

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

**AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DA MULTIFUNCIONALIDADE**

**Autor: Márcio Ludwig Otton**

**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**

**AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DA MULTIFUNCIONALIDADE**

**Autor: Márcio Ludwig Otton**

**Orientadora: Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph D.**

**Banca Examinadora:**

**Anamaria de Moraes, Dr.**

**Paulo Ghinato, Ph.D.**

**Vílson João Batista, Dr.**

**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.

---

**Lia Buarque de Macedo Guimarães, Ph.D.**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Orientador

---

**Helena Beatriz Cybis**

Coordenadora do Mestrado  
Profissionalizante em Engenharia

BANCA EXAMINADORA

**Anamaria de Moraes, Dr.**

Pontifícia Universidade Católica/RJ

**Paulo Ghinato, Ph.D.**

Universidade Federal de Pernambuco/UFPE

**Vilson João Batista, Dr.**

Depto Engenharia Mecânica/UFRGS

**Ao Nestor, Georgina, Jussara, Nicolau e Jacira, pela minha formação como pessoa.**

**Ao Marcelo, pelo amor e companheirismo.**

**À Rori, pelo amor, apoio e pela grande vida que faremos e teremos pela frente.**

## AGRADECIMENTOS

À professora Lia Buarque de Macedo Guimarães, pela seriedade e competência demonstrados como professora e orientadora, e por honrar e bem representar o nome da UFRGS.

Ao professor Paulo Ghinato, por sua valiosa orientação na definição do trabalho e na banca, que demonstraram sua excepcional competência, qualidade técnica e pessoal.

Ao professores Anamaria de Moraes e Vílson João Batista, participantes da banca, pelas orientações prestadas.

Agradecimento de forma muito especial à minha mãe, Jussara, aos meus avós, Nestor e Georgina, a quem muito amo, devo e agradeço.

À minha maravilhosa família: tio Nicolau, Rose, Fernando, Beto, Laura, Martha e Luísa, tio César, Jacira e Julinho, ao meu irmão Marcelo, e ao meu pai Airton.

À minha esposa Roberta (Rori) pelo seu amor, apoio e alegria.

## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	V
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE TABELAS .....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT .....	X
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 A MULTIFUNCIONALIDADE E A ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL .....</b>	<b>5</b>
2.1 EVOLUÇÃO DO TRABALHO .....	5
2.2 PROJETO DO TRABALHO .....	9
2.3 A MULTIFUNCIONALIDADE.....	11
<b>3 A ERGONOMIA NA MULTIFUNCIONALIDADE .....</b>	<b>17</b>
3.1 ASPECTOS FÍSICOS NA MULTIFUNCIONALIDADE.....	18
3.1.1 Adaptação do posto de trabalho ao homem .....	18
3.1.1.1 Dimensionamento e flexibilidade do posto de trabalho .....	18
3.1.1.2 Acidentes e falhas no posto de trabalho .....	20
3.1.1.3 Arranjo físico do posto de trabalho .....	22
3.1.1.4 A manutenção das máquinas .....	25
3.1.2 Aspectos ambientais na multifuncionalidade.....	28
3.1.2.1 Ruído .....	28
3.1.2.2 Vibrações.....	30
3.1.2.3 Iluminação e conforto visual.....	31
3.1.2.4 Conforto térmico .....	34
3.1.2.5 Agentes químicos e radiação.....	36
3.1.3 Aspectos fisiológicos na multifuncionalidade .....	37
3.1.3.1 Fadiga muscular .....	37
3.1.3.2 Monotonia fisiológica.....	39
3.1.3.3 Adaptação fisiológica da troca de atividade.....	40
3.1.3.4 Ritmo de trabalho e repetitividade.....	41
3.1.3.5 Lógica para troca de tarefa do ponto de vista fisiológico.....	44
3.2 ASPECTOS COGNITIVOS NA MULTIFUNCIONALIDADE .....	48
3.2.1 Informação e memória.....	49
3.2.2 Aprendizagem .....	50
3.2.3 <i>Set up</i> mental .....	53
3.2.4 Capacitação .....	54
3.2.5 Padronização .....	55
3.2.6 Autonomia .....	56
3.2.7 Estresse.....	58
3.2.8 Fadiga mental .....	60
3.2.9 Monotonia .....	61
3.2.10 Motivação.....	62
3.2.11 Territorialidade .....	64
3.2.12 Comunicação.....	65
3.2.13 Equipes de trabalho .....	67

3.2.14 Lógica para troca de tarefa do ponto de vista cognitivo.....	69
3.3 GESTÃO DA PRODUÇÃO MULTIFUNCIONAL.....	71
<b>4 AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DA MULTIFUNCIONALIDADE .....</b>	<b>74</b>
4.1 A MULTIFUNCIONALIDADE SOB O PONTO DE VISTA DA ERGONOMIA.....	75
4.1.1 Avaliação individual dos itens ergonômicos .....	75
4.1.2 Avaliação global dos itens ergonômicos.....	83
4.1.3 Avaliação quantitativa dos itens ergonômicos.....	85
4.2 ASPECTOS CRÍTICOS PARA APLICAÇÃO DA MULTIFUNCIONALIDADE .....	87
4.2.1 Identificação dos aspectos críticos.....	87
4.2.2 Identificação das características do posto de trabalho .....	95
4.2.3 Características do posto de trabalho .....	98
4.2.4 Critérios para avaliação das características .....	101
4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO.....	102
4.3.1 Descrição do processo.....	102
4.3.2 Análise dos exemplos de aplicação.....	104
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>109</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>111</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Avaliação quantitativa dos itens ergonômicos .....	87
Tabela 2 - Conversão dos itens ergonômicos em aspectos críticos .....	97
Tabela 3 - Característica do posto de trabalho.....	98
Tabela 4 - Priorização das características do posto de trabalho.....	102
Tabela 5 - Os postos da linha de cromagem .....	105
Tabela 6 - Resumo da análise das características do posto de trabalho.....	109

## RESUMO

O presente trabalho procura avaliar, sob o ponto de vista da Ergonomia, se a multifuncionalidade é vantajosa em relação ao paradigma tradicional de fixação de um trabalhador em um posto, indo além da análise técnica da engenharia de produção. Discute-se, adicionalmente, quais as características devem ser avaliadas em um posto de trabalho, para definir se este posto pode ser operado de modo multifuncional.

Para efetuar as avaliações propostas são analisados, individualmente e em conjunto, vinte e oito itens ergonômicos (físicos e cognitivos), que assume-se como os mais relevantes para a análise proposta. No resultado geral da análise, um percentual de adequação menor que 50% mostra que a multifuncionalidade não é vantajosa, um percentual entre 50% e 66% mostra pequena vantagem, e um percentual maior que 66% mostra vantagem.

## **ABSTRACT**

This work evaluates, through the ergonomics viewpoint, if multifunctionality is advantageous comparing to traditional paradigm of setting one man in one workplace, which goes beyond the technical analysis of production engineering. Furthermore, the assessment of characteristics that must be evaluated to define if a workplace can be operated by multifunctional workers.

To achieve the proposed evaluation, twenty eight ergonomical issues (physical and cognitive) are analysed, assuming them as the main issues. For general results, 50% means disadvantage result, from 50% and 66% means low advantage result, and 66% or more, means advantage result for multifunctionality application.

## 1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista da engenharia de produção, a multifuncionalidade é considerada uma técnica que traz resultados positivos, como aumento da produtividade e qualidade, melhora a flexibilidade do sistema de produção ante as variações da demanda. Outras vantagens motivacionais e comportamentais foram identificadas, como a redução da monotonia e da fadiga, melhoria da comunicação, da identificação do operador com o trabalho, da satisfação, do comprometimento, etc. No entanto, a multifuncionalidade muda substancialmente o trabalho, e submete o operador a condições de trabalho bastante diferentes das operações especializadas características do paradigma taylorista.

A proposta de avaliar a multifuncionalidade sob o ponto de vista da ergonomia surgiu em um projeto de aumento de produtividade em uma indústria metalúrgica, cuja equipe é formada por empregados com dez, quinze, e até vinte anos de empresa. A troca de pessoas entre setores, seja de modo temporário ou definitivo, não era uma prática na empresa, e os empregados trabalhavam na mesma máquina durante todo o seu tempo de empresa, sendo que muitos deles nem sequer conheciam outros setores ou o produto que ajudavam a fabricar. Para os operadores, não havia perspectiva de desenvolvimento, aprendizagem, crescimento profissional, valorização salarial, motivo para receber elogios ou reconhecimento. É a rotina, um caminho estável e conhecido. Para a empresa, o operador é apenas mais um empregado, com pouco conhecimento, baixa capacidade técnica, que não precisa ser mais valorizado, que simplesmente faz o necessário para receber o salário que lhe é pago. É um empregado que diariamente vem, faz sua parte, e vai embora.

A alta produtividade individual obtida pela superespecialização era a justificativa para esta política. A questão que se colocava era como um ser humano pode produzir uma única peça, na mesma máquina, da mesma maneira, durante 14 anos seguidos. Ou seja, todo o dia, a mesma peça, no mesmo lugar, com a mesma regulagem, com a mesma ferramenta, e com que motivação? A multifuncionalidade foi proposta naquele projeto como uma alternativa para balancear a capacidade de produção e melhorar a utilização dos recursos (máquinas e mão de obra). O novo sistema de programação de produção definiu que as máquinas devem ficar paradas se não houver pedidos, mas não permite que o operador fique parado. Assim, foi

estruturado um sistema de realocação temporária dos operadores, que era acionado a cada vez que sua máquina parasse.

Na implantação deste sistema, o operador multifuncional foi definido como aquele que é habilitado para atuar em todas as atividades e processos de produção da empresa. Os operadores foram treinados para trabalhar em diversos postos de trabalho, com diferentes supervisores, mas, no entanto, os critérios utilizados pela empresa para definir o operador e seu roteiro desconsideravam as questões ergonômicas.

O propósito da escolha deste tema foi buscar a visão ergonômica para avaliar a multifuncionalidade, alternativamente à visão da engenharia de produção, e identificar quais os aspectos que devem ser avaliados para definir se um posto de trabalho pode ser operado de modo multifuncional.

A ergonomia, principalmente quando baseada em preceitos sócio-técnicos, ou seja, macroergonômicos, considera o processo produtivo como um todo, com a visão do sistema, da organização, da tecnologia, do ambiente, das pessoas, etc. Na sua evolução, a ergonomia agregou os conceitos da ergonomia ocupacional (sistema homem – máquina), da ergonomia ambiental (sistema homem – ambiente), da ergonomia cognitiva (sistema homem-informação) e da macroergonomia (sistema homem- organização). E esta visão de sistema, principalmente o organizacional, é a visão que falta para que a análise dos gerentes de produção não se baseie exclusivamente nos aspectos técnicos da engenharia de produção.

A literatura sobre engenharia de produção enfatiza os sistemas de produção e seus métodos, tratando a multifuncionalidade como um método para flexibilizar o processo e como uma alternativa para redefinição da atividade do ser humano nas organizações. Normalmente, a multifuncionalidade é tratada de modo bastante superficial: encontra-se a definição, duas ou três vantagens, mas não há análise aprofundada. Por outro lado, a utilização de modo empírico é usual nas empresas, e seu conceito é conhecido.

A análise que será desenvolvida ao longo deste trabalho tem como primeira aplicação verificar se a multifuncionalidade é ou não vantajosa pelo critério ergonômico, expandindo a visão da engenharia de produção, e tem como segunda aplicação, identificar uma metodologia que permita prever o desempenho no posto de trabalho quando este for operado de modo multifuncional. É importante destacar que o conceito de multifuncionalidade que será aqui

desenvolvido, não é tratado especificamente no contexto da produção enxuta, mas busca-se a aplicação a qualquer sistema de produção. Existiriam diferenças fundamentais nesta avaliação se considerássemos o contexto da produção enxuta, principalmente nos aspectos dos grupos de trabalho e na autonomia do operador.

A partir do ponto de vista ergonômico, o presente trabalho tem dois objetivos:

1. Avaliar se a multifuncionalidade é vantajosa sob o ponto de vista da ergonomia;
2. Gerar um modelo que permita avaliar a condição de aplicar a multifuncionalidade em um posto de trabalho, identificando as características que este posto de trabalho deve ter. Trata-se de um modelo ergonômico simplificado para prever o desempenho humano, baseado nos aspectos mais significativos para a qualidade ergonômica do posto de trabalho.

As limitações do modelo se devem a dois aspectos: o primeiro, é que o escopo deste projeto é a definição das variáveis, chamadas de *características*, e deixa-se em aberto a determinação ou teste das faixas/índices para as variáveis. O segundo, é a não aplicação do estudo de caso para validação do modelo.

Nesta dissertação, o capítulo 2 trata da evolução histórica do trabalho, e de como ele vem sendo concebido e projetado segundo os conceitos de engenharia de produção.

No capítulo 3 é feita a revisão bibliográfica sobre a multifuncionalidade, enfocando, sob uma visão ergonômica, seus aspectos físicos e cognitivos e os aspectos relevantes da gestão da produção multifuncional.

No capítulo 4, apresenta-se a definição e a análise de vinte e oito itens ergonômicos que podem ser considerados imprescindíveis em uma análise ergonômica do trabalho e, portanto, podem servir de base para a análise da gestão da produção com postos fixos e multifuncionais. É proposta uma avaliação quantitativa dos itens ergonômicos sendo abordados os aspectos críticos para a aplicação da multifuncionalidade. Um exemplo de avaliação quantitativa é dado pela aplicação do modelo de avaliação em uma empresa metalúrgica do Rio Grande do Sul. O exemplo permitiu comprovar, na prática, a possibilidade de avaliação da multifuncionalidade sob o ponto de vista da ergonomia e a identificação das características de um posto de trabalho

que devem ser avaliadas para definir se este posto pode ser, ou não, operado de modo multifuncional.

No capítulo 5 é feita a conclusão final da dissertação.

Trazer os elementos da ergonomia de modo organizado e lógico, de maneira a permitir uma aplicação prática nestas decisões de rotina de produção, se constitui em um grande desafio.

## 2 A MULTIFUNCIONALIDADE E A ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL

### 2.1 EVOLUÇÃO DO TRABALHO

A *organização do trabalho* é a definição de tarefas e suas condições de execução, por instâncias exteriores aos trabalhadores, e comporta, ao mesmo tempo, um aspecto que visa obter a eficácia do trabalho, e outro que materializa sua divisão técnica, entre aqueles trabalhadores que projetam e aqueles que o executam (Santos *et alli*, 1992). Da organização do trabalho estabelece-se o projeto de trabalho.

O *projeto de trabalho* é definido como a determinação das tarefas de cada pessoa, sua sequência, local, interfaces com instalações e equipamentos, condições ambientais, autonomia e habilidades necessárias. Slack *et alli* (1996) definem projeto de trabalho como a forma pela qual as pessoas agem em relação a seu trabalho, posicionando suas expectativas ao que é requerido, influenciando suas percepções de como contribuem para a organização, posicionando seu relacionamento com colegas de trabalho e canalizando os fluxos de comunicação.

A evolução do projeto de trabalho ocorreu juntamente com a evolução histórica do homem nas organizações, refletida pela lógica econômica e política, e pela evolução técnica e social. A primeira etapa da evolução histórica foi a produção artesanal, que segundo Guimarães (1998), caracteriza-se pela mão-de-obra altamente qualificada e ferramentas simples, mas flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor deseja, cabendo ao trabalhador tanto o projeto quanto a manufatura do produto. Era flexível para implementar modificações, mas deixava a desejar em cambiabilidade, manutenção e custos de produção.

Quando a operação atingiu porte para ser executada por mais de uma pessoa, a divisão do trabalho apareceu como uma alternativa no projeto de trabalho. A divisão técnica do trabalho é a divisão do total de tarefas em pequenas partes, cada uma das quais desempenhada por uma só pessoa. Proporciona aprendizado mais rápido e reduz o trabalho não produtivo, mas há problemas de monotonia, baixa flexibilidade e alta repetitividade (Slack *et alli*, 1996).

No período de 1750 a 1850, a Revolução Industrial trouxe consigo novas possibilidades técnicas, maior volume de produção e redução de custo (Guimarães, 1998). No final do século XIX, surge a produção em massa. Womack, Jones e Roos (1992) destacam a utilização de profissionais excessivamente especializados para projetar produtos manufaturados por operários semi ou não-qualificados, utilizando máquinas dispendiosas e especializadas em uma única tarefa. A produção em massa caracterizou-se pelos novos conhecimentos científicos, pelo conceito de partes intercambiáveis para grande volume de produção em processos de produtos idênticos (Guimarães, 1998). Womack, Jones e Roos (1992) destacam também a padronização de medidas, a simplicidade e a facilidade de ajuste das peças intercambiáveis como a condição para eliminar a necessidade de trabalhadores qualificados nos setores de montagem.

A divisão do trabalho, a evolução técnica e a produção em massa culminaram na idéia do *paradigma taylorista*, surgido do trabalho desenvolvido por Frederick Taylor, considerado o fundador da Escola da Administração Científica, nome dado, conforme Chiavenato (1983) pela tentativa de aplicação de métodos de ciência aos problemas de administração, a fim de alcançar elevada eficiência industrial. Taylor (1990) argumenta que entre os vários métodos e instrumentos utilizados em cada tarefa, há sempre o método mais rápido e o instrumento mais eficiente, que podem ser encontrados e aperfeiçoados na análise científica, com o minucioso estudo do tempo. Chiavenato (1983) descreve a repartição de responsabilidade existente: cabe à Administração o planejamento (estabelecimento do método de trabalho) e supervisão, e cabe ao trabalhador a execução do trabalho.

Chiavenato (1983) descreve os aspectos principais do paradigma taylorista, que pode ser definido como “um homem, um posto, uma tarefa”:

- análise do trabalho e o estudo de tempos e movimentos: identificar a melhor maneira (*the best way*) de realizar a tarefa, por meio da divisão e subdivisão dos movimentos necessários à execução da tarefa, para economizar tempo e esforço;
- estudo da fadiga humana;

- divisão do trabalho e especialização do trabalho: a idéia básica era de que a eficiência aumenta com a especialização, ou seja, quanto mais especializado, tanto maior será sua eficiência;
- desenho de cargos e tarefas: Taylor (1990) descreve a tarefa como “o que deve ser feito, como fazê-lo, e qual o tempo exato para sua execução”, buscando simplificar os cargos para obter o máximo de especialização de cada trabalhador, de modo que cada trabalhador ficaria restrito a uma específica tarefa que seria executada cíclica e repetidamente, para aumentar sua eficiência;
- condições de trabalho: a eficiência é o resultado do método de trabalho, incentivo salarial e condições de trabalho que garantam bem-estar físico e diminuam a fadiga;
- padronização de métodos, ferramentas, materiais, para reduzir a variabilidade do processo produtivo.

Chiavenato (1983) apresenta como principais críticas ao Taylorismo, o mecanicismo (trata estritamente da tarefa e dos fatores do cargo e função, e considera o homem motivado estritamente pelo ganho material e financeiro), a superespecialização do operário (a eficiência na divisão e subdivisão do trabalho, tornando supérflua a sua qualificação) e a visão microscópica do homem (preocupação com as características físicas do homem e as características do trabalho).

Este modelo de administração em vigor por mais de 60 anos sofreu o impacto de um novo modelo de gestão nos anos 70 e 80. A produção enxuta, surgida dos conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP), emprega equipes de trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, além de máquinas altamente flexíveis e cada vez mais automatizadas, para produzir grandes volumes de produtos com ampla variedade (Womack, Jones e Roos, 1992). Segundo relata Ghinato (1996), uma operadora era capaz de operar simultaneamente 10 teares na Toyoda têxtil, o que depois viria a ser chamado **autonomação**, que foi um rompimento com o paradigma taylorista.

A multifuncionalidade surgiu com a garantia dada pela confiabilidade da autonomação. Conforme Ghinato (1996), a multifuncionalidade permitiu a criação de células de fabricação, melhoria da qualidade dos produtos, modificações radicais na organização do trabalho e da

produção e modificação das relações entre trabalhadores e supervisão. A flexibilidade de mão-de-obra (alteração do número de operários conforme as variações da demanda) foi obtida pelo *layout* do posto de trabalho e operários com multifunções.

Shingo (1998) relata que, na Toyota, 700 trabalhadores operavam 3500 máquinas, pela operação *multimáquinas*, onde um trabalhador fixa ou remove peças em uma máquina enquanto outras realizam o processamento automático, e pela operação *multiprocessos*, onde o trabalhador administra várias máquinas de acordo com o fluxo dos processos.

Nos anos 70, conforme Guimarães (1998), a Volvo sueca também adotou um modelo multifuncional de organização bem mais humano que o modelo japonês. Ela inovou ao organizar o sistema de trabalho dentro de uma linha sócio-técnica, enfatizando não só as questões de produção, mas também as questões humanas no trabalho. Foram consideradas as questões ergonômicas dos postos de trabalho, desenhados de forma a garantir a adoção de melhores posturas e da organização do trabalho, deixando a cargo dos trabalhadores dividirem-se em times para execução das tarefas. Os times tinham uma meta, ou seja, eram responsáveis pela fabricação de parte de um carro, e deveriam gerenciar o tempo de trabalho e as pausas conforme lhe convinham, importando que a meta fosse alcançada no prazo determinado. A produção era realizada em pequenas células de trabalho, de aproximadamente 10 funcionários. No sistema sócio-técnico, estes grupos auto-gerenciáveis eram compostos por membros com habilidades variadas, que tinham autonomia de decisões de alocação de pessoas e tarefas e avaliação do trabalho como um grupo.

Julgando a divisão do trabalho e o Taylorismo como alienadores, outros esforços foram empreendidos para “humanizar” o trabalho. Slack *et alli* (1996) descrevem o *empowerment* como a última fase do desenvolvimento do trabalho, embora ressaltem que não há análises *a posteriori* para melhor avaliar esta tendência. *Empowerment* significa dar ao pessoal a autoridade para fazer mudanças no trabalho em si, assim como na forma como ele é desempenhado. É incorporado ao trabalho em diferentes graus: envolvimento de sugestão (dá poder de contribuir com sugestões, sem dar autonomia de mudança), envolvimento do trabalho (dá poder de reprojeter seus trabalhos) e alto envolvimento (incluir todo o pessoal na direção estratégica e desempenho de toda a organização).

No processo de evolução histórica do trabalho, Slack *et alli* (1996) destacam que a diferença entre as abordagens é relativa à ênfase que colocam na necessidade de gerenciamento para controlar o trabalho, e ao desejo de obter o comprometimento do pessoal que desempenha o trabalho. O equilíbrio entre controle e comprometimento foi o que mudou entre as abordagens do Taylorismo, Sócio-Técnica, do STP e do Empowerment. Estes autores destacam ainda que apesar das diferenças técnicas, as novas abordagens não substituem as anteriores, apenas agregam novos aspectos ou novas influências sobre o projeto do trabalho.

## 2.2 PROJETO DO TRABALHO

Kern, Breining & Eckert (1993) afirmam que o ser humano é um dos mais flexíveis recursos produtivos, e também, a “ligação criativa” no processo de produção. É um recurso indispensável e crítico para o resultado.

O *projeto do trabalho* é o estudo das necessidades da operação e da capacidade das pessoas e máquinas, e o desenvolvimento de tarefas que dêem o melhor aproveitamento dos fatores relevantes (Hendrick & Moore, 1980). Para alguns autores, o projeto do trabalho é a menor unidade produtiva, geralmente envolvendo um homem e seu local de trabalho, definindo como o trabalho deve ser arranjado e dimensionado para ser eficiente. O conceito de projeto do trabalho, do ponto de vista ergonômico, considera o posto como uma “vestimenta” bem adaptada, em que o operador possa realizar o trabalho com conforto, eficiência e segurança (Iida, 1992). De forma mais abrangente, o projeto do trabalho é a tecnologia, conteúdo do cargo, extensão do cargo, estrutura da organização, fluxo de informação e comunicação, estilo de gestão, nível de qualificação, tempos do trabalho e suas recompensas (Spur, Specht & Herter, 1994).

Kern, Breining & Eckert (1993) definem como objetivos do projeto do trabalho, a otimização da taxa de saída do processo produtivo e, ao mesmo tempo, o balanceamento entre a tensão e o esforço do trabalhador. Hendrick & Moore (1980) definem como objetivos a redução de esforço do operador, desenvolvimento do mix mais econômico de esforços e máquinas, e a obtenção de satisfação para o empregado.

Kern, Breining & Eckert (1993) definem os elementos do projeto do trabalho como o local de trabalho, equipamentos utilizados, ambiente de trabalho e estrutura do trabalho (conteúdo do cargo). Spur, Specht & Herter (1994) descrevem os elementos como: tarefa (segurança, importância e significado do trabalho), requisitos de desempenho (uso de capacidade e habilidades, mudança e desafio), possibilidade de desenvolvimento (qualificação, crescimento, aprendizagem), responsabilidade (controle do método e do ritmo de trabalho, poder de decisão), *status* (reconhecimento, carreira, importância da função), relações interpessoais (comunicação, informação, integração com grupo), e políticas da empresa (relacionamento formal, envolvimento na tomada de decisão, ganhos, segurança).

Os métodos de projeto do trabalho aparecem como alternativas para reduzir as inconveniências dos trabalhos repetitivos, aumento do ciclo de trabalho e da responsabilidade sobre os resultados. Os principais métodos são:

a) alargamento do trabalho

Slack *et alli* (1996) definem alargamento do trabalho como a alocação de um maior número de atividades para os indivíduos, do mesmo tipo do trabalho original. Hendrick & Moore (1980) e Spur, Specht & Herter (1994) definem o alargamento como a expansão horizontal, aumentando a variedade, mas não substancialmente aumentando a habilidade e o conhecimento necessários.

As vantagens, conforme Spur, Specht & Herter (1994), são a redução da monotonia, melhor uso da capacidade, aumento da motivação, aumento do ciclo da tarefa, mudança de carga de trabalho.

b) enriquecimento do trabalho

Slack *et alli* (1996) definem o enriquecimento do trabalho como a alocação de atividades diferentes, que envolvem mais tomada de decisão, maior autonomia e portanto, maior controle sobre o trabalho, referindo-se ao crescimento vertical do trabalho, com o aumento da autoridade e responsabilidade. Hendrick & Moore (1980) definem o enriquecimento do trabalho como o aumento da variedade das atividades do operador, que demandem maior conhecimento e habilidade. Conforme Lida (1992) o enriquecimento do trabalho ocorre quando passa-se a controlar mais os resultados finais do trabalho, removendo os controles diretos sobre a tarefa, atribuindo atividades mais exigentes (conhecimento e habilidade), com postos de

trabalho integrados (uma pessoa se responsabiliza pela realização do ciclo completo de produção).

### c) rotação do trabalho

Biehl (1995) define como o revezamento entre as pessoas envolvidas nas tarefas de um processo produtivo. Spur, Specht & Herter (1994) definem como a rotação planejada entre vários ciclos de trabalho de diferentes atividades, onde o operador iria repetir o mesmo ciclo de trabalho por um determinado período de tempo. A rotação do trabalho ocorre quando o operador move-se entre os vários postos de trabalho, e exige conhecimento, habilidades técnicas e sociais, como a cooperação e comunicação.

A mobilidade proporcionada pela rotação do trabalho, juntamente com o enriquecimento do trabalho, convergem no conceito de multifuncionalidade.

## 2.3 A MULTIFUNCIONALIDADE

A origem da multifuncionalidade é apresentada

por Shingo (1996) na história do Sistema Toyota de Produção. Em 1947, começa a separação do trabalho do homem e da máquina, com o sistema de um operador em duas máquinas, com *layout* em paralelo ou em forma de “L”. Em 1949, começa a operação de um operador em quatro máquinas, com *layout* retangular ou em forma de “U”. Em 1963, com a evolução técnica e tecnológica, surge a operação multifuncional com múltiplas máquinas.

Os conceitos de multifuncionalidade e de operador multifuncional são vários:

- Agra (1998) conceitua a multifuncionalidade como a ampliação no conjunto de tarefas que incorpora outras especialidades profissionais não pertencentes originalmente ao empregado. O autor diferencia a multifuncionalidade da polivalência, definida como a ampliação do conjunto de tarefas dentro da sua especialidade profissional;
- Shingo (1996) define o operador multifuncional como aquele que é designado para operação de múltiplas máquinas ou para a operação de múltiplos processos. Ghinato (1996) conceitua estas modalidades: o sistema de operação múltiplas máquinas é aquele que o

trabalhador opera várias máquinas simultaneamente, e o sistema de múltiplos processos é aquele que o trabalhador opera diversas máquinas seguindo o fluxo de fabricação do produto;

- Monden (1983) define o operador multifuncional como aquele que é treinado para tornar-se um operador experimentado em qualquer tipo de trabalho e em qualquer processo, como os operários de função múltipla na Toyota (operam 16 máquinas que executam diferentes tipos de operações);
- Biehl (1995) define o operário multifuncional como aquele que pode exercer diversas funções dentro da empresa porque tem conhecimento delas e, por isso, pode ser movido para outros processos de trabalho.

As definições apresentadas têm em comum a habilidade do operador para trabalhar em diferentes máquinas e diferentes processos, desconsiderando a existência de uma “habilidade original”. As exceções são a definição de Agra que considera a natureza do trabalho (“... habilidade não pertencente originalmente ao operador”), e a de Ghinato que considera a “operação simultânea” dos equipamentos.

A operação multifuncional é definida e formatada conforme as suas variáveis quantitativas, que definem os seus tempos e ciclos. São elas:

- tempo de ciclo do processo: tempo para operar todas as máquinas, e voltar à primeira;
- tempo de ciclo da operação: tempo que o operador ficará em cada máquina;
- número de máquinas do ciclo do processo;
- tempo de deslocamento do operador entre os postos: tempo entre acabar uma atividade e iniciar a próxima;
- roteiro: o “caminho” de equipamentos que o operador percorre durante o ciclo do processo;
- número de operadores participante do ciclo do processo.

- Roesch & Antunes (1996) destacam o sentido de *finalidade* (consciência do seu papel e de sua contribuição no processo de produção);
- Iida (1997) destaca a redução da monotonia e combate à fadiga, melhor comunicação entre as pessoas, e maior identificação do operador com o objetivo do trabalho, cuidando mais da qualidade, segurança, custo e quantidade produzida;
- Agra (1998) destaca a integração interna, conseguida com a aproximação de processos, visão mais abrangente do todo organizacional, da ampliação horizontal e vertical do trabalho, sensação de crescimento pessoal e aumento da empregabilidade profissional;
- Biehl (1995) destaca o aumento da flexibilidade da equipe, maior satisfação do empregado, maior comprometimento e motivação, aumento do nível de aspiração dos empregados, aumento da produtividade e redução do absenteísmo. A autora destaca também que o operador multifuncional é um pré-requisito para a existência das células de produção;
- Mullarkey, Jackson & Parker (1995) destacam a condição para enriquecimento e alargamento do trabalho, a oportunidade para o uso das habilidades, variação, desafio, bem-estar e o crescimento das relações interpessoais no chão de fábrica;
- Pfeffer (1994) destaca a habilidade multifuncional como um motivo de segurança no emprego, e o sentimento de igualitarismo à equipe, já que todos contribuem nas mesmas tarefas, com o mesmo nível de dificuldade;
- Ghinato, Fujii & Morita (1998) descrevem a flexibilização da força de trabalho pela multifuncionalidade como um pré-requisito para melhorias na produtividade, obtida pela operação de várias máquinas simultaneamente, além de oferecer mais alternativas de alocação da equipe. Ghinato (1996) destaca que a multifuncionalidade proporciona um considerável aumento da eficiência e da flexibilidade no arranjo dos recursos humanos, reduzindo os custos da mão de obra;
- Shingo (1996) relata que se as combinações e a distribuição do trabalho na multifuncionalidade são feitas de forma a permitir que os trabalhadores dêem assistência uns aos outros, o número de trabalhadores pode ser reduzido e a integração profissional entre as equipes aumentada;

- Monden (1983) destaca as vantagens verificadas na fábrica da Toyota: ânimo revigorado, redução da fadiga, redução da frequência dos acidentes de trabalho, melhoria no relacionamento, da ajuda mútua, na distribuição do conhecimento, maior sentimento de responsabilidade dos empregados, maior quantidade de sugestões para melhorias;
- Ghinato (1996) descreve a multifuncionalidade como o elemento que permite o desenvolvimento do *nagara*, que é a execução simultânea de operações secundárias ou selecionadas com a operação principal, utilizando os tempos de folga existentes. Shingo (1996) destaca que o *nagara* tem a capacidade de imprimir um fluxo de trabalho contínuo e unitário à produção pela sincronização de trabalho e organização do trabalho por processo;
- Antunes Jr., Kliemann e Fensterseifer (1989) descrevem a multifuncionalidade como um pré-requisito indispensável para a implantação da filosofia Just-in-Time, e como uma das ferramentas para obter a máxima sincronização do processo produtivo (balanceamento da capacidade).

Para efetuar a implementação da multifuncionalidade, Ghinato, Fujii & Morita (1998) relatam a necessidade de uma equipe bem treinada e comprometida, com *layout* apropriado e procedimentos operacionais que garantam que as rotinas são executadas conforme os padrões definidos.

Monden (1983) descreve o sistema utilizado para preparar a implementação na Toyota, começando com a rotação do trabalho, onde cada operador executa todo o tipo de trabalho em sua área, e após este período, quando o operador individual torna-se competente em cada trabalho, ele se torna multifuncional. Esse sistema é implantado em três etapas. Primeiro: cada gerente e cada supervisor fazem a rotação por todo o trabalho. Segundo: cada operário da área deve ser treinado para fazer todos os trabalhos. Terceiro: programar os operadores para a rotação do trabalho numa frequência de diversas vezes ao dia. A Toyota usava uma *folha de planejamento*, que é uma matriz que “cruza” operadores e processos, preenchendo-a conforme a situação do trabalhador. Os operadores eram classificados por atividade em quatro *status* possíveis: treinado, em treinamento, a treinar, não treinado. A rotação do trabalho era determinada por um padrão de operação que continha a etapa do processo, as características das operações, o tempo de operação.

Na implementação e manutenção da multifuncionalidade, são necessárias ações como treinamento intensivos, sistemas de remuneração e promoção de seu valor perante a organização, sistemas de avaliação de desempenho que levem em conta o processo de aprendizagem, reposicionamento dos indivíduos para postos de trabalho adequados aos seus perfis físicos e emocionais (Agra, 1998). Monden (1983) descreve a excessiva classificação de cargos, valorização dos empregados especializados, sistema de salário baseado em graus de trabalho, falta de programas de treinamento específicos, e as dificuldades para transferir operários entre os vários tipos de trabalho na fábrica como os motivos pelos quais há dificuldade de implementar a multifuncionalidade em outros sistemas de produção. No caso brasileiro, há sindicatos que exigem aumento de salário para trocas de setor, e planos de cargos e salários que limitam a possibilidade de crescimento na mesma função.

Os benefícios apresentados foram resumidos por Monden (1983) como o “respeito à condição humana”. Por outro lado, as críticas à multifuncionalidade surgem pela excessiva carga de trabalho. Ghinato (1996) afirma que a multifuncionalidade está diretamente ligada à intensificação do trabalho, e devido ao aumento de produtividade na utilização da mão de obra, apresenta o risco de gerar um ambiente de trabalho nocivo para a integridade física e psicológica do trabalhador. Monden (1983) destaca que o modo como a multifuncionalidade é implementada no sistema de produção japonês, pode haver redução da qualidade de vida no trabalho (QVT). Shingo (1996) destaca o *trade off* existente na multifuncionalidade: movimentar-se, mudar de posição e caminhar faz bem ao operador, no entanto, estes movimentos são, intrinsecamente, perdas.

Desta forma, pode-se concluir que a carga de trabalho adequada é a que respeita as características que influem no resultado do trabalho, e atendem a necessidade do ser humano que interage com a tarefa. De um lado, deve atender a necessidade de produtividade e dos resultados econômicos, e de outro, deve respeitar a capacidade física e mental das pessoas, tornando o trabalho mais seguro e uma fonte de auto-realização.

Em termos ergonômicos, a carga de trabalho é uma medida qualitativa ou quantitativa do nível de atividade necessária para o operador realizar um trabalho (Moraes & Mont'Alvão, 1998), e é o resultado da interação dos diversos fatores ergonômicos, como o ambiente físico, o ambiente psicossocial (estresse, crescimento, segurança, estima, relacionamento, etc.), a jornada de trabalho e turnos, e a organização (nível de controle, respeito, relacionamento, etc.) (Iida,

1997). É um fator crítico, pois a carga de trabalho inadequada resulta em estresse físico e mental, lesões, dores, fadiga muscular e mental, desmotivação, desconforto, cansaço, erros, acidentes e afastamentos.

Moraes & Mont'Alvão (1998) dividem a carga de trabalho em quatro partes:

- carga externa: ambiência física, operacional e organizacional;
- carga funcional: carga externa, mais o desempenho das atividades e exigências da tarefa;
- capacidade de trabalho: energia que um homem consegue despende na tarefa por certo tempo;
- grau de carga: relação entre carga funcional e a capacidade de trabalho.

A abordagem ergonômica decorre de diferentes linhas científicas, como psicologia, fisiologia, engenharia industrial, administração, etc. O ergonômista busca definir a carga de trabalho adequada, atuando e projetando “pelo trabalhador”. Busca definir no projeto do trabalho, a carga de trabalho adequada, procurando a melhor organização do trabalho, a definição de tarefas que estimulem e desafiem a mente, e a promoção da interação entre as pessoas (Van Cott, 1985).

No próximo capítulo, serão avaliados os aspectos ergonômicos físicos e cognitivos relevantes para o estudo da carga de trabalho do operador multifuncional.

### 3 A ERGONOMIA NA MULTIFUNCIONALIDADE

Um posto de trabalho, devido às questões de segurança, produtividade, flexibilidade e conforto, deve ter *qualidade ergonômica*. A qualidade ergonômica inclui a facilidade de manuseio, a adaptação antropométrica, a clareza das informações, a compatibilidade de movimento, e demais itens de conforto e segurança (Lida, 1997). O *projeto ergonômico* é a aplicação da informação ergonômica ao design de ferramentas, máquinas, sistemas, tarefas, trabalhos e ambientes para o uso humano, de modo seguro, confortável e efetivo (Moraes & Mont’Alvão, 1998). O *princípio do design centrado no usuário* define que se um objeto, sistema ou ambiente é projetado para uso humano, seu design deve se basear nas características físicas e mentais do seu usuário humano. O objetivo é alcançar a melhor integração possível entre o produto e os usuários (Moraes & Mont’Alvão, 1998).

A integração entre o homem e a máquina é chamada por Grandjean (1998) de “sistema homem-máquina”, definido como as “relações de reciprocidade entre a máquina e o ser humano que a opera”. O sistema homem-máquina é um circuito fechado de ação *versus* informação.

“Quando um mostrador dá a informação sobre o andamento da produção, o homem recebe a informação (*percepção*), entende e a *interpreta*. Com base na percepção e na interpretação, deve *decidir*, transferindo esta decisão à máquina através do *manuseio dos controles*. Um *instrumento de controle* informa ao homem o resultado desta intervenção. O ciclo se completa quando a máquina informa ao homem o resultado nos mostradores. Não há, necessariamente, mostradores ou controles diretos, como nos casos de manipulação indireta (escavadeiras), manipulação remota, ou controle visual (sem indicador numérico)” (Grandjean, 1998)

Na definição do sistema homem-máquina do conceito ergonômico, a máquina é definida como qualquer objeto físico, artefato, aparato, dispositivo, equipamento, utensílio, meio de trabalho, mecanismo físico objetivado, com o qual o indivíduo executa alguma atividade, com um dado propósito (Moraes & Mont’Alvão, 1998).

A qualidade ergonômica, o projeto ergonômico e o princípio do design centrado no usuário, juntamente ao conceito de sistema homem-máquina, apontam, com diferentes definições, a um

mesmo aspecto crítico: a boa integração entre o homem e a máquina é fundamental. Por isso, a ergonomia não estuda o homem isolado, nem a máquina isolada, mas estuda a interação que se dá através das comunicações entre o homem e a máquina, e se expressa a partir das atividades da tarefa (Moraes & Mont'Alvão, 1998). A análise da carga de trabalho da multifuncionalidade envolve uma ampla gama de variáveis, e está estruturada em dois tópicos principais, os aspectos físicos e os aspectos cognitivos, e o tópico complementar, que é a gestão da produção multifuncional.

### 3.1 ASPECTOS FÍSICOS NA MULTIFUNCIONALIDADE

Os aspectos físicos da multifuncionalidade foram divididos em três grandes grupos, conforme a sua natureza:

- adaptação do posto de trabalho ao homem, que considera as questões da interface física com o equipamento;
- aspectos ambientais, que considera o ruído, vibrações, iluminação e conforto visual, conforto térmico, e agentes químicos e radiação;
- aspectos psicofisiológicos, que considera a fadiga, monotonia, adaptação, ritmo de trabalho e repetitividade, e a lógica para troca de posto.

#### 3.1.1 Adaptação do posto de trabalho ao homem

##### 3.1.1.1 Dimensionamento e flexibilidade do posto de trabalho

Os postos de trabalho devem ser arranjados e dimensionados para que sejam produtivos e seguros ao usuário. A definição do arranjo e do dimensionamento do posto de trabalho é etapa fundamental para o bom desempenho da pessoa que ocupará esse lugar.

O enfoque ergonômico tradicional tende a desenvolver postos de trabalho que reduzam as exigências biomecânicas, procurando colocar o operador em boa postura de trabalho, com os objetos dentro do alcance dos movimentos corporais e com facilidade de percepção de informações (Iida, 1997). Grandjean (1998), Iida (1997) e Santos *et alli* (1997) apresentam os

fundamentos da otimização do trabalho. Estes fundamentos referem-se ao uso da força, limites de carga, critérios de trabalho em pé e sentado, trabalho estático e dinâmico, regras de postura, ângulos ideais para as articulações, sentido do movimento para braços e pernas, altura da superfície de trabalho, posição de controles, utilização de apoios, altura de mesas e cadeiras, espaço necessário para conforto e movimento, posição da cabeça e nuca, etc.

Considerando que as posturas naturais do corpo e movimentos naturais são condições para um trabalho eficiente, é imprescindível a adaptação do local de trabalho às medidas do corpo humano. Para otimizar a adaptação, devem ser levantadas as medidas antropométricas. A antropometria trata de medidas físicas do corpo humano, e refere-se ao tamanho e proporções do corpo humano. Sua grande dificuldade reside na grande variabilidade das medidas humanas entre os diferentes indivíduos, entre os sexos, raças, idade, clima, e de época (Iida, 1997 e Grandjean, 1998).

Como não é possível projetar postos de trabalho que atendam a 100% da população, deve-se projetá-los para satisfazer as necessidades da maioria, tomando como base as medidas que são representativas do grupo. Em ergonomia, esta parcela, normalmente de 90% a 95% de pessoas atendidas, é chamada de limite de confiança (Grandjean, 1998). A exceção é utilizar máximos ou mínimos quando existirem questões relacionadas à segurança, como a dimensão de uma porta que deve ser projetada pelo máximo para permitir o rápido escoamento.

As medidas antropométricas normalmente seguem uma distribuição normal ou de Gauss, representada por dois parâmetros: média ( $x$ ) e desvio padrão ( $s$ ). Com média e desvio padrão, calcula-se o intervalo de confiança para os percentis desejados (Iida, 1997). Por exemplo, quando se escolhe o limite de confiança de 90%, significa que os 5% maiores e os 5% menores são excluídos, que representa aproximadamente de  $x + 1,65s$  e  $x - 1,65s$  (Grandjean, 1998).

Panero & Zelnik (1996), Grandjean (1998) e Iida (1997) apresentam tabelas antropométricas e as técnicas para sua utilização. Para a multifuncionalidade, vale a mesma regra que para os postos tradicionais: se projetado com tabelas antropométricas, maior será a qualidade ergonômica do posto de trabalho.

A questão crítica do posto multifuncional é que diferentes pessoas trabalharão temporariamente no mesmo posto, com ciclos de troca curtos entre os postos. Não é produtivo levar longo tempo de ajuste do posto de trabalho, nem restringir a operação de um posto a algumas pessoas,

e nem gerar problemas ergonômicos pela troca. Pode-se aplicar conceitos de troca rápida de ferramentas (TRF) para agilizar o processo de ajuste do posto, conforme o método apresentado em Shingo (1998), Black (1998), Ghinato (1996) ou Mondem (1983). A flexibilidade é uma questão crítica: o posto de trabalho deve permitir o ajuste das medidas mais importantes para a qualidade ergonômica. Esta característica será tanto mais relevante quanto for a exigência ergonômica do posto.

Em resumo, o posto multifuncional deve ser projetado antropometricamente e considerar nas suas medidas críticas a flexibilidade e a facilidade de ajuste, como o ajuste em um toque, a regulagem previamente determinada e sinalizada (*pré set*), uso de posicionadores, etc.

### 3.1.1.2 Acidentes e falhas no posto de trabalho

No enfoque ergonômico, cada erro tem três origens: o operador (pelo desvio da condição estabelecida), a tarefa (procedimento que deveria bloquear a possibilidade de ocorrer o erro) e a empresa (é responsável pelo ambiente e as condições de trabalho). Em suma, o erro não é do homem, e sim, do sistema.

Os acidentes e as falhas são disfunções nos sistemas homem - tarefa (Fialho & Santos, 1997). Para ocorrer um acidente ou uma falha devido a um erro humano, uma série de decisões foram tomadas, e criaram condições para sua ocorrência (Iida, 1997). Este autor atribui o erro humano às variações do comportamento humano, pois para cada tarefa existe uma determinada faixa de variações que são aceitáveis, e ao passar destes limites, aumenta o risco de acidente. A variação de comportamento torna-se um erro quando a intensidade da variação é muito grande ou quando a variação não é suficiente para acompanhar as mudanças exigidas pelo ambiente.

O erro humano ocorre quando a interação homem - trabalho não atende a determinados padrões esperados. Fialho & Santos (1997) destacam que o erro é um tipo de desvio em relação a uma norma preestabelecida, relativo a um comportamento de trabalho. Iida (1997) divide o erro humano em três tipos: erro de percepção (erro dos órgãos sensoriais, como a falha em perceber um sinal), erro de decisão (erro de lógica, avaliação incorreta) e erro de ação (dependem de ações musculares, como posicionamento errado). No entanto, a falha do operador não deve ser taxada de “erro humano”, mas deve considerar as razões das atitudes individuais, onde o entendimento da situação foi dificultado por estresse, falta de treinamento, sobrecarga mental,

dificuldades operacionais e pessoais (Clark & Corlett, 1995). Reforçando o aspecto “sistêmico” do erro humano, Iida (1997) apresenta os fatores considerados para análise do erro: tarefa (comparação do comportamento humano *versus* exigência da tarefa), máquina (características da máquina dentro dos limites de percepção do organismo), operador (característica sensorial, habilidade motora, experiência e capacidade de tomar decisões), personalidade (pessoas agressivas e anti-sociais são mais propensas), estrutura organizacional (horários, turnos, relacionamento na equipe), ambiente físico (ruído, vibrações, etc.).

A prevenção de erros é fundamental para o posto de trabalho multifuncional. Os métodos ou princípios de segurança atuam sobre a máquina e sobre o operador. Sempre que possível, deve ser aplicado sobre a máquina, equipando-a para evitar o acidente. Os métodos que dependem do operador são suscetíveis à falhas e podem apresentar desconforto (Iida, 1997). O design ergonômico para segurança exige que se conte com todas as possibilidades de uso do equipamento, incluindo o mal uso (Clark & Corlett, 1995).

A prevenção da falha pode ser exemplificada pelo *poka-yoke*. Trata-se de um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular da atividade. É uma forma de bloquear as principais interferências na execução das operações (Ghinato, 1996).

O *poka-yoke* deve prever e bloquear as possibilidades de erros. Os métodos de *poka-yoke* são: o método do controle (o sistema pára a produção), método da advertência (sinaliza o erro), método do contato (detecção do erro por contato), método do conjunto (controle do cumprimento de todas as etapas de um procedimento) e método das etapas (bloqueia a execução de uma etapa errada) (Ghinato, 1996). Para referência, consulte Shingo (1998), Ghinato (1996) e Mondem (1983).

Além da prevenção de erros, a máquina deve ter um procedimento operacional que estabeleça a rotina da operação, ou seja, a “operação padrão”, que descreve qual a melhor maneira conhecida de executar a operação, e que etapas e cuidados devem ser tomados para a execução de uma tarefa. No uso do padrão, dois aspectos do seu uso propiciam a ocorrência de erros: primeiramente, o padrão pode conter um erro “embutido” na descrição da atividade, e também o operador pode não cumprir o procedimento. No entanto, se o procedimento operacional não tiver um erro embutido, seu correto uso reduz as chances de ocorrer as anormalidades.

A ação sistematizada de prevenção de erro e acidentes é estabelecida pelo Programa de Segurança do Trabalho (PST). O PST deve fazer parte da política da empresa, com uma estrutura e organização, com envolvimento de todos, dados e fatos, investigação das ocorrências e metas. O treinamento em práticas seguras de trabalho, o mapeamento de riscos, boa conservação de instalações e equipamentos, disponibilidade de equipamentos de segurança e combate a incêndio, orientação de especialistas em Segurança do Trabalho, entre outras, são ações que reduzem a probabilidade de ocorrência de acidentes.

Em resumo, para o posto multifuncional é necessário o procedimento operacional, o sistema de proteção e bloqueio de acidentes (*poka-yoke*) e o mapa de riscos (ligado ao PST). Há duas questões críticas: a primeira é que o operador multifuncional não é especialista em uma máquina específica, o que permitiria conhecer melhor seus riscos, e a segunda é que a cada troca o operador tem que “sintonizar-se” com a máquina, e até que isso ocorra, é maior a exposição ao risco. Assume-se, então, que o risco é maior para o operador multifuncional do que para o tradicional.

### 3.1.1.3 Arranjo físico do posto de trabalho

O arranjo físico ou *layout* é a distribuição espacial ou do posicionamento relativo dos diversos elementos que compõem o posto de trabalho, ou em outras palavras, como serão distribuídos os instrumentos de informação e controle existentes no posto de trabalho (Iida, 1997). O arranjo físico é a definição de onde colocar as máquinas, equipamentos, ferramentas e pessoas da produção, e tem como objetivos o conforto do operador, acessibilidade para limpeza e manutenção, bom uso do espaço, flexibilidade de mudanças futuras e minimizar as distâncias percorridas (Slack *et alli*, 1996).

Iida (1997) define os critérios para definição do arranjo físico: importância (o mais importante em posição de destaque), frequência de uso (mais usado em posição de destaque), agrupamento funcional (funções semelhantes ficam juntos), sequência de uso (ordenar conforme a sequência de utilização), intensidade de fluxo (mais usados ficam juntos) e ligação preferenciais (elementos ligados ficam próximos entre si).

O arranjo físico será analisado em três partes: o *layout* dos equipamentos, a previsibilidade do posto de trabalho e os manjões, controles e mostradores.

#### a) *Layout* dos equipamentos

O *layout* dos equipamentos depende do tipo de produto e do tipo de processo. Black *et alli* (1996) apresentam os tipos de *layout*: posicional (posição fixa), por processo (posição dos recursos definem o arranjo físico), celular (várias etapas do processo ou do produto agrupadas) e por produto (arranjo conforme a necessidade do produto).

A multifuncionalidade é aplicável a qualquer tipo de *layout*, mas é conveniente que o deslocamento entre dois postos seja o menor possível, pois conforme Shingo (1996), o deslocamento constitui uma perda. O deslocamento entre os postos é uma importante variável para os postos multifuncionais.

#### b) A previsibilidade do posto de trabalho

A *previsibilidade* do posto de trabalho depende da boa organização e da atitude das pessoas em mantê-lo organizado. Por sua vez, a organização depende da forma e do local de guardar os materiais, ferramentas e informações.

A previsibilidade pode ser obtida pela aplicação dos conceitos do Programa 5S no posto de trabalho. O termo 5S vem de cinco palavras japonesas começadas com “s”, e referem-se à prática de cinco sentidos pela equipe. São eles: *seiri* (senso de utilização: só fica no posto de trabalho o que é essencial), *seiton* (senso de ordenação: definir a melhor maneira de guardar e localizar os materiais), *seisoh* (senso de limpeza: eliminar as fontes e tratar os efeitos da sujeira), *seiketsu* (senso de saúde: higiene pessoal e industrial) e *shitsuke* (senso de auto-disciplina: hábito de cumprir as regras e procedimentos).

A previsibilidade depende da aplicação dos três primeiros sentidos, mas o senso de ordenação é o mais importante. Este senso é implantado em quatro passos: 1. agrupar por similaridade todos os itens, 2. ordená-los por um critério lógico e de fácil visualização, 3. identificar todos os itens e 4. padronizar o agrupamento, a ordenação e a identificação dos itens. Convém também utilizar comunicação visual (formas e cores) para facilitar a interface com o operador.

O senso de ordenação aplicado a um quadro de ferramentas teria as ferramentas agrupadas por tipo (chaves de boca, chaves de fenda, etc.), ordenadas pelo tamanho (da menor para a maior), identificadas (número da ferramenta no quadro, número ou cor do quadro na ferramenta), com

o desenho da “sombra” da ferramenta no quadro e uma lista de itens pertencentes ao quadro. Basicamente, define um lugar para cada item no posto de trabalho, e a conscientização para manter cada coisa em seu lugar.

A previsibilidade depende também da padronização. Quanto mais padronizado for o posto de trabalho, maior será sua previsibilidade, e tudo que puder ser padronizado dará maior previsibilidade: informações, relatórios, ferramentas, tipos de materiais, localização de materiais, localização dos materiais de movimentação, tempos, tipos de anotações, controles de manutenção, método de operação, sistema de inspeção, rotina de limpeza, uso de equipamentos de proteção individual (EPI), etc.

O método padronizado deve ser a melhor maneira conhecida de executar uma atividade, e deve ser alterado sempre que uma melhoria possa ser efetuada. Para os itens críticos, o padrão deve ser documentado, com emissão controlada e visível ao operador. Aos itens não críticos, deve existir o padrão, mas não necessitam de documentação. Como descrito anteriormente, se a padronização for visual, como a “sombra” da ferramenta, não será necessário padrão escrito.

Em resumo, quanto maior a organização do posto de trabalho, que pode ser traduzida como a previsibilidade e a padronização, melhor a condição para a multifuncionalidade.

#### c) Os manejos, controles e mostradores

Dos manejos e controles depende a “facilidade” de operação da máquina, por meio das características humanas para a transmissão de movimentos e os atributos que as máquinas devem ter para adaptarem a estas características. Os mostradores são os dispositivos de informação que constituem a parte da máquina que fornece informações ao operador humano, para que este possa tomar decisões (Iida, 1997). Os mostradores e controles são as interfaces entre o homem e a máquina. Os mostradores permitem a percepção de todas as informações, os controles é onde se faz o manuseio que comanda a máquina (Grandjean, 1998).

Manejo é a forma de “engate” que ocorre entre o homem e a máquina, pelo qual o homem transmite movimentos de comando à máquina (Iida, 1997). O manejo pode ser fino (ponta dos dedos) ou grosseiro (mão e pés), dependendo da sensibilidade e força necessárias. Pode ser geométrico (forma geométrica regular, reto, cônico, cilíndrico) mais adequado à pequena força, ou pode ser antropomorfo (superfície irregular, conformando-se à anatomia humana),

permitindo maior superfície de contato e firmeza de pega. Iida (1997) apresenta as recomendações para concepção do manejo (formato, força, tipo, precisão, tamanho, cores, textura, localização, etc.).

Controle é o movimento executado pelo corpo humano para transmitir alguma forma de energia à máquina, normalmente com as mãos e os pés (Iida, 1997). Tipos mais utilizados: botão de pressão, botão giratório, interruptor de alavanca, interruptor giratório, manivela, alavanca, roda de mão e pedal. Iida (1997), Grandjean (1998) e Fialho & Santos (1997) apresentam as recomendações para concepção dos controles: rapidez, precisão do movimento, visibilidade e acessibilidade, distâncias entre controles, formato de manípulos e botões, sensibilidade, resistência e força necessária, controle de pequena força e grande força, compatibilidade espacial do controle com o mostrador, lógica de direita/esquerda, para cima/para baixo, para frente/para trás, etc.

Mostrador é o meio que a máquina usa para transmitir informações ao operador, normalmente pelo canal visual (Iida, 1997), e podem ser qualitativos e quantitativos. Os mostradores são de três tipos: janela com número (digital), escala circular com ponteiro móvel, e escala móvel com ponteiro fixo (Grandjean, 1998). Iida (1997), Grandjean(1998), Fialho & Santos(1997) apresentam os casos em que se usa cada tipo, as variações de desenho, e recomendações para concepção de mostradores: localização, escala, facilidade de leitura, subdivisões da escala, tipo e tamanho do ponteiro, tamanho e tipo de letra, direcionamento da visão, acuidade visual, utilização de símbolos, dispositivos auditivos, etc.

A qualidade ergonômica dos manejos, controles e mostradores é mais crítica para o operador multifuncional do que para o tradicional, porque o operador não é especialista em uma máquina específica, e a cada troca o operador tem que “sintonizar-se” com o equipamento. Assume-se, então, que o risco de erros é maior para o operador multifuncional do que para o tradicional. Convém ressaltar que este risco pode ser amenizado pela padronização dos manejos, controles e mostradores.

#### **3.1.1.4 A manutenção das máquinas**

Conforme a ABNT (Quintas, 1996), manutenção são todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição

específica. A manutenção das máquinas é um elemento chave tanto para a produtividade quanto para a qualidade do produto, pois serve para reduzir a paralisação (falhas) dos equipamentos que afetam a produção, e garantir o funcionamento das instalações de forma que os produtos ou serviços atendam a critérios estabelecidos (Quintas, 1996).

Quintas (1996) define a falha do equipamento como a alteração ou cessação da capacidade de um bem realizar uma função requisitada, e apresenta os tipos de falhas: mecânicas (sobrecarga, choque, fadiga, fadiga térmica, fluência, desgaste pelo uso, abrasão, erosão, corrosão), elétricas (ruptura de ligação, colagem ou desgaste dos contatos, destruição), e ainda em corrosão eletroquímica, química, elétrica, bacteriana, de contato). O autor relaciona os seguintes tipos de manutenção:

- corretiva: realizada após a falha, podendo ser de caráter provisório ou definitivo;
- preventiva: feita para reduzir a probabilidade de falha do equipamento, prevista e programada antes do aparecimento da falha;
- preditiva: busca prevenir falhas esperadas nas máquinas em serviço, através das medições do parâmetros de funcionamento;
- TPM (manutenção produtiva total): programa de manutenção que envolve todos os colaboradores da empresa, e é baseada nas informações sobre o equipamento, na capacitação dos operadores e na melhoria do sistema de controle e de custos de manutenção, adequando estoques, pessoas e recursos.

Quintas (1996) apresenta os principais parâmetros de manutenção dos equipamentos:

- confiabilidade: probabilidade do dispositivo cumprir sua função em condições de utilização por um determinado período, e é medido pelo MTBF (tempo médio entre falhas);
- manutenibilidade: probabilidade do dispositivo ser recolocado em funcionamento após uma falha, dentro de um intervalo de tempo. Clark & Corlett (1995) definem as máquinas com alta manutenibilidade como aquelas de manutenção “amigável” devido aos locais e tamanhos dos acessos, as tampas, acessos para ferramentas, iluminação, visibilidade, cambialidade de peças, etc.

A manutenibilidade e a confiabilidade dependem da tecnologia, da idade, da conservação e lubrificação, do desgaste, da capacidade de detecção do desgaste, do correto uso (respeitando as limitações de velocidade, RPM, força, etc. da máquina), da condição ambiental, do envelhecimento, da fraqueza inerente ao projeto ou fabricação, etc.

O conceito de alargamento do trabalho inclui as tarefas mais simples de manutenção da máquina à função do seu operador, e isto é colocado como um ponto positivo. Estas tarefas são lubrificação, limpeza, execução de pequenos ajustes, trocas de materiais de consumo, etc., e podem ser feitas em curto espaço de tempo e no local de trabalho.

Black (1998) apresenta, no contexto da Produção Enxuta, o conceito de “manutenção preventiva integrada”(MPI). A MPI tem conceitos da TPM e da Manutenção Preventiva, e inclui a manutenção das máquinas, ferramentas, dispositivos de fixação, ferramentas de corte e capacitação do pessoal. A manutenção preventiva é transferida do setor de manutenção para os operadores, por meio de listas de verificação (*check list*) diárias. Neste caso, o setor de manutenção faz as principais revisões das máquinas e atua nos casos de quebras maiores. A MPI incorpora o conceito do operador responsável pela máquina/equipamento na produção, encorajando o operador a assumir a responsabilidade pela manutenção, operação e desempenho do equipamento (Black, 1998).

Para incluir a manutenção do equipamento na rotina de trabalho do operador, mesmo que seja a manutenção básica, é necessário o procedimento operacional (elaborado pelo setor de Manutenção), experiência e conhecimento da máquina, e treinamento apropriado. Black (1998) enfatiza que os operadores devem ser treinados para observar o equipamento e responder às suas observações. Por outro lado, Mastensson (1996) afirma que a manutenção é uma das atividades menos atraentes para o operador industrial, que às vezes não entendem o propósito de todas as checagens.

Por trás da discussão dos tipos de manutenção, está a determinação de centralizar ou descentralizar as tarefas. A manutenção centralizada no setor de Manutenção tem como vantagens a otimização dos recursos, melhor domínio dos custos, padronização dos processos e comunicação, melhor acompanhamento dos materiais e falhas, e melhor gerência do pessoal no que diz respeito à conservação. A manutenção descentralizada, transferindo-a do setor de

manutenção para os operadores, tem como vantagens a melhoria da relação com a produção, trabalho em equipe reduzidas e polivalentes, a maior rapidez de atuação (Quintas, 1996).

Em resumo, a manutenção tem que ser considerada de maneira diferente para o posto multifuncional, já que o operador não é especialista na máquina e ocupa-a por pouco tempo. Para postos de baixa confiabilidade ou baixa manutenibilidade, deve ser sistematizada a manutenção preventiva, preditiva ou a TPM, com treinamento da equipe e com procedimento definindo atribuições e responsabilidade da equipe. Por outro lado, se o posto multifuncional for de alta confiabilidade, com baixa (ou quase nula) taxa de falhas, esta condição será pouco relevante e até não aplicável.

### 3.1.2 Aspectos ambientais na multifuncionalidade

O critério ergonômico para um bom ambiente é aquele que ajudará as pessoas a atingir seus objetivos com menor esforço, estresse e erros, dentro dos limites toleráveis (Clark & Corlett, 1995). Condições ambientais desfavoráveis são uma grande fonte de tensão, aumentam o risco de acidentes e podem causar danos consideráveis à saúde (Iida, 1997). Os principais fatores ambientais são o ruído, vibrações, iluminação e conforto visual, temperatura, agentes químicos e radiação.

#### 3.1.2.1 Ruído

A sensação sonora acontece quando as ondas de som penetram no ouvido interno, atravessando o órgão auditivo externo, onde a energia acústica transforma-se em impulsos nervosos percebidos no cérebro como sons. Estes impulsos nervosos permitem que a audição cumpra suas duas funções que são estabelecer a comunicação sonora entre as pessoas e atuar como um sistema de alarme (provoca a transformação do estado de vigília com aumento da atenção, até o estado de alarme) (Grandjean, 1998). No entanto, o som passa a ser percebido como ruído quando ele é um incômodo (Grandjean, 1998) ou é não desejado (Clark & Corlett, 1995). Fisicamente, o ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações (Iida, 1998), e pode ser contínuo ou intermitente, manifestando-se na forma de batidas, chiados, assobios, sussurros, etc. (Grandjean, 1998).

A percepção de incômodo depende de cada pessoa, mas existem regras gerais. Ruídos de alta frequência, de alta intensidade, desconhecidos e descontínuos incomodam mais. Além disso, experiências negativas com o tipo de ruído, a atitude do indivíduo (como motociclistas e músicos) e o horário e duração da exposição são relevantes para determinar o incômodo (Grandjean, 1998). Os efeitos negativos do ruído podem ser de ordem psicológica e fisiológica. Pode gerar dificuldade de comunicação, de concentração mental e de aprendizagem, queda de rendimento, perturbações de atenção e do sono (diminuição do tempo de sono, redução do sono profundo, aumento das reações de despertar). Fisiologicamente, força o aumento da pressão sonora da voz, estimula o sistema nervoso autônomo (eleva pressão arterial e a atividade do coração, a contração dos vasos sanguíneos periféricos, diminui a atividade dos órgãos de digestão, e aumenta a tensão muscular) (Grandjean, 1998 e Iida, 1997).

O ruído pode provocar prejuízos de natureza não permanente à audição. A repetição destes prejuízos provoca a surdez por ruído, de caráter definitivo, devido à degeneração das células sonossensíveis do ouvido interno. A lesão por ruído depende da intensidade, repetitividade e tempo de exposição, sendo que a perda de audição ocorre por faixa de frequência, começando por 4000 Hz, progressivamente se alastrando para outras faixas (Grandjean, 1998). O descanso diário recupera a surdez temporária, mas quando o descanso não for suficiente, há um efeito cumulativo e a surdez lentamente passa de temporária para permanente (Iida, 1997).

A atuação para prevenção do problema é feita com as seguintes medidas: 1. prevenção pelo planejamento das instalações (tratamento acústico no projeto), 2. diminuição do ruído na fonte (rever procedimentos, materiais e regulagens), 3. amortecimento da dispersão do som (vedação da fonte de ruído), e 4. utilização de equipamento de proteção individual (EPI), que fornece uma redução de ruído de até 30 dB (Grandjean, 1998).

O operador do posto tradicional fica exposto durante seu turno de trabalho (tempo de exposição) ao mesmo tipo de ruído (frequência e intensidade), com o mesmo EPI e as mesmas medidas de prevenção. O operador multifuncional está exposto *temporariamente* ao ruído de cada posto de trabalho, cada qual com frequência e intensidade diferentes.

As medidas de prevenção acima descritas valem para ambos os postos. Se for necessário o uso de EPIs diferentes, estes devem estar disponível para cada operador em cada máquina. Quanto

ao tempo de exposição, o posto multifuncional é melhor, porque submeterá o operador ao ruído de cada máquina por menos tempo que o turno completo de trabalho.

Assume-se que a multifuncionalidade ajuda a minimizar os problemas de ruído, já que o operador fica menos tempo exposto, operando máquinas com frequência e intensidade de ruído diferentes. Com o pré-requisito de fornecer o EPI adequado, a determinação do roteiro da operação multifuncional deve buscar variar a intensidade e a frequência do ruído. No entanto, se as máquinas do roteiro do operador tiverem ruídos semelhantes, não haverá ganho para a saúde, no quesito ruído, pela utilização da multifuncionalidade.

### 3.1.2.2 Vibrações

As vibrações são oscilações mecânicas, caracterizadas por variações regulares ou irregulares no tempo, de um corpo em estado de repouso (Grandjean, 1998), e é direcional nos sentidos frente/trás (x), direita/esquerda (y), cima/baixo (z), e os três movimentos rotatórios correspondentes (Wasserman, 1998).

As vibrações são transmitidas ao corpo humano por vários meios (água, terra, materiais), através da parte do corpo em contato com a fonte. Quando o operador entra em contato com determinadas vibrações no local de trabalho, independentemente da sua vontade, o corpo amplifica as vibrações, aumentando seus efeitos. É o efeito da ressonância (Wasserman, 1998). No entanto, o corpo humano sofre os efeitos das oscilações não como uma massa simples com uma única frequência própria, mas cada parte do corpo tem sua frequência própria (Grandjean, 1998). Desta maneira, a resposta do corpo é diferente em cada parte.

Os efeitos fisiológicos das vibrações variam em função da intensidade das mesmas, sendo que os de pequena intensidade ocorrem sobre os músculos, circulação e respiração, e os de grande intensidade ocorrem sobre a percepção visual e a produção psicomotora (Grandjean, 1998). Os efeitos podem acontecer de maneira direta (do ponto de contato) ou por propagação (das mãos para os ombros, por exemplo), e são diferentes se as vibrações forem aplicada em todo o corpo (como um motorista de trator), ou se aplicada em um ponto de contato (como as mãos na britadeira) (Clark & Corlett, 1995). Como efeitos mais comuns, pode-se listar a redução do reflexo muscular, da acuidade visual (imagem tremida e desfocada) e da destreza (fluxos de

movimentos motores), sensação de incômodo, desgaste da coluna vertebral, doenças nas áreas em contato com a fonte vibratória (artroses, atrofias, baixa irrigação sanguínea, patologia articulares, redução da sensibilidade), perda de equilíbrio, perda de controle muscular, distúrbios gastrointestinais (Grandjean, 1998, Iida, 1997, Clark & Carlett, 1995 e Wasserman, 1998).

As ações para atenuar os efeitos das vibrações são: eliminar as fontes das vibrações (lubrificação, ajuste da frequência do equipamento, calços de borracha, etc.), isolar a fonte (evitar o contato direto do operador com a fonte), proteger o trabalhador (botas e luvas que absorvem as vibrações), conceder pausas (evitar a exposição contínua).

O operador do posto tradicional fica exposto durante seu turno de trabalho aos mesmos tipos de vibrações, com o mesmo EPI. O operador multifuncional está exposto *temporariamente* às diferentes vibrações de cada posto de trabalho.

As medidas de atenuação acima descritas valem para ambos os postos. Se for necessário o uso de EPI diferentes, estes devem estar disponíveis para cada operador, em cada máquina. Quanto ao tempo de exposição, a multifuncionalidade favorece ao operador, pois ele fica exposto às vibrações de cada máquina por menos tempo.

Assume-se que a multifuncionalidade ajuda a minimizar os problemas de vibrações devido à redução do tempo de exposição e da alternância dos pontos de contato. Com o EPI e proteções adequadas, o roteiro deve buscar variar os pontos de vibrações e de intensidade. No entanto, se as máquinas do roteiro do operador tiverem vibrações (em termos de ponto de contato e intensidade) iguais, não haverá ganhos pela operação multifuncional.

### 3.1.2.3 Iluminação e conforto visual

A visão é sem dúvida um dos sentidos que mais recebe informação do meio ambiente, estando a percepção visual localizada no cérebro, e o olho sendo seu órgão receptor (Grandjean, 1998).

O conforto visual é a adequada *acomodação*, definida como a capacidade de focar objetos em diferentes distâncias, que permite o mais nítido foco do objeto observado sobre a retina, e neste caso, a iluminação é decisiva: com pouca iluminação, a velocidade e a precisão da acomodação

diminuem. O mesmo efeito ocorre para objetos de pequeno contraste com o ambiente (Grandjean, 1998).

Basicamente, os fatores mais importantes da visão são o foco (poder de resolução do olho), a sensibilidade de contrastes (diferenças de iluminação, como sombras e irregularidades) e a velocidade de percepção (tempo entre apresentação do objeto e sua percepção visual) (Grandjean, 1998). Para estes aspectos, a iluminação é a variável controlável mais importante.

As variáveis de controle da iluminação são a quantidade de luz, o tempo de exposição e o contraste entre a figura e o fundo. A intensidade da iluminação é medida do fluxo luminoso que incide em uma superfície, e é medida em *lux*. A densidade luminosa é a radiação luminosa de uma superfície, seu grau de reflexão é medido em *candela/m<sup>2</sup>*. O grau de reflexão é a medida entre a luz incidente e a luz refletida, medida em % (Grandjean, 1998).

A pupila regula a entrada de luz sobre a retina (mais aberta para menos luz) e regula a distância do foco (mais aberta para objetos mais afastados). A adaptação na escuridão e na claridade é tanto mais longa quanto for a diferença de luminosidade, no entanto a adaptação à claridade é mais rápida. A adaptação à escuridão é rápida nos primeiros cinco minutos, após ficando mais lenta, levando até uma hora para adaptação completa. A adaptação à claridade é feita em uma fase inicial de 0,05 s (regulação nervosa), e após é feita a modificação do equilíbrio das substâncias fotossensíveis na retina. Quando no campo visual há partes claras e escuras, o processo de adaptação acontece nas respectivas partes da retina (Grandjean, 1998).

Quando há uma superexposição de luz na retina, ocorre o ofuscamento. Pode ser provocado pelo excessivo contraste no campo visual, pela claridade excessiva de uma fonte luminosa, ou quando a adaptação à claridade ainda não foi atingida. Será maior o ofuscamento quanto mais próximo o olho estiver da fonte, quando a fonte localizar-se na linha de visão, e quanto menor for o nível de iluminação no ambiente (Grandjean, 1998). Consulte Grandjean (1998), Clark & Corlett (1995) e Iida (1997) sobre as técnicas para projeto de iluminação, fontes de luz, tipos de lâmpadas, providências técnicas, intensidade recomendada, contrastes e luminância, graus de reflexão, fontes de ofuscamento, etc., que definem o conforto visual proporcionado pelo ambiente.

Para o conforto visual, as cores do ambiente também são relevantes, e tem as seguintes funções: princípios de ordenação e orientação (cor de um setor, área ou andar), símbolos de

segurança (identificar áreas de risco), facilitar o trabalho pelo contraste de cores (cores de um quadro de comando e dos botões) e também provocar efeitos psicológicos (ilusões dos sentidos, como o azul identifica o frio). As cores podem ser de caráter tranquilizante, intranquilizante, irritante, agressivo, estimulante ou desestimulante (Grandjean, 1998), e propiciam melhor legibilidade devido ao contraste obtido, e melhor visibilidade por atrair a atenção (como o efeito do amarelo sobre o preto) (Iida, 1998). De uma maneira muito genérica, as cores escuras são sufocantes e desestimulantes, dificultam a limpeza e absorvem a luz. As cores claras parecem leves, amistosas e estimulantes, difundem mais luz, clareiam o ambiente e obrigam a uma limpeza maior (Grandjean, 1998).

Com as combinações de iluminação e cores busca-se o *conforto visual*, que é a distribuição de luz no espaço em que as diferenças excessivas de luz e sombra são evitadas, pois estas impedem a percepção visual adequada dos ocupantes daquele espaço (Guimarães, 1998). Se obtém conforto visual quando a intensidade da iluminação é adequada, há uniformidade local das densidades luminosas, há uniformidade temporal da luz, e o arranjo é isento de ofuscamento das luminárias. A meta do conforto visual não é prover luz, mas é permitir que as pessoas reconheçam o que elas estão vendo (Clark & Corlett, 1995).

Os efeitos do desconforto visual são: fadiga visual (esgotamento dos músculos do globo ocular), dores de cabeça, inabilidade de identificar detalhes, imagem duplicada, pouca nitidez, desorientação, insegurança e confusão (Clark & Corlett, 1995 e Grandjean, 1998). Iida (1997) afirma, ainda, que o correto planejamento da iluminação e das cores contribui para aumentar a satisfação no trabalho, melhorar a produtividade, reduzir a fadiga e os acidentes.

O operador do posto tradicional fica exposto durante seu turno de trabalho à mesma condição de ambiente visual, e o operador multifuncional está exposto *temporariamente*. O projeto correto de iluminação e cores é válido para ambos.

Há duas hipóteses a considerar para comparar os postos:

- se os postos de trabalho proverem conforto visual, mas diferirem entre si, a multifuncionalidade exigirá a adaptação do operador a cada troca, o que poderá se tornar um efeito negativo dependendo da intensidade da variação;

- se os postos de trabalho não proverem conforto visual: a variação e o tempo de exposição aos postos com desconforto visual permitem o descanso, mas obrigam o operador a fazer a adaptação a cada troca.

Assume-se que a multifuncionalidade é melhor aplicável entre postos com ambiente visual semelhante, principalmente quanto à iluminação. A troca de posto entre máquinas com condições de iluminação diferentes traz desconforto, riscos à segurança do operador e do equipamento. Se for o caso, definir o roteiro em ordem crescente ou decrescente de iluminação, para que as adaptações sejam as menores possíveis, com o tempo adequado de adaptação.

#### 3.1.2.4 Conforto térmico

O homem é da classe dos animais homeotérmicos, que mantém o corpo em aproximadamente 37° C independente da temperatura externa (Iida, 1997), mantido por um sistema de controle fisiológico de equilíbrio térmico (centro do calor no mesencéfalo), orientado por células termossensíveis na pele, que comandam a irrigação sanguínea da pele, a produção de suor e os tremores musculares, adaptando-se às necessidades de economia interna da temperatura (Grandjean, 1998).

O equilíbrio térmico do organismo depende de cinco variáveis: calor gerado pelo metabolismo e o calor trocado por condução, convecção, evaporação e irradiação (Iida, 1997). Quando houver mais calor gerado pelo metabolismo que as perdas ou ganhos por troca de calor, ajustes vasomotores são iniciados para transportar calor do interior do corpo para fora (mais circulação periférica, aumento da temperatura da pele). Se não for suficiente, inicia-se a produção de suor (Guimarães, 1998).

O conforto térmico é função da temperatura, da umidade, da movimentação do ar e da temperatura das superfícies limitantes (Grandjean, 1998). A sensação térmica é definida por estes itens de conforto e pelo indivíduo, sua atividade e as roupas utilizadas. A sensação é subjetiva devido às diferenças de metabolismo, idade, sexo, conformação física, alimentação e adaptação ao ambiente, e por isso é recomendável deixar as pessoas controlarem sua ambiência térmica, ajustar a temperatura conforme o esforço físico, evitar condições extremas e superfícies radiantes muito frias ou muito quentes (Guimarães, 1998).

Ao trabalhar sob calor, diversas reações ocorrem, aumentando de intensidade e gravidade conforme a temperatura tender aos extremos. Do trabalho confortável (aproximadamente 20° C) até o limite suportável (de 35° a 40° C), as reações começam com desconforto, irritabilidade e baixa concentração. Com o aumento da temperatura, é necessário transportar cada vez mais sangue para a pele, causando aumento de fadiga, elevação da frequência cardíaca e da pressão sanguínea, diminuição da atividade dos órgãos de digestão, aumento massivo da irrigação sanguínea periférica e da produção de suor. Isto é feito às custas do abastecimento sanguíneo dos músculos, gerando redução da produção, e dos órgãos de digestão, gerando náuseas e vômitos. Próximo ao limite tolerável, acentua-se a queda de produção, desequilíbrio eletrolítico, perturbações no coração e circulação, forte fadiga e ameaça de esgotamento (Grandjean, 1998).

Grandjean (1998) apresenta dados sobre tolerância e os limites permissíveis do calor: quanto maior a carga de trabalho (medido pelo consumo de energia em kcal/h), menor deverá ser a temperatura. A mesma lógica vale para trabalhar sob radiação de calor: quanto maior a temperatura, menor deve ser o tempo de exposição, sendo permitido trabalhar 140 min a 30° C e 22 min a 42° C. Além disso, há adaptação ao calor, que leva de duas a quatro semanas, com o aumento da temperatura média do corpo, elevação do ritmo cardíaco, aumento da capacidade de transpiração, e pela apurada sensação de sede constante (Iida, 1998).

As recomendações para trabalhar sob calor são: adaptar o operador por etapas, efetuar pausas para resfriamento (proporcional à exigência física da temperatura), ingerir líquidos frequentemente em pequenas quantidades e próximo ao local de trabalho, evitar líquidos que precisem de digestão. Para tratar o calor, deve-se instalar equipamentos de ventilação, melhorar as condições naturais de ventilação, desidratação artificial do ar e diminuição da irradiação de calor por meio de proteções ou resfriadores instalados nos equipamentos (Grandjean, 1998).

Nos trabalhos em baixas temperaturas, o organismo estará atuando a favor do balanço térmico, produzindo mais calor pelo metabolismo. Se a temperatura for muito baixa ou sob ventos fortes, o operador deverá usar vestimenta para proteger-se, como botas e luvas, principalmente devido à perda de calor por condução. O corpo se adapta ao frio intenso, da mesma forma que se adapta ao calor intenso, no entanto, o frio afeta o controle muscular, reduz habilidades

motoras como a destreza e a força, e pode prejudicar o desempenho geral devido aos tremores (Iida, 1997).

O operador do posto tradicional fica exposto durante seu turno de trabalho à uma mesma condição térmica, sujeita às variações climáticas. O operador multifuncional está sujeito à exposição temporária nos postos de seu roteiro, que podem ou não ter diferença climática. As medidas para melhoria do conforto térmico, como as pausas e o EPI, são válidas para ambos os postos.

Há duas hipóteses a considerar para comparar os postos:

- se os postos de trabalho proverem igual conforto térmico: não haverá diferença entre o posto tradicional e o multifuncional;
- se os postos de trabalho não proverem igual conforto térmico: a variação e o tempo de exposição aos postos com desconforto térmico permitem a recuperação do operador, mas exigem a adaptação e possivelmente a troca do EPI a cada troca.

Assume-se que a multifuncionalidade deve ser aplicada entre postos com pequena diferença térmica, sendo o roteiro ideal o que tiver aquecimento ou resfriamento crescentes, para que as adaptações sejam as menores possíveis. O roteiro pode também ser configurado para que em alguns postos se façam as pausas de resfriamento para o operador. O EPI, como luvas, casacos, botas, etc., devem, sempre, estar disponível no posto de trabalho.

### 3.1.2.5 Agentes químicos e radiação

Contato com agrotóxicos, metais pesados, solventes, sílica, fumaças, gases e vapores tóxicos, radiações ionizantes, etc. apresentam uma série de riscos à saúde do trabalhador. Existem tabelas com as concentrações máximas toleradas pelo organismo, e com as quais podem ser calculados os tempos máximos de exposição (Iida, 1997).

Os locais onde existem esses produtos devem receber cuidados especiais, como ventilação, exaustão do ar, avisos do risco, restrição de acesso, EPI disponível e de utilização obrigatória, procedimentos operacionais, etc. Deve ser feito, também, o acompanhamento médico periódico em relação aos agentes de risco (Iida, 1997).

A legislação trabalhista brasileira impõe uma restrição à multifuncionalidade: o pagamento de insalubridade e periculosidade a cada operador que entra em contato com estes materiais, e estes ganhos são incorporados ao salário. Se for economicamente viável pagar o custo adicional para utilizar a multifuncionalidade, as precauções de segurança devem ser tomadas com maior intensidade, principalmente quanto ao treinamento da equipe e o uso do EPI.

Operacionalmente, se as condições de segurança forem integralmente respeitadas, os postos com agentes nocivos passam a ser considerados como postos de trabalho normais, passíveis de aplicação da multifuncionalidade. Se estas condições não forem respeitadas, não é recomendável aplicar a multifuncionalidade, devido à gravidade e ao grau de risco.

### 3.1.3 Aspectos fisiológicos na multifuncionalidade

O trabalho físico, por causar perturbações em todo sistema corporal, demanda ajustes e adaptações que afetam a todos os órgãos e tecidos do corpo. São adaptações circulatórias, respiratórias, variações físico-químicas e hormonais que estabelecem a nova situação de equilíbrio para que o organismo passe a funcionar satisfatoriamente, embora em nível diferente do de repouso (Guimarães, 1998). Este esforço físico comprometerá a habilidade de trabalho quando houver trabalho muscular estático, uso de força muscular excessiva, picos de força repentinos, movimentos repetitivos, e postura curvada e virada simultaneamente (Salvendy, 1998).

#### 3.1.3.1 Fadiga muscular

A fadiga pode ser entendida como o desequilíbrio reversível entre a exigência e a capacidade de recuperação (Luczak & Mueller, 1994), provocando uma redução reversível da capacidade do organismo e uma degradação qualitativa do trabalho (Iida, 1998). A fadiga muscular ocorre quando os processos metabólicos e contráteis das fibras musculares são incapazes de proporcionar as condições para efetuar o trabalho, ou seja, a demanda energética for maior que o poder de regeneração (Guimarães, 1998), sendo que o músculo gasta as reservas energéticas na contração, e as refaz no relaxamento.

A fadiga muscular causa redução da capacidade muscular, aumentando os tempos de contração, descontração e do período de latência, redução da força produzida (parcialmente compensado

pelo aumento do número de fibras musculares acionadas), e redução da habilidade e da precisão. Nos casos mais severos ocorre dor localizada, contratura muscular (contração contínua) e até exaustão (Guimarães, 1998). No estado de fadiga, surge a sensação de cansaço, que é um mecanismo de proteção do corpo para evitar maiores sobrecargas. A fadiga muscular pode ser medida pelo aumento do consumo do oxigênio, da respiração e da pulsação, pelos traços de albumina na urina, pela sensação de fadiga, pela redução da quantidade e qualidade da produção, testes psicomotores, etc. (Grandjean, 1998).

Luczak & Mueller (1994) apresentam os mecanismos de fadiga muscular, conforme o tipo de trabalho:

- trabalho estático: a contração prolongada comprime os vasos e reduz o fluxo sanguíneo, impedindo a chegada de oxigênio e açúcar do sangue. Ocorre alta necessidade de sangue e baixo suprimento, causando dor aguda. Causa aumento do consumo energético, da frequência cardíaca e demanda períodos de descanso mais longos;
- trabalho dinâmico concentrado: atividade repetitiva de ciclo curto (mais de 15 contrações por minuto), que ocupam menos de 1/7 da massa muscular (exemplo: martelar, grampeadora pneumática);
- trabalho dinâmico pesado: trabalho dinâmico que ocupa mais de 1/7 da massa muscular pode provocar a restrição do suprimento de sangue por incapacidade do sistema cardiovascular (exemplo: transporte manual de peças pesadas). Quando grandes grupos musculares estiverem com fadiga, o problema aparece na respiração e na circulação.

Luczak & Mueller (1994) afirmam que para reduzir a fadiga física deve-se inserir intervalos regulares para descanso (3 minutos por hora, por exemplo) e mudança de tarefas (multifuncionalidade ou rotação do trabalho). Para o trabalho estático e para o dinâmico concentrado, é recomendável aplicar os princípios de otimização do trabalho e melhorar as condições ergonômicas do posto de trabalho.

Em resumo, a multifuncionalidade apresenta-se em vantagem em relação ao posto tradicional devido às mudanças de tarefas, dos grupos musculares acionados e do tipo e intensidade de concentração. Postos de trabalho com alto grau de fadiga tem na multifuncionalidade uma

oportunidade de prover descanso e recuperação, além de dividir a exigência causadora de fadiga entre mais pessoas.

### 3.1.3.2 Monotonia fisiológica

Monotonia é a reação do organismo a um ambiente uniforme, pobre em estímulos ou com pouca variação de excitações (Iida, 1997). A monotonia fisiológica ocorre pela execução de tarefas repetitivas, prolongadas, com pouca dificuldade, e como agravante, a curta duração do ciclo de trabalho e a restrição dos movimentos corporais (Iida, 1997).

Os principais sintomas da monotonia fisiológica são a fadiga, sonolência, falta de disposição e diminuição da atenção (Grandjean, 1998). Em uma situação pouco estimulante, o corpo faz adaptações que fazem o organismo se “desligar” destas excitações (Iida, 1997), funcionando como um filtro que evita a constante vigilância do organismo. As adaptações são (Grandjean, 1998):

1. esgotamento dos impulsos sensoriais aferentes, reduzindo o grau de ativação do cérebro e o estado funcional de todo o organismo;
2. adaptação: quando há estímulos contínuos, há diminuição da descarga por parte dos órgãos receptores. O estímulo não é recebido, não há ativação, e há adaptação dos órgãos dos sentidos às condições de trabalho;
3. habituação: adaptação em nível mais elevado, no córtex cerebral (processamento de informações), no sistema límbico (comportamento, emoção e motivação), e sistema de ativação reticular (vigília, atenção e prontidão à reação), chegando à eliminação das reações devido à falta de significado dos estímulos.

Do ponto de vista médico e biológico, a subcarga atrofia, a carga bem dimensionada desenvolve e a sobrecarga desgasta. Em geral, os efeitos da monotonia fisiológica são negativos. São eles: o subaproveitamento da produção do homem (não há necessidade de evoluir ou de adaptar-se às cargas), atrofia da musculatura não utilizada e aumento da excreção de adrenalina. Os efeitos visíveis da monotonia são manifestados na saúde psíquica pelo medo, agressividade, irritabilidade e tendência à depressão (Grandjean, 1998).

Com relação à redução da monotonia, a multifuncionalidade apresenta-se em vantagem em relação ao posto tradicional devido à variação de tarefas. Quanto mais monótono for o trabalho do ponto de vista fisiológico, melhor será o resultado da aplicação da multifuncionalidade. No entanto, a multifuncionalidade não garante o fim da monotonia, pois, a longo prazo, o ciclo do operador multifuncional pode se tornar monótono, principalmente se o ciclo do processo for curto.

### 3.1.3.3 Adaptação fisiológica da troca de atividade

Os músculos estão conectados ao cérebro por dois tipos de nervos: os nervos motores (conduzem o impulso elétrico do cérebro à musculatura esquelética) e os nervos sensitivos (conduzem os impulsos da musculatura para o cérebro, em forma de sinais e informações). O organismo gera os impulsos nervosos para o cérebro, onde são transformados e enviados aos centros orientadores dos músculos, gerando a atividade muscular (Grandjean, 1998).

Ao aprender uma operação, forma-se, ou melhor, grava-se inconscientemente uma “nova rota” entre o centro de comando dos músculos e os centros sensitivos no bulbo. O padrão gravado refere-se à coordenação e a dosagem fina do movimento dos músculos. Quando a direção consciente for desativada pelo processo de aprendizado, o comando será automatizado e a destreza alcança o grau máximo (Grandjean, 1998).

Duas adaptações fisiológicas ocorrem em uma nova atividade: o ajuste dos canais sensoriais e o ajuste dos padrões motores. Iida (1997) descreve o ajuste dos canais sensoriais, que ocorre em consequência da aprendizagem da sequência de atividades, o crescimento do “senso cinestésico” (capacidade de executar uma atividade sem olhar para o objeto ou o local), e o ajuste de tempo entre a informação e a ação. Junto aos canais sensoriais, há o ajuste dos padrões motores (seleção mais adequada dos movimentos corporais, melhoria na velocidade, trajetória e ritmo dos movimentos). O tempo de ajuste dos padrões motores depende da variação de movimentos, ou seja, atividades já conhecidas, mais padronizadas ou repetitivas são de aprendizagem mais rápida. A última etapa é a redução da atenção consciente, quando a tarefa é executada automaticamente, desenvolvendo a capacidade de fazer o controle por exceção, quando os canais sensoriais são utilizados quando algo não esperado ocorrer.

O ajuste dos canais sensoriais e dos padrões motores dependem do treinamento e da frequência de repetição. Como regra geral, quanto menor for a variabilidade, e quanto maior a frequência de repetição, mais rápido o organismo se adaptará.

Na multifuncionalidade, a adaptação fisiológica ocorre em dois períodos: quando o operador aprende uma nova atividade (a primeira vez) e a cada vez que troca de função no ciclo da multifuncionalidade. No primeiro caso, não há diferença entre o posto multifuncional e o tradicional. No segundo caso a diferença é relevante. A cada vez que o operador multifuncional trocar de posto de trabalho, seu organismo terá que se adaptar à nova tarefa, e isto pode ocorrer de uma a  $n$  vezes ao dia. O operador tradicional, que cumpre todo seu turno no mesmo equipamento, faz a adaptação muscular somente quando recomeça a trabalhar (início da manhã, e após parada de almoço, lanche ou intervalo), com a facilidade de ser no mesmo equipamento.

Para as atividades físicas, ocorre uma adaptação dos órgãos envolvidos (músculos, coração, esqueleto, etc.) a cada troca, e a adaptação depende do tipo de habilidade necessária, como precisão, força, destreza, velocidade ou resistência.

A multifuncionalidade é aplicável aos pares de “operador-máquina” que estão adaptados (rota entre comandos sensoriais estabelecida e padrões motores ajustados). A maior padronização da atividade e a menor variabilidade do equipamento são condições que facilitam o ajuste do par operador-máquina.

A multifuncionalidade deve ser aplicada entre postos cujas habilidades necessárias no posto origem e no posto destino não sejam adversas, como passar um operador de uma atividade de força para uma atividade de precisão. Será melhor aplicada em postos com habilidade semelhante e pequena variação de intensidade, sendo preferencialmente de forma crescente ou decrescente.

#### 3.1.3.4 Ritmo de trabalho e repetitividade

No início do século XX, o estudo de tempos introduzido por Taylor em seus estudos de racionalização, e os estudos de movimentos desenvolvidos pelo casal Gilbreth, buscavam o método ideal, do ponto de vista da produtividade (Ichihara, 1997). Taylor e os Gilbreth

trabalharam pela maior divisão do trabalho possível, pois julgavam ser a maneira ideal de melhorar a produtividade (Spur, Specht & Herter, 1994). A divisão do trabalho era baseada na *repetitividade*, pela divisão do total de tarefas em pequenas partes, cada uma das quais desempenhada por uma só pessoa (Slack *et alli*, 1996).

A repetitividade está relacionada com o tempo em que uma tarefa é realizada, e seu grau é definido pela frequência de repetição e pela duração do trabalho. Silverstein (1987) define como repetitivo o ciclo executado mais de quatro vezes por minuto, e Louhevaara (1998) define trabalho muscular repetitivo aquele que aciona o músculo mais que 30 vezes por minuto.

Os problemas fisiológicos causados pelo trabalho repetitivo que afetam músculos, tendões, articulações e estrutura dos tecidos são chamados de lesão de esforço repetitivo (LER). A LER acontece devido à sobrecarga de partes específicas do corpo (punho, cotovelo, ombro, etc.), e se manifesta na forma de tendinites, tenossinovites, cistos, lesões nos nervos, síndrome de Raynaud, etc. (Dempsey, Fathallah & Webster, 1998). A lesão pode ocorrer devido ao movimento repetitivo, às vezes associado as vibrações ou pressão (Dempsey, Fathallah & Webster, 1998) e pode ser de caráter temporário, definitivo, e até tornar-se crônica, “reaparecendo” quando o operador retoma a atividade. As causas da LER podem ser físicas e externas, que são impostas ao operador devido à natureza do trabalho, como *layout*, equipamentos, exigências da atividade, e causas não físicas, que referem-se aos fatores individuais e organizacionais, como o ritmo de trabalho, horários, motivação, problemas hormonais, gravidez, etc. (Dempsey, Fathallah & Webster, 1998).

A LER pode resultar em dores e sofrimento, custos variados (despesa médica, fisioterapia, afastamento temporário e definitivo) e redução de produtividade e da qualidade do produto. A atuação sobre o problema se faz pela prevenção, para eliminar ou reduzir suas causas (Dempsey, Fathallah & Webster, 1998), de modo que se mantenha o ritmo de trabalho dentro da capacidade de cada indivíduo.

O *ritmo de trabalho* é o tempo alocado para fazer uma peça ou uma parcela do trabalho, e depende do tempo de máquina e do tempo de mão-de-obra (Shingo, 1996). No tempo de máquina está o tempo de processamento (se for automatizado), acionamento e desacionamento, e no tempo de mão-de-obra está a colocação ou remoção de peças e a execução da operação (máquinas não automatizadas), etc. O ritmo de trabalho ideal é o *natural*, que é determinado

pela velocidade e ritmo do operador, em contraposição ao ritmo *forçado*, que é determinado pela máquina, como uma esteira de abastecimento.

Geralmente, o ritmo de trabalho é determinado pelo tempo-padrão, que é o tempo necessário para um operador experiente executar a tarefa utilizando o método padrão, incluindo as tolerâncias de espera do processo e a de fadiga (Iida, 1997). Para um operador inexperiente, o ritmo de trabalho será mais lento, sendo a diferença de ritmo proporcional ao nível de treinamento e de habilidade necessários. Além da experiência, o ritmo de trabalho depende de diversos fatores como o dimensionamento e adaptabilidade do posto de trabalho, tipo de trabalho (pesado, precisão, etc.), nível de fadiga muscular e mental, monotonia, estresse, motivação, condição de segurança, iluminação, ruído, vibrações, condição climática, etc.

Os conceitos de ritmo de trabalho e de carga de trabalho (medidas quantitativas e qualitativas no nível de atividade do operador) estão relacionados, porque a mudança do ritmo de trabalho amplifica a carga de trabalho. Por exemplo, em um trabalho de precisão, o aumento do ritmo de trabalho pode determinar problemas como fadiga mental e física, etc.

Cummings (1978) afirma que no sistema sócio-técnico, a determinação pelo trabalhador do seu próprio ritmo pelo trabalho é um dos principais fatores de redução do estresse e da melhoria da motivação. Por outro lado, o ritmo de trabalho está atrelado aos critérios técnicos e econômicos do ritmo da produção, determinados pela otimização do processo, utilização de equipamentos, gargalos, balanceamento e sincronização de produção.

Mesmo considerando as restrições do ritmo de produção, o critério, do ponto de vista ergonômico, é o posto de trabalho ser confortável. Neste conceito, considera-se o ritmo de trabalho, as exigências biomecânicas, a postura, objetos ao alcance do corpo, etc. (Iida, 1997).

Quanto ao ritmo de trabalho, os postos multifuncional e tradicional podem ter o mesmo nível, ou seja, o mesmo tempo-padrão. As atividades de menor habilidade tendem a ser de melhor aplicação para a multifuncionalidade, pois necessitam menor treinamento e adaptação. É importante evitar variações bruscas de ritmo, principalmente pela mudança da habilidade dos postos, como a troca de uma atividade de velocidade por uma de precisão.

Quanto a repetitividade, o posto multifuncional é melhor que o posto tradicional, pois permitirá a variação de tarefas, dos músculos acionados e do tipo de esforço executado. Pode-se combinar atividades de alta repetitividade com outras de baixa repetitividade.

### 3.1.3.5 Lógica para troca de tarefa do ponto de vista fisiológico

A cada vez que inicia uma atividade, o corpo humano passa por transformações fisiológicas, levando aproximadamente 6 minutos para se adaptar. A adaptação é feita pela produção de ácido láctico e racêmico que aumentam a acidez do sangue, estimulando a dilatação dos vasos e o aumento da respiração, que assim permitem a chegada de mais oxigênio aos músculos (Iida, 1997). Ocorre, nesta fase, um déficit de oxigênio correspondente à diferença entre as necessidades imediatas dos músculos ativos e o fornecimento de oxigênio. O consumo de oxigênio acompanhará as variações da atividade se elas não forem súbitas nem críticas, atingindo gradativamente um valor estável (Guimarães, 1998).

As mudanças ocorrem na circulação e na respiração: acelera-se a respiração, a frequência cardíaca, faz-se adaptações vasomotoras, aumento da pressão sanguínea, do suprimento de açúcar, da temperatura e do metabolismo (Grandjean, 1998), ocorrendo um aumento do fluxo sanguíneo para os músculos em exercício. O sistema cardiovascular ajusta rapidamente sua velocidade de fluxo dentro do limite de abastecimento de oxigênio, em resposta às necessidades metabólicas, e em contrapartida, se reduz o fluxo de oxigênio para os músculos e órgãos que não estão em atividade (Guimarães, 1998).

O tipo de trabalho executado é uma importante variável do batimento cardíaco. No *trabalho dinâmico*, a sucessão de contrações e relaxamentos musculares age como uma bomba na circulação sanguínea, que se acelera. O músculo trabalha sob condições aeróbicas, é bem irrigado, abastecido de oxigênio e glicose, elimina os dejetos. Há equilíbrio entre o oxigênio gasto e o fornecido, e o batimento cardíaco estabiliza-se (Guimarães, 1998). No *trabalho estático* há uma contração prolongada da musculatura, os vasos sanguíneos são pressionados pelo tecido muscular e pela pressão do sangue, dificultando o abastecimento do músculo (Grandjean, 1998), acarretando um aumento progressivo nos batimentos cardíacos (proporcional ao tempo) sem o aumento no consumo energético (Guimarães, 1998), retornando à frequência inicial de repouso rapidamente. No trabalho estático, a postura mantida por longo tempo cria uma *carga estática*, devido à contração contínua da musculatura, e leva à fadiga

muscular, dores, problemas posturais, etc. A carga estática poderá ser reduzida pela melhoria da postura, redução do tempo em cada postura, pausas, alternância entre trabalhar em pé, sentado e caminhando (Delleman, 1998). Do ponto de vista ortopédico e fisiológico, é altamente recomendável um local de trabalho que permita troca de postura (Grandjean, 1998). Delleman (1998) relata que o tempo máximo em posição estática decresce exponencialmente pelo aumento da força muscular relativa necessária. Veja Delleman (1998), Grandjean (1998) e Iida (1997) para ações para redução do trabalho estático.

A frequência cardíaca também depende do gasto metabólico. Define-se o metabolismo como o processo de transformação de energia de natureza química dos alimentos em energia térmica e mecânica, pela degradação nos órgãos de digestão “em parceria” com o oxigênio. O consumo desta energia térmica e mecânica gerada pelo metabolismo, depende do peso corporal, do tamanho do corpo, do sexo, e principalmente da atividade física realizada (Grandjean, 1998).

Se a atividade física for um trabalho dinâmico executado por um grande número de grupos musculares, e o consumo de energia está abaixo do limite máximo, a frequência cardíaca fica num nível de gasto correspondente. Em contrapartida, se a mesma atividade física for feita por um número menor de grupos musculares, a frequência cardíaca terá elevação contínua. Quanto menor o grupo de músculos envolvidos, tanto mais aumenta a frequência cardíaca e mais rápido se instalará a fadiga (Guimarães, 1998).

A força humana é o resultado de contrações musculares, podendo envolver alguns músculos ou depender da ação coordenada de diversos músculos, principalmente se envolver combinações complexas de movimentos, como tração e rotação simultâneas. As contrações musculares têm diversas combinações, com diferentes características de velocidade, precisão e movimento. Para cada combinação muscular, há características e consumo energético diferentes (Iida, 1997). A combinação adequada dos músculos acionados para um movimento levarão à uma menor fadiga. Iida (1997) descreve os tipos de movimentos:

- movimento de precisão: trabalhos de precisão, que exigem contrações rápidas e comedidas dos músculos, coordenação e precisão de movimentos, concentração e controle visual. São realizados com a ponta dos dedos e, se for necessário força, ou houver fadiga dos dedos, outras articulações serão acionadas como o punho, cotovelo e ombro, com prejuízo da precisão;

- movimento de ritmo: suaves, curvos e rítmicos. Aceleração e desaceleração bruscas, rápidas mudanças de direção são fatigantes por exigirem maiores contrações musculares;
- movimentos retos: são difíceis e imprecisos, pois o corpo tem tendência a executar movimentos curvos devido às articulações;
- terminações: os movimentos que exigem posicionamentos precisos, com acompanhamento visual, são difíceis e demorados. Sempre que possível, terminar movimentos com posicionadores mecânicos (anteparos ou alavancas).

Lida (1997) e Grandjean (1998) apresentam uma série de regras à transmissão de forças, alcance horizontal e vertical, levantamento e transporte de cargas, recomendações para transporte seguro, etc. São aplicações biomecânicas para reduzir o efeito da carga sobre o corpo. Os autores destacam a importância da pausa durante o trabalho e do descanso adequado fora do trabalho, onde ocorrem as modificações químicas de recuperação do organismo (ressintetização das reservas de energia do ATP e da fosfocreatina, oxidação do ácido láctico residual e a reposição dos depósitos de glicogênio muscular e hepático) (Guimarães, 1998).

Para definir a *lógica para troca de posto* foram levantados quatro aspectos:

1. adaptação circulatória;
2. tipo de trabalho: dinâmico e estático;
3. características das contrações musculares: velocidade, precisão e movimento;
4. tipos de movimento: precisão, ritmo, reto/curvo, terminações.

Estes aspectos podem ainda ser tratados, pela visão da operação, pelo tipo de habilidade necessária, como precisão, força, destreza, velocidade ou resistência.

A regra geral para a lógica da troca de posto do ponto de vista fisiológico é: a *variação de postura* e dos grupos musculares é vantajosa, mas deve respeitar a *capacidade de adaptação* do organismo, em *mudanças gradativas*.

- Critérios relacionados à *variação de postura*:

Tipo de trabalho (dinâmico e estático), características das contrações musculares (velocidade, precisão e movimento) e tipos de movimento (precisão, ritmo, reto/curvo, terminações).

A variação de postura permite recuperação e descanso muscular, redução da monotonia, evita sobrecarga em determinados grupos musculares e reduz a possibilidade de LER;

- Critérios relacionados à *mudança gradativa*:

Adaptação circulatória e as características das contrações musculares (velocidade, precisão e movimento).

A necessidade da *mudança gradativa* para ocorrer a *adaptação circulatória* deve ser observada nos casos em que há trabalhos com diferentes demandas circulatórias e energéticas. Não é recomendável passar o operador de um trabalho leve diretamente para um trabalho pesado, sendo o aumento gradual da carga a condição ergonômica ideal.

A necessidade de *mudança gradativa* para as *características das contrações musculares* deve ser observada nos casos de trabalhos com diferentes demandas musculares. Não é recomendável passar o operador de um trabalho de velocidade diretamente para um trabalho de precisão, sendo a condição ergonômica ideal o aquecimento e o desaquecimento por meio de tarefas intermediárias.

A regra geral para definição do *ciclo de troca* (tempo ideal) é: as atividades de maior desgaste ou maior demanda energética podem ter ciclos curtos, mas fazendo a adaptação circulatória necessária.

Atividades com alta frequência cardíaca e demanda muscular, devem ter ciclo de troca mais longo, pois é necessário de 2 a 6 minutos para o organismo se adaptar. O *trade off* é que estas atividades, por terem maior desgaste, devem ter ciclos mais curtos. Então, se houver condição de fazer *mudança gradativa* entre as atividades do operador, o tempo de ciclo poderá ser curto. As atividades com baixa frequência cardíaca e demanda muscular, podem ter ciclos curtos.

A partir da perspectiva atual da ergonomia, considera-se de forma sinérgica as questões das cargas físicas e cognitivas que compõem as atividades humanas. Na próxima seção, serão tratados os aspectos cognitivos da multifuncionalidade.

### 3.2 ASPECTOS COGNITIVOS NA MULTIFUNCIONALIDADE

O trabalho consiste numa composição de muitos elementos, de tipos, qualidades, quantidades, velocidades e frequências de operação. Conforme for a combinação destes elementos, pode ocorrer uma espécie de confusão no processamento de informações pelo operador (Sambayashi *et alli*, 1998), que pode ser chamada de “dificuldade” de processar as informações. Quanto maior for a dificuldade de processar as informações, maior será a *exigência mental* da atividade, que é formada, de um lado, pelo número de variáveis a controlar, com suas urgências e importâncias, e de outro lado, a experiência dos operadores em lidar com a situação e a dificuldade de obter informações e tomar decisões (Duarte, 1996). Wall *et alli* (1990) chamam o nível de exigência mental de uma atividade como *demanda cognitiva*, que pode ser exemplificada pelo nível de atenção necessário, dificuldade de obter as informações sobre o desempenho, necessidade de solução de problemas, etc.

Na análise da demanda cognitiva na multifuncionalidade, é importante considerar a “migração” do paradigma taylorista para a visão sistêmica. O paradigma taylorista tem como base a superespecialização, obtida pela divisão e subdivisão do trabalho, de modo que cada trabalhador fique restrito a uma única e específica tarefa, executada cíclica e repetidamente. Esta divisão facilita a aprendizagem (aprender uma parte é mais fácil que aprender o todo), torna a qualificação supérflua, e conseqüentemente reduz a demanda cognitiva da atividade. Grandjean (1998) afirma que com a superespecialização, ocorre uma série de prejuízos ao operador, como a anulação dos sistemas orgânicos mentais, redução do desdobramento das capacidades humanas, levando à monotonia, desmotivação, perda do sentido do trabalho, etc.

Na abordagem sistêmica, em oposição à taylorista, a visão é global, o profissional é generalista, e todos os aspectos que interagem dentro e fora devem ser considerados (Santos *et alli*, 1997 e Fallgatter & Salm, 1997). O trabalho é visto como um *sistema*, composto de cinco partes: entrada, processo, saída, retroação e ambiente (Chiavenato, 1983), e a distribuição das tarefas deve ser feita de modo que o operador identifique o relacionamento da sua tarefa com o todo (Spur, Specht & Herter, 1994). A visão sistêmica é obtida na multifuncionalidade devido à prática da rotação e do enriquecimento do trabalho, e a visão do todo será tanto mais completa quanto for o número de processos que o operador multifuncional participa, e os ganhos para o operador serão maiores quanto mais a multifuncionalidade substitua os processos com alta repetitividade e a especialização.

A demanda cognitiva no paradigma taylorista é baixa, devido à especialização e à repetitividade. Na visão sistêmica, apesar do grande número de variáveis no trabalho do operador, a visão global é compreendida, o que em contrapartida permite uma redução da demanda cognitiva.

A análise dos aspectos cognitivos na multifuncionalidade, que este capítulo propõe, refere-se à ergonomia cognitiva, que trata dos aspectos relacionados ao conhecimento e ao processamento de informações. Juntamente com os quesitos psico-ambientais, a ergonomia enfoca os quesitos cognitivos do sistema homem-máquina-tarefa, que compreendem a transmissão de informações, o processamento de informações e a tomada de decisões (Iida, 1997).

Para efetuar a análise proposta, serão analisados os seguintes tópicos: informação e memória, aprendizagem, *set up* mental, capacitação, padronização, autonomia, estresse, fadiga mental, monotonia, motivação, territorialidade, comunicação e equipes temporárias. No último tópico, chamado de lógica para troca de tarefa do ponto de vista cognitivo, será feita uma análise conjunta dos aspectos relacionados à operação multifuncional, que são o *set up* mental, a padronização, o estresse, a fadiga mental e a monotonia.

### 3.2.1 Informação e memória

A *demanda cognitiva* da atividade depende da dificuldade de detecção, identificação e interpretação da informação. Para o processamento de informações (capacidade de detectar, identificar e interpretar informações) são decisivos o conhecimento, a experiência, a agilidade mental e a habilidade para criar e formular novas idéias (Grandjean, 1998), sendo que o tempo de reação no processamento de informações depende do grau de incerteza da resposta (se é conhecida ou não), do número de alternativas a selecionar (maior tempo para mais alternativas), e da compatibilidade entre estímulo e a resposta, da expectativa de estímulo (Iida, 1997).

Este processamento de informação ocorre nas chamadas “caixas de armazenamento”, conhecidas como armazenamento sensorial, memória de trabalho e memória de longa duração (Guimarães, 1998). No *armazenamento sensorial* estão as informações visuais e auditivas, mantidas por menos de um segundo. Na *memória de trabalho*, as informações são mantidas por segundos ou minutos (após são completamente esquecidas), com capacidade limitada de

aproximadamente sete itens, sendo que sem atenção a informação se degrada. Na *memória de longa duração* a informação é mantida essencialmente para sempre, mas sofre do problema de dificuldade de resgate da informação (Guimarães, 1998).

Além da capacidade de processamento, a atenção é um fator crítico para a recepção de informações e a memória. A atenção é uma capacidade limitada nos seres humanos, e não é de total controle do organismo (desviamos a atenção de um monitor devido ao barulho, mesmo que não queiramos), e pode ser interpretada como sendo o foco nos canais de informação. A atenção tem três características principais: é seletiva (seleciona o canal perceptual para dirigir a atenção), é focada (dirigida a um determinado canal perceptual e exclui o estímulo dos canais adjacentes) ou é dividida (divide-se a atenção simultaneamente para dois ou mais canais) (Guimarães, 1998).

A capacidade de processamento de informações e a atenção permitem a aprendizagem e a memorização. Em linhas gerais, a memorização depende da relevância da informação, da apresentação (agrupamento em blocos, siglas, uso de letras e números), da diferenciação, do canal recebido (verbalmente é melhor que visualmente), da quantidade de canais utilizados para adquirir a informação (ver e manusear é melhor que apenas ver) e dos significados relacionados à informação. Lida (1997), Guimarães (1998) e Grandjean (1998) apresentam as técnicas e os fatores relevantes para memorização.

### 3.2.2 Aprendizagem

A *aprendizagem* é o processo de construção e assimilação de uma nova resposta em relação a uma situação problema. Pode-se dizer que ocorre aprendizagem quando se observa uma modificação sistemática dos comportamentos de trabalho, numa determinada direção, em relação à experiência de uma situação anterior (Fialho & Santos, 1997). Wild (1990) define aprendizagem como o processo em que uma pessoa adquire habilidade e proficiência em uma tarefa, cujo efeito é permitir a produtividade na execução desta tarefa.

A soma dos processos de aprendizagem vão, com o passar do tempo, montando o “modelo mental” do indivíduo, definido por Fialho e Santos (1997) como o conjunto de conhecimentos virtualmente disponíveis, compreendendo as relações preferenciais entre as configurações da realidade, as ações a serem efetuadas, e os conhecimentos que permitem a manipulação mental

desta realidade. O modelo mental depende do conhecimento adquirido, do treinamento recebido e das situações vividas na atividade (Sinclair, 1996), por isso há diferença entre os modelos mentais de trabalhadores inexperientes e treinados, há diferença entre os modelos mentais segundo as funções exercidas (Fialho & Santos, 1997).

A aprendizagem pelo texto é constituída pelas atividades de compreensão finalizadas por uma tarefa de memorização, e a aprendizagem pela ação é o resultado das atividades de memorização e de raciocínio que consistem em formar hipóteses, testá-las, generalizar observações e modificar representações. Esta construção do conhecimento garante a evolução do sistema cognitivo ao lhe permitir enriquecer-se pela experiência, a partir de informações simbólicas (texto ou aula, que são conhecimentos relacionais, por instrução) ou pela ação a partir da resolução de problemas (são conhecimentos procedurais, por descoberta) (Fialho, 1998).

Quanto maior for a complexidade das situações, maior será a demanda por conhecimento, habilidade e capacidade técnica (Sinclair, 1996), ou seja, maior deverá ter sido a aprendizagem. Wall *et alli* (1990) afirmam que operadores mais treinados são capazes de maximizar a saída do sistema, e por outro lado, os pouco treinados só podem responder aos alertas, e não conseguem agir imediatamente.

No processo de tomada de decisão, que é fomentado pelo conhecimento, habilidade e capacidade técnica adquiridos pelos processos de aprendizagem, três etapas das atividades mentais ocorrem (Fialho, 1998):

- compreender: é a representação da situação ou tarefa, e é a base da informação para construção de conhecimentos, elaboração de hipóteses e tomada de decisão. Pode-se compreender para aprender (construir a rede de relações na memória) ou para agir (construir um programa de ação para obter um resultado);
- raciocinar: é produzir inferências. Os raciocínios podem ser para fins epistêmicos (para construir interpretações) ou para fins pragmáticos (para atingir objetivos de ação ou planos);
- avaliar: julgamentos que exprimem como se situa um objeto, as situações, e os critérios a levar em conta para este julgamento. A avaliação procede-se por categorização de objetos

em escalas correspondentes a cada um dos critérios de avaliação, e em seguida, pela combinação das avaliações obtidas para cada um dos critérios.

Quanto melhor for a aprendizagem e a capacidade de compreender, raciocinar e avaliar do indivíduo, melhor será sua condição de trabalhar. O operador multifuncional está exposto a um maior número de situações que o operador tradicional, demandando maior aprendizagem. Sob o ponto de vista da aprendizagem, o operador multifuncional adequadamente preparado pode realizar todas as tarefas que o operador tradicional realiza. No entanto, as tarefas complexas, altamente especializadas, que exigem grande carga de aprendizagem (necessitariam de “experts” ou período de capacitação excessivamente longo), são mais adequadas aos operadores tradicionais.

Durante o processo de aprendizagem, adquire-se habilidade e proficiência na tarefa, e o efeito será a melhoria da produtividade na execução. Refere-se primeiramente ao aumento da velocidade de execução, e depois ao tempo de execução da tarefa. A cada dia que passar, uma pessoa em treinamento melhora sua coordenação muscular e os movimentos tornam-se mais suaves e harmoniosos, reduzindo o consumo de energia e a fadiga, e aumentando a produtividade (Iida, 1997). O período em que ocorrem estes fenômenos chama-se *curva de aprendizagem* (Wild, 1990).

A curva de aprendizagem é função de três variáveis: o tempo unitário de execução da tarefa, a taxa de redução a cada intervalo de tempo, e o comportamento da curva (linear, exponencial, logarítmica, etc.). Como exemplo, a curva *exponencial* é apresentada pela fórmula  $y = a x^b$ , onde  $y$  é tempo da peça,  $a$  é tempo da primeira unidade,  $x$  é o número de unidades (número de repetições), e  $b$  é a taxa de aprendizagem (Wild, 1990). Iida (1997) afirma que pesquisas realizadas comprovam que o tempo de execução se reduz em escala logarítmica pelo número de vezes que a tarefa é repetida, e sofre quedas bruscas apenas quando houver mudança do método utilizado.

Os fatores que influenciam a curva de aprendizagem são: a duração da tarefa (mais longa é mais difícil), complexidade da tarefa, capacidade do operador, familiaridade do operador com a atividade, características pessoais, motivação, condições físicas (Wild, 1990). Devido às características pessoais, certas pessoas apresentam maior velocidade de aprendizagem, enquanto outras não conseguem ultrapassar determinados limites de redução (Iida, 1997).

Para que se aprenda uma nova tarefa, quatro “etapas” da curva de aprendizagem serão passadas em sequência: aprendizagem da sequência de atividades, ajuste dos canais sensoriais, ajustes dos padrões motores e redução da atenção consciente. Os fatores que influenciam a curva de aprendizagem, descritos acima, aumentarão o tempo necessário para cada uma das fases.

Na operação multifuncional, em cada troca de posto ou de tarefa, o operador tem que passar por parte da curva de aprendizagem, equivalente a uma espécie de ajuste no ser humano. Ocorre o ajuste dos canais sensoriais e dos padrões motores, feitos sobre a tarefa anterior do operador, e a redução da atenção consciente, que ocorrerá conforme a experiência na tarefa. O tempo deste ajuste será inversamente proporcional ao nível de aprendizagem do operador na tarefa.

Desconsiderando os aspectos pessoais, a multifuncionalidade será mais facilmente aplicada em atividades com curva de aprendizagem mais curtas, ou seja, atividades de curta duração, pouco complexas, similares às demais executadas.

### 3.2.3 *Set up* mental

O processamento de informação é feito através da percepção, interpretação e elaboração mental das informações fornecidas pelos órgãos dos sentidos, sendo a elaboração baseada no relacionamento das informações com o conhecimento, do qual surgem as decisões (Grandjean, 1998).

Para executar uma atividade, ocorre processamento em três sistemas: o sistema de percepção (atividade dos sentidos), o sistema de reconhecimento (identificação e processamento) e o sistema de movimentação (comandar o movimento conforme percebido e reconhecido) (Sambayashi *et alli*, 1998). Define-se como *set up* mental o “ajuste” que o cérebro faz, compreendido pelo tempo necessário para que haja a percepção, o reconhecimento e a preparação para efetuar a movimentação.

O tempo necessário para o *set up* mental é proporcional à complexidade, definida por Sambayashi *et alli* (1998) como a quantidade de escolhas que o operador tem que fazer. O número de escolhas deve-se ao número de tipos, a quantidade e qualidade dos elementos

envolvidos no processo. O tempo de reação do indivíduo é proporcional à complexidade, ou seja, maior dificuldade de efetuar o processamento, maior o tempo de reação.

Na multifuncionalidade, a cada troca de posto ocorre um *set up* mental. Aplicar a multifuncionalidade dependerá da complexidade do processo nos postos do roteiro do operador, e do nível de aptidão dos operadores. Para o operador multifuncional, ocorre um aumento do número de variáveis e do número de processos que o este tem que ter experiência.

No posto de trabalho tradicional, o operador faz um *set up* mental no início do turno, e no posto multifuncional o operador faz um *set up* mental a cada troca de posto. Partindo-se do pressuposto que o operador está preparado, os processos menos complexos, mais estáveis e confiáveis são melhores à multifuncionalidade. É conveniente que os postos tenham pequena diferença entre eles, ou seja, o *set up* mental seja o menor possível, com tipos, quantidades e qualidade dos elementos envolvidos semelhantes.

#### 3.2.4 Capacitação

O treinamento é o processo intencional de fornecer os meios para possibilitar a aprendizagem (Chiavenato, 1989), atividades organizadas para melhorar as habilidades de uma pessoa (aumentar a velocidade e a qualidade dos movimentos necessários), e pode ser considerado como um meio para aumentar a confiabilidade humana no sistema homem-máquina (Iida, 1997).

Riggs (1989) descreve os tipos de treinamento: treino no próprio trabalho (*on the job training*), salas de ensino (salas de treinamento equipadas), treino de aprendiz (trabalhar junto a um operador experiente), conferência (discussão de casos com especialistas) e programas especializados (convênio com escolas de habilidades técnicas). Quanto ao conteúdo, o treinamento pode ser de quatro tipos: transmissão de informações, desenvolvimento de habilidades, desenvolvimento de atitudes e desenvolvimento de conceitos (Chiavenato, 1989).

Na execução do treinamento, há um *trade off* em relação ao resultado e o tempo. Quanto maior for o tempo de treinamento melhor será o desempenho do aprendiz, entretanto, os custos sobem proporcionalmente ao tempo (Iida, 1997).

A capacitação é um processo de educação que é o caminho para a plena competência, abrangendo o conhecimento, as habilidades, os valores e atitudes (Naveira, 1997). Capacitar significa ajudar os operadores a descobrir qual o comportamento adequado e quais habilidades devem ser desenvolvidas (Riggs, 1989). Cabe à capacitação adequar a habilidade do operador à necessidade do cargo, pois um posto de trabalho requer um conjunto de qualificações específicas, e o trabalhador dispõe de um conjunto de competências para pleitear a ocupação deste cargo (Naveira, 1997).

A empresa promove a capacitação como um processo educacional, sistemático e organizado, mas para que haja capacitação (aprendizado de conhecimentos, atitudes e habilidades), o operador tem que fazer a sua parte, ou seja, ter interesse, habilidade, inteligência e capacidade de entendimento (Woodgate, 1991).

A capacitação para a multifuncionalidade é relatada por Mondem (1983) na Toyota. Na matriz de qualificação (cruzamento de operadores x processos), cada par de operador/processo pode ter quatro *status* diferentes: operador treinado, operador em treinamento, planejado para treinar no ano, não treinado, e cada operador tem um índice de multifuncionalidade, definido pelo percentual do número de processos que o operador domina dividido pelo total de processos do setor.

A modelagem do programa de capacitação é a mesma para os postos tradicionais e multifuncionais. Atividades de capacitação, executadas de modo sistemático e organizado, com informações e habilidades definidas, instrutor capacitado, estrutura adequada, operador com potencial e perfil adequado. A diferença está no volume de treinamento para formar os operadores, e no tempo de treinamento necessário para os novos operadores.

Sob o ponto de vista da capacitação, as atividades com menor curva de aprendizagem (curta duração, pouco complexas, similares e familiares ao operador, para um operador adequado) são melhor aplicáveis à multifuncionalidade.

### 3.2.5 Padronização

A padronização é uma prescrição taylorista, entendida como a garantia de repetitividade e de atendimento às especificações (Machado, 1996). Tudo que puder ser padronizado, dará maior

previsibilidade à operação: ferramentas, materiais, local, tempos, controles de manutenção, métodos de operação, inspeção e limpeza, etc.

A padronização é um meio de gerenciar a rotina, assegurar os melhores resultados já obtidos, de forma consistente e permanente, transmitindo ao operador as informações das necessidades dos clientes. Isto é feito através dos padrões de operação, que definem de que maneira a atividade deve ser executada para que tenha o resultado esperado. A padronização, por isso, é também um instrumento de delegação.

O método padronizado deve ser a melhor maneira conhecida de executar uma atividade. No entanto, cada vez que uma melhoria puder ser efetuada, ela deve ser testada, e se aprovada, alterar o padrão atual da atividade, emitindo um novo padrão. Este ciclo é definido por Falconi (1992) como a “gestão por rotina e melhoria”.

Se um posto de trabalho está padronizado, o *set up* mental será menor, pois o sistema de reconhecimento (identificação e processamento) e o sistema de movimentação (comandar o movimento) serão mais rápidos. Quanto menor for o número de variáveis, mais rápido será o *set up* mental e menor será o tempo de resposta do operador.

A padronização é um ponto crítico e necessário tanto para o posto multifuncional como para o tradicional. No entanto, para a multifuncionalidade é ainda mais crítico devido às frequentes trocas de operadores. A padronização não só deve se estender às máquinas operadas pelo grupo multifuncional, mas também o sistema de padronização da fábrica deve obedecer à mesma lógica (cores iguais, mesma identificação para as mesmas coisas, critérios iguais, localização dos materiais iguais, etc.).

Em resumo, a multifuncionalidade é melhor aplicável entre máquinas que tem padronização, e será ainda melhor entre um grupo de máquinas que tiverem o mesmo sistema de padronização.

### 3.2.6 Autonomia

A autonomia pode ser definida como a liberdade de escolha, que é exercida dentro dos limites determinados pela organização. A autonomia industrial é o grau de liberdade e independência dada ao indivíduo para determinar sua programação (tempo) e determinar os procedimentos

que serão executados, ou seja, está relacionada ao ritmo de trabalho e ao método utilizado (Mullarkey, Jackson & Parker, 1995).

O grau de autonomia depende basicamente da tecnologia e da sensibilidade do processo, sendo que nos processos menos sensíveis, normalmente os operadores estão autorizados a fazer os ajustes baseados no seu conhecimento e experiência (Klein, 1991).

Mullarkey, Jackson & Parker (1995) e Wall *et alli* (1990) definem autonomia individual como os controles do tempo, do método e das fronteiras do trabalho (integração vertical, tarefas complementares à operação), e definem autonomia coletiva (do grupo) como os controles de tempo de grupo e dos métodos do grupo. A relação entre a autonomia individual e a autonomia coletiva é limitada devido à interdependência entre as tarefas (relação entre fornecedores e clientes internos). Para processos menos sensíveis, só será possível não restringir a autonomia individual através de um grande esforço de coordenação dentro do processo (Klein, 1991). A autonomia de um grupo de trabalho é limitada pelo atendimento do cliente interno, ou seja, pela previsibilidade do resultado. O grupo tem autonomia sobre suas questões internas desde que o resultado do processo (na visão do cliente) não seja alterado.

Spur, Specht & Herter (1994) definem o grupo autônomo como aquele que tem suas atividades individuais não ligadas a operadores específicos, mas ligadas ao grupo, que assume a responsabilidade pela tarefa e seu controle. As tomadas de decisão são sempre necessárias, e ocorrerão de maneira centralizada, descentralizada ou participativa, sendo a autonomia para tomar decisões dependente do nível de delegação na equipe, das pessoas envolvidas e da necessidade de coordenação entre os grupos (Klein, 1991).

Em relação à autonomia, há um conflito entre a engenharia de produção e os teóricos organizacionais. A engenharia de produção busca reduzir a variabilidade e padronizar o processo (menor autonomia, por consequência), enquanto os teóricos organizacionais vêem na autonomia um importante fator de motivação e crescimento.

Na multifuncionalidade, o grau de autonomia individual, no aspecto relacionado ao procedimento de trabalho é baixo, porque os grupos podem ser numerosos, o relacionamento é estabelecido entre os grupos e não entre as pessoas, e há grande necessidade de coordenação, tanto dentro dos grupos quanto entre os grupos. A previsibilidade e a estabilidade do processo são tão importantes quanto difíceis de manter, e o grau de autonomia coletiva dependerá da

previsibilidade do resultado (atendimento do cliente interno). Convém lembrar que, no ambiente da produção enxuta, os operadores tem uma “alta” autonomia para paralisar uma operação, no entanto, têm baixa autonomia para interferir no processo.

O grau de autonomia do operador multifuncional é reduzido devido à necessidade de previsibilidade e padronização da operação, sendo que um operador não poderá fazer alterações por sua conta em um posto que é operado por diversos trabalhadores. Dependerá, então, da coordenação, normalmente exercida pelo setor de engenharia de produto e de processo, o grau de autonomia dos operadores multifuncionais.

### 3.2.7 Estresse

Grandjean (1998) define o estresse como a reação do organismo a uma situação ameaçadora (estímulo). Os agentes estressantes são as causas externas, enquanto o estresse é a resposta do corpo humano aos estressores. Datti (1997) define o estresse como o esforço interno para adaptação e resistência a uma situação ameaçadora.

Quando uma pessoa recebe um estímulo, o organismo faz uma preparação psicofisiológica para agir, mobilizando a energia do corpo e ajustando o nível das funções fisiológicas. Se essa ação não se completar por um motivo qualquer, há frustração e a energia acumulada deve ser dissipada, provocando efeitos físicos e psicológicos prejudiciais (Iida, 1997). Por natureza, o homem está preparado para concentrar esforços durante curtos períodos de tensão, como se fosse atingir um alvo em poucos segundos. O que não é natural, e por isso é prejudicial, é que, no nosso dia-a-dia, os alvos são fixos, não são passageiros, e mantém o corpo humano permanentemente preparado para reagir. O problema surge quando o estímulo (situação estressante) fica ativo por longo tempo.

O estresse age em três fases distintas (Datti, 1997):

1. reação de alarma: rápida adaptação ao perigo, um desequilíbrio que acaba logo que o perigo passa. Tem como sintomas a taquicardia, hipertermia, suor nas mãos, tremor nas pernas, aumento de pressão e de glicemia no sangue;

2. fase de resistência: ocorre quando o corpo não consegue superar prontamente a situação de perigo, e tem que resistir. Sintomas: dores de cabeça e musculares, perturbação do sono, estabilização do batimento e pressão em níveis mais altos;
3. fase de exaustão: exposição prolongada aos agentes estressores, uma espécie de esgotamento generalizado, baixando a resistência do organismo. Os sintomas são semelhantes a reação de alarma, estabelecendo-se em altos níveis.

As principais consequências do estresse são o cansaço constante, ansiedade, irritabilidade, diminuição da vigilância, insônia, dificuldade de concentração, perda de memória, alterações no apetite, flutuações no estado emocional, fobias, perda de criatividade, perda de interesse sexual, desmotivação, problemas gastrintestinais, dores musculares, dores de cabeça, baixas defesas orgânicas ou psíquicas.

O estresse no trabalho é definido por Grandjean (1998) como o estado emocional causado pela discrepância entre o grau de exigência do trabalho e os recursos disponíveis para gerenciá-lo. Depende de diversos fatores (Grandjean, 1998, Iida, 1997 e Datti, 1997): conteúdo e carga do trabalho (ritmo, exigência, atenção, responsabilidade, prazos), grau de complexidade (pluralidade de exigências), sentimento de incapacidade (percepção pessoal que não há condição de atender a necessidade), condições físicas desfavoráveis (calor, ruído, postura, etc.), fatores organizacionais (relacionamento com chefia, falta de supervisão, salário, horários, falta de reconhecimento, segurança no emprego, etc.).

Iida (1997) afirma que a tolerância ao estresse e o peso de cada fator estressante varia em cada indivíduo, em função de suas características individuais. O nível absoluto da demanda não é o fator principal, mas é a diferença entre a demanda e a capacidade pessoal de superá-la. A pessoa se torna mais apta na medida que suas características individuais, como o conhecimento, habilidade, experiência, preparo e disposição para enfrentar a situação estão adequados à situação estressante.

Iida (1997) apresenta as medidas para reduzir o estresse no trabalho: enriquecimento da tarefa (determinação do ritmo e do procedimento, menor divisão do trabalho), redesenho dos posto de trabalho (antropometria, menor carga sensorial e motora, melhoria do ambiente físico), mais contatos sociais entre colegas, treinamento (profissional e informativo sobre a empresa), plano de cargos e salários claramente definido, tratamentos individuais e coletivos (exercícios

compensatórios, relaxamento, atividades em grupo). Da mesma forma que os fatores estressantes, os fatores redutores do estresse têm diferentes resultados nos indivíduos.

A multifuncionalidade tem as características das medidas de redução do estresse, principalmente pela variação da carga mental e física. Então, a necessidade é capacitar o operador para que seus recursos sejam maiores que as demandas, mas isso dependerá de análise individual dos operadores. Por outro lado, a multifuncionalidade provoca estresse pela necessidade do operador em adaptar-se ao novo sistema.

### 3.2.8 Fadiga mental

A fadiga pode ser entendida como o desequilíbrio reversível entre a exigência do recurso humano e sua capacidade de recuperação (Luczak & Mueller, 1994), e age como um mecanismo de proteção contra maiores sobrecargas, por meio da sensação de cansaço. O nível de fadiga é o índice de desgaste do corpo humano (Grandjean, 1998), e é o resultado de uma soma de fatores de exigência das pessoas (Iida, 1997).

A fadiga causada por um conjunto complexo de fatores fisiológicos, ambientais e psicológicos, cujos efeitos são cumulativos. A fadiga mental está relacionada de forma complexa a uma série de fatores como a monotonia, motivação, excessivo esforço mental (intenso ou de longa duração), causas psíquicas (responsabilidade, ansiedade e conflitos), estado geral de saúde, relacionamento social, etc. (Iida, 1997, Guimarães, 1998 e Grandjean, 1998). O aparecimento da fadiga depende de diferenças individuais, como a compleição física, treinamento, personalidade, autoconfiança, motivação e outros fatores psicológicos (Iida, 1997 e Guimarães, 1998).

A fadiga mental resulta em mudanças sensoriais e perceptivas, tais como a dificuldade para pensar, redução da atenção, lentidão ou amortecimento de percepções, diminuição da força de vontade, a redução da quantidade de estímulos processados, redução e atraso de desempenho, erros e acidentes, menor velocidade e precisão dos movimentos (Iida, 1997, Grandjean, 1998 e Guimarães, 1998).

A fadiga se reduz por meio dos processos de descanso, como as pausas e as atividades de lazer. Quando há desequilíbrio entre a exigência e o descanso, os operadores fazem pausas

disfarçadas (intencionais) ou espontâneas (banheiro, cafezinho, conversa, etc.) para atenuar a fadiga (Guimarães, 1998).

Assume-se que não há relação direta entre a multifuncionalidade e a fadiga mental, mas a multifuncionalidade reforça pontos que dificultam o aparecimento da fadiga, como a melhoria da motivação e a redução da monotonia. Pode-se dizer que ocorre uma espécie de oposição entre a fadiga mental e a monotonia: enquanto a fadiga mental ocorre pela exigência excessiva, a monotonia é uma consequência do pouco estímulo.

### 3.2.9 Monotonia

A monotonia é a reação do organismo a um ambiente uniforme, pobre em estímulos ou com pouca variação de excitações (Iida, 1997), em um estado de atividade psíquica reduzida (Grandjean, 1998). A monotonia é desencadeada basicamente por dois tipos de atividades:

- pelas atividades repetitivas de longa duração com mínima dificuldade, mas sem possibilidade de desligar-se mentalmente do trabalho;
- pelas tarefas com observação de longa duração, pobre em estímulos e que exigem atenção permanente.

As atividades com ciclo de operação curto, de rápido aprendizado, com poucos movimentos, com ritmo forçado (tempos impostos pelo processo) são causadores de monotonia (Shingo, 1996, Grandjean, 1998 e Iida, 1997).

A monotonia acomete mais as pessoas fatigadas, aos trabalhadores noturnos ainda não adaptados, às pessoas desmotivadas ou com maior nível de educação, conhecimento e habilidade, e as pessoas extrovertidas. Por outro lado, acomete menos pessoas descansadas, em treinamento, pessoas satisfeitas (Guimarães, 1998).

A monotonia tem como principais sintomas a fadiga, sonolência, falta de disposição e diminuição da atenção (Grandjean, 1998). Duas consequências mensuráveis são a diminuição da atenção e o aumento do tempo de reação, e ambas são proporcionais ao tempo na atividade monótona. Os órgãos dos sentidos se tornam insensíveis às excitações permanentes de nível

constante, se comportando como se não tivesse excitação (não provocam a ativação do cérebro), devido a um mecanismo de defesa que se “desliga” dessas excitações (Iida, 1997).

Grandjean (1998) apresenta as formas de trabalho que reduzem a monotonia: troca de tarefas, alargamento e enriquecimento do trabalho, grupos de trabalhos autônomos, contatos sociais, e medidas que atenuam a vigilância. Este autor afirma que a simples soma de trabalhos monótonos e repetitivos ainda não conduz a um significativo enriquecimento do trabalho.

Shingo (1996) acrescenta as atividades com variação de mix de produção (produtos diferentes na mesma linha de montagem), e a colocação de duas ou mais tarefas para cada operador (mais complexidade e menor repetitividade). Programar intervalos, permitir a variação do tempo da linha, e permitir que os operadores atrasados solicitem e recebam o apoio da equipe são apontados por Shingo (1996) como medidas atenuadoras colocadas no processo, mas ressalta que são negativas do ponto de vista da produtividade.

A multifuncionalidade tem as características das medidas de redução da monotonia, principalmente pela variação de estímulos, e pelo enriquecimento e alargamento do trabalho.

### 3.2.10 Motivação

Motivo é tudo aquilo que impulsiona a pessoa a agir de determinada forma, ou pelo menos, dá origem a uma propensão para um comportamento específico. Este estímulo pode ser originado externamente ou internamente, nos processos de raciocínio do indivíduo (Chiavenato, 1989).

A motivação é um comportamento causado pelas necessidades do indivíduo, dirigido aos objetivos que podem satisfazer estas necessidades, manifestando-se por forças ativas e impulsionadoras, traduzidas por “desejo” e “receio” de obter algo. O termo “motivação” é geralmente empregado como sinônimo de forças psicológicas, desejos, impulsos, instintos, necessidades, etc, termos com conotação de movimento e ação (Guimarães, 1998).

O ciclo motivacional nasce com o surgimento de uma necessidade, que age como um estímulo, causando tensão e provocando um comportamento ou ação, sendo que com a satisfação da necessidade, volta o equilíbrio interno. No entanto, se a necessidade não for satisfeita, há frustração, e se causar outro comportamento derivativo, há compensação. O ciclo motivacional é a “mola” do comportamento humano: o comportamento é causado por estímulos internos e

externos, é motivado por uma finalidade, e é orientado para objetivos. No comportamento humano sempre há um motivo, seja este implícito ou explícito (Chiavenato, 1989).

As teorias sobre motivação se dividem basicamente em dois grupos: teorias de processo e teorias de conteúdo. Iida (1997) descreve as teorias:

- As teorias de processo afirmam que o comportamento humano depende de uma avaliação subjetiva da expectativa (avaliação das chances de sucesso) e da valência (significado do ganho ou resultado) de uma tarefa. Para que uma tarefa seja motivadora, é necessário estabelecer as metas a serem alcançadas, e ela será mais motivadora se contiver certo desafio. Sem a fixação de metas, o trabalho parecerá “sem fim”;
- As teorias do conteúdo procuram determinar as necessidades que motivam uma pessoa. Estas teorias assumem que as pessoas têm certas necessidades a serem preenchidas que orientam suas ações. A Teoria de Maslow e a Teoria de Alderfer (hierarquia das necessidades), e a Teoria de Satisfação de Herzberg (fatores motivadores e higiênicos) são descritos por Iida (1997) como os expoentes desta teoria. Guimarães (1998) cita também como teorias motivacionais a Teoria X e Y de McGregor e Teoria de Campo de Lewin (o comportamento do homem é derivado da totalidade de fatos coexistentes).

Em ambas as linhas teóricas, são muitos os fatores que agem e interferem na motivação do indivíduo, e que dependem da avaliação do indivíduo, de sua personalidade e de sua história. Em linha gerais, pode-se dizer que as necessidades do ser humano são crescentes e obedecem a uma hierarquia.

A motivação é um aspecto crítico para a desempenho no trabalho. Conforme Shingo (1996), o esforço humano é a soma da motivação para o trabalho com o método de trabalho. Conforme Iida (1997), o trabalho é o resultado da motivação (decisão de realizar este trabalho) com a habilidade (capacitação ou condições prévias apresentadas pelo trabalhador). Pode-se dizer que o empregado motivado produz mais e melhor, e ainda tem menores efeitos para fadiga, menor monotonia e necessidade de supervisão (Iida, 1997).

Apesar de depender de características individuais, assume-se que a multifuncionalidade aumenta a motivação do empregado, devido à redução da monotonia e da fadiga, do desafio de

aprender as tarefas, do entendimento mais completo do processo, e da redução do trabalho repetitivo.

### 3.2.11 Territorialidade

O espaço é portador de funções materiais e sociais, devido à comunicação, possibilidade de deslocamento, distância dos demais trabalhadores e características materiais e simbólicas.

A percepção do espaço é um aspecto complexo, que relaciona o usuário com o seu meio-ambiente, e consiste na construção mental que transforma suas propriedades em imagens do espaço (Santos *et alli*, 1997). A percepção do espaço pelo homem é dinâmica, relacionando-se com a ação (o que pode ser feito num espaço dado), em vez de se relacionar com aquilo que é visto através da observação passiva (Hall, 1977).

A identidade de um indivíduo manifesta-se na personalização do espaço, e o grau de personalização é um índice de liberdade e de controle que o trabalhador manifesta dentro da organização, sendo que quanto mais personalizado for o espaço, maior o grau de autonomia e autoridade (Santos *et alli*, 1997). A personalização do espaço é utilizada como um demarcador da territorialidade individual, feita por meio da colocação de objetos pessoais, da localização específica dos materiais, da adequação das regulagens de cadeiras e objetos, etc. O espaço é um referencial, e a personalização reforça este aspecto.

A territorialidade, que é um conceito básico no estudo do comportamento animal, é definida como o comportamento através do qual um organismo reivindica uma área e a defende contra membros de sua própria espécie. Para os animais, significa a condição de obter alimento, segurança, *status*, visibilidade e comunicação, e representa um sistema comportamental básico dos organismos vivos, incluindo o homem, em quem manifesta-se através de questões culturais, de *status* e segurança (Hall, 1977).

Na sociedade, existe a distinção clara entre as propriedades privadas e públicas, proteção nas leis, cercas, etc. A territorialidade é manifestada pelo grau de personalização do ambiente, o que seria equivalente à “demarcação do terreno”. Quanto maior for o grau de personalização, maior será o grau de territorialidade manifestado.

A distância (o grau de territorialidade) é definida pela maneira que uma pessoa se sente em relação às outras, varia pelo medo, segurança, interesse, afeto, etc., que Hall (1977) define como a personalidade situacional. Este autor afirma que a influência de um corpo sobre o outro é inversamente proporcional ao cubo da distância entre eles. Nas relações pessoais, o homem manifesta a territorialidade ao estabelecer a distância que o separa dos companheiros. Estas distâncias são: íntima (de 0 a 45 cm), pessoal (de 45 a 120 cm), social (de 120 a 350 cm) e a pública (acima de 350 cm). As distâncias variam em função do número de canais sensoriais necessários para fazer contato com os outros.

Ao executar a rotação dos operadores entre postos de trabalho, a multifuncionalidade diverge dos dois princípios de percepção do espaço:

- distância: o operador não escolhe com quem dividirá o espaço, a distância entre as pessoas dependerá do equipamento, e o número de pessoas de um grupo multifuncional (ou que dividem o espaço) depende de decisões técnicas;
- personalização do espaço: o posto de trabalho não pode ser personalizado, pois é utilizado por várias pessoas.

Para permitir a utilização dos equipamentos por vários operadores, a multifuncionalidade exige previsibilidade (padronização) e organização, o que torna não aplicáveis os conceitos de territorialidade e personalização do espaço. É basicamente uma questão cultural, que pode ser trabalhada no Programa 5S e nas atividades de Qualidade Total.

### **3.2.12 Comunicação**

As comunicações de trabalho se dão entre homem-máquina e homem-homem (Fialho & Santos, 1997). A comunicação homem-máquina trata das interfaces que permitem ao operador compreender o funcionamento da máquina, e está contido no “sistema homem-máquina”. A comunicação homem-homem refere-se às redes de comunicações formais ou informais que se formam na equipe.

A boa comunicação homem-máquina permite melhorar a adaptabilidade do posto de trabalho aos diferentes operadores, reduz a carga de trabalho mental e o estresse, reduz a probabilidade de erro humano na percepção dos sinais e reduz a necessidade de controle que o usuário tem sobre

a máquina (Santos *et alli*, 1997). Fialho & Santos (1997) definem as informações emitidas pela máquina e recebidas pelo homem como “sinais”, que podem ser formais (projetado, como um termômetro) ou informais (bolhas de água indicando a proximidade da fervura de um líquido). Estes sinais podem ser simples (uma única fonte), redundantes (dois ou mais sinais consecutivos de um mesmo indicador) ou complexos (sinais de indicadores diferentes mas complementares, como temperatura e pressão).

A comunicação entre as pessoas (homem-homem) é fundamental para a participação, a confiança entre a equipe e a segurança do processo. A comunicação proporciona a habilidade de trabalhar (informação e compreensão necessárias) e a vontade de trabalhar (as atitudes para cooperação, motivação e satisfação) (Chiavenato, 1993). Na comunicação homem-homem, se estabelece uma área comum de comunicação entre eles, por meio da utilização de palavras “amigáveis”, ou seja, palavras próprias necessárias para o entendimento mútuo em uma situação específica (Nakamura, 1998), e podem não ter um sentido linguístico, mas refletem a importância e a especificidade da informação. Entre um grupo de operadores, se estabelece uma rede de comunicações entre as pessoas. As redes são: em roda (um líder centraliza a informação e comunica a todos), em cadeia (uma pessoa comunica a outra em sequência, a → b → c → d), e em círculo (todos se comunicam com todos) (Chiavenato, 1993).

Basicamente, a recepção de informações, seja homem-homem ou homem-máquina, sofrem restrições de duas maneiras (Iida, 1997):

#### 1. Capacidade do canal

A quantidade de informações que pode ser recebida por um canal (um dos sentidos) por unidade de tempo, sendo que, se exceder esta capacidade, haverá perda de informações. Consulte Iida (1997) e Grandjean (1998) sobre a capacidade e as maneiras de transmitir as informações para cada um dos sentidos;

#### 2. Desvios introduzidos pela percepção humana na informação

Simplificação da realidade (devido à reduzida capacidade da memória de curta duração), tendência conservadora das hipóteses iniciais, predominância de fatos mais recentes, e a preferência do observador por objetos visualmente salientes e localizados no centro do campo visual.

Para reduzir a probabilidade de perdas de informação, Santos *et alli* (1997) apresentam as características para uma boa apresentação de informação: visualização para vários indicadores, local da informação de fácil memorização, tamanho e tipo de letra adequados, agrupamento para evitar deslocamentos do usuário, informação exposta em num único local. Consulte Santos *et alli* (1997) sobre as regras para apresentação de informação por tipo de interface, funções dos alarmes, hierarquização dos sinais, compatibilidade e homogeneidade dos sinais.

Para o posto de trabalho multifuncional, a informação é ainda mais importante para a correta interface do que para o posto de trabalho tradicional. A questão crítica é que o operador não é especialista em uma máquina específica, a cada troca o operador tem que ser comunicado sobre o *status* da máquina. Em cada troca, a comunicação tem que ser eficiente e rápida, e por isso é uma variável mais crítica para o operador multifuncional do que para o tradicional.

Quanto maior for a qualidade ergonômica dos mostradores, a previsibilidade e padronização, e a rede de comunicação estabelecida entra a equipe, maior será a adequação do posto de trabalho para a multifuncionalidade.

### 3.2.13 Equipes de trabalho

Grupo é toda a reunião de indivíduos em torno de um objetivo comum, podendo ser formado de modo espontâneo ou organizado (Weil, 1995). Os grupos têm como características a finalidade comum, a estrutura, a organização dinâmica e a coesão interna (Chiavenato, 1983).

Chiavenato (1983) conceitua como “dinâmica do grupo” a soma de interesses dos componentes do grupo, e como “relações intrínsecas” as relações existentes entre os membros do grupo. A coesão dos grupos depende da força dos laços que os unem, como a simpatia, a antipatia e a amizade. Estes laços existem por motivos psicológicos (como a simpatia) ou sociais (atividades em comum) (Weil, 1995).

O grupo vai além das pessoas que o compõem, é mais que a soma dos membros, tendo um rosto próprio e uma personalidade única (Baleeiro e Serrão, 1999), exercem uma poderosa influência sobre os indivíduos. O comportamento, as atitudes, as crenças e valores do indivíduo, o grau de cooperação, opiniões, etc., baseiam-se firmemente nos grupos aos quais o indivíduo pertence (Chiavenato, 1983).

Para ser um participante efetivo, o operador tem que ter habilidade de cooperar e se comunicar, se identificar com o grupo, ter espírito de equipe, e capacidade de assumir responsabilidades (Sper, Specht & Herter, 1994). Weil (1995) afirma que o participante tem que ter interesse comum, boa comunicação, comportamento pessoal adequado, interesse pela atividade do grupo, respeito, evitar agressividade e conhecer os outros membros. Para participar do grupo, deve-se conhecer a empresa, os líderes, os colegas e a si mesmo (capacidade, cultura, aspirações, interesses, temperamento e caráter).

Conforme Sper, Specht & Herter (1997), é vantajoso que o trabalho seja organizado em grupos. Os autores listam vinte e cinco vantagens, entre os ganhos para os empregados e os ganhos econômicos nas tarefas.

O grupo social precisa ser dirigido por pessoa que o guie para atingir os objetivos e satisfaça os interesses de seus membros, sendo a procura por um líder um ato de natureza psicológica, administrativa e racional. O líder é o indivíduo que, graças à sua personalidade, dirige um grupo social com a participação espontânea de seus membros, e tem o papel de catalisar as energias individuais, distribuir as atividades entre os membros, coordenar os esforços e determinar o melhor caminho a seguir (Weil, 1995). Consulte Chiavenato (1983), Herman (1983) e Weil (1995) para aprofundamento em liderança (tipos, postura, estilos, desenvolvimento, comportamento do grupo liderado, etc.).

Iida (1997) define o grupo multifuncional como aquele que todos os trabalhadores conhecem todas as tarefas de todos os postos, e se dispõem coletivamente a assumir a responsabilidade pela produção global do grupo. Estes grupos podem ser estruturados através da rotação do trabalho, grupo autônomo de trabalho e grupo de operadores multifuncionais.

Nas atividades multifuncionais, ocorre a troca de ocupantes dos postos de trabalho ao longo do dia, devido às mudanças de posicionamento e variação do número de operadores no ciclo do processo. O posicionamento pode fazer com que um operador trabalhe sozinho, em dupla ou em um grande grupo, e as diferentes combinações entre operadores e postos podem fazer com que os grupos de operadores raramente se encontrem.

O grupo é fundamental para o ser humano, e assume-se que a multifuncionalidade permite valorização do grupo de trabalho, e por consequência, das pessoas que o compõem.

### 3.2.14 Lógica para troca de tarefa do ponto de vista cognitivo

Conforme pode ser depreendido da análise anterior, os trabalhos muito repetitivos e pouco desafiadores, que não estimulam as capacidades do operador são monótonos e pouco motivadores. Por outro lado, atividades que exigem além das capacidades também não permitem bom rendimento. Existe um ponto ótimo de complexidade para se obter o máximo rendimento, que é dependente das diferenças individuais, do tipo de tarefa e do ambiente (Iida, 1997).

O desafio é configurar o trabalho de tal forma que as capacidades das pessoas sejam exploradas, sem que essencialmente sejam ultrapassadas ou subutilizadas (Grandjean, 1998). A adequada configuração do trabalho quer dizer “cada configuração de trabalho para cada pessoa”, ou seja, adequar o recurso e a exigência.

O *set up* mental, o estresse, a fadiga mental e a monotonia são os fatores considerados para análise da operação multifuncional do ponto de vista cognitivo. Os conceitos apresentados anteriormente são:

- *Set up* mental é um “ajuste” que o cérebro faz, compreendido pelo tempo necessário para que haja a percepção, o reconhecimento e a preparação para efetuar a movimentação. O tempo do *set up* mental é função da complexidade (quantidade de escolhas que o operador tem que fazer);
- Estresse no trabalho é o estado emocional causado pela discrepância entre o grau de exigência do trabalho e os recursos disponíveis para gerenciá-lo;
- Fadiga mental é o desequilíbrio reversível entre a exigência do recurso humano e sua capacidade de recuperação;
- Monotonia é a reação do organismo a um ambiente uniforme, pobre em estímulos ou com pouca variação de excitações, atuando como uma proteção para economia de recursos.

A definição da lógica da troca do “posto origem” para o “posto destino” depende da configuração do processo produtivo e do nível de treinamento da equipe. Pela ótica da ergonomia cognitiva, consideram-se os seguintes fatores:

- *Set up* mental

O *set up* mental aumenta conforme o número de escolhas (variáveis), a diferença entre os postos, e o treinamento. A multifuncionalidade é melhor aplicável entre postos que tenham menor grau de complexidade, ou pelo menos, que um dos postos seja de baixa complexidade. Desta maneira, haverá menos variáveis, o treinamento será mais breve e não haverá grande diferença entre os postos. O tempo ideal de troca de operador é proporcional ao nível de complexidade dos postos, ou seja, maior tempo de operação nas atividades mais complexas.

- Padronização

A padronização é um fator redutor do *set up* mental (reduz o número de escolhas), da fadiga mental e do estresse. Quanto mais padronizado for o posto de trabalho, melhor aplicação da multifuncionalidade. E quando o mesmo sistema de padronização for aplicado a ambos os postos, melhor aplicação da multifuncionalidade. O tempo ideal de troca de operador pode ser menor para os postos com padronização, e pode ser ainda menor se tiverem o mesmo sistema de padronização.

- Estresse

A multifuncionalidade é positiva em relação ao estresse devido à variação da condição estressante, ao enriquecimento da tarefa e à variação das condições físicas. No entanto, é fundamental atuar na aptidão do operador (conhecimento, habilidade, experiência, preparo e disposição). Há dificuldade de avaliar o estresse, porque há fatores importantes *fora do posto de trabalho e da tarefa*: a configuração do processo produtivo e do nível de treinamento da equipe, que determinam o dimensionamento do conteúdo do trabalho e do grau de complexidade.

- Fadiga mental

A multifuncionalidade é positiva em relação à fadiga mental devido à variação da condição fatigante e ao enriquecimento da tarefa, principalmente se no ciclo de trabalho do operador forem colocadas atividades com diferentes níveis de exigência mental. É importante atuar na aptidão do operador (conhecimento e habilidade). Há dificuldade de avaliar a fadiga mental porque há fatores importantes *fora do posto de trabalho e da tarefa*: a motivação, personalidade e outros aspectos psicológicos do operador e a configuração do processo produtivo.

- Monotonia

A multifuncionalidade quebra a “longa duração” da tarefa, tanto nas atividades repetitivas quanto nas atividades de observação. A configuração do trabalho multifuncional vai de encontro às formas de trabalho que reduzem a monotonia, como a troca de tarefas, alargamento e enriquecimento do trabalho, grupos de trabalhos autônomos, variação de mix de produção, colocação de duas ou mais tarefas para cada operador (mais complexidade e menor repetitividade).

A multifuncionalidade é melhor aplicável para alternar as atividades mais monótonas e as menos monótonas, e terá menor ganho entre postos com atividades monótonas. O ciclo de troca ideal para evitar a monotonia é o menor tempo possível, pois o grau de monotonia é proporcional à duração da atividade.

Considera-se *a priori*, a aplicação da multifuncionalidade como vantajosa em relação ao estresse, fadiga mental e monotonia.

A regra geral para a lógica da troca de posto sob o ponto de vista cognitivo é: o limite de atividades que um operador multifuncional poderá desempenhar depende da complexidade da tarefa, do nível de padronização da máquina e entre as máquinas, e da habilitação do operador, sendo que, quanto maior for a habilitação do operador, melhor será sua condição de ser multifuncional.

### 3.3 GESTÃO DA PRODUÇÃO MULTIFUNCIONAL

Na análise até aqui estruturada, a gestão da produção multifuncional não foi abordada ou avaliada, pois não está contida especificamente nos postos de trabalho. Os aspectos relacionados à gestão da produção serão descritos a seguir com o objetivo de complementar a análise da modelagem macroergonômica da multifuncionalidade, embora não sejam avaliados especificamente.

Muitas adaptações de nível organizacional são necessárias para a implantação de um programa de multifuncionalidade, e isto se deve à rede de relacionamentos que integram a produção com os setores de apoio. Estabelecem-se novos patamares de competências e sucesso individual no

trabalho (Agra, 1998), e algumas diferenças em relação a postura e colocação do operador multifuncional.

Consulte Agra (1998) sobre os aspectos relacionados ao indivíduo no processo de gestão de postos multifuncionais, e sobre os aspectos relacionados à organização, identificados no processo de implantação da multifuncionalidade. Os aspectos relacionados ao indivíduo são, a saber:

- Indivíduo e a multifuncionalidade: trata do espaço do indivíduo na organização e sua autonomia;
- Treinamento técnico e gerencial: sentimentos da equipe devido às mudanças de habilidade no processo de implantação da multifuncionalidade;
- Encontros para sensibilização: processo de comunicar os objetivos, identificar resistências e planejar ações para reduzi-las;
- A participação da força de trabalho: processo de captar as estratégias de envolvimento da força de trabalho utilizadas pelas gerências;
- A identidade profissional: processo de descaracterização das categorias profissionais de cada operador, sensação de perda de identidade profissional, perda de status.

E os aspectos relacionados à organização são:

- Papel da gerência, supervisão e relação entre a equipe: atitudes e comportamentos, envolvimento e mudança de estilo de gerência, sistema de coordenação direta, atuação para viabilizar a implantação da multifuncionalidade;
- Sistemas técnicos: mudanças na base técnica dos processos produtivos para reorganizar o trabalho;
- Custos operacionais: identificar as formas de redução de custos relacionadas à implantação da multifuncionalidade;

- Plano de Cargos e Salários: redefinição da estrutura de cargos e salários, incluindo avaliação, escolaridade, nível de responsabilidade, e condição de realização de pesquisa salarial;
- Movimentação da força de trabalho: transferência interna de operadores, retreinamento, reclassificação de cargos;
- Avaliação de desempenho: critério de avaliação individual, influência nas promoções e aumentos de faixas salariais;
- Empregabilidade: nível de utilidade do operador frente ao processo produtivo, mudança da procura de especialistas para conhecedores de todo o processo, medo de perder em emprego;
- Questões trabalhistas: posição do sindicato, alterações do contrato de trabalho, encargos sociais, etc.
- Programa de Qualidade: adequação das atividades de Qualidade Total à nova função da equipe e dos gerentes.

No próximo capítulo, será estruturada a análise ergonômica da multifuncionalidade, considerando os itens ergonômicos até aqui expostos. Convém ressaltar que os aspectos gerenciais não serão considerados como critério de avaliação.

#### 4 AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DA MULTIFUNCIONALIDADE

A proposta desta avaliação ergonômica é considerar a multifuncionalidade sob o ponto de vista da ergonomia, que diverge dos critérios operacionais e técnicos da engenharia de produção.

Esta avaliação tem dois objetivos: avaliar, sob o ponto de vista da ergonomia, se a multifuncionalidade é vantajosa, e gerar um modelo para avaliar a aplicabilidade da multifuncionalidade.

Neste trabalho, os aspectos ergonômicos da multifuncionalidade foram apresentados em duas partes, os *aspectos físicos*, subdivididos em adaptação do posto de trabalho ao homem, aspectos ambientais e aspectos fisiológicos, e os *aspectos cognitivos*, subdivididos em aprendizagem, aspectos motivacionais e operação multifuncional. .

Os aspectos físicos e cognitivos foram estruturados em vinte e oito itens, que serão as unidades de avaliação da multifuncionalidade no enfoque ergonômico. A avaliação ergonômica da multifuncionalidade será feita em duas etapas:

1. Avaliar se a multifuncionalidade é vantajosa sob o ponto de vista da ergonomia;
2. Identificar quais características o posto de trabalho deve ter para que possa ser aplicada a multifuncionalidade.

Busca-se uma modelagem aplicada aos aspectos humanos e a identificação das prioridades para o *design* do desempenho humano, ambos aplicados à multifuncionalidade. Pouco está disponível sobre modelagem ergonômica, tendo em vista sua natureza complexa e as variáveis de difícil medição. A exceção é o modelo do processador humano de Card, Moran e Newell (1986), que propõem que dados psicológicos possam ser usados para definição de *design*, permitindo ao *designer* da interface homem-máquina a previsão do desempenho humano, por meio da análise das tarefas que o operador terá que executar.

A modelagem é proposta sobre tarefas não analisadas ou previamente pesquisadas, buscando identificar e se concentrar nos pontos que farão grande diferença no resultado (por exemplo, o tempo de reação a um sinal, ou tempo de perda de informações na memória), e não nos

detalhes, que farão pequena diferença. Isto é especialmente importante para aplicação de engenharia nos dados psicológicos, porque mesmo com dados robustos, sempre haverão eventos secundários e explicações alternativas.

O modelo fornece uma lógica baseada nas memórias de trabalho e de longo termo, nos processadores (perceptual, motor e cognitivo) com um conjunto de princípios de operação (enunciado geral e dez princípios complementares), e está baseado em quatro parâmetros de medição dos processadores. É um formato orientado para o problema, que agrega os aspectos físicos e cognitivos do trabalho, e suas relações e interdependências.

As restrições para aplicação do modelo de Card, Moran e Newell (1986) neste trabalho, é, em primeiro lugar, que esta aplicação exigiria uma comparação da modelagem *versus* a situação real obtida, medição esta que extrapola os objetivos deste trabalho, e em segundo lugar, é que nenhuma das variáveis foi avaliada considerando a multifuncionalidade.

Para delimitar a avaliação proposta, forem estabelecidos dois pressupostos, que são:

1. Considera-se a condição de capacitação dos operadores como adequada para ambos os postos;
2. Considera-se que os EPIs estarão disponíveis em ambos os postos.

#### 4.1 A MULTIFUNCIONALIDADE SOB O PONTO DE VISTA DA ERGONOMIA

O objetivo desta etapa é avaliar se a aplicação da multifuncionalidade é vantajosa sob o ponto de vista da ergonomia. Será feita inicialmente uma análise individual de cada um dos vinte e oito itens ergonômicos, e logo após uma análise conjunta de todos os itens.

##### 4.1.1 Avaliação individual dos itens ergonômicos

###### **Item 1 Dimensionamento e flexibilidade do posto de trabalho**

Sob o ponto de vista da ergonomia, o posto multifuncional deve cumprir os mesmos requisitos
---

do posto tradicional, como a adequação antropométrica e a flexibilidade para ajustar à diversidade da população. O posto multifuncional agrega uma nova característica necessária: a rapidez de ajuste. Esta característica se deve aos critérios ergonômicos (não causar estresse ou ansiedade pela pressa para ajustá-lo) e aos critérios técnicos (tempo parado é perda).

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

Se o posto for flexível, ou o tempo de ajuste for aceitável, não haverá vantagens ou desvantagens em relação a dimensionamento e flexibilidade do posto de trabalho.

## Item 2 Acidentes e falhas no posto de trabalho

Assume-se que o posto multifuncional apresenta mais risco ao operador do que o posto tradicional. Isto não se deve ao risco intrínseco do posto, mas ao fato do posto receber diversos operadores ao longo de um período, pois em cada troca é preciso um determinado tempo para o operador “sintonizar-se” com a máquina e seus riscos.

Sob o ponto de vista da ergonomia, o posto de trabalho, seja tradicional ou multifuncional, deve prover a prevenção e proteção ao risco. Conforme descrito nas características críticas, a padronização, sistemas *poka-yoke*, programa de segurança e treinamento, etc., são recomendáveis para aplicar a multifuncionalidade.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

Se o posto tiver a prevenção e os procedimentos necessários, não haverá vantagens ou desvantagens em relação aos acidentes e falhas no posto de trabalho.

## Item 3 Arranjo físico do posto de trabalho

Os postos de trabalho que fazem parte do roteiro de um operador devem ter um *layout* que atenda aos critérios técnicos (não atrasar ou parar o processo) e aos critérios ergonômicos (evitar estresse, ansiedade e risco, ou deslocamento excessivo ou perigoso). A locomoção entre os postos é vantajosa por permitir que o operador se movimente, mas pode se tornar um fator de desgaste, dependendo de sua intensidade, frequência e duração.

O posto de trabalho deve ter previsibilidade, obtida através da organização e padronização. Em caso contrário, o posto pode se tornar estressante, com maior risco de ocorrer falhas e acidentes, e com *set up* mental ainda maior.

Os manejos, controles e mostradores do posto multifuncional devem cumprir os mesmos requisitos do posto tradicional, principalmente quanto ao projeto ergonômico.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

No ponto de vista ergonômico, a multifuncionalidade não apresenta fatos que caracterizem como vantagem ou desvantagem sua aplicação. É vantajosa quanto a variação de estímulo, reduzindo a fadiga e a monotonia fisiológica, e não é vantajosa quanto à necessidade de fazer várias adaptações e *set up* mentais ao longo do turno de trabalho.

## Item 4 Manutenção das máquinas

Para avaliar a multifuncionalidade no item “manutenção das máquinas” tem que ser

consideradas a confiabilidade da máquina e a estruturação do setor de manutenção. A multifuncionalidade é recomendável em postos com baixa taxa de falhas (máquina confiável e com manutenção preventiva), cabendo ao operador o *set up* e a operação da máquina.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

Não há vantagens ou desvantagens em relação à manutenção das máquinas.

#### **Item 5 Ruído**

A lesão auditiva depende da intensidade, repetitividade e tempo de exposição ao ruído, e tem no tempo de descanso um recurso para reduzir seu efeito cumulativo.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

Assume-se que a multifuncionalidade é vantajosa em relação ao ruído, devido à redução do tempo de exposição e a não repetitividade do tipo de ruído. Além disso, pode permitir o descanso em postos com pouco ruído.

#### **Item 6 Vibrações**

Os efeitos fisiológicos das vibrações dependem da intensidade, tempo de exposição e dos pontos de contato com o corpo.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

Assume-se que a multifuncionalidade é vantajosa em relação às vibrações, devido à redução do tempo de exposição e da variação de intensidade e do ponto de contato com o corpo.

#### **Item 7 Iluminação e conforto visual**

O conforto visual é função da quantidade de luz, da uniformidade da densidade luminosa, do tempo de exposição e dos contrastes de cores. A cada vez que mudar o nível de conforto visual, ocorrerá uma adaptação que será tanto maior quanto for a diferença de iluminação.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade tem desvantagem em relação ao conforto visual, devido à variação da quantidade de luz, da falta de uniformidade da iluminação e a redução do tempo de exposição. Quanto maior for a diferença de iluminação, maior terá que ser o tempo de adaptação ou o tempo que o operador ficará em cada posto.

#### **Item 8 Conforto térmico**

A sensação térmica depende do conforto climático (temperatura, umidade, movimentação do ar, temperatura das superfícies limitantes) e do indivíduo (calor gerado no metabolismo, roupas, adaptação ao ambiente, etc.), sendo que quanto maior for a carga de trabalho, menor poderá ser a temperatura.

A sensação de calor é subjetiva, sendo recomendável deixar a cargo do operador o controle de

sua condição térmica. O corpo faz adaptação à temperatura de modo bastante lento, sendo necessário disponibilizar recursos para proteção das condições extremas (EPI, ventiladores, controle das aberturas, etc.).

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade não é vantajosa em relação ao conforto térmico, devido à variação do conforto climático e à mudança dos aspectos individuais (nível do metabolismo, roupas necessárias e adaptação ao ambiente). Além disso, impõe uma restrição à definição do roteiro do operador, tendo que ser feita em postos com pequena variação e de modo crescente ou decrescente. Seria vantajosa em postos com calor extremo, em que os outros postos serviriam como pausas para resfriamento.

### **Item 9 Agentes químicos e radiação**

O posto multifuncional apresenta mais risco ao operador do que no posto tradicional. Isto não se deve ao risco intrínseco do posto, mas ao fato do posto receber diversos operadores ao longo de um período. Em cada troca, mesmo para o operador habilitado, é preciso um tempo para o operador “sintonizar-se” com a máquina e seus riscos.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

Se o posto tiver a prevenção e os procedimentos necessários, não há vantagens ou desvantagens em relação aos postos com agentes químicos e radiação. Não é recomendável aplicar a multifuncionalidade em postos que tem condições inseguras.

### **Item 10 Fadiga muscular**

A fadiga ocorre pelo desequilíbrio entre a exigência muscular (demanda energética) e sua capacidade de recuperação (poder de regeneração), e depende da duração da tarefa, dos grupos musculares acionados e do tipo de contração.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade é vantajosa em relação à fadiga muscular, devido à redução da duração da atividade, à variação de intensidade e dos grupos musculares acionados, e por permitir o repouso dos demais grupos musculares.

### **Item 11 Monotonia fisiológica**

A monotonia fisiológica ocorre devido à repetição uniforme de estímulos, principalmente em tarefas repetitivas, de ciclo curto, prolongadas ou com restrição de movimentos corporais.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade é vantajosa em relação à monotonia fisiológica, devido à variação de estímulos, à redução da duração e da intensidade da atividade, e à variação dos grupos musculares acionados.

## Item 12 Adaptação fisiológica da troca de atividade

Adaptação fisiológica ocorre a cada vez que o operador muda sua atividade, preparando os canais sensoriais (censo cinestésico) e os padrões motores (movimentos, ritmo, velocidade e trajetória dos movimentos), e depende do tipo de habilidade necessária (precisão, força, destreza, velocidade, resistência). Fazer a adaptação fisiológica não é um fato negativo em si, mas o problema ocorre quando os tipos de habilidades acionadas são adversas.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade não apresenta vantagens ou desvantagens em relação a adaptação fisiológica, sendo uma etapa necessária para se efetivar os ganhos relacionados à fadiga e à monotonia. No entanto, cria uma restrição à definição do roteiro do operador, pois apresentará desvantagem se as atividades forem adversas, reduzindo a capacidade do operador de desempenhar a habilidade necessária.

## Item 13 Ritmo de trabalho e repetitividade

O grau de repetitividade é função da frequência de repetição e da duração do trabalho.

O ritmo de trabalho é função do ritmo do processo (quando imposto pela máquina) e do nível de habilidade do operador (quanto mais treinado, mais rápido). Pelo critério do ritmo de trabalho, as atividades de menor habilidade tem melhores condições para aplicar a multifuncionalidade.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade é vantajosa em relação à repetitividade, devido à redução da duração da atividade e da variação dos grupos musculares acionados.

A multifuncionalidade é vantajosa em relação ao ritmo de trabalho, devido à variação de estímulos e à variação dos grupo musculares acionados. No entanto, as atividades com alto grau de habilidade e ritmo forçado podem se tornar estressantes e fatigantes.

## Itens 14 a 18 – Análise conjunta da aprendizagem e capacitação

*Paradigma taylorista e visão sistêmica:* do ponto de vista da capacitação, o paradigma taylorista é a superespecialização do operador em uma pequena parte do trabalho, e a visão sistêmica é o conhecimento do operador de todas as partes que compõem o processo e seus relacionamentos.

*Informação e memória:* a recepção de informações depende da capacidade de detectar o sinal (órgãos dos sentidos), de identificar e de interpretar a informação (memórias de curto ou longo termo). O processamento da informação depende do conhecimento, experiência e agilidade mental, e a dificuldade de efetuar este processamento indica a demanda cognitiva da atividade.

*Aprendizagem:* é o processo de adquirir habilidade e proficiência em uma tarefa, criando novos modelos mentais, que dependem do conhecimento adquirido, treinamento e experiência. Em linhas gerais, quanto maior for a complexidade, maior será a demanda por conhecimento, habilidade e capacidade técnica.

*Curva de aprendizagem:* refere-se à redução do tempo de execução devido à maior habilidade e proficiência na tarefa, e depende da duração, da complexidade, da similaridade com as outras atividades, e de características pessoais (motivação, condição física, experiências similares).

*Capacitação:* é o processo organizado e sistemático para adequar a habilidade do operador aos requisitos do cargo, e depende da complexidade da atividade (menor curva de aprendizagem) e da

capacidade do operador em absorver o que lhe for ensinado.

O posto multifuncional é mais complexo que o posto tradicional, pois tem maior número de variáveis, maior quantidade de informações, e utiliza mais vezes os recursos da memória de longo termo do operador. Em consequência, tem um processo de aprendizagem mais longo, e proporciona ao operador uma visão mais ampla do processo.

No posto multifuncional, é naturalmente mais difícil capacitar um operador, mas por outro lado representa um desafio para aprendizagem, um estímulo ao desenvolvimento de sua capacidade e uma possibilidade de crescimento técnico e profissional. Em linhas gerais, os processos mais simples, de menor curva de aprendizagem, são mais facilmente aplicados à multifuncionalidade.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

Sob o ponto de vista da ergonomia, nos aspectos relacionados à aprendizagem, a multifuncionalidade tem vantagens devido ao desenvolvimento da visão sistêmica, do crescimento técnico e profissional, e a mais completa utilização da capacidade do ser humano.

### Item 19 *Set up* mental

O *set up* mental é o ajuste que o cérebro faz para efetuar a percepção, reconhecimento e preparação para efetuar a ação, e seu tempo é proporcional à complexidade (número de escolhas que o operador tem que fazer) e a habilitação do operador.

A operação multifuncional é mais complexa que a tradicional, tem mais variáveis, maior número de escolhas, exige maior aptidão dos operadores, e o “tamanho” do *set up* mental é proporcional à diferença entre os postos. Enquanto no posto tradicional o operador faz um *set up* mental no início do turno, no multifuncional faz um *set up* mental a cada troca de posto.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade não apresenta vantagens ou desvantagens em relação ao *set up* mental, pois fazê-lo não constitui em si um custo ou uma perda. Será problema quando a diferença entre os postos chegar ao ponto de dificultar a atividade do operador.

### Item 20 Padronização

A padronização pode ser considerada um dos pré-requisitos da multifuncionalidade, garantindo o atendimento às especificações, para assegurar os resultados e forma consistente e permanente. A padronização reduz o número de variáveis, propicia a redução do *set up* mental e do tempo de resposta do operador. Por outro lado, a padronização aumenta a monotonia da operação.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade não apresenta vantagens ou desvantagens em relação à padronização, pois padronizar é um meio para viabilizar a aplicação da multifuncionalidade.

### Item 21 Autonomia

A autonomia é definida como a liberdade de escolha, e depende da tecnologia e da

sensibilidade do processo. A autonomia do grupo tem o mesmo caráter da autonomia individual, mas a liberdade de escolha é de responsabilidade do grupo todo. O grau de autonomia, seja individual ou do grupo, é definida pela sensibilidade do processo.

Por um lado, a engenharia de produção trabalha para reduzir a variabilidade e padronizar o processo, reduzindo a autonomia, por outro lado, a autonomia é considerada um importante fator de motivação e crescimento. Pelo aspecto técnico, na multifuncionalidade prevalece o baixo grau de autonomia devido à necessidade de coordenação e previsibilidade. Nesta avaliação, não é considerada a autonomia para parar de linha da produção enxuta, mas sim, a autonomia de modificar o processo e seus parâmetros.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade não é vantajosa em relação à autonomia, pois está condicionada ao processo e ao critério técnico.

### **Item 22 Estresse**

O estresse no trabalho surge pela discrepância entre o grau de exigência do trabalho e os recursos disponíveis para gerenciá-lo, e depende das características individuais e do conteúdo e carga do trabalho. As medidas para atenuar o estresse são o enriquecimento da tarefa, variação da carga física e mental, redesenho do posto de trabalho (antropometria, carga sensorial e motora, ambiente físico), contatos sociais, treinamento, tratamentos individuais e coletivos.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade apresenta vantagens em relação ao estresse, pois tem nas suas características as medidas atenuadoras do estresse e possibilita a variação das condições estressantes. Nesta avaliação não são considerados os aspectos que estão fora do posto de trabalho e a habilitação do operador, que a rigor responde por 50% da condição de estresse (pressuposto da habilitação do operador).

### **Item 23 Fadiga mental**

A fadiga mental surge pelo desequilíbrio reversível entre a exigência mental do trabalho e o tempo de recuperação, e seu surgimento está relacionado com a motivação, monotonia, motivação, excessivo esforço mental (intenso ou de longa duração), causas psíquicas, estado geral de saúde e relacionamento social. A fadiga mental se reduz através das pausas, descanso e atividades de lazer.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade apresenta vantagens em relação a fadiga mental, pois tem nas suas características as medidas que evitam o seu aparecimento, principalmente a redução da longa duração das atividades, sejam elas repetitivas ou de observação, e a melhoria da motivação.

### **Item 24 Monotonia**

A monotonia é um estado de atividade psíquica reduzida, desencadeada pelas atividades repetitivas de longa duração com mínima dificuldade (sem desligar-se mentalmente do trabalho), pelas tarefas com observação de longa duração (pobre em estímulos, com atenção permanente), pelas tarefas de curto ciclo de operação, de rápido aprendizado, com poucos movimentos e ritmo forçado.

As medidas atenuadoras da monotonia são a troca de tarefas, alargamento e enriquecimento do trabalho, grupos de trabalhos autônomos, contatos sociais, e medidas que atenuam a vigilância.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade apresenta vantagens em relação a monotonia, pois reduz a duração das atividades, varia o estímulo, o ciclo de operação, o ritmo e os movimentos, e ainda promove o alargamento e enriquecimento do trabalho.

### **Item 25 Motivação**

O esforço humano é função do método de trabalho e da motivação para executá-lo, sendo a motivação a decisão de realizar este trabalho. A motivação ocorre quando o operador tem metas possíveis de atingir, ou necessidades que precisam ser atendidas.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade é vantajosa em relação à motivação, pois tem maior probabilidade de motivar devido à redução da monotonia, da fadiga e da repetitividade, do maior desafio de aprender tarefas, e da visão sistêmica.

### **Item 26 Territorialidade**

A territorialidade é o comportamento através do qual o operador manifesta sua “propriedade” sobre a área, e é indicada pela distância em relação às outras pessoas e pelo grau de personalização do espaço. Na operação multifuncional, o operador não escolhe com quem dividirá o espaço, a distância entre as pessoas depende da máquina, o número de pessoas do grupo depende de decisões técnicas, e o posto de trabalho não deve ser personalizado, pois é utilizado por várias pessoas.

A multifuncionalidade exige padronização e organização, contrariando a condição natural da territorialidade, o que não constitui em si um aspecto negativo. No programa 5S, a lógica das melhorias e da mudança cultural consiste em padronizar e organizar o ambiente de trabalho, ou seja, reduzir a manifestação da territorialidade.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade é vantajosa em relação à territorialidade, devido aos ganhos obtidos pela padronização e organização do posto de trabalho. A desvantagem é não permitir a manifestação da territorialidade, mas é plenamente justificada pelos ganhos obtidos.

### **Item 27 Comunicação**

O posto multifuncional é mais complexo que o posto tradicional, pois tem maior número de variáveis e maior quantidade de informações. A necessidade da comunicação homem-máquina (interfaces que o homem utiliza para compreender o funcionamento da máquina) e da comunicação homem-homem (rede de comunicação formais e informais) são proporcionais à complexidade do posto e ao número de pessoas envolvidas. Os problemas de comunicação são bastante graves em termos ergonômicos (estresse, demanda cognitiva) e operacionais (falhas, acidentes, etc.), e são proporcionais à complexidade do posto de trabalho.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

De um lado, assume-se que a multifuncionalidade não apresenta vantagem em relação à comunicação pelo maior volume de informação homem-máquina a ser percebida e interpretada, e da necessidade da comunicação homem-homem com muito maior eficiência (mais difícil devido ao número de pessoas envolvidas). Por outro lado, se a comunicação for eficiente, o volume de informações e o conhecimento do operador será maior.

### Item 28 Equipes de trabalho

O grupo é uma estrutura natural de organização dos seres humanos, com objetivos e liderança comuns, dinâmica e coesão interna, e os comportamentos e crenças dos componentes se baseiam firmemente nos valores do grupo.

Os ocupantes dos postos multifuncionais trocam de posição, e o número de operadores se alteram. A dinâmica do grupo multifuncional é diferente devido à maior condição de igualdade funcional.

Análise de posto tradicional x posto multifuncional:

A multifuncionalidade é vantajosa em relação à condição de igualdade entre as pessoas, e pela valorização do grupo de trabalho.

### 5.1.2 Avaliação global dos itens ergonômicos

Após a análise individual estruturada inicialmente no capítulo 3, e a caracterização das vantagens e desvantagens na análise acima, nesta etapa será feito o agrupamento dos itens conforme o seu resultado na multifuncionalidade. São eles:

No grupo 1, estão os itens ergonômicos que apresentam vantagem na aplicação da multifuncionalidade. São eles:

- Ruído;
- Vibrações;
- Fadiga muscular;
- Monotonia fisiológica;
- Ritmo de trabalho e repetitividade;
- Capacitação (Informação e memória, Aprendizagem, Paradigma Taylorista e visão sistêmica, Curva de aprendizagem, Capacitação);
- Motivação;

- Territorialidade;
- Equipe de trabalho;
- Estresse;
- Fadiga mental;
- Monotonia.

No grupo 2 estão os itens neutros, que apresentam vantagens e desvantagens em nível equivalente, ou cujo efeito se manifesta da mesma maneira para ambos os postos. Neste grupo estão:

- Dimensionamento e flexibilidade do posto de trabalho;
- Acidentes e falhas no posto de trabalho;
- Arranjo físico do posto de trabalho;
- Manutenção das máquinas;
- Agentes químicos e radiação;
- Adaptação fisiológica da troca de atividade;
- Comunicação;
- Set up mental;
- Padronização.

No grupo 3 estão os itens ergonômicos que apresentam desvantagem na aplicação da multifuncionalidade. Neste grupo estão:

- Iluminação e conforto visual;
- Conforto térmico;
- Autonomia.

É importante observar que o agrupamento dos itens ergonômicos representa uma regra geral de aplicação, por isso a caracterização nos grupos 1, 2 ou 3 não é absoluta ou incondicional. Há casos que esta regra poderá não ser verdadeira:

1. Aplicabilidade da condição

O item *conforto térmico*, por exemplo, não representará uma desvantagem se os postos de trabalho do roteiro do operador tiverem o mesmo grau de conforto térmico. Ou seja, a condição vale se for *aplicável*, se efetivamente houver a diferença de conforto térmico. Se não houver diferença de conforto térmico, não será uma desvantagem;

2. Casos específicos

O item *conforto térmico*, por exemplo, pode até mesmo apresentar vantagens, no caso específico do roteiro do operador proporcionar uma pausa para resfriamento em um dos postos. A condição de desvantagem não deixa de existir, mas há uma vantagem em contrapartida.

#### 4.1.3 Avaliação quantitativa dos itens ergonômicos

Os vinte e oito itens ergonômicos avaliados foram agrupados em três níveis, conforme sua caracterização de *vantagem*, *neutro* ou *desvantagem*. Os resultados obtidos na classificação são:

Tabela 1 - Avaliação quantitativa dos itens ergonômicos

Grupo	Classificação	Nro de casos	%
1	Vantagem	16	57,2%
2	Neutro	9	32,1%
3	Desvantagem	3	10,7%
	Total de casos =>	28	100,0%

É importante ressaltar que esta avaliação contempla o número de características, e não o seu peso ou importância relativa. Considera-se que os vinte e oito itens ergonômicos têm o mesmo valor para a avaliação, de modo que se desconsidera a avaliação ou graduação *qualitativa* dos itens. Prevalece, então, a avaliação *quantitativa* de itens que apresentam vantagem para afirmar que a multifuncionalidade é vantajosa sob o ponto de vista da ergonomia.

#### Avaliação de discrepâncias

Para validar esta conclusão, foi formado um novo grupo com dezoito itens ergonômicos, composto pelos dezesseis itens classificados como *vantagem* e pelos três itens classificados como *desvantagem*. Este novo grupo, composto por dezenove itens foi avaliado aos pares, para verificar se há discrepância ou *trade off* entre eles.

No grupo de dezenove itens ergonômicos, onze não apresentam relação com os demais itens. São eles: ruído, vibrações, territorialidade, informação e memória, equipe de trabalho, aprendizagem, paradigma taylorista e visão sistêmica, curva de aprendizagem, capacitação, iluminação e conforto visual, e conforto térmico .

Os itens relacionados à parte fisiológica, a saber, fadiga muscular, monotonia fisiológica, ritmo de trabalho e repetitividade, estão classificados como *vantagem* e não apresentam discordância entre si.

Nos itens relacionados a parte cognitiva, a saber, estresse, fadiga mental, e fatores psicológicos da monotonia, estão classificados como *vantagem* e não apresentam discrepância entre si.

Nesta avaliação, apenas um caso de discrepância foi identificado, validando e confirmando a afirmação de que a multifuncionalidade é vantajosa sob o ponto de vista da ergonomia. Há uma discordância no par *motivação x autonomia*, pois a autonomia tende a ser menor na aplicação da multifuncionalidade, e, em contrapartida, a redução da autonomia reduz a motivação, que é apontada como uma *vantagem* na aplicação da multifuncionalidade.

## 4.2 ASPECTOS CRÍTICOS PARA APLICAÇÃO DA MULTIFUNCIONALIDADE

O objetivo deste etapa é identificar que características os postos de trabalho devem ter para que a multifuncionalidade seja aplicada com sucesso. Busca-se avaliar, desde o projeto de *design*, a provável performance no posto de trabalho.

Esta análise foi estruturada em três etapas, que fazem a evolução dos itens avaliados inicialmente nos capítulos 3 e 4, até chegar às características do posto ou da tarefa. As etapas são:

Etapa 1 - Identificação dos aspectos críticos nos vinte e oito itens ergonômicos;

Etapa 2 - Identificação das características do posto de trabalho;

Etapa 3 - Definição e priorização das características para avaliação do posto de trabalho.

### 4.2.1 Identificação dos aspectos críticos

O aspecto crítico que será identificado na análise a seguir, é o aspecto que deve ser considerado ou avaliado nos itens ergonômicos. O aspecto crítico é o indicador do item ergonômico.

#### item 1 - dimensionamento e flexibilidade

<i>Posto tradicional:</i> Os ajustes das dimensões do posto de trabalho são feitos para o operador que ocupará o posto por longo período.	<i>Posto multifuncional:</i> Os ajustes das dimensões do posto de trabalho são feitos a cada troca de operador.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) O tempo necessário para ajustar o posto a outro operador (grau de dificuldade);	

#### Item 2 - Acidentes e falhas

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, conhece os riscos e o histórico da máquina.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, possivelmente não conheça os riscos e o histórico, a cada troca tem que “sintonizar-se” com a máquina (corre maior risco neste período).
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) O grau de risco da máquina (efetividade das medidas preventivas, condições de segurança);	

### Item 3 - Arranjo físico

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha no posto por longo período, não precisa se deslocar, tem previsibilidade pois é utilizado por apenas um operador, que tem maior experiência em relação aos manjões e mostradores.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos de tempo no posto de trabalho, tem que se deslocar a cada troca de posto, recebe o posto nas condições de organização que estiver durante a operação, tem que se adaptar aos manjões, controles e mostradores da nova máquina.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Grau de padronização do posto; 2) Qualidade ergonômica dos controles e mostradores;	

### Item 4 - Manutenção das máquinas

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, conhece o estado da máquina, o histórico de falhas, e pode fazer parte da manutenção preventiva e pequenas manutenções corretivas.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, possivelmente não conheça o estado e o histórico da máquina e não participe da manutenção preventiva.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Confiabilidade da máquina (manutenção, taxa de falhas, tempo médio entre falhas, gravidade das falhas, procedimentos de manutenção preventiva);	

### Item 5 - Ruído

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fica exposto a mesma condição de ruído, com o mesmo EPI.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, fica exposto às diversas condições de ruído ao longo do turno de trabalho, e eventualmente precisa trocar o EPI;
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Não há aspecto crítico;	

### Item 6 - Vibrações

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fica exposto as mesmas condições das vibrações.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, fica exposto às diversas condições de vibrações ao longo do turno de trabalho, e eventualmente precisa utilizar EPI;
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Não há aspecto crítico;	

### Item 7 - Iluminação e conforto visual

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fica exposto ao mesmo conforto visual, com pequenas variações no período diurno.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, e a cada troca encontra diferentes condições de iluminação e conforto visual.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Variação da quantidade de luz dos postos;	

### Item 8 - Conforto térmico

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fica exposto ao mesmo conforto térmico, (sujeito à variação do ambiente), fazendo a mesma atividade (metabolismo estável).	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, a cada troca encontra condição climática diferente (temperatura, umidade, movimentação do ar, temperatura das superfícies limitantes) e altera a atividade e o seu metabolismo;
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Variação da condição climática dos postos;	

### Item 9 - Agentes químicos e radiação

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, está exposto em tempo integral.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, está exposto temporariamente.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) O grau de risco da máquina e a efetividade das medidas preventivas (condição de segurança);	

### Item 10 - Fadiga muscular

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fazendo a mesma atividade, utilizando os mesmos grupos musculares, no mesmo tipo de trabalho muscular.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, a cada troca utiliza diferentes grupos musculares e tipos de trabalho.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Variação dos grupos musculares acionados;	

### Item 11 - Monotonia fisiológica

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fazendo a mesma atividade, com os mesmos movimentos, no mesmo tipo de trabalho muscular, utilizando os mesmos grupos musculares.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, a cada troca utiliza diferentes grupos musculares e tipos de trabalho.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Variação dos movimentos executados;	

### Item 12 - Adaptação fisiológica da troca de atividade

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, faz apenas uma adaptação fisiológica no início da atividade (utiliza a mesma habilidade), no começo do turno.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, faz adaptação fisiológica a cada troca de posto, pois utiliza diferentes habilidades (precisão, força, destreza, velocidade, resistência).
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Variação do tipo de habilidade;	

### Item 13 - Ritmo de trabalho e repetitividade

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fazendo a mesma atividade, no mesmo ritmo de trabalho, com a mesma condição de repetitividade.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, e a cada troca de posto muda a atividade e o ritmo de trabalho, variando a condição de repetitividade.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Grau de variação do ritmo de trabalho;	

### Item 14 - Informação e memória

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, conhece os sinais e as informações, tem habilidade e conhecimento.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, deve conhecer os sinais e informações, e ter conhecimento e habilidade de todas as máquinas do seu roteiro.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Grau de demanda cognitiva de cada posto; 2) Grau de complexidade da atividade;	

### Item 15 - Paradigma taylorista e visão sistêmica

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, em uma única e específica atividade, executada repetidamente.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, realiza diversas atividades, e tem a visão do relacionamento de suas tarefas com o todo.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Não há aspecto crítico;	

### Item 16 - Aprendizagem

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, é um especialista, tem maior compreensão da tarefa, o que lhe permite maior capacidade de avaliar as situações, e tem melhor habilidade e capacidade técnica.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, não é um especialista, tem nível médio de compreensão, habilidade e capacidade técnica. Necessita de conhecimento e habilidade gerais nas tarefas.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Grau de complexidade das tarefas;	

### Item 17 - Curva de aprendizagem

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, em uma única e específica atividade, passa pelas etapas da curva de aprendizagem no início da atividade, no começo do turno.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, passa pelas etapas da curva de aprendizagem (ajuste dos canais sensoriais e ajustes motores) a cada troca de posto.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Grau de complexidade das tarefas;	

### Item 18 - Set up mental

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fazendo a mesma atividade e no mesmo lugar. É feito um <i>set up</i> mental para todo o período.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, e a cada troca de posto tem que fazer um <i>set up</i> mental, ou seja, a percepção, reconhecimento e a preparação para a ação.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Grau de complexidade da tarefa; 2) Grau de padronização das máquinas;	

### Item 19 - Capacitação

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, em uma única e específica atividade aprendida em um treinamento específico.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, realiza diversas atividades, e tem que estar capacitado em cada uma delas.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Grau de complexidade da tarefa (menor curva de aprendizagem é mais fácil);	

### Item 20 - Padronização

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fazendo a mesma atividade e no mesmo lugar, utilizando as mesmas ferramentas, máquinas, informações, etc. O operador trabalha sempre com as mesmas variáveis.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, e em cada posto fará uma atividade, num local diferente, utilizando ferramentas e informações diferentes. Em cada posto de trabalho encontrará variáveis diferentes.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Grau de padronização das máquinas e do processo;	

### Item 21 - Autonomia

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, conhece detalhadamente a máquina (longo tempo em contato, acompanha o histórico e o <i>status</i> , tem conhecimento e experiência). Desde que o resultado tenha previsibilidade, o operador é o único responsável pelo processo e tem, devido à sua habilidade, maior autonomia para alterar o processo.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, conhece parcialmente o <i>status</i> e o histórico, tem menor experiência e conhecimento. A autonomia é do grupo, não do operador. É necessário que as mudanças sejam de conhecimento de todo o grupo, e um operador não pode por sua conta e risco, alterar o posto de trabalho.
<i>Aspecto(s) crítico(s):</i> 1) Não há aspecto crítico;	

### Item 22 - Estresse

<i>Posto tradicional:</i> O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fazendo uma única atividade, sob o mesmo grau de exigência (responsabilidade, complexidade, ritmo, condições físicas e fatores organizacionais). O operador trabalha no posto com os mesmos recursos (habilidades), e em linhas gerais, tem a mesma condição de estresse.	<i>Posto multifuncional:</i> O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, fazendo diversas atividades, com diferentes graus de exigência. Cada operador que trabalha em um posto de trabalho tem recursos (habilidades) diferentes, ou seja, sua condição de estresse será diferente.
---	--

*Aspecto(s) crítico(s):*

1) Não há aspecto crítico;

### **Item 23 - Fadiga Mental**

*Posto tradicional:*

O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fazendo uma única atividade, na mesma condição de monotonia, esforço mental, ansiedade, responsabilidade, relacionamento social, etc.

*Posto multifuncional:*

O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, fazendo diferentes atividades, e em cada posto encontrará diferentes condições de monotonia, esforço mental, ansiedade, responsabilidade, relacionamento social, etc.

*Aspecto(s) crítico(s):*

1) Não há aspecto crítico;

### **Item 24 - Monotonia**

*Posto tradicional:*

O operador trabalha por longo período no mesmo posto, fazendo a mesma atividade, de modo repetitivo, com longa duração.

*Posto multifuncional:*

O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, fazendo diferentes atividades. Há variação do grau de dificuldade, do tipo de atividade, do ciclo de operação e do nível de atenção.

*Aspecto(s) crítico(s):*

1) Não há aspecto crítico;

### **Item 25 - Motivação**

*Posto tradicional:*

O operador trabalha por longo período no mesmo posto, em uma única e específica atividade, executada repetidamente, propiciando condições de trabalho monótonas e sem desafios.

*Posto multifuncional:*

O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, realiza diversas atividades, tem visão sistêmica, maior desafio e menor repetitividade. Não há garantia de motivar mais o operador, mas tem menos atividades desmotivadoras.

*Aspecto(s) crítico(s):*

1) Não há aspecto crítico;

### Item 26 - Territorialidade

<p><i>Posto tradicional:</i></p> <p>O operador trabalha por longo período no mesmo posto, pode personalizar o espaço, mantém a mesma distância das outras pessoas, e são sempre os mesmos colegas que se aproximam do seu posto.</p> <p>Considerando um turno de trabalho, em condições normais, o operador não divide seu posto com ninguém.</p>	<p><i>Posto multifuncional:</i></p> <p>O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, divide o posto com <math>n</math> outros colegas, a distância se reduz ou aumenta conforme o <i>layout</i> do posto e a operação executada, e os colegas mais próximos vão se alterando.</p> <p>Cada operador recebe o posto de um colega, faz a sua atividade por um determinado tempo, e é substituído por outro colega.</p>
<p><i>Aspecto(s) crítico(s):</i></p> <p>1) Não há aspecto crítico;</p>	

### Item 27 - Comunicação

<p><i>Posto tradicional:</i></p> <p>O operador trabalha por longo período no mesmo posto, está permanentemente em contato com a máquina, conhece seu <i>status</i> e o histórico, tem experiência com os mostradores e manejos, tem conhecimento dos sinais informais.</p>	<p><i>Posto multifuncional:</i></p> <p>O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, recebe o posto de um colega, precisa ser informado o mais rapidamente possível sobre as últimas ocorrências.</p> <p>Conhece parcialmente o <i>status</i> e o histórico, tem menor experiência com os mostradores, manejos e sinais informais.</p> <p>Após executar sua operação, tem que passar o posto a outro colega.</p>
<p><i>Aspecto(s) crítico(s):</i></p> <p>1) Qualidade da comunicação homem – homem; 2) Qualidade da comunicação homem – máquina;</p>	

### Item 28 – Equipe de trabalho

<p><i>Posto tradicional:</i></p> <p>O operador trabalha por longo período no mesmo posto, no mesmo lugar, junto às mesmas pessoas, com o mesmo líder, com a mesma dinâmica.</p>	<p><i>Posto multifuncional:</i></p> <p>O operador trabalha por curtos períodos no posto de trabalho, mudando o seu lugar, pessoas mais próximas, a proximidade e o relacionamento com o líder (muda a estrutura, a organização e a coesão).</p>
<p><i>Aspecto(s) crítico(s):</i></p> <p>1) Não há aspecto crítico;</p>	

Na tabela abaixo, visualiza-se a conversão dos itens ergonômicos em aspectos críticos. Nesta análise individual dos vinte e oito itens ergonômicos, foram identificados e agrupados em treze

aspectos críticos, que representam os indicadores que devem ser avaliados *no posto e entre os postos* de trabalho que vão compor o roteiro dos operadores multifuncionais.

Tabela 2 - Conversão dos itens ergonômicos em aspectos críticos

<i>Itens ergonômicos</i>	<i>Aspectos críticos</i>
Dimensionamento e flexibilidade do posto de trabalho	Tempo de ajuste do posto Grau de risco (segurança) e efetividade da prevenção Grau de padronização Qualidade ergonômica dos controles e mostradores Confiabilidade da máquina (manutenção) Variação da quantidade de luz Variação da condição climática Variação dos grupos musculares acionados; Variação dos movimentos executados Variação do tipo de habilidade Variação do ritmo de trabalho Grau de demanda cognitiva e complexidade Qualidade da comunicação
Acidentes e falhas no posto de trabalho	
Arranjo físico do posto de trabalho	
Manutenção das máquinas	
Ruído	
Vibrações	
Iluminação e conforto visual	
Conforto térmico	
Agentes químicos e radiação	
Fadiga muscular	
Monotonia fisiológica	
Adaptação fisiológica da troca de atividade	
Informação e memória	
Paradigma Taylorista e visão sistêmica	
Aprendizagem e Curva de aprendizagem	
Set up mental	
Capacitação	
Padronização	
Autonomia	
Estresse	
Fadiga mental	
Monotonia	
Motivação	
Territorialidade	
Comunicação	
Equipe de trabalho	

#### 4.2.2 Identificação das características do posto de trabalho

Nesta etapa, define-se como deve ser feita a avaliação dos aspectos críticos identificados. A avaliação é qualitativa, identificando o tipo de característica de cada aspecto crítico, e qual é a melhor condição do posto de trabalho para aplicar a multifuncionalidade.

Tabela 3 - Característica do posto de trabalho

Aspecto crítico	Tipo de característica
Tempo de ajuste do posto	<p><i>Alvo:</i> menor é melhor.</p> <p>Postos de trabalho que não necessitam ajuste ou com ajuste em um toque são melhores para aplicar a multifuncionalidade.</p>
Grau de risco (segurança)	<p><i>Alvo:</i> menor é melhor.</p> <p>Postos de trabalho de baixo risco (dispositivos de prevenção, procedimentos de segurança estabelecidos, mapa de riscos, etc.) são melhores para aplicar a multifuncionalidade.</p>
Grau de padronização	<p><i>Alvo:</i> maior é melhor.</p> <p>Postos de trabalho com padronização são melhores para aplicar a multifuncionalidade.</p> <p>A padronização se manifesta no local e na organização dos relatórios, ferramentas, materiais, sistema de movimentação, limpeza, no uso de EPI, nos prazos e controles, etc. A padronização garante também menor <i>set up</i> mental, menor tempo de resposta (reduz-se o tempo de identificação e processamento, menor número de variáveis), e menor tempo de movimentação (movimento e o local são conhecidos).</p> <p>O resultado seria otimizado se o conjunto de postos de trabalho que compõe o roteiro do operador tivesse o mesmo sistema de padronização.</p>
Qualidade ergonômica dos controles e mostradores	<p><i>Alvo:</i> maior é melhor.</p> <p>Postos de trabalho com controles e mostradores bem concebidos são melhores para aplicar a multifuncionalidade.</p> <p>A qualidade ergonômica facilita a recepção de informações do operador e a execução do comando à máquina.</p>
Confiabilidade da máquina (manutenção)	<p><i>Alvo:</i> maior é melhor.</p> <p>Postos de trabalho com baixa taxa de falhas, alto tempo médio entre falhas e com programa de manutenção preventiva são melhores para aplicar a multifuncionalidade.</p>
Variação da quantidade de luz	<p><i>Alvo:</i> menor é melhor.</p> <p>A pequena variação de luminosidade entre os postos multifuncionais é uma condição para aplicar a multifuncionalidade.</p> <p>A adaptação à claridade e à escuridão são desconfortáveis, e pode colocar em risco o operador e o equipamento, sendo necessário um período de adaptação proporcional à variação da luminosidade. A diferença de iluminação tem que ser a menor possível, o tempo de adaptação terá que ser proporcional à diferença de iluminação, e a variação deve ser crescente ou decrescente, sem variações bruscas;</p>
Variação da condição climática	<p><i>Alvo:</i> menor é melhor.</p> <p>A pequena variação da condição climática entre os postos é melhor para aplicar a multifuncionalidade. Esta condição é válida mesmo para os casos em que a multifuncionalidade serve para permitir a pausa de condições climáticas desfavoráveis.</p> <p>A variação deve ser feita de modo crescente ou decrescente, sem variações</p>

	bruscas, disponibilizando ao operador o uso do EPI, permitindo tempo de adaptação.
Varição dos grupos musculares acionados	<p><i>Alvo:</i> maior é melhor.</p> <p>A variação dos grupos musculares acionados em cada um dos postos é melhor para aplicar a multifuncionalidade.</p> <p>A variação dos grupos musculares é positiva em relação à fadiga e a monotonia, mas é necessário fazer uma adaptação a cada troca.</p>
Varição dos movimentos executados	<p><i>Alvo:</i> maior é melhor.</p> <p>A variação dos movimentos executados em cada um dos postos é melhor para aplicar a multifuncionalidade.</p> <p>A multifuncionalidade permite a variação das articulações, dos músculos e do tipo de esforço.</p>
Varição do tipo de habilidade	<p><i>Alvo:</i> menor é melhor.</p> <p>A pequena variação do tipo de habilidade (precisão, força, destreza, velocidade e resistência) em cada um dos postos é melhor para aplicar a multifuncionalidade.</p> <p>Apesar de a variação de habilidade permitir o repouso dos grupos musculares não acionados, deve-se evitar as atividades contrastantes, como passar o operador de um posto que exige força para outro que exige precisão.</p> <p>É necessário um tempo de adaptação para mudar de habilidade, considerando maior tempo para maior variação;</p>
Varição do ritmo de trabalho	<p><i>Alvo:</i> menor é melhor.</p> <p>A pequena variação do ritmo de trabalho em cada um dos postos é melhor para aplicar a multifuncionalidade.</p> <p>Apesar de a variação do ritmo permitir o repouso do grupo muscular acionado, deve-se evitar as atividades contrastantes, ou seja, preferencialmente alocar tarefas com ritmos crescentes ou decrescentes, permitindo a adaptação necessária.</p>
Grau de demanda cognitiva e complexidade	<p><i>Alvo:</i> menor é melhor.</p> <p>Postos de trabalho com menor exigência mental e menor complexidade são melhores para aplicar a multifuncionalidade.</p> <p>A exigência mental é função do nível de atenção necessário, da dificuldade de obter informações do desempenho, necessidade de solucionar problemas, etc.</p> <p>Postos de trabalho com menor complexidade, traduzido pelo menor número de variáveis, são melhores para aplicar a multifuncionalidade.</p>
Qualidade da comunicação	<p><i>Alvo:</i> maior é melhor.</p> <p>Postos de trabalho que permitem boa comunicação são melhores para aplicar a multifuncionalidade.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comunicação homem – homem: complexidade das máquinas, existência de procedimento de comunicação, a padronização da linguagem e das informações (palavras comuns), existência de um canal de informações, etc.;</li> <li>2. Comunicação homem – máquina: quantos sinais a máquina consegue transmitir pelos canais formais, uso dos canais informais, a boa apresentação da informação (tipo e local), etc.;</li> </ol>

### 4.2.3 Características do posto de trabalho

As *características* do posto de trabalho para aplicar a multifuncionalidade são aqui colocadas considerando o aspecto crítico e seu alvo. Convém ressaltar que as treze características são do tipo *atributo*, que é analisada considerando uma escala discreta, ou seja, não é avaliada por um sistema de medição de valores contínuos, como ocorre no caso das *variáveis*. A característica do posto de trabalho é formada por:

$$\text{Característica} = \text{aspecto crítico} + \text{alvo}$$

Para realizar a avaliação dos postos de trabalho, as características devem ser consideradas independentemente. No entanto, há *trade off* nas características “variação dos grupos musculares acionados”, “variação dos movimentos executados”, e “variação do tipo de habilidade”. Busca-se maior variação dos grupos musculares acionados e dos movimentos executados, por outro lado, busca-se baixa variação do tipo de habilidade. Para determinar a prioridade em relação ao *trade off* e estruturar uma lógica ou sequência de avaliação, as características foram classificadas em três níveis, conforme a sua relevância e criticidade.

#### Nível 1 :

Neste nível estão as características mais relevantes ou críticas, que devem ser consideradas em primeiro plano na avaliação do posto, pois são capazes de inviabilizar a aplicação da multifuncionalidade, devido ao longo tempo ou desconforto da adaptação, à dificuldade de adaptação motora ou fisiológica, e ao risco de acidentes e à saúde do operador. São tão relevantes que uma pequena variação nas características causam um grande efeito no resultado da multifuncionalidade. As características do grupo 1 são:

Aspecto crítico	Alvo	Justificativa
Variação da quantidade de luz.	Menor é melhor	Necessita longo tempo de adaptação, causa desconforto, redução da acuidade visual e risco de acidentes.

Baixa variação da condição climática.	Menor é melhor	Necessita longo tempo de adaptação, causa desconforto, risco à saúde do operador e adaptação fisiológica frequente.
Baixa variação do tipo de habilidade.	Menor é melhor	Durante o tempo de adaptação a habilidade é reduzida, há risco de lesão e desconforto.

## Nível 2:

Neste nível estão as características de média relevância ou média criticidade, que dificultam ou restringem a aplicação da multifuncionalidade, devido ao tempo e a dificuldade de adaptação motora ou fisiológica, à demanda cognitiva e aos riscos e segurança. As características do nível 2 são:

Aspecto crítico	Alvo	Justificativa
Grau de segurança.	Maior é melhor	Aumenta a exposição ao risco e a probabilidade de acidentes.
Grau de padronização.	Maior é melhor	Aumenta a demanda cognitiva, o risco e a complexidade.
Qualidade ergonômica dos controles e mostradores.	Maior é melhor	Aumenta a demanda cognitiva, o risco, a complexidade e melhora o controle do processo.
Grau de demanda cognitiva e complexidade.	Menor é melhor	Causa estresse, fadiga mental, aumenta o risco e reduz a segurança.
Qualidade da comunicação	Maior é melhor	Maior segurança e qualidade na operação, redução da complexidade do processo.

## Nível 3 :

Neste nível estão as características de baixa relevância ou baixa criticidade, que não inviabilizam, mas devem ser considerados para aplicação da multifuncionalidade, pois reduzem os ganhos da multifuncionalidade. Pequena variação nestas características causam uma pequena variação no resultado. As características do nível 3 são:

Aspecto crítico	Alvo	Justificativa
Tempo de ajuste do posto	Menor é melhor	Perdas por parada do equipamento e do operador.

Confiabilidade da máquina (manutenção).	Maior é melhor	Aumento da previsibilidade do processo, redução das paradas do equipamento.
Variação dos grupos musculares acionados.	Maior é melhor	Redução da monotonia, fadiga e repetitividade.
Variação dos movimentos executados.	Maior é melhor	Redução da monotonia, fadiga e repetitividade.
Variação do ritmo de trabalho.	Menor é melhor	Menor adaptação fisiológica e menor variação do tipo de habilidade necessária.

Na primeira etapa desta avaliação, foram avaliados vinte e oito itens ergonômicos, identificando seus aspectos críticos. Na segunda etapa, foi feita a priorização e identificação das características do posto de trabalho e seu alvo. A tabela 4 abaixo resume a priorização das características do posto de trabalho, conforme o critério anteriormente descrito.

Tabela 4 - Priorização das características do posto de trabalho

<i>Nível 1</i>	<i>Nível 2</i>	<i>Nível 3</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor variação da quantidade de luz.</li> <li>• Menor variação da condição climática.</li> <li>• Menor variação do tipo de habilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior grau de segurança e efetividade da prevenção.</li> <li>• Maior grau de padronização.</li> <li>• Maior qualidade ergonômica dos controles e mostradores.</li> <li>• Menor grau de demanda cognitiva e complexidade do posto.</li> <li>• Maior qualidade da comunicação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor tempo de ajuste do posto.</li> <li>• Maior confiabilidade da máquina (manutenção).</li> <li>• Maior variação dos grupos musculares acionados.</li> <li>• Maior variação dos movimentos executados.</li> <li>• Menor variação do ritmo de trabalho.</li> </ul>
Mais relevantes ou críticas, capazes de inviabilizar a multifuncionalidade, que causam um grande efeito no resultado.	Média relevância ou média criticidade.	Baixa relevância ou baixa criticidade, reduzem o ganho da multifuncionalidade, que causam pequeno efeito no resultado.

#### 4.2.4 Critérios para avaliação das características

A fim de expor um exemplo de aplicação, foram atribuídos pesos para cada nível de característica, assumindo:

- peso 5 para o nível 1;
- peso 3 para o nível 2;
- peso 1 para o nível 3.

Os pesos foram estabelecidos para criar uma relação de peso ou importância entre os itens, a saber:

- um item do nível 1 equivale a cinco itens do nível 3;
- um item do nível 1 equivale a aproximadamente dois itens do nível 2;
- o peso total do nível 1 (três itens) equivale ao peso do nível 2 (cinco itens);

Considerado as características e pesos, a avaliação de um posto de trabalho para definir se este pode ser operado de modo multifuncional deve ser feita em duas etapas:

1. Avaliação individual das treze características, identificando seu grau de adequação;
2. Avaliação global das características, considerando que o peso relativo equivale ao nível de importância em que estiver classificado na tabela 4.

Faz-se o somatório da ponderação do *grau de adequação* pelo *peso da característica* para obter o grau de adequação geral.

Para determinar o grau de adequação de cada característica, assume-se os valores dos percentuais para adequação à multifuncionalidade, de acordo com o grau de atendimento: totalmente atendida (100%), atendida (66%), parcialmente atendida (33%) e não atendida (0%). Os percentuais foram definidos considerando quatro faixas, com amplitude de 33% cada,

considerando que o mínimo de adequação (grau *adequação atendida*) para uma característica específica equivale a 66%.

No resultado geral da análise, o percentual de adequação menor que 50% indica um índice em que a aplicação da multifuncionalidade não é vantajosa. Se o percentual situar-se entre 50% e 66%, pode-se dizer que a aplicação apresenta pequena vantagem, e se apresentar mais de 66%, é vantajosa, sendo que quanto maior o percentual, maior a adequação.

### 4.3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

O escopo deste trabalho não é definir ou testar índices para aplicar a multifuncionalidade, mas sim, definir as variáveis e modelar as características que determinem uma linha de trabalho, deixando-se em aberto a validação ou teste das faixas/índices para estas variáveis.

O exemplo de aplicação aqui proposto não é um estudo de caso para validação do modelo, pois não foram feitas medições, nem colocados os limites ou índices. Busca-se exemplificar a análise que deve ser empreendida para avaliar a condição de aplicar a multifuncionalidade em um conjunto de postos de trabalho.

#### 4.3.1 Descrição do processo

Suponha o caso de um setor de cromagem, de uma indústria metalúrgica que processa produtos à base de liga de latão. As especificações do processo são:

- processo de cromagem é feito em uma linha de cromagem composta por vinte e um tanques, que fazem o desengraxe orgânico e químico, lavagem e estabilização, aplicação do níquel, aplicação do cromo e lavagem. Apenas quatro banhos têm tempo controlado, sendo três por temporizadores eletrônicos com avisos luminosos, e um com controle pelo número de gancheiras e a frequência de entrada de gancheiras. Os demais postos estão ajustados para um a dois segundos, que é o tempo de colocar e retirar a gancheira de um tanque;
- A operação da linha de cromagem é feita manualmente, ou seja, não há equipamentos que colocam e retiram as gancheiras dos tanques;

- Os tanques são compostos de água com produtos químicos, sendo que cada tanque tem sua especificação de composição, concentração, temperatura, pH e nível máximo de contaminação;
- Além da linha de cromagem, o setor tem algumas atividades de apoio, que são o polimento no processo de *chips*, a operação da estação de tratamento de efluentes (ETE), a limpeza das gancheiras (deposição de níquel nos contatos da gancheira), processo de descromagem (retrabalho) e limpeza de determinados tipos de peças;
- Trabalham na cromagem um coordenador e dez operadores, em três horários parcialmente sobrepostos, organizados para que a operação das 06:30 até as 18:15 seja feita de modo ininterrupto;
- Os operadores trabalham 8:45 por dia, com intervalo de 1:15 para almoço, e duas pausas de 0:05 para lanche;
- Quatro operadores é o número mínimo de pessoas para operar a linha de cromagem, mas a capacidade só será totalmente utilizada com cinco operadores na linha;
- A permanência dos operadores nos postos é variável, pois é determinado por uma agenda que relaciona os horários de trabalho e pausas com os horários e postos da cromagem. Há casos de um operador fazer uma atividade por cinco minutos, e há casos de fazer uma atividade por três horas;
- Os posto de trabalho são oito, sendo cinco na linha, que tem que estar completa para funcionar, e três funções de tempo parcial;

Tabela 5 - Os postos da linha de cromagem

<i>Posto de trabalho</i>	<i>Descrição</i>
Enganche	Dois operadores. Atividade: colocação das peças nas gancheiras.
Linha 1	Um operador. Atividade: levar a gancheira do 1º banho até o níquel, passando a gancheira por todos os tanques, sendo que dois destes tem tempo controlado.
Linha 2	Um operador.

	Atividade: levar a gancheira a partir do níquel, passando pelo cromo até o <i>rack</i> de secagem de peças. Passa a gancheira por todos os tanques, sendo que dois destes tem tempo controlado.
Desenganche	Um operador. Atividade: inspecionar visualmente as peças, retirar as peças da gancheira, colocação da peças na caixa, guardar o <i>rack</i> vazio.

Os postos de atividades de apoio (fora da linha de cromagem) são:

<i>Posto de trabalho</i>	<i>Descrição</i>
Operador da ETE	Um operador, que controla todo o processo de tratamento e recuperação da água dos banhos.
Pintor de peças	Um operador, que faz a pintura de peças com tinta a pó, com cura em estufa
Apoio	Um operador, que faz polimento nos <i>chips</i> , limpa resíduos de cromo nas gancheiras, processa retrabalhos.

As atividades de “operador da ETE” e “pintor de peças” não estão sendo operadas de modo multifuncional. Esta definição deve-se às questões trabalhistas e legais.

A agenda de trabalho utilizada pela empresa para a multifuncionalidade conta com oito operadores rodando em cinco postos (enganche, linha 1, linha 2, desenganche, apoio), sendo necessário seis operadores para operar a linha com capacidade total.

#### 4.3.2 Análise dos exemplos de aplicação

O exemplo de aplicação será feito com base na análise individual das treze características, nos cinco postos que compõem o roteiro multifuncional, a saber, enganche, linha 1, linha 2, desenganche, apoio. A descrição do posto de trabalho quanto aos aspectos relevantes para a análise de cada característica será feita juntamente à análise.

Análise das características do nível 1 para o exemplo de aplicação:

- Menor variação da quantidade de luz.

*Análise de adequação:* condição totalmente atendida (100%).

*Justificativa:* os cinco postos têm mínima variação de iluminação, pois estão no mesmo

pavilhão, com luminárias distribuídas uniformemente, as entradas de luz natural estão colocadas ao longo de todo o prédio, que não tem incidência direta do sol.

- Menor variação da condição climática.

*Análise de adequação:* condição totalmente atendida (100%).

*Justificativa:* os cinco postos têm mínima variação de condição climática, pois estão no mesmo pavilhão, com uma entrada de ar que distribui através de dutos em todo o prédio.

- Menor variação do tipo de habilidade.

*Análise de adequação:* condição totalmente atendida (100%).

*Justificativa:* os postos de *enganche/desenganche* e os postos *linha 1/linha 2* têm o mesmo tipo de habilidade entre si. A variação entre eles refere-se ao trabalho dinâmico de braço, ombros e costas do primeiro caso, com atividades de mão e antebraço do segundo caso. A variação é baixa, e é positiva pois serve para descanso da muscular. Além disso, não representam antagonismo ou prejuízo técnico à atividade.

Análise das características do nível 2 para o exemplo de aplicação:

- Maior grau de segurança e efetividade da prevenção.

*Análise de adequação:* condição totalmente atendida (100%).

*Justificativa:* o grau de risco é baixo, conforme avaliação da CIPA e do engenheiro de segurança do trabalho, e as medidas preventivas de segurança foram tomadas e os EPI usados por todos.

- Maior grau de padronização.

*Análise de adequação:* condição totalmente atendida (100%).

*Justificativa:* as gancheiras, colocação de peças, caixas, cores, e principalmente os tempo dos processo, os procedimentos e funções da equipe estão padronizadas.

- Maior qualidade ergonômica dos controles e mostradores.

*Análise de adequação:* condição atendida (66%).

*Justificativa:* o processo conta com quatro processos controlados, sendo três com temporizadores e avisos luminosos. O quarto processo é o mais crítico e o de mais difícil controle.

O banho de níquel não tem mostradores, é controlado pela frequência de entrada e pelo número de gancheiras dentro do tanque, e depende do controle e organização do operador. Além disso, a identificação visual da qualidade da peça neste processo é complexa, e exige longo treinamento. Como atenuante, o processo está regulado para que a camada de níquel supere a exigência da norma, onde seriam necessários 15 minutos de imersão. O processo está regulado para 22 minutos, de modo que o defeito ocorrerá com uma falha grosseira do operador, algo como retirar uma gancheira que acabou de colocar no tanque.

Conforme os históricos da empresa, não houve nenhuma falha por este motivo nos últimos 90 dias.

- Menor grau de demanda cognitiva e complexidade do posto.

*Análise de adequação:* condição parcialmente atendida (33%).

*Justificativa:* a *demanda cognitiva* depende da dificuldade de detecção, identificação e interpretação da informação, e esta condição é aplicável aos postos *linha 2* e *desenganche*. Nestes postos, tem que ser feita a identificação da qualidade da peça, que serve como inspeção e como uma medição da qualidade dos banhos. Este aspecto é particularmente importante nos processos galvânicos devido à variabilidade dos resultados. A capacidade de identificar defeitos de cromagem depende de treinamento e experiência, que conforme o coordenador da cromagem, leva de quatro a seis meses para aprendizado. Além disso, a frequência de entrada e saída de gancheiras não permite uma análise visual demorada.

- Maior qualidade da comunicação.

*Análise de adequação:* condição parcialmente atendida (66%).

*Justificativa:* os operadores trabalham próximos uns aos outros, conversam frequentemente sobre as variações no resultado e qualidade das peças, e têm facilidade de entendimento mútuo.

A comunicação homem-máquina depende, assim como a demanda cognitiva, de treinamento e experiência.

Análise das características do nível 3 para exemplo de aplicação :

- Menor tempo de ajuste do posto.

*Análise de adequação:* condição totalmente atendida (100%).

*Justificativa:* não há *set up*, e os ajustes são a colocação do EPI (feito “fora” do tempo do processo), e o ajuste da composição química dos banhos (feita com o processo parado).

- Maior confiabilidade da máquina (manutenção).

*Análise de adequação:* condição totalmente atendida (100%).

*Justificativa :* a taxa de falhas é baixa, e se devem normalmente a problemas elétricos de rápida solução. Além disso, quando há problemas de manutenção, toda a linha é parada.

- Maior variação dos grupos musculares acionados.

*Análise de adequação:* condição atendida (66%).

*Justificativa:* os postos de *enganche/desenganche* e os postos *linha 1/linha 2* acionam os mesmos grupos musculares. O trabalho é de braço, ombros e costas no primeiro caso, e de mão e antebraço do segundo caso. No *apoio* as atividades já são feitas de modo variado. O atendimento desta característica depende da sequência de trabalho colocada para cada operador, onde se consiga alternar uma das atividades de *enganche/desenganche* com uma de *linha 1/linha 2*. No caso real, a restrição de tempo e das paradas permitiu que esta condição fosse colocada a cinco dos oito operadores.

- Maior variação dos movimentos executados.

*Análise de adequação:* condição atendida (66%).

*Justificativa:* os postos de *enganche/desenganche* e os postos *linha 1/linha 2* tem o mesmo tipo de movimentos. O trabalho é de braço, ombros e costas no primeiro caso, e de mão e antebraço do segundo caso. No *apoio* as atividades já são feitas de modo variado. O atendimento desta característica é idêntico ao item anterior, e depende da sequência de trabalho colocada.

- Menor variação do ritmo de trabalho.

*Análise de adequação:* condição totalmente atendida (100%).

*Justificativa:* o processo da linha de cromagem é temporizado, com frequência de entrada de uma gancheira a cada 45 segundos. O gargalo da linha é o banho de cromo, de modo que os operadores tem pequenas folgas de 5 a 14 segundos a cada ciclo de 45 segundos. O ritmo de trabalho é estável, tem folga, e nenhum posto tem alto ritmo de trabalho.

Tabela 6 - Resumo da análise das características do posto de trabalho

CARACTERÍSTICAS	PESO		% ADEQUAÇÃO		PONTUAÇÃO
Menor variação da quantidade de luz.	5,0	X	100	=	5,00
Menor variação da condição climática.	5,0	X	100	=	5,00
Menor variação do tipo de habilidade.	5,0	X	100	=	5,00
Maior grau de segurança e efetividade da prevenção.	3,0	X	100	=	3,00
Maior grau de padronização.	3,0	X	100	=	3,00
Maior qualidade ergonômica dos controles e mostradores.	3,0	X	66	=	2,00
Menor grau de demanda cognitiva e complexidade do posto.	3,0	X	33	=	1,00
Maior qualidade da comunicação.	3,0	X	66	=	2,00
Menor tempo de ajuste do posto.	1,0	X	100	=	1,00
Maior confiabilidade da máquina (manutenção).	1,0	X	100	=	1,00
Maior variação dos grupos musculares acionados.	1,0	X	66	=	0,66
Maior variação dos movimentos executados.	1,0	X	66	=	0,66
Menor variação do ritmo de trabalho.	1,0	X	100	=	1,00
TOTAL DE PONTOS =>	35,0				30,33

Conclusões da pontuação do exemplo de aplicação:

De um total de 35 pontos possíveis, a linha de cromagem obteve 30,33 pontos, que equivale 86,6% de adequação. Considerando o índice mínimo de adequação de 66%, o índice de 86,6% indica que a linha de cromagem aplicará a multifuncionalidade com sucesso.

## 5 CONCLUSÃO

A avaliação ergonômica da multifuncionalidade é aqui colocada como uma alternativa às avaliações com enfoque da engenharia de produção, tendo sido feita com dois objetivos: o primeiro, avaliar, sob o ponto de vista da ergonomia, se a multifuncionalidade é vantajosa, e o segundo, gerar um modelo para avaliar a aplicabilidade da multifuncionalidade em um posto de trabalho. Busca-se um modelo ergonômico simplificado para prever a performance humana, baseado nos aspectos mais significativos para o resultado. A concentração em pontos secundários, que devido à complexidade da performance humana são infinitos, inviabilizaria este projeto.

A abordagem ergonômica é multidisciplinar e de espectro bastante amplo, e estruturada neste projeto em *aspectos físicos*, subdivididos em adaptação do posto de trabalho ao homem, aspectos ambientais e aspectos fisiológicos, em *aspectos cognitivos*, subdivididos em aprendizagem, aspectos motivacionais e operação multifuncional, em *gestão da produção multifuncional*.

A meta do ergonomista é definir a carga de trabalho adequada, respeitando a capacidade das pessoas. O “princípio do *design* centrado no usuário” da abordagem ergonômica define que o *design* deve ser baseado nas características físicas e mentais do seu usuário, enquanto o projeto do trabalho define como o trabalho deve ser arranjado e dimensionado para ser eficiente. A multifuncionalidade coloca uma nova dimensão para o *design* e o projeto de trabalho: cada posto tem “usuários” e não *um* usuário, cada usuário tem “locais de trabalho” e não *um* local de trabalho, e a carga de trabalho, que é o resultado da interação dos fatores ergonômicos, tem uma nova lógica. No contexto histórico da evolução do trabalho, a multifuncionalidade representa uma evolução, e muda alguns conceitos fundamentais praticados durante todo o século.

A multifuncionalidade, apesar do conceito ser bastante conhecido, é um tema pouco estudado. Não existem livros que tratam especificamente sobre o tema, ou que pelos menos o tratem com profundidade técnica. Encontram-se pequenas passagens nos livros sobre Sistema Toyota de Produção, e poucos parágrafos na literatura de ergonomia, dentro do tema projeto do trabalho,

engenharia de produção, recursos humanos, administração, etc. Em linhas gerais, as abordagens na literatura de administração, recursos humanos, engenharia de produção, qualidade, etc., apresentam, cada uma no seu enfoque, uma visão positiva da utilização da multifuncionalidade. A ergonomia é colocada como uma abordagem multidisciplinar, que consegue tratar a complexidade do tema, nos seus diferentes enfoques.

O primeiro resultado deste trabalho apresenta a avaliação da multifuncionalidade sob o ponto de vista da ergonomia: a aplicação da multifuncionalidade é vantajosa. Para fazer esta afirmação foram estudados e analisados vinte e oito itens ergonômicos, sendo treze itens físicos e quinze itens cognitivos. Este resultado foi validado considerando a concordância ou discordância dos itens identificados como *vantagem* ou *desvantagem*.

O segundo resultado deste trabalho foi a identificação dos aspectos que devem ser avaliados para determinar se um posto de trabalho pode ser operado de modo multifuncional. Foram analisados os vinte e oito itens ergonômicos, identificando treze características. A característica é formada pelo item analisado e seu alvo, como por exemplo “menor variação da quantidade de luz”. Estas características foram classificadas em três níveis, conforme sua importância e prioridade. Ressalta-se que não foi feita análise de repetibilidade e de reprodutibilidade (RR) deste sistema de medição por característica. Considerando que o sistema pode não ser aceito (<20%), deixa-se esta análise em aberto para um estudo futuro. Por exemplo, pode ser elaborado um padrão visual para facilitar a avaliação de cada uma das características.

Derivam deste trabalho, outros temas que podem ser objeto de futuros projetos. Por exemplo, a identificação do perfil do operador multifuncional, métodos de capacitação para formação de operadores multifuncionais, estudo de caso sobre a implantação da multifuncionalidade (avaliando produtividade, qualidade, questões psicológicas e motivacionais, impactos em acidentes e lesões, etc.), estudo de caso incorporando os índices de modelagem da performance humana de Card, Moran e Newell (1986).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRA, Caio. **As perspectivas do trabalho multifuncional em processos de reestruturação produtiva**. Dissertação de Mestrado em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.
- ANTUNES JR., José A.V., KLIEMANN NETO, Francisco J., FENSTERSEIFER, Jaime E. Considerações críticas sobre a evolução das filosofias de administração da produção: do “Just-in-Case” ao “Just-in-Time”. **Revista de Administração de Empresas**, v.29, n.3, p.49-64, 1989.
- BALEEIRO, Maria Clarice, SERRÃO, Margarida. **Aprendendo a ser e a conviver**. 1.ed. São Paulo: FTD, 1999.
- BIEHL, Kátia A. Análise da percepção do operário calçadista frente às formas tradicional, celular e grupos de trabalho de organização de produção. Dissertação de Mestrado em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.
- BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. 1.ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- CAMARGO, Adriana C. *et al.* Driblando a mesmice: estudo ergonômico em uma fábrica de cosméticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997, Gramado. **Anais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- CARD, S., MORAN, M., NEWELL, A. The Model Human Processor. In: BOFF, Kenneth, KAUFMAN, Lloyd, THOMAS, James. **Handbook of perception and performance – volume II: Cognitive Processes e Performance**. 1.ed. New York: John Wiley and sons, 1986. p. 45-1 – 45-35.
- CARD, S.K., MORAN, T., NEWELL, A. **The psychology of human-computer interaction**. 1.ed. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 3.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

- CHIAVENATO, Idalberto. **Recursos Humanos**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 1989.
- CORLET, E.N., CLARK, T.S. **The ergonomics of workspaces and machines**. 2.ed. Bristol: Taylor & Francis, 1995.
- CUMMINGS, Thomas. Self-regulating work groups: a socio-technical synthesis. **Academy of Management Review**, v.07/78, p.625-634, 1978.
- DAHLÉN, Per, ERICSSON, Johan. Labour stability and flexibility- conditions to reach just-in-time. **International Journal of Operations & Productions Management**, v.15, n.9, p. 26-43, 1995.
- DAS, Biman. Manufacturing workstation *design*. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.43-64.
- DATTI, Denizard. **Mecanismos e prevenção do stress**. 1.ed. Rio de Janeiro: Rosa dos Tempos, 1997.
- DAY, Donald. Participatory Ergonomics- a practical guide for the plant manager. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.5-28.
- DELLEMAN, Nico J. Static workload and endurance times. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.135-152.
- DEMPSEY, F., FATHALLAH, P., WEBSTER, B. Cumulative Trauma Disorders in industry. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.30-315.
- DUARTE, Francisco. A organização do trabalho das equipes de operação e as novas tecnologias: uma abordagem ergonômica. In: LIMA, Francisco, NORMAND, Juacy. **Qualidade da produção, produção do homens**. 1.ed. UFMG: Escola de Engenharia da UFMG, 1996. p. 17-20.

- DUARTE, Francisco. A organização do trabalho das equipes de operação e as novas tecnologias: uma abordagem ergonômica. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL TRABALHO, TECNOLOGIA & ORGANIZAÇÃO, 1., 1996, Belo Horizonte. **Anais.** Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. p.17-20.
- DUARTE, Francisco. Reorganização produtiva e concepção da organização de trabalho na indústria de refino no Brasil: a questão do dimensionamento da mão de obra de operação. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL TRABALHO, TECNOLOGIA & ORGANIZAÇÃO, 1., 1996, Belo Horizonte. **Anais.** Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. p. 21-40.
- FALCONI, Vicente. **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês).** 7.ed. Rio de Janeiro: Bloch, 1992.
- FALLGATTER, Micheline G.H., SALM, José F. A ascensão do novo paradigma e os novos padrões de desenvolvimento humano para o contexto organizacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997 Gramado. **Anais.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- FIALHO, Francisco, SANTOS, Neri. **Manual de análise ergonômica do trabalho.** 2.ed. Curitiba: Genesis, 1997.
- FIALHO, Francisco. Ergonomia Cognitiva. In: GUIMARÃES, Lia B.M. **Ergonomia de Processo 2.** Apostila do curso de mestrado em Ergonomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- GHINATO, Paulo, FUJII, Susumu, MORITA, Hiroshi. A basic study on the multifunction worker assignment problem in U-shaped production lines. **Mem.Graduate School of Science and Technology**, n.16, p.143-150, 1998.
- GHINATO, Paulo. **A study on the work force assignment in U-shaped production systems.** Doctoral dissertation, Kobe University, Japão, 1998.
- GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time. 1.ed. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

- GRANDJEAN, Etienne. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- GROSS, Clifford M. **The right fit**. 1.ed. Portland: Productivity Press, 1995.
- GUIMARÃES, Lia B.M. **Ergonomia de Processo 1**. Apostila do curso de mestrado em Ergonomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- GUIMARÃES, Lia B.M. **Ergonomia de Processo 2**. Apostila do curso de mestrado em Ergonomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- GUIMARÃES, Lia B.M. **Ergonomia de Produto 2**. Apostila do curso de mestrado em Ergonomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- GUIMARÃES, Lia B.M., SELL, Ingeborg, FOGLIATTO, Flávio S. **Ergonomia de Produto 1**. Apostila do curso de mestrado em Ergonomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- HALL, Edward T. **A dimensão oculta**. 1.ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
- HENDRICK, Thomas, MOORE, Franklin G. **Production/Operations Management**. 8.ed. Illinois: Richard Darwin, 1980.
- HERMAN, Roger E. **Como manter os bons funcionários**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- HILL, Susan. *et al.* Comparison of four subjective workload rating scales. **Human Factors**, v.34, p. 429-439, 1992.
- HUTCHINS, David. **Just in Time**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 1992.
- ICHIHARA, Jorge A. O estudo de tempos e movimentos e a ergonomia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997, Gramado. **Anais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.
- JACKSON, Paul R., MARTIN, Robin. Impact of just-in-time on job content, employee attitudes and well-being: a longitudinal study. **Ergonomics**, v.39, n. 1, p.1-16, 1996.

- JOICE, Marilyn. Ergonomics training and education for workers and managers. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.107-120.
- KANAANE, Roberto. Comportamento Humano nas organizações - o homem rumo ao século XXI. 1.ed. São Paulo: Editora Atlas, 1995.
- KERN, P., BREINING, R., ECKERT, R. Workplace *design* - general *design* and some special experiences. **Production Research**, Elsevier Science Publishers, 1993.
- KEYSERLING, W.Monroe. Methods for evaluating postural work load. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.167-188.
- KLEIN, Janice A. A reexamination of autonomy in light of new manufacturing process. **Human Relations**, v.44, n.1, p.21-38, 1991.
- LIMA, Francisco de Paula Antunes. Qualidade da produção, produção dos homens. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL TRABALHO, TECNOLOGIA & ORGANIZAÇÃO, 1., 1996, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. Introdução.
- LOBO, Marta S. Qualificações-chave na indústria têxtil brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997, Gramado. **Anais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- LOUHEVAARA, Veikko. Assessing physical work load. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.121-134.
- LUCZAK, H., MUELLER, T. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Design of work and development of personnel in advanced manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1994. p.463-492.

- LUCZAK, Holger. Ergonomics and TQM. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.505-530.
- MACHADO, Lucília Regina de Souza. Racionalização produtiva e formação no trabalho. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL TRABALHO, TECNOLOGIA & ORGANIZAÇÃO, 1., 1996, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. p. 58-87.
- MARTENSSON, Lena. The operator's requirement for working with automated systems. **The International Journal of Human Factors in Manufacturing**, v.6, n.1, p.29-39, 1996.
- MONDEN, Y. **Toyota Production System: practical approach to production management**. 1.ed. Norcross: Industrial Engineering and Management Press, 1983.
- MORAES, Anamaria, MONT'ALVÃO, Cláudia. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. 1.ed. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.
- MULLARKEY, S., JACKSON, P.R., PARKER, S.K. Employee reactions to JIT manufacturing practices: a two-phase investigation. **International Journal of Operations & Productions Management**, v.15, n.11, p. 62-79, 1995.
- NAKAMURA, Akimori. Human factors in discrete automation. **Mem.Graduate School of Science and Technology**, n.16, p.122-130, 1998.
- NAVEIRA, Ruben B. Educação Tecnológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997, Gramado. **Anais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- OUCHI, Willian. **Teoria Z: Como as empresas podem enfrentar o desafio japonês**. 1.ed. São Paulo: Fundo Educativo Brasileiro, 1990.
- PANERO, Julius, ZELNIK, Martin. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores – estándares antropométricos**. 7.ed. Cidade do México: Ediciones G. Gili, 1996.

- PEACOCK, Brian. Worldwide corporate ergonomics efforts. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.439-464.
- PFEFFER, Feffrey. **Vantagem competitiva através das pessoas**. 1.ed. São Paulo: Makron Books, 1994.
- QUINTAS, Juan Pablo. **Manutenção Produtiva Total**. Apostila do curso de especialização em Produtividade da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996.
- RIGGS, James L. **Production systems: planning, analysis and control**. 1.ed. New York: John Wiley & sons, 1989.
- ROESCH, Sylvia M. A., ANTUNES, Elaine D. O just-in-time e a emergência de um novo cargo: o operador multifuncional. **Revista da Administração**, v.25, n.4, p.44-53, 1990.
- SALVENDY, Gavriel. Ergonomics in plant operations. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.1-4.
- SAMBAYASHI, Y., UENO, T., OHKUBO, T., KAWAKAMI, M. A study on the optimal and efficient work system in assembling under the consideration of man's bewilderment phenomenon. **Mem.Graduate School of Science and Technology**, n.16, p.198-204, 1998.
- SAMPAIO, A. M. **Dicionário de Direito do Trabalho**. São Paulo: Futura, 1997.
- SANTOS, Neri. *et al.* **Antropotecnologia: a ergonomia dos sistemas de produção**. 1.ed. Curitiba: Genesis, 1997.
- SCHONBERGER, Richard J. Técnicas industriais japonesas: nove lições ocultas sobre a simplicidade. 3.ed. São Paulo: Pioneira, 1995.
- SEGRE, Lidia, PREVOT, Rejane. Programas participativos versus organização por local de trabalho: estudo de caso de um estaleiro do Rio de Janeiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997 Gramado. **Anais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

- SHINGO, Shigeo. O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. 2.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SHINGO, Shigeo. Sistemas de produção com estoque zero: o Sistema Shingo para melhorias contínuas. 1.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SINCLAIR, M.A . Ergonomics aspects of the automated factory. **Ergonomics**, v.29, n.12, p.1507-1523, 1986.
- SLACK, Nigel. *et al.* **Administração da Produção**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- SOCOMANO, José B., MATTOS, Katty M., PINTO, Ricardo L. Tendências do fator humano na era do conhecimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997 Gramado. **Anais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- SOUZA, Tatiana P.S., KOPITTKKE, Bruno H. Processo de avaliação cognitiva no trabalho de grupos auto-gerenciáveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997 Gramado. **Anais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- SPUR, G., SPECHT, D., HERTER, J. Job. In: KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Design of work and development of personnel in advanced manufacturing**. 1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1994. p.1-40.
- TATTERSALL, Andrew, FOORD, Penelope. An experimental evaluation of instantaneous self-assessment as a measure of workload. **Ergonomics**, v.39, n.5, p. 740-748, 1996.
- TAYLOR, Frederick Winslow. **Princípios de administração científica**. 8.ed. São Paulo: Atlas, 1990.
- VAN COTT, Harold P. High technology and human needs. **Ergonomics**, v.28, n.8, p. 1135-1142, 1985.
- WALL, Toby D. *et al.* Advanced manufacturing technology and work *design*: towards a theoretical framework. **Journal of Organizational Behavior**, v.11, p.201-219, 1990.

- WASSERMAN, Donald E. Vibration-induced cumulative trauma disorders. In:  
KARWOWSKI, Waldemar, SALVENDY, Gavriel. **Ergonomics in manufacturing**.  
1.ed. Norcross: Society of Manufacturing Engineers, 1998. p.369-380.
- WEIL, Pierre. **Relações humanas na família e no trabalho**. 46.ed. Petrópolis: Vozes, 1995.
- WILD, Ray. **Essentials of production and operations management**. 3.ed. Oxford: Alden  
Press Limited, 1990.
- WISNER, Alain. Atividades humanas previstas, atividades humanas reais nos sistemas  
automatizados. In: SEMINÁRIO INTERINSTITUCIONAL TRABALHO,  
TECNOLOGIA & ORGANIZAÇÃO, 1., 1996, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte,  
Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. p.1-17.
- WOMACK, James, JONES, Daniel, ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. 1.ed.  
Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- WOODGATE, Ralph H. **Managing the manufacturing process: a pattern of excellence**.  
1.ed. New York: John Wiley & sons, 1991.
- ZACCARELLI, Sérgio B. **Administração estratégica da produção**. 1.ed. São Paulo: Atlas,  
1990.
- ZARO, Milton A. **Ergonomia do Processo 1**. Apostila do curso de mestrado em Ergonomia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.