



A UTILIZAÇÃO DO DESIGN MACROERGONÔMICO E DA ANÁLISE MACROERGONÔMICA DO TRABALHO NA CONCEPÇÃO DE PRODUTO

Lia Buarque de Macedo Guimarães, PhD, CPE

Daniela Fischer, doutoranda

Tatiana Pastre, mestranda

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP)

Laboratório de Otimização de Produtos e Processos (LOPP)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Praça Argentina 9, 2º andar, sala LOPP, centro, Porto Alegre – RS CEP 90040.020

TEL: 0XX51 3163349,

tati@ppgep.ufrgs.br daniela@ppgep.ufrgs.br liabmg@ppgep.ufrgs.br

The aim of this study was the identification of problems that could generate musculoskeletal disorders to the workers of a metallurgical company in the South of Brazil. This article presents the results of an ergonomic preliminary survey on the cylinder chroming task. The paper describes the methodology used in the study, the ergonomic problems found, the solutions proposed for improving the cylinder's fixing device used in the chroming process, and the validation of the solutions. Ergonomics was a major factor for the identification of the best device solution to be implemented. The macroergonomics and participatory approach of the study was important for the identification of other ergonomic items that were unknown by the company.

macroergonomics, musculoskeletal disorders, cylinder chroming.

1. Introdução

Distúrbios osteomusculares relacionados com o trabalho (DORTs) tais como tendinites, epicondilites, etc. vêm sendo cada vez mais constantes na maioria das empresas (INSS, 1998). Em decorrência, isto vem gerando uma maior demanda por estudos ergonômicos em áreas que, antes, tendiam a priorizar as questões técnicas em detrimento das sociais. O estudo de caso em questão é um exemplo. Em 1998, esta empresa do ramo metalúrgico do estado do Rio Grande do Sul havia reprojetoado o dispositivo de encaixe para cromagem dos cilindros, que fabrica para todo o mundo, devido a problemas técnicos: especificamente, era deficitário e/ou insuficiente o contato entre dispositivo de cromagem e cilindro com conseqüências para a qualidade do produto (camadas de cromo não conformes) e aumento do retrabalho. Ainda, o dispositivo contava com muitas peças móveis que, por sua vez, dificultavam a manutenção. No ano 2000, contudo, o motivo que leva ao reprojeto do dispositivo de cromagem foi a incidência de DORTs. A empresa, então, firmou uma parceria com o Instituto Fraunhofer-IPA (Alemanha) de automação industrial e a equipe de ergonomia do LOPP/PPGEP/UFRGS com o objetivo de identificar os problemas no setor e propor soluções de melhoria à curto prazo. Ao LOPP, coube a apreciação ergonômica e a proposição e validação de soluções a serem implementadas, dentro de uma visão macroergonômica e participativa, que vem sendo a filosofia de projetos desenvolvidos pelo LOPP.

Embora tenham sido identificados problemas ergonômicos de ordem organizacional, físico-ambiental e de posto, este artigo se concentra nos problemas biomecânicos que originaram a concepção e implementação de um novo dispositivo mecânico para a fixação das peças a serem



cromadas e, assim, minimizar a exigência de força e repetitividade de movimentos de membros superiores, fatores precipitadores e agravantes dos distúrbios ocupacionais.

2. Método de trabalho

O trabalho de cromagem de cilindros foi analisado segundo o método de Análise Macroergonômica do Trabalho (AMT) proposto por Guimarães (2000). Este método engloba: (1) um levantamento prévio ou apreciação da situação do trabalho sob avaliação. Esta apreciação se dá a partir da opinião ou demanda ergonômica dos trabalhadores, e da discussão desta demanda junto com os trabalhadores e o comitê de ergonomia (COERGO) organizado na empresa. A partir desta fase é feita (2) uma análise mais detalhada dos problemas identificados e (3) feitas propostas de solução de melhorias quer de ordem ambiental, de posto, de organização de trabalho. Estas propostas são (4) colocadas em prática (sob a forma de *mock-ups* e/ou protótipos) e são analisadas. Quando as alternativas implementadas são aprovadas pelos trabalhadores e pelo comitê de ergonomia, o trabalho pode ser considerado (5) validado e emitido um relatório final. A AMT difere dos métodos tradicionais da ergonomia pelo caráter participativo que se verifica ao longo de todo o estudo ergonômico. A participação dos trabalhadores, tanto na fase de concepção, quanto de implementação de propostas projetuais, garante um maior envolvimento e, por conseguinte, maior índice de sucesso nas modificações.

No caso deste projeto, o estudo restringiu-se ao levantamento inicial das condições de trabalho realizado no setor de cromagem de cilindros, análise do dispositivo de encaixe de cilindros, proposição de soluções de melhoria do dispositivo e validação das soluções. A integração do COERGO, geralmente prevista, não se consolidou.

O levantamento das condições de trabalho de cromagem de cilindros foi realizado com o recurso de técnicas de observação direta e indireta, documentadas em vídeo e em caderneta de campo. Para a identificação da demanda ergonômica dos usuários foi feita entrevista não induzida e questionário, de acordo com o método de *Design* Macroergonômico (DM) proposto por Fogliatto & Guimarães (1999).

O questionário, não identificado, com 13 questões relativas aos itens mencionados nas entrevistas, foi submetido a 17 pessoas dos três turnos de trabalho no setor de cilindros. Todos os 17 questionários retornaram, mas 4 foram anulados devido à imprecisão de preenchimento. Os dados dos questionários foram tabulados e priorizados em função do nível de insatisfação. Diferentemente da ponderação das entrevistas (que valoriza a soma dos pesos atribuídos a cada item pelos usuários) nos questionários o peso do item é gerado por sua média aritmética. O resultado dos questionários é apresentado na Figura 1.

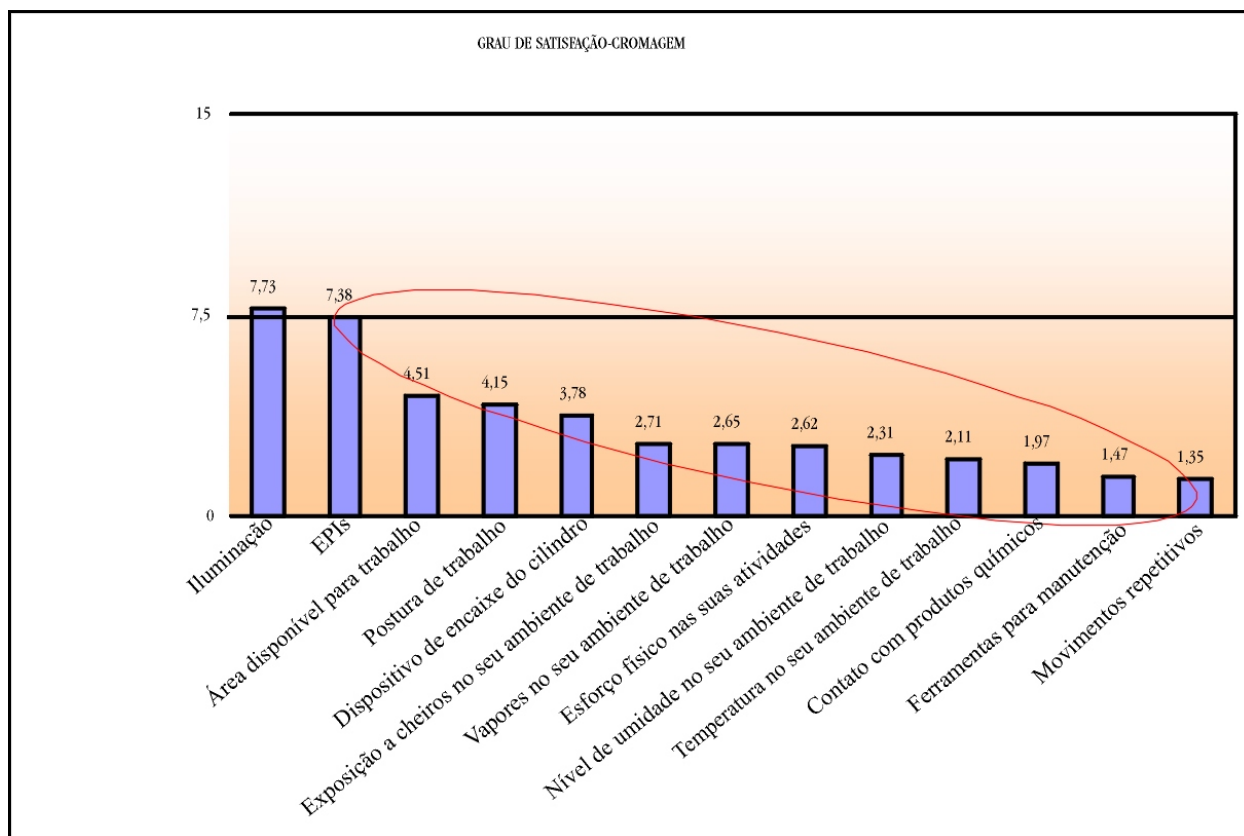


Figura 1: Primeiro questionário de grau de satisfação na cromagem.

Nota-se que apenas um dos itens (iluminação no seu ambiente de trabalho) fica acima da média ($>7,5$). Já o item que gerou a demanda desse trabalho (dispositivo de encaixe do cilindro) ficou acima de itens como: exposição a cheiros, vapores, esforço físico, umidade, temperatura, contato com produtos químicos, ferramentas e movimentos repetitivos. Como os resultados mostram que o maior problema não estava no dispositivo de encaixe do cilindro e sim no próprio processo e nas conseqüências desse no ambiente, o projeto de parceria passou a englobar, além da questão inicialmente definida (repetitividade e força no encaixe dos cilindros) as demais questões levantadas. As seções a seguir descrevem as etapas de projeto.

3. Descrição do trabalho realizado na cromagem e do dispositivo de encaixe do cilindro

O trabalho no setor de cromagem começa na linha de preparação onde os cilindros são preparados para serem cromados. Na única linha de preparação, o trabalhador abastece um cesto com os cilindros a serem cromados (o número de cilindros vai depender do tamanho dos mesmos). Quando um cesto é abastecido, ele vai passando por uma sucessão de banhos químicos (12 banhos: desengraxante alcalino, soda, água, ácido nítrico mais fluotídrico, água, zinco, água, ácido nítrico mais água, água, cromo), sendo que até a metade dos banhos, o processo é controlado por um operador, e da metade em diante é controlado por um outro operador.

Após a preparação, as peças são tiradas dos contenedores e colocadas em um recipiente com água, onde um outro operador pega os cilindros e os fixa no dispositivo de cromagem. (*com movimentos de desvio ulnar, desvio radial, pronação e supinação*). Cada dispositivo tem 12 suportes que servem para encaixar 12 cilindros (Figura 2). Após fixar os 12 cilindros, o operador engata o dispositivo em uma talha e o conduz (*com o braço elevado acima do nível do ombro*) até o primeiro tanque. Em seguida, desce o dispositivo dentro do tanque e o prende com roscas (*utilizando novamente a musculatura do punho, com movimentos de pronação, supinação,*

desvio radial e desvio ulnar). Começa, então, a cromagem cuja qualidade depende do perfeito encaixe e contato dos cilindros no dispositivo para a transferência de carga eletrolítica. Terminado o processo de cromagem (ou seja, a sucessão de banhos) o operador conduz o dispositivo para o início da linha (*com o braço elevado acima do nível do ombro*), retira os 12 cilindros (*novamente com movimentos de desvio ulnar, desvio radial, pronação e supinação*) e os coloca num carrinho, onde outro montador pega as peças e as leva para a bancada de medição do diâmetro interno do cilindro que vai definir a qualidade do produto. O tempo de ciclo para o encaixe dos cilindros no dispositivo é 4,69 min, aproximadamente 23 segundos para o encaixe de cada um dos 12 cilindros. Quando a linha está operando na sua capacidade máxima, são utilizados 16 dispositivos. Neste caso, o tempo para preparação de um lote de 16 dispositivos é 75 minutos (4,69 min X 16).

Cada funcionário trabalha um total de 2 horas por dia na linha de preparação, sendo este tempo distribuído em dois momentos de 1 hora cada. Salienta-se que em função do número de funcionários por turno, e da quantidade de horas da jornada de trabalho, um funcionário (do total de 6) precisa trabalhar mais uma hora na linha de preparação, além dessas 2. O trabalho é organizado em três turnos: T1: 7:30 - 5:18 (1 h de almoço e 10 min café) 2^a a 6^a feira; T2: 5:18 - 2:28 (1h de janta e 10 min café) 2^a a 6^a feira ; T3:2:30- 7:30 (10 min café) 2^a a sábado.



Figura 2: Dispositivo de encaixe do cilindro.

Os constrangimentos para o ser humano quando das atividades desempenhadas junto ao dispositivo compreendem o uso de força (conforme explicitado pelos trabalhadores mas não medido) e movimentos repetitivos de membros superiores, já que executados em tempos de ciclo muito curtos (aproximadamente 23 segundos). Usualmente se considera uma atividade como repetitiva quando seu ciclo é inferior a 30 segundos (Silverstein et al., 1987). Além disso, a postura de trabalho, sempre em pé, associada com giros, inclinações e flexões da coluna (dado à altura e plano de trabalho do dispositivo) são desconfortáveis para o operador e podem precipitar lesões no sistema músculo esquelético.

4. Proposta de soluções

Apesar dos problemas ambientais e organizacionais levantados, este projeto concentrou-se inicialmente na questão mais importante para desenvolvimento de DORT no setor em estudo, isto, porque a empresa entendia que o esforço na atividade de encaixe e remoção dos cilindros do dispositivo para cromagem e já havia firmado convênio com o Fraunhofer. As propostas de soluções foram desenvolvidas em conjunto pela equipe do LOPP, do Instituto Fraunhofer e engenheiros da empresa, com base em técnicas de *brainstorming*.

4.1 Três modelos de dispositivo

Foram aventados três modelos de dispositivos: “copo com pregos” (Figura 3), um dispositivo “grelha” (Figura 4) e outro “mecanismo fixador por base” (Figura 5).

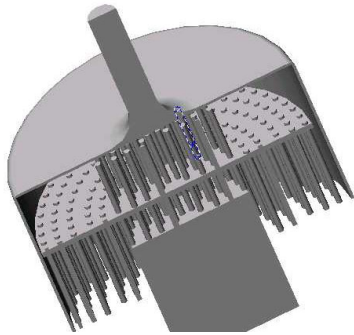


Figura 3: Dispositivo copo de pregos.

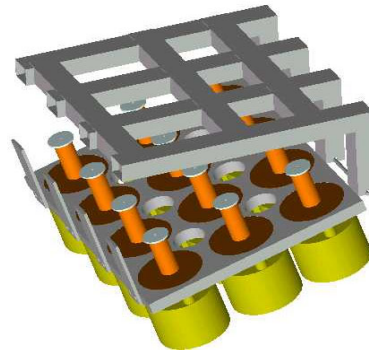


Figura 4: Dispositivo em grelha.



Figura 5: Dispositivo fixador pela base.

Os três modelos de dispositivo foram analisados utilizando-se os seguintes parâmetros: qualidade ergonômica, precisão de posicionamento do cilindro, tempo de operação de fixação do cilindro, dimensões e peso, ocupação de área, estrutura e integração com o sistema/processos vigentes, manutenção, risco de acidente, facilidade de modificações, restrições tecnológicas, custo.

Em função do custo dos dispositivos, a empresa optou por testar, primeiro, o modelo de fixação por base. Mas foi rejeitado, pois não atendeu aos critérios ergonômicos: embora tenha eliminado alguns desvios de punho, continuou exigindo uso de força devido ao torque da aparafusadeira que fazia a fixação. O segundo modelo testado foi o copo com pregos o qual foi rejeitado pelos critérios de engenharia: os pregos riscavam o cilindro por dentro, a troca eletrolítica necessária no processo não foi atendida satisfatoriamente, além do fato do material utilizado ter oxidado. Há que se esclarecer que a troca eletrolítica deficiente pode ter ocorrido tanto em função do material utilizado quanto pela maneira como o encaixe ocorria (mal contato). Do ponto de vista técnico-operacional e ergonômico, o dispositivo grelha mostrou-se superior aos demais e está em teste para a otimização de alguns parâmetros de projeto e redução de custos.



5. Considerações finais

A apreciação nos moldes macroergonômico, que enfatiza a participação dos funcionários, facilitou o entendimento do processo e permitiu identificar as reais demandas ergonômicas que deveriam ser atendidas. A ferramenta *Design Macroergonômico (DM)* serve de suporte para o estabelecimento de parâmetros de projeto além de ajudar o especialista a conhecer o trabalho realizado e seu ambiente, sob a ótica dos funcionários. A AMT é um processo contínuo, e o sucesso que obteve no início do projeto permitiu despertar o interesse em instalar um Comitê de Ergonomia (COERGO) na empresa que, atualmente, é responsável pelas adequações ergonômicas que se fazem necessário.

6. Referências Bibliográficas

- CORLETT, Nigel e MANENICA, Iida. The effects and measurement of working postures. *Applied Ergonomics*, USA, vol. 11, nº 1 p.7-16, 1980.
- GRANDJEAN, E. *Manual de Ergonomia – Adaptando o trabalho ao homem*. 4ª Ed., Porto Alegre: Bookman, 1998.
- GUIMARÃES, L. B. de M. *Ergonomia de Processo I*. 2 ed. Porto Alegre, RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 1999.
- 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, Canadá, *Proceedings...* Ottawa: HFAC, 1990.
- INSS. Boletins de Benefícios Concedidos, 1998.
- McATAMNEY, L. & CORLETT, E. N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99, 1993.
- MORAES, A. de e MONT'ALVÃO, C. Ergonomia: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.
- SILVERSTEIN, Bárbara A, FINE Lawrence J and ARMSTRONG, Thomas J. Occupational Factors and Tunnel Syndrome. *American Journal of Industrial Medicine* 11:343-358, 1987.

Este artigo apresenta os resultados de uma apreciação ergonômica para identificação dos problemas que poderiam estar gerando distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORTs) no setor de cromagem de cilindros de uma empresa do ramo metalúrgico do estado do Rio Grande do Sul. Descreve o método de investigação utilizado, os problemas ergonômicos advindos da atividade de fixação com o dispositivo vigente, as propostas de solução de três modelos de dispositivo de fixação de cilindros e a validação de soluções. A ergonomia foi decisiva na identificação da melhor solução técnica que está sendo implementada e o enfoque macroergonômico empregado identificou, junto com os funcionários, outros itens de demanda ergonômica que não eram de conhecimento da empresa.

Macroergonomia, distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), cromagem de cilindros