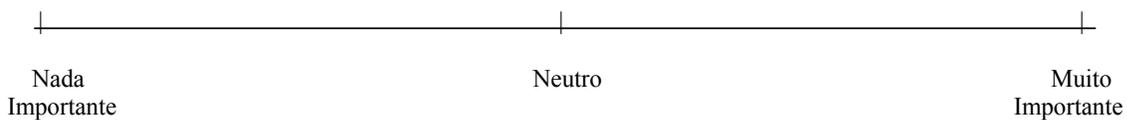
### 1. Encosto largo?



### 2. Encosto com regulagem de inclinação?

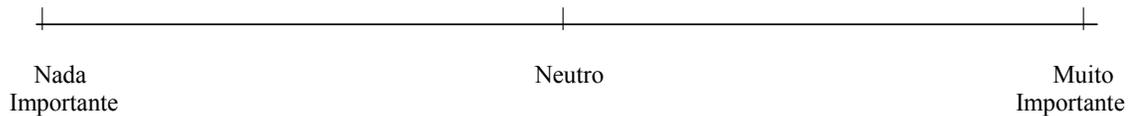


### 3. Encosto com regulagem de altura?

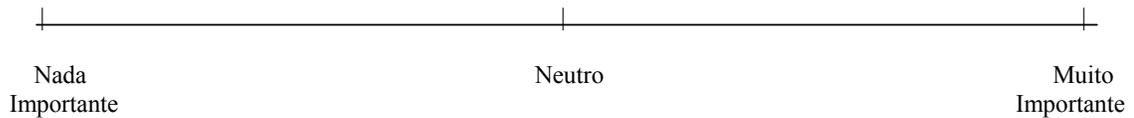


## Questões relativas a plataforma para apoio dos pés.

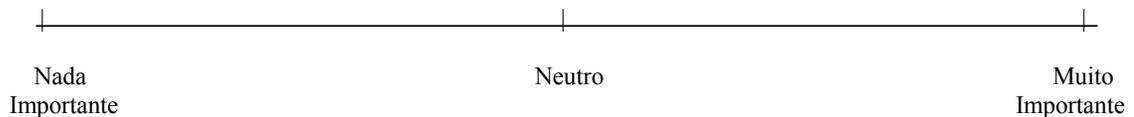
### 1. Plataforma para apoio dos pés?



### 2. Plataforma com regulagem de inclinação?

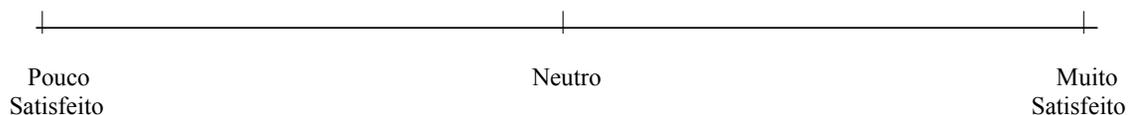


### 3. Plataforma com regulagem de altura?



## Questões relativas ao lay-out.

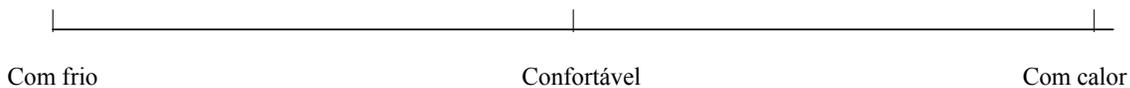
Foi feito um rearranjo do lay-out integrando a montagem e a calibração, eliminado divisórias, paredes, etc. Como você se sente no novo lay-out?



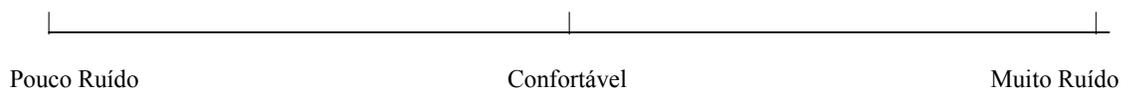
## Questões relativas ao ambiente.

No mesmo rearranjo, foi feita nova climatização do ambiente.

1. Como você se sente quanto às condições térmicas do ambiente?



2. Como você se sente quanto às condições de ruído?

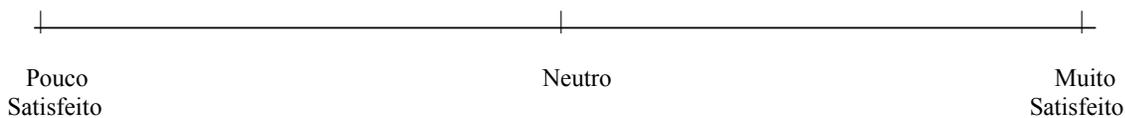


3. Como você se sente quanto às condições do iluminamento geral do ambiente?

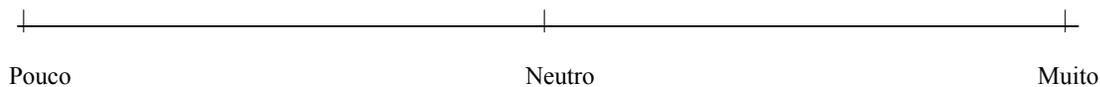


## Questões relativas a organização do trabalho.

**1. Ao ritmo de trabalho junto ao posto de pré-calibração.**



2. Visando uma maior integração dos empregados na ABB, vem sendo feito rodízio entre montagem, pré-calibração, calibração e VP. Isto lhe deixa:





Sentado  de pé  alternando entre de pé e sentado

***Caso desejar fazer algum comentário, favor utilizar as linhas abaixo.***

---

---

---

---

---

---

---

## **ANEXO 7**

## **Projeto melhoria dos Postos de Pré-Calibração dos medidores monofásicos.**

(Jan/2.000) – 3º Questionário

### **Prezado colega!**

Este questionário não é obrigatório, mas sua opinião sobre seu trabalho NO NOVO POSTO DE PRÉ-CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES MONOFÁSICOS É MUITO IMPORTANTE. Solicitamos, então, que você identifique seu sexo e marque na escala, a resposta que melhor representa sua opinião com relação aos diversos itens apresentados.

As informações são sigilosas e servirão para o trabalho que está sendo desenvolvido pelo LOPP/PPGEP/UFRGS, junto a vocês da ABB. Muito obrigado.

### **Assinale com um X.**

Sexo: Masculino                       Feminino

### **Exemplo:**

1. Qual o seu grau de satisfação com relação ao seu questionário?

_____		
Pouco Satisfeito	Neutro	Muito Satisfeito

**Marque na escala, qual o seu grau de satisfação quanto aos seguintes itens:**

## **Sobre o posto de trabalho**

*1. Novo posto de pré-calibração.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

## **Sobre o equipamento de pré-calibração**

*2. Leitura dos dados de pré-calibração (carga nominal, carga pequena e carga indutiva) através de displays. Antes a leitura era feita no disco através da luz estroboscópica.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

*3. Altura do Centro do Medidor.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

*4. A forma como está sendo feito o ajuste do equipamento. Antes os ajustes eram feitos por botões (Carga Nominal e Carga Indutiva).*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

*5. O grau de automatização do equipamento de pré-calibração.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

*6. O encaixe do medidor na borneira por pistão. Antes o encaixe era manual.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

*7. A desmagnetização automática do freio utilizando o sabão. Antes a desmagnetização era feita de forma manual.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

*8. Segurança na operação do equipamento.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

*9. A cor do painel.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

*10. Comprimento do painel.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**11. Altura do painel.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**12. Profundidade do painel.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**13. Possibilidade de pré-calibrar dois medidores ao mesmo tempo.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**14. Distância entre os medidores.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**15. Altura dos displays.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**16. Possibilidade de regulagem de inclinação dos displays.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**17. Distância entre os displays.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito**18. Altura da chave de liga/desliga o equipamento.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito**19. Existência de dois botões (comandos bimanuais) para acionamento do pistão que prende o medidor.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito**20. Forma dos botões de iniciar e fim (comandos bimanuais) para acionamento do pistão que prende o medidor.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito**21. Distância entre os botões de iniciar e fim (comandos bimanuais) para acionamento do pistão que prende o medidor.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito**22. Altura dos botões iniciar e fim (comandos bimanuais).**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**23. Distância entre os comandos bimanuais.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**24. Eliminação dos botões de carga indutiva (que ligava o estrobo), de carga nominal (que ligava o estrobo), de tensão e de desligar luz estroboscópica e tensão.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**25. Forma de inserir dados através do teclado.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**26. Altura do teclado.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**27. Luz para orientar o operador a atender outra borneira.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

## Sobre a esteira

### *28. Altura da esteira.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

## Sobre a mesa onde está o equipamento de pré-calibração

### *29. O comprimento da mesa.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

### *30. A altura da mesa.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

### *31. A profundidade da mesa.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

### *32. A espessura do tampo da mesa.*

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

**33. Espaço na mesa para ferramentas.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito**Sobre a plataforma para apoio dos pés.****34. Altura da plataforma para apoio dos pés.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito**35. Profundidade da plataforma para apoio dos pés.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito**36. Comprimento da plataforma para apoio dos pés.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito**37. Ângulo de inclinação da plataforma para apoio dos pés.**

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

## Sobre a postura de trabalho

**38. Postura assumida p/ ajuste da tensão (Carga Pequena).**

---

Pouco Satisfeito	Neutro	Muito Satisfeito
------------------	--------	------------------

**39. Movimento de pegar e colocar o medidor na esteira.**

---

Pouco Satisfeito	Neutro	Muito Satisfeito
------------------	--------	------------------

**40. Postura geral de trabalho.**

---

Pouco Satisfeito	Neutro	Muito Satisfeito
------------------	--------	------------------

**41. Possibilidade de alternar entre a postura de pé e a sentada.**

---

Pouco Satisfeito	Neutro	Muito Satisfeito
------------------	--------	------------------

***Caso desejar fazer algum comentário, favor utilizar as linhas abaixo.***

---

---

---

---

---

---

---

---

## **ANEXO 8**



## Marque na escala, qual o seu grau de satisfação quanto aos seguintes itens:

### Questões relativas à organização do trabalho.

#### 1. Ritmo de trabalho junto ao posto de pré-calibração.

---

Pouco Satisfeito	Neutro	Muito Satisfeito
------------------	--------	------------------

#### 2. Visando uma maior integração dos empregados na ABB, vem sendo feito rodízio entre montagem, pré-calibração, calibração e VP. Isto lhe deixa:

---

Pouco Satisfeito	Neutro	Muito Satisfeito
------------------	--------	------------------

#### 3. Às vezes não é feito o rodízio e você permanece em um único posto. O fato de você realizar a mesma operação durante todo o dia, toda a semana e muitas vezes, durante todo o mês, faz com que você se sint(a):

---

Pouco Satisfeito	Neutro	Muito Satisfeito
------------------	--------	------------------

#### 4. Você considera seu trabalho:

---

Muito Monótono	Neutro	Muito Agradável
----------------	--------	-----------------

## Questões relativas ao lay-out.

5. Foi feito um rearranjo do lay-out integrando a montagem e a calibração, eliminando divisórias, paredes, etc. Como você se sente no novo lay-out?

---

Pouco  
Satisfeito

Neutro

Muito  
Satisfeito

## Questões relativas ao ambiente.

No mesmo rearranjo, foi feita nova climatização do ambiente.

6. Como você se sente quanto às condições térmicas do ambiente?

---

Com frio

Confortável

com calor

7. Como você se sente quanto às condições de ruído?

---

Pouco Ruído

Confortável

Muito ruído

8. Como você se sente quanto às condições do iluminamento geral do ambiente?

---

Pouca Luz

Satisfatório

Muita Luz

***Caso desejar fazer algum comentário, favor utilizar as linhas abaixo.***

---

---

---

---

---

---

---

---

## **ANEXO 9**

TABELA 2 – Itens referentes ao produto

Elementos de insatisfação	Entrevistados e Ordem de Menção																										Peso	
	a	b	c	d	e	f	g	H	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	t	w	x	y	z		
Ajuste do GAP																				.25	.25		.33				.25	1,08
Falta de margem de ajuste no parafuso para ajuste de carga indutiva									1																			1,00
Se matar o freio no ME21 não consegue trocar																										.5		0,50
Ajustar carga indutiva no ME21 - armação dificulta																			.33									0,33
Ajustar carga indutiva – ajuste duro																				.25								0,25
Conexão do plug (p/ alguns tipos de medidores)		.25																										0,25

TABELA 3 – Itens referentes ao assento

Elementos de insatisfação	Entrevistados e Ordem de Menção																										Peso	
	a	b	c	d	e	f	G	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	t	w	x	t	z		
Regulagem da cadeira					.33													1		.33	.25							1,91

TABELA 4 – Itens considerados de pouca importância (Peso ≤ 1)

Elementos de insatisfação	Entrevistados e Ordem de Menção																										Peso	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z		
Postura incomoda																			1									1,00
Sente dor no braço																								1				1,00
Falta de confiabilidade do equipamento					.25																					.33		0,58
Ritmo de trabalho																	.5											0,50
Repetitividade																									.5			0,50
Sente dor no pescoço e dor nas costas				.5																								0,50
Apoio para pés									.5																			0,50
Teclas de ajuste de teste (CN/CI/CP)																							.33					0,33
Sente cansaço nos dedos		.25																										0,25
Botões de ajuste do equip. estão muito elevados (CN e CI) / não estão identificados																						.25						0,25
Ter que usar protetor auricular																									.25			0,25

TABELA 5 - Pesos que refletem a opinião dos trabalhadores com relação ao rearranjo do *layout*.

Sujeito	<b>Rearranjo <i>layout</i></b>
	<b>Valor obtido da escala</b>
A	7,5
B	15
C	15
D	11,8
E	7,5
F	14,2
G	9,4
H	7,2
I	7,9
J	15
K	15
L	11,5
M	12
N	9,9
O	8,6
P	15
Q	11,3
R	15
S	15

TABELA 6 - Pesos que refletem a opinião dos trabalhadores com relação as: condições térmicas, condições de ruído e condições do iluminamento geral do ambiente de aferição, onde está localizada a pré-calibração.

Sujeito	<b>Condições Térmicas</b>	<b>Condições de Ruído</b>	<b>Condições do Iluminamento Geral</b>
	<b>Valor obtido da escala</b>	<b>Valor obtido da escala</b>	<b>Valor obtido da escala</b>
A	15	0	7,5
B	15	7,5	7,5
C	11,1	15	7,5
D	9,3	15	8,1
E	15	0	7,5
F	7,3	7	0,7
G	11	13,1	9,6
H	8,6	8,1	7,8
I	9,1	11,8	8,8
J	15	9,6	10
K	15	7,5	7,5
L	15	12	7,5
M	13,7	9,9	4,9
N	13,7	11,6	0,9
O	12,4	11,8	5,7
P	11,4	0	0
Q	15	15	0

R	7,5	15	0
S	15	7,5	0

TABELA 7 - Pesos que refletem a opinião dos trabalhadores com relação as questões relativas a organização do trabalho.

Sujeito	Ritmo	Fazer rodízio	Não poder fazer rodízio	Trabalho em si
	Valor obtido da escala	Valor obtido da escala	Valor obtido da escala	Valor obtido da escala
A	7,5	15	0	7,5
B	15	15	0	7,5
C	0	7,5	0	7,5
D	15	15	3,6	14,5
E	7,5	15	0	7,5
F	8,5	14,3	0,2	0,3
G	13	12,5	1,5	13,7
H	8,3	11,5	0,8	7,9
I	8,7	8,5	7,1	9,8
J	9,1	0	0	10,2
K	12,1	15	0	11,9
L	0	11,4	4,2	11,8
M	2,6	15	0	7,5
N	13,6	14,6	0	9
O	0	7,5	0	3
P	7,3	11,2	1,7	0
Q	7,5	11,3	3,5	10,4
R	6,7	6,5	0	15
S	7,5	15	0	15

## **ANEXO 10**

## ENSAIOS COM PROTÓTIPOS

A abrangência e a descrição dos ensaios realizados são detalhadas a seguir:

### **a) primeiro ensaio:**

Este ensaio foi realizado em 07/05/99, junto ao Equipamento: 7004 - célula 1, com os funcionários operando o mesmo. Nos equipamentos de pré-calibração e calibração (bancas Nansen) existentes, o centro dos medidores está a 134 cm do piso.

Abrangência: participaram do primeiro ensaio 11 pessoas, o que representa 42,31 % da população, constituída de 26 pessoas. Sendo que seis de um total de 12 trabalhavam no primeiro turno e cinco de um total de 14 no segundo turno, o que representa uma participação de 50 % e 35,71% respectivamente.

Descrição do ensaio: primeiramente elevou-se os funcionários em 11 cm, utilizando-se para isto uma base de madeira com 11 cm de altura. Aguardava-se alguns minutos, com o funcionário operando o equipamento, para que o mesmo pudesse formar uma opinião a respeito da elevação. Cabe salientar que esta elevação do funcionário procura simular uma situação de rebaixamento do centro do medidor com o propósito de atender a 90% da população. Partiu-se do pressuposto de que o limite para a altura de trabalho (centro dos medidores) seria a altura dos ombros do menor percentil, ou seja, P5M (percentil 5 mulher) = 122,9 cm (Panero & Zelnik, 1996), a fim de evitar que os mais baixos trabalhassem com os ombros erguidos (flexão dos ombros). Em atividades realizadas de pé, quando a área de trabalho é muito alta, freqüentemente os ombros são erguidos para compensar, o que leva a contrações musculares dolorosas na altura das omoplatas, nuca e costas. Desta forma, justifica-se a elevação em 11 cm, pois 134 cm (altura do centro dos medidores nos equipamentos de pré-calibração em relação ao piso) – 11 cm (altura da base de madeira) = 123 cm (medida próxima a altura dos ombros do P5M = 122,9 cm). Caso o funcionário afirmasse que a elevação em 11 cm era “ruim”, “pior” ou “muito alta” e que como estava originalmente (centro do medidor a 134 cm) não era satisfatório, procedia-se, utilizando-se de livros, a elevações menores de quatro centímetros ou sete centímetros. Do total de 11 participantes, cinco pessoas foram submetidas a elevações menores que 11 cm e seis não, pois

dois entendiam que o centro do medidor deveria ser mais alto e quatro entendiam que como estava (centro do medidor a 134 cm) era o “ideal”. Das cinco pessoas submetidas a elevações menores que 11 cm, três afirmaram que como estava (centro do medidor a 134 cm) era “melhor” ou “ideal”. Na única situação na qual o participante entendeu que a altura de elevação em 11 cm era “boa”, resolveu-se tirar a prova, submetendo-se este participante a uma elevação menor que 11 cm, mais precisamente de quatro centímetros. Também solicitou-se para que os funcionários posicionassem dois recortes de papel, no formato de um *display* de quatro linhas, igual ao da banca Nansen, na banca 7004, simulando os *displays*, medindo-se a distância em centímetros entre os *displays* e a altura dos mesmos.

Os resultados obtidos com este ensaio podem ser vistos nas seguintes tabelas: Tab. 9, Tab. 10, Tab. 11, Tab. 12 e Tab. 13.

Constatações com relação ao primeiro ensaio (Ver Tab. 9):

- para 90,91 % dos participantes, ou seja, para 10 dos 11 participantes do ensaio, a altura de 123 cm (medida próxima a altura dos ombros do P5M = 122,9 cm) do centro do medidor não era satisfatória. Do total de 11 pessoas que participaram, oito pessoas definiram a nova altura como “ruim”, uma definiu como “pior”, uma como “muito alto” e outra como “boa”. Assim, apenas 9,09 % entendeu que a altura era “boa” (Ver Fig. 3);

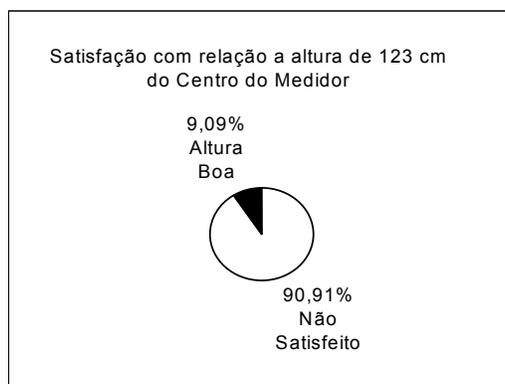


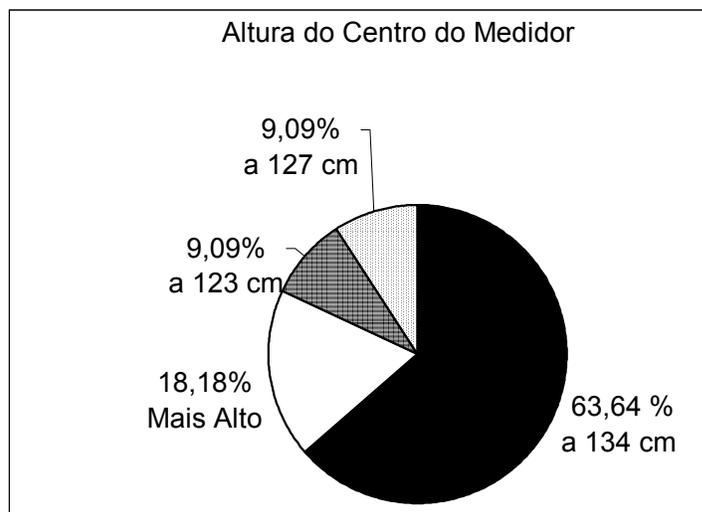
FIGURA 3 – Percentual de satisfação com relação a altura de 123 cm do centro do medidor.

- na única situação na qual o participante entendeu que a altura de elevação em 11 cm era “boa”, resolveu-se tirar a prova, submetendo-se este participante a uma elevação menor que 11 cm, mais precisamente de quatro centímetros, o qual após este teste manteve sua

opinião de que elevando em 11cm tinha ficado “boa”, ou seja o medidor deveria ficar a 123 cm (Ver Fig. 4);

- dois participantes, o que representa 18,18 % , entenderam que o centro do medidor deveria ser mais alto e por isto não foram submetidos a elevações mais baixas. Sendo que um (um dos mais altos da população) afirmou que “mesmo assim achava que estava baixo” (centro do medidor a 134 cm) e o outro entendia que “o ideal seria levantar o centro medidor até a altura do rosto” (Ver Fig. 4);

- quatro participantes entenderam que como estava (centro do medidor a 134 cm) era o “ideal” e por isto também não foram submetidos a elevações menores do que 11cm. Das cinco pessoas que foram submetidas a elevações menores que 11 cm, três após as elevações afirmaram que como estava (centro do medidor a 134 cm) era “melhor” ou “ideal”. Assim,



estes sete participantes representam 63,64 % dos participantes do ensaio (Ver Fig. 4);

FIGURA 4 – Altura desejada para o centro do medidor.

- um único participante, o que representa 9,09 % entendeu que o ideal seria rebaixar o centro do medidor em sete centímetros, ou seja o centro do medidor ficaria a 127 cm (Ver Fig. 4).

#### **b) Segundo ensaio:**

Este ensaio foi realizado em 12/05/99, junto ao Equipamento: 7004 - célula 1, com os funcionários operando o mesmo. Nos equipamentos de pré-calibração e calibração existentes, o centro dos medidores está a 134 cm do piso.

Abrangência: participaram do segundo ensaio 13 pessoas, o que representa 50 % da população, constituída de 26 pessoas. Sendo que seis de um total de 12 trabalhavam no primeiro turno e outros sete de um total de 14 no segundo turno, o que representa uma participação de 50% e 50% respectivamente.

Descrição do ensaio: elevação da banca (Equipamento: 7004 - célula 1), em seis centímetros com o auxílio de dois pedaços de madeira, ficando o centro dos medidores nos equipamentos de pré-calibração a 140 cm em relação ao piso. Aguardava-se alguns minutos, com o funcionário operando o equipamento, para que o mesmo pudesse formar uma opinião a respeito da elevação. Também solicitou-se para que o funcionário posiciona-se dois recortes de papel, no formato da base dos medidores monofásicos, na banca 7004, simulando os medidores, medindo-se a altura em centímetros do centro dos medidores com relação à bancada e à distância entre os mesmos.

Os resultados deste ensaio podem ser vistos nas seguintes tabelas: Tab. 9, Tabela 10, Tab. 11, Tab. 12 e Tab. 13.

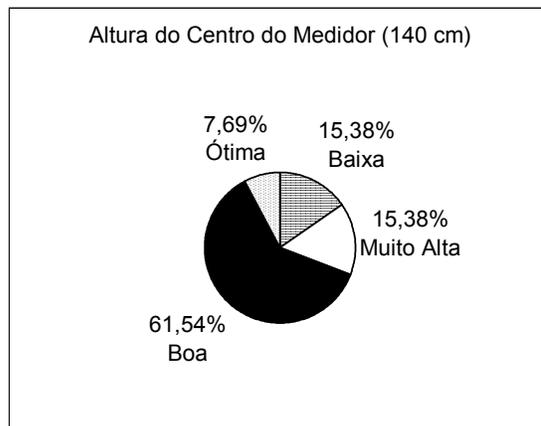
Constatações com relação ao segundo ensaio (Ver Tab. 9):

- para 15,38 % dos participantes, ou seja, para dois dos 13 participantes, a altura de 140 cm (medida 17,1 cm acima da altura dos ombros do P5M = 122,9 cm) era muito alta (Ver Fig. 5);

- também para 15,38 % dos participantes, ou seja, para dois dos 13 participantes, a altura de 140 cm (medida 17,1 cm acima da altura dos ombros do menor percentil, ou seja, P5M = 122,9 cm) era baixa, devendo ser mais alta (Ver Fig. 5);

- para a grande maioria 61,54 % , ou seja, para oito dos 13 participantes a altura de 140 cm em relação ao piso para o centro dos medidores nos equipamentos de pré-calibração era boa (Ver Fig. 5);

- apenas um participante, representando 7,69 % se referiu à altura de 140 cm em relação ao piso para o centro dos medidores nos equipamentos de pré-calibração como ótima (Ver Fig.



5).

FIGURA 5 – Percentual de satisfação com relação a altura de 140 cm do centro do medidor.

#### c) Terceiro ensaio:

Este ensaio foi realizado em 17/05/99, junto ao Equipamento: 7004 - célula 1, com os funcionários operando o mesmo. Nos equipamentos de pré-calibração e calibração existentes, o centro dos medidores está a 134 cm do piso.

Abrangência: participaram do terceiro ensaio 14 pessoas, o que representa 53,85 % da população, constituída de 26 pessoas. Sendo que sete de um total de 12 trabalhavam no primeiro turno e outros sete de um total de 14 no segundo turno, o que representa uma participação de 58,33% e 50% respectivamente.

Descrição do ensaio: mantendo-se a banca de pré-calibração na altura atual (o centro dos medidores está a 134 cm do piso), solicitou-se aos funcionários para que posicionassem simultaneamente dois recortes de papel, no formato de um *display* de quatro linhas, igual ao da banca Nansen e dois recortes de papel, no formato da base dos medidores monofásicos, na banca 7004, simulando os medidores, medindo-se a distância em centímetros entre os medidores e entre os displays, bem como a altura do centro dos mesmos.

Os resultados deste ensaio podem ser vistos nas seguintes tabelas: Tab. 10, Tab. 11, Tab. 12 e Tab. 13.

#### Definições a partir dos três ensaios iniciais

A partir dos três ensaios iniciais, chegou-se às seguintes determinações:

a) distância entre medidores e entre *displays*: face aos resultados obtidos a partir do segundo e terceiro ensaios, ou seja, conforme valores da mediana (elimina os valores atípicos), apresentados nas Tab. 11, optou-se em estabelecer o valor da distância em 15 cm tanto para medidores quanto para os *displays*;

b) altura do centro dos medidores: verificou-se que nos equipamentos de calibração existentes, o centro dos medidores está a 134 cm do piso. Os 134 cm, conforme informações obtidas junto ao PPGEP da UFRGS, resultaram de uma solução de compromisso sugerida por *experts*. Como também observou-se que nos equipamentos de pré-calibração o centro dos medidores está a 134 cm do piso, concluiu-se que para os mesmos, também foi adotada uma solução de compromisso, embora sem orientação de *experts*. Considerando os dados obtidos com o primeiro, o segundo e o terceiro ensaios, ficam as seguintes possibilidades para a altura do centro dos medidores:

- manter-se a solução de compromisso de 134 cm em relação ao piso para o centro dos medidores, a qual é reforçada pelos dados obtidos na Fig. 4, onde 63,64 % (sete dos 11) dos participantes do primeiro ensaio entende que a altura do centro dos medidores deveria permanecer a 134 cm;

- aumentar em 6 cm a altura do centro dos medidores passando de 134 cm para 140 cm. Estes seis centímetros são sugeridos a partir do segundo ensaio, onde oito dos 13 participantes (61,54 % ) entendem que esta altura é boa e um entende (7,69 % ) que é ótima (Ver Fig. 5).

Entendeu-se que a altura do centro dos medidores deveria permanecer a 134 cm, pois os seis centímetros cm de acréscimo nesta altura favoreceriam em quase nada os mais altos e poderiam prejudicar muito os mais baixos. Para chegar a esta conclusão, partiu-se para observação indireta (filmagem realizada) dos ensaios realizados;

c) altura dos *displays*: com relação a altura dos *displays* (Ver Tab. 13), no 1º ensaio obteve-se a mediana = 45,5 cm (sendo de 143 cm a altura em relação ao piso) e no 3º ensaio obteve-se a mediana = 55,5 cm (sendo de 153 cm a altura em relação ao piso). Considerando que:

- segundo Grandjean (1998), os mostradores de instrumentos ou outros objetos visuais devem ficar em um ângulo de visão entre 5º acima e 30º abaixo de uma linha imaginária horizontal. Já em Iida (1998) encontra-se que a área de visão ótima situa-se na faixa abaixo da

linha horizontal de visão, até 30° e para os lados, com abertura lateral de 30°, representada por um cone com 30° de abertura;

- em Panero & Zelnik (1996) encontra-se a dimensão antropométrica altura dos olhos em pé para o P5M = 143 cm. Optou-se em determinar a altura dos *displays* em 143 cm.

**d) Quarto ensaio:**

**Este ensaio foi realizado em 14/10/99, junto ao novo equipamento de pré-calibração, com os funcionários operando o mesmo.**

**Abrangência: participaram do quarto ensaio 13 pessoas, o que representa 50 % da população, constituída de 26 pessoas. Sendo que todas trabalhavam no primeiro turno.**

Objetivos do ensaio:

- rever a altura da bancada a fim de atender a 90% da população;
- rever as alturas do centro dos medidores e *displays*, visto que os *displays*, por dificuldades construtivas ficaram elevados;
- determinar o tamanho do espaço para ferramentas;
- obter a opinião dos trabalhadores com relação a tamanho do espaço para ferramentas, altura da bancada, *displays* e centro dos medidores.

Descrição do ensaio: 1º) elevação da bancada construída para o novo equipamento, em seis centímetros. Espaço para ferramentas em papelão com 30 cm de profundidade e 60cm de comprimento. *Displays* e teclado em papelão rebaixados em dois centímetros. Aguardava-se alguns minutos, com o funcionário operando o equipamento, tanto de pé quanto sentado, para que o mesmo pudesse formar uma opinião a respeito das modificações. 2º) elevação da banca construída para o novo equipamento, em nove centímetros. Espaço para ferramentas em papelão com 30 cm de profundidade e 60cm de comprimento. *Displays* e teclado em papelão rebaixos em dois centímetros. Aguardava-se alguns minutos, com o funcionário operando o equipamento, tanto de pé quanto sentado, para que o mesmo pudesse formar uma opinião a respeito das modificações.

Tal ensaio justifica-se, pois apesar da solicitação inicial, a bancada não foi construída conforme a solicitação inicial (bancada: altura = 93cm, comprimento = 60cm e profundidade = 63 cm; apoio de pés: profundidade = 65,22 cm, comprimento = 60cm, inclinação = 15° e

apoio central a 27cm de altura) e mesmo se tivesse sido construída conforme o especificado os *displays* ficariam mais altos do que o especificado (caso a banca fique com 93cm ficarão a 154 cm, que é um valor bem superior aos 143cm sugeridos). A mesma não conta com apoio de pés e espaço para colocação das ferramentas manuais usadas na pré-calibração e sua altura é de 84 cm, estando o centro dos medidores nos equipamentos de pré-calibração a 125 cm e o centro dos *displays* a 145 cm em relação ao piso.

Entendeu-se como necessário a adição de um espaço para ferramentas. Estimou-se, inicialmente, um espaço com 60 cm de comprimento por 30 cm de profundidade. Isto faria com que, ao mesmo tempo, houvesse espaço para ferramentas, um apoio para os cotovelos ou punhos e que fosse mantida uma distância dos *displays* que permite a leitura dos mesmos (*displays* estão fora do corpo da máquina), sendo obviamente respeitado o alcance para o centro dos medidores. A partir do 4º ensaio obteve-se o valor de 12cm para o tamanho do espaço para ferramentas, conforme o valor da mediana (utilizada para neutralizar o efeito de valores atípicos), constante na Tab. 15. Optou-se em estabelecer o tamanho do espaço para ferramentas em 20 cm, pois desta forma ficará uma margem de segurança de 8 cm, que poderá ser utilizada, bastando posicionar o equipamento mais para trás na bancada. Também tem que ser considerado o espaço necessário para colocação das pernas debaixo da bancada, o qual é determinado da seguinte forma (Ver Quadro 2): máximo do corpo que pode entrar debaixo do tampo no trabalho sentado = 65,4 cm (Largura nádega Joelho P95 H) - 25,7 (Profundidade máxima do corpo P5M=P5 H) = 39,7 cm, ou seja, é a distância necessária que deve-se ter debaixo do tampo sem nenhuma obstrução para colocação das pernas.

QUADRO 2 – Dimensões antropométricas.

Dimensões Antropométricas	P 95 H (cm)	P 5 M (cm)	Página
Largura nádega-joelho*	65,4	53,3	102
Profundidade máxima do corpo**	33 (=P95 M)	25,7 (=P5 H)	104

Legenda: P 95 H (Percencil 95 Homens) e P 5 M (Percentil 5 Mulher)

\* Previsão para 1985, de homens e mulheres adultos.

\*\* Dimensão para homens e mulheres adultos.

Fonte: Panero & Zelnik (1996)

Cabe salientar que o espaço de trabalho e espaço de preensão horizontal na altura de uma mesa são dados em Grandjean (1998, pag. 59), onde o espaço de trabalho consiste em um raio de 35 a 45cm e o espaço de preensão consiste em um raio de 55 a 65cm.

Os resultados deste ensaio podem ser vistos nas seguintes tabelas do final deste anexo: Tab. 14, Tab. 15, Tab. 16, Tab. 17 e Tab. 18.

Conclusões com relação ao quarto ensaio:

a) com relação ao tamanho do espaço para ferramentas, obteve-se o valor de 12cm, conforme o valor da mediana (elimina os valores atípicos), apresentado na Tab. 15. Optou-se por estabelecer o tamanho do espaço para ferramentas em 20cm, pois desta forma ficará uma margem de segurança de 8cm que poderá ser utilizada, bastando posicionar o equipamento mais para trás na banca;

b) com relação a altura da banca:

- considerando-se que o número de participantes que desejam a banca a 90cm e a 93cm são iguais (38,46 %), sendo para o restante indiferente ou não concluíram (23,08 %) (Ver Tab.18);

- considerando que dos cinco participantes que optaram pela banca com 93cm, dois mencionaram espontaneamente que os *displays* estão altos (Ver Tab. 18);

- considerando-se que dos cinco participantes que desejam a banca a 90cm, dois justificaram tal preferência em função de que tal altura facilita pegar o medidor da esteira (Ver Tab. 17);

- considerando que do total de participantes do ensaio (13 participantes), sete participantes, o que representa 53,85 %, desejam que os *displays* sejam rebaixados (Ver Tab. 18);

- considerando que um dos participantes, o qual afirmou que a altura dos *displays* estava boa, também afirmou que os mesmos poderiam ser rebaixados (Ver Tab. 18);

- considerando que a utilização de uma bancada de 90cm de altura ao invés de uma de 93cm representa um rebaixamento do centro dos medidores e do centro dos *displays* em três centímetros e que estes três centímetros vão auxiliar na realização do trabalho para os mais baixos (percentil 5 mulher) e pouco representam de prejuízo para os mais altos (percentil 95 homem).

Optou-se pela bancada com altura igual a 90 cm, a fim de atender as considerações acima mencionadas, assumindo uma solução de compromisso privilegiando os mais baixos sem representar grandes prejuízos para os mais altos.

c) altura do centro dos medidores, altura do centro dos *displays*: a altura destes esta intimamente ligada a altura da bancada. Com a bancada a 90 cm de altura ao invés de 93 cm, os medidores e os *displays* ficam rebaixados em 3 cm. No caso dos *displays*, o ideal é que fossem rebaixados em 10 cm. Verificou-se que no equipamento é possível rebaixá-los em aproximadamente mais 2 cm. Também segundo Dul & Weerdmeester (1995) o calçado pode representar uma altura adicional de 3 a 5cm. O somatório destes valores pode representar valores próximos ao desejado.

TABELA 9 – Dados obtidos a partir do primeiro e segundo ensaios.

<b>Pessoa Entrevistada</b>	<b>Primeiro ensaio</b>	<b>Segundo ensaio</b>
Participante A 1º Turno	- Elevando em 11 cm: ruim; - Sem elevação: ideal.	- Altura boa.
Participante B 1º Turno	- Elevando em 11 cm: ruim; - Elevando em 7 cm: tá bom; - Elevando em 4 cm: ruim; - Sem elevação: ruim.	- Muito alta.
Participante C 1º Turno	- Elevando em 11 cm: ruim; - Sem elevação: ideal.	- Altura boa.
Participante D 1º Turno	- Elevando em 11 cm: pior; - Sem elevação: ideal.	- Altura boa.
Participante E 1º Turno	- Elevando em 11 cm: muito alto; - Elevando em 4 cm: não ficou bom; - Sem elevação: ideal.	Obs.: Não quis fazer, pois não gostaria de ser filmada. Estava com herpes nos lábios, motivo pelo qual não gostaria de ser filmada, assim não insistiu-se.
Participante F 2º Turno	- Elevando em 11 cm: ruim; - Elevando em 4 cm: ainda não ficou bom; - Sem elevação: melhor.	- Deveria ser mais alto.

Participante G 2º Turno	- Elevando em 11 cm: ruim; - Elevando em 4 cm: ruim; - Sem elevação: melhor.	- Altura ótima.
Participante H 2º Turno	- Elevando em 11 cm: ruim; - Sem elevação: ideal.	- Altura boa.
Participante I 1º Turno	- Elevando em 11 cm: ruim; - Sem elevação: “mesmo assim, achava que estava baixo”.	- Altura boa.
Participante J 2º Turno	- Elevando em 11 cm: ruim; - “O ideal seria levantar o centro do medidor até a altura do rosto”.	- Altura boa.
Participante L 2º Turno	- Elevando em 11 cm: boa; - Elevando em 4 cm: pior que 11 cm; - Sem elevação: pior que 4 cm.	- Muito alto.
Participante M 1º Turno	Não participou deste ensaio.	- Altura boa.
Participante N 2º Turno	Não participou deste ensaio.	- Deveria ser mais alto.
Participante O 2º Turno	Não participou deste ensaio.	- Altura boa.

TABELA 10 -Distâncias entre medidores e entre *displays* – cálculo da média.

<b>Distância (cm) entre Medidores 3º ensaio</b>	<b>Distância (cm) entre Medidores 2º ensaio</b>	<b>Distância (cm) entre <i>Displays</i> 3º ensaio</b>	<b>Distância (cm) entre <i>Displays</i> 1º ensaio</b>
10	12	13	15
12	11,5	12	15
24	23	26	23
17	15,5	20	24
5	-	5	8
4	18	2	2
8	10	13	14
6	7	8	0
17	24	28	26
13	15	14	23
17	33	24	26
5	10	5,5	-
26	24	24	-
5	6	6	-
Média=12,07cm	Média=16,0 cm	Média=14,32 cm	Média=16,0 cm

TABELA 11 – Distâncias entre medidores e entre *displays* – cálculo da mediana.

Distância (cm) entre Medidores 3° ensaio	Distância (cm) entre Medidores 2° ensaio	Distância (cm) entre <i>Displays</i> 3° ensaio	Distância (cm) entre <i>Displays</i> 1° ensaio
4	-	2	-
5	6	5	-
5	7	5,5	-
5	10	6	0
6	10	8	2
8	11,5	12	8
10	12	13	14
12	15	13	15
13	15,5	14	15
17	18	20	23
17	23	24	23
17	24	24	24
24	24	26	26
26	33	28	26
Mediana = $(10 + 12)/2$ Mediana = 11 cm	Mediana = 15 cm	Mediana = $(13 + 13)/2$ Mediana = 13 cm	Mediana = 15 cm

TABELA 12 - Altura de *displays* e medidores – cálculo da média.

Altura (cm) do Centro dos Medidores 3° ensaio	Altura (cm) do Centro dos Medidores 2° ensaio	Altura (cm) do Centro dos <i>Displays</i> 3° ensaio	Altura (cm) do Centro dos <i>Displays</i> 1° ensaio
42	41,5	56	49,5
39	39,5	49,5	44,5
44	42,5	60	44,5
47	41,5	58	44,5
35	-	45	44,5
40	41,5	49	45,5
39	36,5	55	55,5
50	39,5	62	55,5
48	39,5	60	50,5
39	39,5	50	45,5
38	39,5	51	45,5
45	36,5	57	-
55	53,5	67	-

38	39,5	55	-
Média=42,78 cm	Média=40,8 cm	Média=55,32 cm	Média=47,77 cm

Obs.: - A bancada para sustentação do equipamento tem 97,5 cm.

-As alturas apresentadas são em relação a bancada que sustenta o equipamento. Para se determinar a altura em relação ao piso, deve-se somar aos valores encontrados 97,5 cm (altura da bancada).

TABELA 13 – Altura de *displays* e medidores – cálculo da mediana.

Altura (cm) do Centro dos Medidores 3º ensaio	Altura (cm) do Centro dos Medidores 2º ensaio	Altura (cm) do Centro dos <i>Displays</i> 3º ensaio	Altura (cm) do Centro dos <i>Displays</i> 1º ensaio
35	-	45	-
38	36,5	49	-
38	36,5	49,5	-
39	39,5	50	44,5
39	39,5	51	44,5
39	39,5	55	44,5
40	39,5	55	44,5
42	39,5	56	45,5
44	39,5	57	45,5
45	41,5	58	45,5
47	41,5	60	49,5
48	41,5	60	50,5
50	42,5	62	55,5
55	53,5	67	55,5
Mediana = (40 + 42)/2 Mediana = 41 cm	Mediana = 39,5 cm	Mediana = (55 + 56)/2 Mediana = 55,5 cm	Mediana = 45,5 cm

Obs.: - A bancada para sustentação do equipamento tem 97,5 cm.

- As alturas apresentadas são em relação a bancada que sustenta o equipamento. Para se determinar a altura em relação ao piso, deve-se somar aos valores encontrados 97,5 cm (altura da bancada).

TABELA 14 – Tamanho do espaço para ferramentas.

Participante	Tamanho do espaço (cm)
A	20
B	12
C	12
D	10
E	20
F	10
G	12
H	12
I	12
J	8
K	17
L	10
M	10

TABELA 15 - Tamanho do espaço para ferramentas - cálculo da média e cálculo da mediana.

<b>CÁLCULO DA MÉDIA</b>	<b>CÁLCULO DA MEDIANA</b>
8	8
10	10
10	10
10	10
10	10
12	12
12	12
12	12
12	12
12	12
17	17
20	20
20	20
Media = 12,69cm	Mediana = 12cm

TABELA 16 – Altura dos *displays* (baixar em 2,0cm).

<b>Participante</b>	<b>Altura dos <i>Displays</i></b>	<b>Comentários</b>
A	Melhor Baixar	-
B	Melhor Baixar	-
C	Melhor Baixar	-
D	Boa	-
E	Melhor Baixar	-
F	Melhor Baixar	Para não precisar levantar o pescoço.
G	Boa	-
H	Boa	Pois tem regulagem de inclinação dos <i>displays</i> para cima.
I	Melhor Baixar	-
J	Boa	-
K	Boa	-
L	Boa	Mas poderia baixar.

M	Melhor Baixar	-
---	---------------	---

TABELA 17 – Dados obtidos a partir do quarto ensaio.

Pessoa Entrevistada	Altura da Bancada (preferência)	Comentários Espontâneos
Participante A	90cm	- Elevando em 6 cm (banca a 90cm) é melhor do que elevar em 9cm (banca a 93cm); - De pé, é horrível para olhar, mas para colocar o medidor está bom (banca a 90cm); - Sentada está bom (banca a 90cm).
Participante B	93cm	- Banca a 93cm fica melhor; - Sentada é só levantar a cadeira.
Participante C	93cm	- Tanto de pé quanto sentada fica melhor a banca a 93cm do que a 90cm, embora os <i>displays</i> fiquem mais altos.
Participante D	Tanto faz	- Não muda muito a 90cm ou 93cm, tanto sentado Quanto de pé, mas fica melhor a 93cm.
Participante E	93cm	- Melhor que a 90cm, ficando bom sentada e de pé.
Participante F	93cm	- Tanto de pé, quanto sentada fica melhor a 93cm, embora os <i>displays</i> fiquem mais altos.
Participante G	90cm	- Melhor a banca estar a 90cm, pois facilita pegar o medidor da esteira.
Participante H	93cm	- Tanto sentado como de pé melhora um pouco a 93cm.
Participante I	90cm	- Banca a 93cm, de pé ou sentada, não faz muita diferença; - Melhor a banca estar a 90cm, pois facilita pegar o medidor da esteira.
Participante J	Não concluiu	- Banca a 93cm, sentada para olhar piorou, mas de pé melhorou.
Participante K	90cm	- Sentado a banca estando a 93cm é pior; - De pé tanto faz se a banca estiver com 90cm ou 93cm.
Participante L	90cm	- De pé tanto faz a altura da banca; - Sentado, a banca estando a 90cm é melhor, pois medidor fica mais baixo para colocar.
Participante M	Tanto faz	- Sentada a banca estando a 90cm ou a 93cm, faz pouca diferença, mas fica melhor a 93cm; - De pé a banca estando a 90cm ou a 93cm, é indiferente.

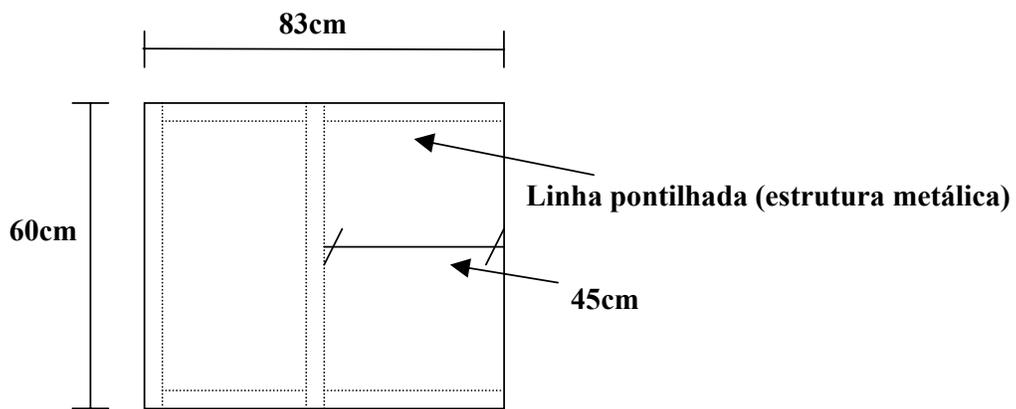
TABELA 18 – Preferência pela altura da bancada e altura dos *displays*.

Pessoa Entrevistada	90 cm	93 cm	Tanto Faz / Não Concluiu	Comentários sobre os <i>Displays</i>	
				Espontâneos	Induzidos
Participante A	X			-	Melhor Baixar
Participante B		X		-	Melhor Baixar
Participante C		X		<i>Displays</i> altos	Melhor Baixar
Participante D			X	-	Boa
Participante E		X		-	Melhor Baixar

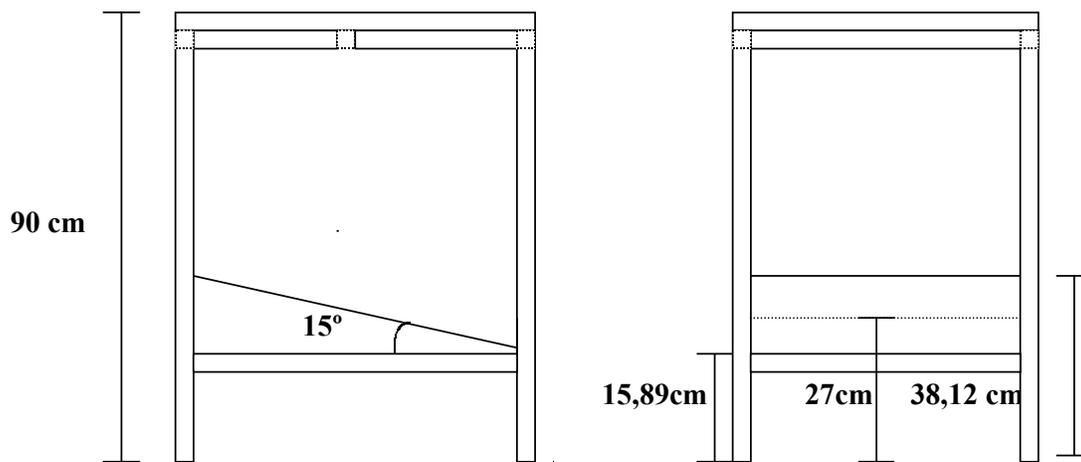
Participante F		X		<i>Displays altos</i>	Melhor Baixar. Para não precisar levantar o pescoço.
Participante G	X			-	Boa
Participante H		X		-	Boa. Pois tem regulagem de inclinação dos displays para cima.
Participante I	X			-	Melhor Baixar
Participante J			X	-	Boa
Participante K	X			-	Boa
Participante L	X			-	Boa. Mas poderia baixar.
Participante M			X	-	Melhor Baixar
Totais	05	05	03	-	-
Percentuais	38,46 %	38,46 %	23,08 %	-	-

## **ANEXO 11**





VISTA SUPERIOR



VISTA LATERAL ESQUERDA

VISTA FRONTAL

FIGURA 6 – Dimensões da Bancada – s/ escala