

**RODRIGO FILUS**

**O EFEITO DO TEMPO DE RODÍZIOS ENTRE POSTOS DE TRABALHO NOS  
INDICADORES DE FADIGA MUSCULAR – O ÁCIDO LÁTICO**

**CURITIBA**

**2006**

**RODRIGO FILUS**

**O EFEITO DO TEMPO DE RODÍZIOS ENTRE POSTOS DE TRABALHO NOS  
INDICADORES DE FADIGA MUSCULAR – O ÁCIDO LÁTICO**

**Dissertação de Mestrado apresentada no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Setor Tecnológico, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.**

**Orientadora: Profa. Dra. Maria Lúcia leite  
Ribeiro Okimoto**

**CURITIBA**

**2006**

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**RODRIGO FILUS**

**O EFEITO DO TEMPO DE RODÍZIOS ENTRE POSTOS DE TRABALHO NOS  
INDICADORES DE FADIGA MUSCULAR – O ÁCIDO LÁTICO**

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia mecânica, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná.

Banca Examinadora:

Curitiba, 03 de Março de 2006.

Dedico este trabalho a todos os trabalhadores que diariamente saem de suas casas em busca da realização dos seus sonhos, utilizando o próprio suor como meio de vitória.

## **AGRADECIMENTOS**

- Agradeço a Deus pelo dom da Vida;
- À Minha família; minha namorada Caroline, minha mãe Sônia e meu irmão Rogério, por acreditar fielmente em meus objetivos e anseios;
- À Professora Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto pelo apoio e oportunidade desta empreitada;
- À enfermeira Gleise Saito, ao Médico José Francisco Suriano e ao técnico de Enfermagem Wilson Demarchi pelo apoio, incentivo, amizade e crédito dado durante todas as fases da pesquisa.
- Aos trabalhadores envolvidos na pesquisa, pela doação e desempenho invejável;
- Aos meus amigos mais fiéis pelo incentivo diário e auxílio constante.

“Sede Extraordinários nas coisas Ordinárias”.

“Uma vez fixada a Meta, ainda que o Céu venha abaixo, é preciso olhar para ela, sempre para ela (*C10*)”.

**São José Marelo**

## RESUMO

Este trabalho é um estudo comparativo de Rodízios realizados entre os postos de Trabalho de uma linha de Produção, buscando definir uma metodologia adequada para a realização dos mesmos. Para uma verificação quantitativa dos rodízios e, possíveis efetivações dos mesmos, foram realizadas coletas de ácido láctico em alterações de postos entre trabalhadores a cada hora de trabalho, a cada duas horas de trabalho e a cada três horas de trabalho. Foram realizadas 100 medições de ácido láctico em um grupo de onze trabalhadores de uma linha de produção. Como o ácido láctico é um indicador de fadiga o mesmo induz a redução da potência muscular, ao desconforto e dor, e acredita-se que, em longo prazo, contribua para o desenvolvimento de distúrbios e lesões, por isto é importante quantificá-la e determinar os limites aceitáveis de carga muscular. Os rodízios foram realizados alternando postos fáceis, difíceis e moderados assim como os grupos musculares utilizados pelos trabalhadores.

O trabalho buscou saber se o Ácido Láctico, como indicador de Fadiga Muscular, através de um método adequado de mensuração pôde viabilizar um sistema de rodízio a ser aplicado em diversos setores, podendo definir o tempo ideal para a realização do rodízio e alternância de grupos musculares utilizados.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar os rodízios realizados com maior periodicidade (tempos menores de permanência em determinado posto de trabalho) e sua compatibilidade na alternância de membros utilizados assim como o seu impacto nos riscos de fadiga muscular.

Outro fator importante foi à comparação dos dados de ácido láctico coletados e dados subjetivos de percepção de fadiga muscular individual.

Os rodízios nos postos de trabalho são uma alternativa ergonômica e organizacional e visam em primeiro plano à redução do tempo de exposição dos trabalhadores a certas posturas inadequadas adotadas nos diversos postos de trabalho e, em um plano organizacional o aumento da versatilidade dos trabalhadores, reduzindo desta forma a monotonia e ganhando na satisfação individual no trabalho.

Palavras-chave: Rodízios, Fadiga Muscular, Ácido Láctico.

## **ABSTRACT**

This work is a comparative study of job rotation realized between the work places of a production line, trying to find some suitable methodology to realize it.

To a quantitative verification of the job rotation, and possible effectuation of them, were realized lactic acid measurements in rotations between the work places at each one hour, each two hours and each three hours of work. At the present study were realized 100 measurements at eleven workers of a line production. The lactic acid is a indicator of fatigue and induces to reduction of power muscle, to discomfort and pain, and some believe that, in high terms, it contributes to development of disturbs and lesions, that's why it's important the quantification of the acid and determinate the acceptable limits of muscles. The job rotation were realizes between easy, moderate and hard work places and changing the muscle groups used by the workers. The work tried to demonstrate if the lactic acid, like an indicator of fatigue, through a suitable measurement method were viable to create a system of job rotation to be applied at much kind of industries, defining an ideal time to realize it and alternate de muscle groups used.

The objective of this work was estimate the job rotation realized more frequently (less time in a determinate work place) and the compatibility of changing the muscle groups used and the impact at muscle fatigue risks.

Another important facto is the comparison of the objectively lactic acid data with de subjectively data of individual perception of muscle fatigue.

The job rotation is an ergonomic and organizational alternative and, at the first plan, look for the reduction of exposition time of the workers in incorrect postures at the work places; and in a organizational plan look for the reduction of monotony and gain of individual satisfaction at work.

**Key Words:** Job Rotation, Fatigue, Lactic Acid.



## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 –	CROQUI DA LINHA DE PRODUÇÃO EM ESTUDO.....	113
------------	--	-----

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 –	LISTA DE POSTOS DE TRABALHO E ATIVIDADES A SEREM ESTUDADOS.....	114
QUADRO 2 –	POSTOS DE TRABALHO CARACTERIZADOS PELO USO DE GRUPOS MUSCULARES.....	117
QUADRO 3 –	POSTOS DE TRABALHO CARACTERIZADOS PELOS FATORES DE RISCO BIOMECÂNICOS.....	118
QUADRO 4 –	DEMONSTRAÇÃO DE POSTURAS INADEQUADAS EM ATIVIDADES NA LINHA DE PRODUÇÃO.....	119

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 -	EXISTÊNCIA OU NÃO DE RODÍZIOS NAS FÁBRICAS ENTREVISTADAS.....	106
GRÁFICO 2 -	EXISTÊNCIA OU NÃO DE ALTERNÂNCIA ENTRE GRUPOS MUSCULARES UTILIZADOS.....	107
GRÁFICO 3 -	EXISTÊNCIA OU NÃO DE TREINAMENTO ESPECÍFICO PARA OS FUNCIONÁRIOS ANTES DA REALIZAÇÃO DOS RODÍZIOS.....	108
GRÁFICO 4 -	EXISTÊNCIA OU NÃO DE TEMPO ESPECÍFICO PARA REALIZAR RODÍZIOS ENTRE OS POSTOS DE TRABALHO.....	108
GRÁFICO 5 -	EXISTÊNCIA OU NÃO DE FISCALIZAÇÕES PARA A REALIZAÇÃO DOS RODÍZIOS.....	109
GRÁFICO 6 -	EXISTÊNCIA OU NÃO DE AUTONOMIA DOS TRABALHADORES PARA A REALIZAÇÃO DOS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO.....	109
GRÁFICO 7 -	EXISTÊNCIA OU NÃO DE ALTERAÇÃO NA QUALIDADE DO PRODUTO.....	110
GRÁFICO 8 -	TEMPO MÉDIO PARA A REALIZAÇÃO DOS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO.....	111
GRÁFICO 9 -	RESULTADOS DOS ASPECTOS INDIVIDUAIS NO TRABALHO.....	115
GRÁFICO 10 -	LACTATO COLETADO APÓS RODÍZIOS DE HORA EM HORA NOS POSTOS DE TRABALHO.....	125
GRÁFICO 11 -	LACTATO COLETADO APÓS RODÍZIOS A CADA DUAS HORAS EM HORA NOS POSTOS DE TRABALHO.....	126
GRÁFICO 12 -	APRESENTAÇÃO DE COLETA DE LACTATO FUNCIONÁRIO H DE ACORDO COM POSTO E RODÍZIO REALIZADO A CADA HORA.....	127

GRÁFICO 13 – APRESENTAÇÃO DE COLETA DE LACTATO FUNCIONÁRIO H DE ACORDO COM POSTO E RODÍZIO REALIZADO A CADA 2 HORAS.....	127
GRÁFICO 14 – APRESENTAÇÃO DE COLETA DE LACTATO FUNCIONÁRIO H DE ACORDO COM POSTO E RODÍZIO REALIZADO COMPARANDO HORA E A CADA DUAS HORAS.....	128
GRÁFICO 15 – APRESENTAÇÃO DE COLETA DE DADOS DE PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR FUNCIONÁRIO H DE ACORDO COM POSTO E RODÍZIO REALIZADO A CADA HORA.....	129
GRÁFICO 16 – APRESENTAÇÃO DE COLETA DE DADOS DE PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR FUNCIONÁRIO H DE ACORDO COM POSTO E RODÍZIO REALIZADO A CADA 2 HORAS.....	129
GRÁFICO 17 – LACTATO X PERCEPÇÃO A CADA HORA DE TRABALHO REALIZADO PELO TRABALHADOR H.....	130
GRÁFICO 18 – LACTATO X PERCEPÇÃO A CADA HORA DE TRABALHO REALIZADO PELO TRABALHADOR J.....	130
GRÁFICO 19 – COLETA DE ÁCIDO LÁTICO REALIZADA NO INÍCIO DO TURNO E APÓS RODÍZIOS DE 1 HORA, 2 HORAS E 3 HORAS NOS POSTOS DE TRABALHO.....	131
GRÁFICO 20 – COLETA DE ÁCIDO LÁTICO REALIZADA NO INÍCIO DO TURNO E APÓS RODÍZIOS DE 1HORA, 2 HORAS E 3 HORAS NO POSTO DE TRABALHO DE SILICONE.....	132
GRÁFICO 21 – COLETA DE ÁCIDO LÁTICO REALIZADA NO INÍCIO DO TURNO E APÓS RODÍZIOS DE 1HORA, 2 HORAS E 3 HORAS NO POSTO DE TRABALHO DE APLICAÇÃO DE FITA.....	133

GRÁFICO 22 – PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR E NÍVEL DE LACTATO NO TRABALHADOR E, APÓS RODÍZIOS DE 1HORA, 2 HORAS E 3 HORAS.....	134
---	-----

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	DIVISÃO DE GRUPOS PARA COLETA DE DADOS E DEFINIÇÃO DE RODÍZIOS.....	122
TABELA 2 –	SEQÜÊNCIA DE RODÍZIOS POSTOS EM LARANJA – GRUPO DE TRABALHO A.....	122
TABELA 3 –	SEQÜÊNCIA DE RODÍZIOS POSTOS EM AZUL - GRUPO DE TRABALHO B.....	123
TABELA 4-	VISÃO ESTATÍSTICA DOS POSTOS DE TRABALHO DA FITA E DO SILICONE.....	123
TABELA 5-	VISÃO ESTATÍSTICA DA PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR.....	124

## LISTA DE SIGLAS

ADP	-	Difosfato de Adenosina
ATP	-	Adenosina Trifosfato
CMV	-	Contração máxima voluntária
DORT	-	Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho
DOU	-	Diário Oficial da União
INSS	-	Instituto Nacional de Seguro Social
LA	-	Limiar anaeróbio
LAV	-	Limiar anaeróbio ventilatório
LER	-	Lesões por Esforços Repetitivos
LTC	-	Lesões por Traumas Cumulativos
NRs	-	Normas Regulamentadoras
OSHA	-	Occupational Safety and Health Administration
pH	-	Escala de Acidez

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	10
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	11
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	12
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	14
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	15
<b>RESUMO</b> .....	08
<b>ABSTRACT</b> .....	09
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
1.1 APRESENTAÇÃO.....	19
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	25
1.3 HIPÓTESE DE PESQUISA.....	26
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	26
1.4.1 Objetivo Geral.....	26
1.4.2 Objetivos Específicos.....	27
1.5 JUSTIFICATIVA.....	27
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	28
<b>2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	29
2.1 A CIÊNCIA ERGONÔMICA.....	29
2.2 ABORDAGENS EM ERGONOMIA.....	31
2.3 ERGONOMIA APLICADA AO TRABALHO.....	32
2.4 AS DOENÇAS OCUPACIONAIS - L.E.R / D.O.R.T.....	33
2.5 CAUSAS E SINTOMAS DAS LER/DORT.....	35
2.5.1 Sobrecargas Posturais Relacionadas ao Trabalho.....	40
2.5.2 Fadiga no Ambiente de Trabalho e sua Associação com as DORT'S.....	44
2.6 FADIGA MUSCULAR.....	47
2.6.1 Fadiga e Produtividade Industrial.....	56
2.6.2 Fadiga Muscular Relacionada ao Trabalho Estático.....	58
2.6.3 Fonte Energética Muscular.....	60
2.6.4 Aspectos Mecânicos da Contração Muscular.....	61
2.7 OS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO.....	62



2.8 IMPLANTAÇÃO DOS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO.....	75
<b>3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE FADIGA.....</b>	<b>77</b>
3.1 PREDIÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA FADIGA.....	77
3.2 O ÁCIDO LÁTICO E O TESTE DE LACTATO.....	80
3.3 LIMIARES DE ÁCIDO LÁTICO.....	83
3.4 COMPLEXIDADE DA PERCEPÇÃO.....	91
<b>4 PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DE FADIGA MUSCULAR EM SISTEMAS DE RODÍZIOS.....</b>	<b>94</b>
4.1 A APLICAÇÃO DOS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO NAS EMPRESAS.....	95
4.2 A DEFINIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO PARA REALIZAÇÃO DOS RODÍZIOS.....	97
4.3 QUESTIONÁRIO ASPECTOS INDIVIDUAIS NO TRABALHO.....	98
4.4 PESQUISA DE FATORES BIOMECÂNICOS DE RISCO IMPOSTOS PELOS POSTOS DE TRABALHO A SEREM RODIZIADOS.....	99
4.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DE RODÍZIO A SER APLICADA NO GRUPO.....	100
4.6 APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE TRABALHO E TREINAMENTO TRABALHADORES.....	101
4.7 INÍCIO DOS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO INDICADOS.....	102
4.8 COLETA DE ÁCIDO LÁTICO DE ACORDO COM TEMPOS ENTRE OS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO (FASE 2).....	102
4.9 COLETA DOS DADOS RELATIVOS Á PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR (FASE 3).....	103
<b>5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>106</b>
5.1 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DA APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS DE RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO NAS EMPRESAS.....	106
5.2 A DEFINIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO PARA REALIZAÇÃO DOS RODÍZIOS.....	111
5.3 QUESTIONÁRIO DE ASPECTOS INDIVIDUAIS NO TRABALHO.....	114

5.4 PESQUISA DE FATORES BIOMECÂNICOS DE RISCO IMPOSTOS PELOS POSTOS DE TRABALHO A SEREM RODIZIADOS.....	116
5.5 A DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DE RODÍZIO A SER APLICADA NO GRUPO.....	120
5.5.1 O Tempo Para a Realização dos Rodízios.....	120
5.5.2 A Seqüência de Rodízios entre os Postos de Trabalho Visando a Redução da Sobrecarga Muscular.....	121
5.6 COLETA DE ÁCIDO LÁTICO DE ACORDO COM TEMPOS ENTRE OS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO.....	124
5.7 COLETA DE ÁCIDO LÁTICO NO GRUPO DE TRABALHO A E COMPARATIVO COM PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR.....	124
5.8 COLETA DE ÁCIDO LÁTICO NO GRUPO DE TRABALHO B E COMPARATIVO COM PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR.....	131
<b>6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....</b>	<b>135</b>
6.1 RESULTADOS ESTATÍSTICOS RELATIVOS AO ÁCIDO LÁTICO E SUA COLETA NOS RODÍZIOS A CADA HORA, A CADA DUAS HORAS E A CADA TRÊS HORAS.....	135
6.1.1 Teste Nº 1 - Teste U de MANN-WHITNEY.....	136
6.1.2 Teste Nº 2 - Teste U de MANN-WHITNEY.....	137
6.1.3 Teste Nº 3 - Teste U de MANN-WHITNEY.....	138
6.1.4 Teste Nº 4 - Teste de WILCOXON.....	139
6.2 RESULTADOS ESTATÍSTICOS RELATIVOS À COMPLEXIDADE DAS ATIVIDADES NOS POSTOS DE TRABALHO.....	141
6.3 RESULTADOS ESTATÍSTICOS RELATIVOS À PERCEPÇÃO INDIVIDUAL DE FADIGA MUSCULAR.....	142
6.4 CONCLUSÕES.....	144
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>147</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>156</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>196</b>

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO**

#### **1.1 APRESENTAÇÃO**

As profundas mudanças observadas nos processos de trabalho na procura pelo aumento da produtividade e redução de custos, assim como a introdução de novas tecnologias no mercado, impõem aos trabalhadores, principalmente dos países ainda em desenvolvimento, alterações significativas na sua forma de trabalhar, proveniente da aceleração do ritmo de trabalho, diminuição das pausas de descanso e da maior responsabilidade sobre o produto final. No entanto, as melhorias das condições de trabalho não têm acompanhado estas mudanças na organização dos sistemas de trabalho.

Assim, as conseqüências sobre a saúde tem sido inevitáveis e tem atingido principalmente o sistema músculo esquelético dos trabalhadores, de forma crônica e debilitante, enfermidade reconhecida como Lesões por Esforços Repetitivos – L.E.R, mas que também apresenta outras denominações como Lesões por Traumas Cumulativos – L.T.C., muito utilizada nos Estados Unidos, ou ainda Doença Cervicobraquial Ocupacional no Japão, e outras aceitas, mas menos utilizadas como Tenossinovites, Síndrome da Sobrecarga Ocupacional, e Dor Crônica de Membros Superiores; mais recentemente foi redefinida como Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho – DORT, Norma Técnica do Instituto Nacional de Seguro Social – INSS, aprovada em 19/08/98 pelo Ministério da Previdência e Assistência Social. (INSS, 1998).

Diversos sistemas de prevenção foram criados como medida preventiva a estes distúrbios e são aplicados nos diversos campos da ergonomia.

MORAES (1999) resume a posição da ergonomia no mundo, naquele ano, em duas partes distintas, ou seja, uma que privilegia métodos e técnicas e uma outra que têm na adaptação da máquina ao homem o centro de atenção, e privilegia a dinâmica da atividade humana no trabalho. A primeira é conhecida como “*Human Factors*” e está mais vinculada à ergonomia dos países de língua inglesa, e a segunda diz respeito à ergonomia europeia. A padronização de rodízios é uma contribuição muito importante, visto que as definições de ergonomia dizem respeito à adaptação do trabalho ao homem, privilegiando a dinâmica da atividade humana no trabalho.

Os rodízios nos postos de trabalho são uma alternativa ergonômica e organizacional. Visam em primeiro plano à redução do tempo de exposição dos trabalhadores a certas posturas inadequadas adotadas nos diversos postos de trabalho e, em um plano organizacional o aumento da versatilidade dos trabalhadores, reduzindo desta forma a monotonia e ganhando na satisfação individual no trabalho.

Estudos de Rodízios nos postos de trabalho, como por exemplo os de ELLIS T. (1999) mostram alguns casos de empresas com uma preocupação centrada no que se refere a medidas administrativas. Podemos citar casos específicos da administração aonde trabalhadores tendem a aprender mais atividades para aquisição de promoções; desta forma realizam rodízios nos postos de trabalho visando especificamente à questão da promoção.

Segundo MacLeod e Kennedy (1993) existem muitas razões para implantar o sistema de rodízios nos postos de trabalho, entre eles estão incluídos o potencial para aumentar a qualidade do produto, satisfação do empregado e redução das lesões por esforços repetitivos. Entretanto, podem existir para alterar a estrutura organizacional, apesar de toda prática da equipe de trabalho. É importante que a implementação de um programa comece vagarosamente para ser refinado antes de ser totalmente concluído.

Para COUTO (1995), os revezamentos tratam de transformar os trabalhadores em indivíduos polivalentes. Segundo o autor, embora esta medida não apresente a solução completa para o problema de qualidade de vida no trabalho, o trabalhador sente-se bem melhor, pois após uma fase inicial de resistência, ele percebe o quanto aprendeu e percebe ainda um aumento de suas alternativas profissionais.

É usual em muitas empresas que os rodízios nos postos de trabalho sejam realizados aleatoriamente sem padronização adequada, aonde os trabalhadores alteram postos de acordo com outros trabalhadores, muitas vezes nem seguindo recomendações ergonômicas adequadas, como por exemplo, a alternância dos membros utilizados para uma seqüência de rodízio. Isto se deve primeiramente à carência de dados disponíveis nas diversas literaturas que tratam de ergonomia.

Como uma das idéias dos rodízios nos postos de trabalho, no sentido da saúde dos trabalhadores, é alternar os tipos de músculos utilizados, faz-se necessária uma maior atenção à seqüência realizada nos postos rodiziados.

O rodízio nos postos de trabalho oferece a possibilidade de alternar o tipo de solicitação biomecânica (Jonsson, 1988; Roquelaure et al., 1997; Ellis, 1999).

Um ponto deficiente na literatura é o tempo necessário para realizar os rodízios nos postos de trabalho. As práticas atuais apresentadas nesta pesquisa, nos levam a entender (conforme questionários) que as empresas praticam rodízios desde o tempo de 1 hora até 4 horas em cada posto de trabalho. Esta margem tão distante faz com que métodos de pesquisa sejam criados para que exista uma definição do melhor tempo para se realizar os rodízios.

Como o foco do trabalho é a saúde dos trabalhadores, o indicador escolhido para demonstrar o cansaço apresentado pelos trabalhadores nos diversos tempos de rodízios foi o ácido láctico devido ao fato de ser um dado quantitativo, que, apesar de ser um método caro, mostra exatamente os níveis de lactato.

O trabalho excessivo com determinada sobrecarga muscular pode levar os músculos a certo grau de fadiga muscular. A fadiga muscular pode ser definida como “qualquer redução na capacidade de exercer força num esforço voluntário” (EDWARDS, 1981; BIGLAND - RITCHIE et al., 1995).

A fadiga é o efeito do estorço continuado, que provoca uma redução reversível da capacidade do organismo e uma degradação qualitativa desse trabalho. A fadiga é causada por um conjunto complexo de fatores, cujos efeitos são cumulativos. Em primeiro lugar, estão os fatores fisiológicos, relacionados com a intensidade e da duração do trabalho físico e intelectual. Depois, há uma série de fatores psicológicos,

como a monotonia, falta de motivação e, por fim, os fatores ambientais e sociais, como a iluminação, ruídos, temperaturas e o relacionamento social com a chefia e os colegas de trabalho. GRANDJEAN (1998).

Uma vez que a fadiga reduz a potência muscular, induz ao desconforto e dor, e acredita-se que, em longo prazo, contribua para o desenvolvimento de distúrbios e lesões, é importante quantificá-la e determinar os limites aceitáveis de carga muscular.

Gandevia et al ( 1995 ) apresentou uma revisão literária sobre os mecanismos que contribuem para a fadiga e segundo o autor os fatores metabólicos da fadiga muscular são um dos fatores, uma pequena depleção de ATP (Adenosina Trifosfato) pode ser resultado de um exercício de alta intensidade, mas a redução é modesta. As principais alterações que ocorrem no citoplasma da fibra incluem: (a) formação de ácido lático e, conseqüentemente, um decréscimo no pH devido á liberação de  $H^+$  (Hidrogênio positivo); (b) acréscimo do fosfato inorgânico nas formas  $HPO_4^-$  e  $H_2PO_4^-$ ; (c) redução a fosfocreatina (CP); (d) aumento na concentração de cálcio ( $Ca^{++}$ ); e (e) decréscimo na taxa de hidrólise do ATP. O ácido lático é um ácido fraco produzido pelas células do organismo durante um processo químico no corpo que não requer oxigênio (metabolismo anaeróbico). O metabolismo anaeróbico ocorre apenas quando muito pouco oxigênio está presente para o mais usual metabolismo aeróbico. O ácido lático é um fator contributivo para as câibras musculares. É também produzido nos tecidos quando em condições como ataques cardíacos ou quando algum choque reduz o suprimento de sangue responsável por carregar o oxigênio. Normalmente, o ácido lático é removido do sangue pelo fígado e

quando há um excesso e é acumulado por qualquer razão, o resultado é uma condição chamada de acidose láctica.

O ácido láctico (presente no sangue como íon lactato) é um produto da quebra da glucose para gerar energia. É encontrado primariamente nas células musculares e células vermelhas no sangue. A concentração de lactato no sangue depende do grau de energia produzida e do metabolismo. Os níveis de lactato são aumentados significativamente durante o exercício, já a percepção individual pode ou não estar relacionada com cansaço e reposta imediata ao exercício.

Segundo Santos, Neri et al (1997), a percepção não se inicia com o aparecimento de um sinal sonoro, luminoso, etc. Na realidade, a exploração perceptiva é um fenômeno permanente da atividade cognitiva humana. A cada instante, a percepção é, particularmente, disponível para certos sinais. O espaço é analisado e explorado de forma seletiva. A exploração é dirigida por esquemas antecipativos, que são tanto planificação da ação perceptiva como disponibilidade a tipos de determinadas configurações (ópticas, sonoras, etc.) Estes “esquemas” são desenvolvidos a partir da herança genética e da história profissional do indivíduo e são atualizados pelas configurações que são constantemente percebidas. Desta forma, concomitantes aos testes de Acidose Láctica faz-se necessários realizar entrevistas de percepção de Fadiga Muscular levando em consideração uma escala própria de 0 a 10 criada com o propósito de graduar a sensação de cansaço dos trabalhadores. Desta forma, observando os níveis de ácido láctico presente na corrente sanguínea dos trabalhadores e comparando aos dados de percepção de fadiga muscular podemos desenvolver dados quantitativos sobre os tempos ideais para a realização de rodízio e



podemos indicar ou não se a alternância dos membros utilizados nos postos de trabalho contribui para a redução da fadiga muscular.

Uma das contribuições à realização de rodízios nos postos de trabalho, no aspecto social, busca a qualidade de vida no trabalho. Na opinião de BARBOSA (2001) “numa era em que as organizações se dispõem a adotar a bandeira da qualidade de vida, estimulando as pessoas a desenvolver outros interesses, a manter um equilíbrio entre a vida profissional e a familiar, entre a atividade física e o sedentarismo dos escritórios, entre o lazer e o trabalho, elas nunca investiram tanto em mecanismos que retêm os indivíduos no seu interior, impedindo-os, metaforicamente, de praticar qualidade de vida”.

Observando os dados necessários é importante observar que reduzir problemas específicos de Saúde do Trabalhador, como dores e fadigas musculares é essencial para Qualidade de vida no Trabalho. De acordo com McArdle (1996), a dor muscular tem causa desconhecida, mas o grau de desconforto depende da intensidade e duração do esforço e do tipo de atividade realizada. Segundo o autor, é a magnitude da sobrecarga ativa imposta a uma fibra muscular que desencadeia a dor muscular e não a força muscular absoluta propriamente dita, e pode ter vários fatores que causam esse processo.

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA:

Na fase preliminar de estudos fez-se necessário verificar em diversas empresas o tempo em que o rodízio nos postos de trabalho era realizado e se existia ou não uma

seqüência lógica de rodízio procurando alternar sobrecargas em membros diferentes do corpo. Outro ponto importante é verificar a existência ou não de um treinamento específico para que os trabalhadores realizassem os rodízios. Desta forma, ao realizar os rodízios nos postos de trabalho alternando os grupos musculares utilizados, existe uma redução nos níveis de ácido láctico, nos rodízios realizados com tempo menor do que os realizados em um tempo maior de exposição?

### 1.3 HIPÓTESE DE PESQUISA:

O Ácido Láctico, como indicador de Fadiga Muscular, através de um método adequado de mensuração pode viabilizar um sistema de rodízio a ser aplicado em diversos setores, podendo definir o tempo ideal para a realização do rodízio (como por exemplo, tempos de realização de hora em hora, duas em duas horas ou a cada três horas) e alternância de grupos musculares utilizados.

Como hipótese secundária é importante citar a existência de um tempo ideal para realizar rodízios nos postos de trabalho, desta forma não existirão grandes problemas relacionados à fadiga e lesões dos trabalhadores.

### 1.4 OBJETIVOS DE PESQUISA:

#### 1.4.1 Objetivo Geral

O Objetivo Geral desta pesquisa é avaliar os rodízios realizados com maior periodicidade (tempos menores de permanência em determinado posto de trabalho) e sua compatibilidade na alternância de membros utilizados assim como o seu impacto nos riscos de fadiga muscular, utilizando o ácido láctico como indicador.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos.

- Verificar a eficácia dos padrões de rodízios realizados;
- Verificar adequação do tempo ideal para realização de rodízios;
- Verificar se os tempos adotados para os rodízios assim como a maneira realizada nas empresas condiz com as respostas corporais

#### 1.5 JUSTIFICATIVA

Sendo uma importante ferramenta da ergonomia, espera-se que com um rodízio padronizado nos postos de trabalho sejam facilitadas as divisões de tarefas. A padronização de rodízios é uma contribuição muito importante, visto que as definições de ergonomia dizem respeito à adaptação do trabalho ao homem, privilegiando a dinâmica da atividade humana no trabalho.

Um item de importante relevância é a contribuição no que diz respeito aos gastos com Afastamentos pelo INSS e afastamentos dos trabalhadores levando a prejuízos da empresa e dos trabalhadores. Todos os anos, doentes pagam por tratamentos médicos, hospitalizações, reabilitações e pensões por incapacidades (MANDAL, 1981).

Iida (1990), afirma que um trabalhador durante uma jornada de trabalho pode assumir centenas de posturas diferentes, e em cada tipo de postura, um diferente conjunto de musculatura é requisitado.

Uma das ferramentas adotadas para reduzir o absenteísmo nas empresas é a realização de rodízios, visto que os mesmos reduzem a monotonia e reduzem os

riscos de lesões . Segundo o INSS (Normas Técnicas para Avaliação de Incapacidade, 1998) entre 1970 e 1985 a proporção de distúrbios osteomusculares era de 2 casos para cada 10 mil trabalhadores e, de 1986 a 1992, esse número cresceu para 4 casos para cada grupo de 10 mil funcionários. A ocorrência das LER/DORT é um problema que vem ocorrendo em vários países do mundo. No Japão, atingiu o auge na década de 70, na Austrália nos anos 80. Em 1998, nos Estados Unidos, ocorreram 650 mil novos casos de LER/DORT, responsáveis por 2/3 das ausências ao trabalho, com um custo estimado entre US\$ 15 a 20 bilhões, segundo a Organização Mundial da Saúde.

#### 1.6 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

No capítulo 1 é apresentado o tema, definido o problema, discutidas as hipóteses, apresentados os objetivos, justificativas e limitações da pesquisa.

No capítulo 2 encontra-se a revisão da literatura sobre rodízios nos postos de trabalho, fadiga muscular e sua respectiva fisiologia.

No capítulo 3 são apresentados os Métodos de Avaliação da Fadiga. No caso específico deste trabalho é discutido o Ácido Lático como indicador da Fadiga Muscular. É apresentada uma proposta relativa à percepção de fadiga muscular após as atividades realizadas.

No Capítulo 4 é apresentada a proposta de avaliação de Fadiga deste trabalho e sua metodologia.

No Capítulo 5 são apresentados os Resultados.

No Capítulo 6 é apresentada a discussão estatística do trabalho assim como as conclusões do autor.

## CAPÍTULO 2

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 A CIÊNCIA ERGONÔMICA

A ergonomia evoluiu dos esforços do homem em adaptar ferramentas, armas e utensílios às suas necessidades e características. O primeiro uso documentado da palavra ergonomia ocorreu em 1857 na Polônia, mas somente a partir do século XX que começaram a surgir estudos mais organizados na área (Couto, 1995).

WISNER (1987) define a ergonomia "como um conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a *concepção* de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia" (p. 12).

Segundo DUTRA (1999) esta definição é a mesma adotada pela SELF (*Société d'Ergonomie de Langue Française*).

IIDA (1990), por sua vez, define ergonomia como sendo "o estudo da adaptação do trabalho ao homem. O trabalho aqui tem uma aceção bastante ampla, abrangendo não apenas aquelas máquinas e equipamentos utilizados para transformar os materiais, mas também toda a situação onde ocorre o relacionamento entre o homem e seu trabalho. Isso envolve não somente o ambiente físico, mas também os aspectos organizacionais de como esse trabalho é programado e controlado para produzir os resultados desejados" (p. 1).

A origem do termo “*ergonomia*” é creditada, por vários autores, ao pesquisador polonês do século XIX, W. Jastrzebowski, quando este o utilizou para uma de suas pesquisas.

MORAES & MONT’ALVÃO (2000) acrescentam que outros termos são utilizados neste início, tais como “*human factors engineering* (engenharia dos fatores humanos), *engineering psychology* (esta expressão poderia ser traduzida por ergopsicologia), *man-machine engineering* (engenharia homem-máquina) e *human performance engineering* (engenharia do desempenho humano)” (p. 9).

Ao longo dos últimos quinze anos a metodologia ergonômica originada na análise do trabalho se diversificou e se solidificou com um conjunto considerável de pesquisas e estudos. Wisner (1994) cita, em particular, os seguintes pontos:

- Extensão da análise do ambiente, acrescentando os aspectos demográfico, biológico e antropológico;
- Metodologia das análises das atividades do trabalho;
- Metodologia da elaboração das soluções, acima das recomendações;
- Extensão e aprofundamento dos critérios de êxito da intervenção.

(Wisner, 1994)

Estas proposições formaram um novo campo para a ergonomia, ainda mais amplo, pois se até então esta se voltava para a análise especificamente do posto de trabalho e nas recomendações e sugestões de melhorias, utilizadas por inúmeros profissionais, e que apresentava seu foco de atenção sobre as estações de trabalho individuais e aspectos microergonômicos dos sistemas trabalho, que encontravam um forte

impedimento no entendimento mais amplo do papel do trabalhador dentro das organizações, levando a uma dificuldade de se incorporar a ergonomia dentro dos objetivos organizacionais, foram motivos suficientes para fazer surgir um terceira geração da ergonomia, visto que as duas primeiras gerações buscavam apenas a análise e proposição de melhorias conforme citado neste parágrafo.

A dimensão dos problemas a serem considerados quando se trata de adaptar a tecnologia à população é tamanha que o estudo do ambiente, no que concerne aos aspectos técnicos, econômicos, sociais, demográficos e antropológicos, não representam mais tão somente um pré-requisito do estudo ergonômico e sim uma parte integrante do todo (Wisner, 1994).

Quando se refere a métodos de pesquisa em ergonomia, FIALHO & BRAVIANO (2000) emitem a seguinte opinião: “a pesquisa em ergonomia se caracteriza por uma abordagem holística de sistemas complexos, geralmente irreduzíveis. Os problemas, muitas vezes envolvendo conceitos subjetivos, como qualidade de vida, motivação, e outros, sugerem um método heurístico em que, através de um aprofundamento gradativo e sistemático, clareando-se o assunto, sem jamais esgotá-lo” (p. 24).

## 2.2 ABORDAGENS EM ERGONOMIA

As abordagens ergonômicas visam identificar, através de observações no local de trabalho, quais os fatores que interferem nas condições de trabalho. Pode-se classificar estas abordagens em dois tipos: Análise de Sistemas e Análise dos Postos de Trabalho. Wisner (1994) descreve como é feita esta abordagem, “Não se trata

mais de fazer com que a tarefa seja descrita pela direção, e sim de analisar as atividades de trabalho...” e também complementa com a seguinte descrição, “Todas as atividades devem ser observadas, sejam elas prescritas, imprevistas ou até inconscientes por parte dos trabalhadores”.

A Análise de Sistemas é a preocupação com o funcionamento global de uma equipe de trabalho utilizando uma ou mais máquinas (Iida, 1993). Já a Análise dos postos de trabalho é a abordagem ergonômica ao nível do posto de trabalho, priorizando as análises da tarefa e da atividade, com as posturas e os movimentos realizados, como também exigências físicas e psicológicas do trabalhador (Iida, 1993). Logo na análise ergonômica do trabalho é estudado detalhadamente todo o aspecto importante relacionado ao trabalho, desde os aspectos físicos, ambientais e organizacionais do trabalho, como seus componentes no desenvolvimento de sua atividade.

### 2.3 ERGONOMIA APLICADA AO TRABALHO

Para COUTO (1995) todas as situações de esforço estático, ou isométrico levam a uma consequência primária chamada fadiga muscular, em que ocorre dor no segmento afetado devido ao acúmulo de ácido láctico. A fadiga pode acarretar também o aparecimento de tremores, que contribuem para ocorrência de erros na execução das atividades. Segundo o autor as 10 situações de esforço estático mais comuns no trabalho são: trabalhar com o corpo fora do eixo vertical natural; Sustentar cargas pesadas com os membros superiores; trabalhar rotineiramente equilibrando o corpo sobre um dos pés, enquanto o outro aperta um pedal; trabalhar com os braços acima do nível dos ombros; trabalhar com os braços abduzidos de



forma sustentada ( posição de “asas abertas”); realizar esforços de manusear, levantar ou transportar cargas pesadas; manter esforços estáticos de pequena intensidade, porém um grande período de tempo; pó exemplo, trabalhar com terminal de vídeo de computador muito elevado leva a esforço estático e fadiga dos músculos trapézios; trabalhar sentado, porém sem utilizar o apoio para o dorso, sustentando o tronco através de esforço estático dos músculos das costas; trabalhar sem apoio para os antebraços, e tendo que sustentá-los pela ação dos músculos dos braços; trabalhar de pé, parado.

Segundo COUTO (1995) todas as situações em que, ao fazer um esforço físico, a distância da potência a ponto de apoio esteja muito pequena e a distância da resistência a ponto de apoio esteja muito longa, todas as situações de desagregação do esforço muscular, isto é, quando o indivíduo tem que fazer um esforço lento, sob controle, de sentido contrário ao que seria a ação motora natural. Por exemplo, colocar uma caixa pesada no chão, de forma lenta são situações que levam à fadiga muscular.

#### 2.4 AS DOENÇAS OCUPACIONAIS - L.E.R / D.O.R.T.

Os relatos de doenças ocupacionais são muito antigos, sendo que provavelmente um dos primeiros registros, segundo Couto (2000, p. 31), sobre distúrbios funcionais dos membros superiores por sobrecarga, vem da Bíblia:

*“Eleser permaneceu firme e massacrou os filisteus até que sua mão se cansou e se enrijeceu sobre a espada”* (livro II de Samuel, cap. 23, vers. 10).

Bernardino Ramazzini, médico italiano, escreveu em 1700 o livro *As Doenças dos Trabalhadores*. Nele cita as lesões em duas passagens: ao falar da doença dos escribas e notários, uma espécie de cãibra e dormência que acometiam aqueles que tinham como função escrever durante todo o dia e, no capítulo das doenças das posições forçadas e inadequadas do corpo, o que pouco a pouco pode produzir graves enfermidades (RAMAZZINI, 1999, p.25).

Ramazzini havia encontrado sinais desta moléstia quando colocou em sua obra *De Morbis Artificum Diatriba*: *“aqueles que levam a vida sedentária, e são chamados por isso artesão de cadeira, como sapateiros, alfaiates e os notários, sofrem doenças especiais decorrentes de posições viciosas e da falta de exercícios”*.

Ele observou as doenças dos notários e dos escribas, e afirmou: *“... são três as causas das doenças dos escreventes: 1. contínua vida sedentária; 2. contínuo e sempre o mesmo movimento de mão e 3. atenção mental para não manchar os livros”*. (RAMAZZINI, 1999, p. 235).

No Brasil, os primeiros relatos sobre lesões por esforços repetitivos ocorreram com os digitadores. Na década de 80 essas lesões se manifestaram com os bancários e a partir da década de 90 em linhas de montagem de produção.

No entanto, a legislação mais específica sobre as condições de trabalho foi editada somente em 8 de junho de 1978, através da Portaria nº 3214, denominada de Normas Regulamentadoras (NRs).

Com a Constituição Federal, em 1988, tem-se um avanço no campo do trabalho e da saúde, que trata a questão como direito do indivíduo à promoção e prevenção, na qual saúde e condições de trabalho constituem hoje um direito do trabalhador, determinando em seu Art. 7, Inciso XXII: “*a redução dos riscos inerentes ao trabalho por meios de normas de saúde, higiene e segurança no trabalho*”.

Em 23 de novembro de 1990, a Portaria nº 3.751, NR 17, tem a seguinte definição:

17.1 – Esta norma regulamentadora visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho as características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Codo (1997, p. 256), comentando a Lei Orgânica Nacional da Saúde nº 8.080, de 19 de dezembro de 1990, define a saúde do trabalhador, dizendo que:

Entende-se por saúde do trabalhador, para fins desta lei, um conjunto de atividades que se destina, através das ações de vigilância epidemiológica e vigilância sanitária, a promoção e proteção da saúde dos trabalhadores, assim como visa a recuperação e a reabilitação da saúde dos trabalhadores, submetidos aos riscos e agravos advindos das condições de trabalho.

## 2.5 CAUSAS E SINTOMAS DAS LER/DORT

Conforme protocolo de investigação, diagnóstico, tratamento e prevenção das LER/DORT, do Ministério da Saúde (2000 p.10):

Não há uma causa única e determinada para a ocorrência de LER/DORT. Vários são os fatores existentes no trabalho que podem concorrer para seu surgimento: repetitividade de movimentos, manutenção de posturas inadequadas por tempo prolongado, esforço físico, compressão mecânica sobre um determinado segmento do corpo, trabalho muscular estático, vibração, frio, fatores organizacionais e psicossociais.

Para que sejam considerados fatores de risco para a ocorrência de LER/DORT, é importante que se observe sua intensidade, duração e frequência.

Como elementos predisponentes, ressaltamos a importância da organização do trabalho, caracterizada por manter uma exigência de ritmo intenso de trabalho, sem as devidas pausas para recuperação psicofisiológicas, conteúdo das tarefas, existência de pressão por resultados, autoritarismo das chefias e mecanismos de avaliação de desempenho baseados em produtividades, inobservância de fatores críticos, diferenças individuais do ser humano, tais como sexo, idade e a capacidade física e cognitiva, além de outras situações. Por exemplo, com a falta de oportunidades devido ao mercado de trabalho, o funcionário permanece na Empresa mais por uma necessidade de sobrevivência humana do que por uma identificação com o trabalho desenvolvido.

Os diagnósticos das LER/DORT nas empresas são na maioria das vezes baseados no exame clínico, porém é imprescindível uma análise completa, que contemple a história das atividades profissionais desenvolvidas pelo paciente, a história da doença e um exame clínico detalhado como conclusão.

Somente nos casos mais avançados da doença é que se evidenciam sinais como inflamações, crepitação, perda de sensibilidade e perda de movimentos da região afetada. Sendo assim, os exames laboratoriais: ultra-sonografias, raios X, eletroneuromiografias, dentre outros, são considerados exames complementares, que poderão facilitar a identificação da patologia específica a que o paciente está acometido. Em muitas situações esses exames podem dar um resultado inalterado, porém pode haver um quadro inicial da lesão.

Couto (1998, p. 108) comenta que:

As doenças musculoesqueléticas ocupacionais situam-se dentro de um contexto multifatorial, no qual os aspectos emocionais assumem, com frequência, um papel importante como agentes causadores de doenças.

Avaliar corretamente a interrelação entre esses fatores é o primeiro passo para compreender as doenças e para tratá-las com eficácia.

Segundo Codo (1997), as LER/DORT são ocasionadas pela utilização biomecanicamente incorreta dos membros superiores, que resultam em dor, fadiga, queda da performance no trabalho, incapacidade temporária, e podem evoluir, conforme o caso, para uma síndrome dolorosa crônica, que causa transtornos funcionais e mecânicos, ocasionando lesões de músculos, tendões, fâscias, nervos e ou bolsas articulares nos membros superiores e que também pode ser agravada por fatores psíquicos, no trabalho ou fora dele.

De acordo com Kesler e Finholt (1980), Sommerich et al (1993) e Williams e Westmorland (1994), os seguintes fatores ocupacionais estariam associados à presença de sintomas nos membros superiores: características posturais assumidas no trabalho, equipamentos inadequados, ausência de pausas durante a jornada, insatisfação no trabalho e treinamentos inadequados. Além desses, também os fatores não ocupacionais, como pouco tempo de lazer; características demográficas, sexo, estado civil, filhos e hábitos pessoais como prática de esportes. Soma-se aos fatores ocupacionais já relatados os estresses mecânicos localizados, movimentos vibratórios, temperaturas frias e outros que conformariam quatro categorias.

De acordo com Putz-Anderson (Sommerich et . al., 1993): nível de esforço empregado, quantidade e frequência da atividade repetitiva, postura e tempo de repouso. Bammer (1993, p. 33) procurando alinhar os estudos feitos sobre lesões por esforços repetitivos, reuniu investigações cuja análise tivesse utilizado técnicas

multivariadas. Entre os achados mais significativos destacaram-se os fatores relacionados à organização do trabalho, tais como as pressões de tempo e de produtividade, monotonia e grau de autonomia sobre o que faz.

Com relação ao papel dos fatores não diretamente relacionados ao trabalho, como idade e aspectos psicossociais, bem como ao papel dos componentes biomecânicos, os resultados foram bastante variados e as associações estatísticas frágeis. Exceção deve ser feita para as posturas pelos segmentos corporais no desempenho das atividades de trabalho. Bammer (1993) refere-se ainda às principais associações verificadas por categorias específicas nos estudos de prevalência, sendo elas: dentistas e doenças cervicais e do ombro; embaladoras e caixas e síndrome do desfiladeiro torácico; operadores de terminais de vídeo e síndrome no pescoço; soldadores de estaleiro e síndrome do impacto.

Quanto aos sintomas avaliados, Bammer (1993) mostra que a direção das pesquisas pode ser reunida em três grandes grupos: os relacionados aos sintomas gerais, como dor, parestesias e redução de força, sendo tratados como uma única “entidade” e os chamados de LER, doença cervicobraquial ou doenças por traumas cumulativos. O segundo grupo aborda doenças específicas, como síndrome do túnel do carpo, por exemplo, havendo poucos estudos e mostrando prevalências menores em relação ao anterior. O terceiro grupo concentra-se sobre sintomas em região/segmento anatômico, mostrando maiores prevalência para doenças do ombro e pescoço.

As principais causas das LER/DORT são os fatores biomecânicos e organizacionais do trabalho, que podem ser caracterizados em quatro grupos 1) Força; 2) Posturas

incorretas dos membros superiores; 3) Repetitividade e 4) vibração e compressão mecânica COUTO (1998).

Inúmeros são os fatores organizacionais que provocam e/ou agravam as LER/DORT, tais como pressão no trabalho, horas extras, número de funcionários insuficientes, entre outros fatores. COUTO (1998).

Entre 1970 e 1985 a proporção era de 2 casos para cada 10 mil trabalhadores e, de 1986 a 1992, esse número cresceu para 4 casos para cada grupo de 10 mil funcionários. Essas lesões atingem o trabalhador no auge de sua maior produtividade e experiência profissional, já que a maior incidência ocorre na faixa de 30 a 40 anos de idade (INSS, 1998).

A ocorrência das LER/DORT é um problema que vem ocorrendo em vários países do mundo. No Japão, atingiu o auge na década de 70, na Austrália nos anos 80. Em 1998, nos Estados Unidos, ocorreram 650 mil novos casos de LER/DORT, responsáveis por 2/3 das ausências ao trabalho, com um custo estimado entre US\$ 15 a 20 bilhões, segundo a Organização Mundial da Saúde (2000).

No Brasil, só foi reconhecida pela Previdência Social como doença ocupacional em 1987, como “tendinite do digitador”. Em 1993 foi instituída pelo INSS o nome de Lesão por Esforço Repetitivo (LER). Em 1998, a nomenclatura e a norma foram alteradas para Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT). (Fonte Jornal Folha de São Paulo, 09.08.2000).

### 2.5.1 Sobrecargas Posturais Relacionadas Ao Trabalho

Nos últimos 20 anos tem aumentado os estudos referentes à coluna vertebral e membros superiores, pelas manifestações de alterações posturais decorrentes na maioria das vezes pela manutenção da postura nas exigências das atividades de trabalho.

O estilo de vida da população moderna leva a inadequações musculares que propiciam sobrecargas estruturais, principalmente na coluna vertebrais, devido à imposição de atividades especializadas e limitadas; sedentarismo e manutenção de posturas inadequadas, por períodos prolongados. Fatores ambientais tal como projeto ergonômico deficiente da maioria dos assentos disponíveis nos ambientes de trabalho, manutenção da postura em pé por tempo prolongado, atividades de carregamento de carga proporcionando sobrecarga nas estruturas da coluna vertebral, manutenção dos membros superiores e inferiores em posição de desconforto por muito tempo, manutenção de postura sentada com flexão ou torção do tronco e muitas outras posturas inadequadas para o corpo humano que proporcionam estresse físico, gerando queda na produtividade de trabalho. Qualquer alteração pode gerar solicitações funcionais prejudiciais que ocasionam aumento de fadiga no trabalhador e leva ao longo do tempo a lesões graves, até mesmo irreversíveis CHAFFIN (2001).

Mooney (2000) relata que, uma das maiores causas de afastamento prolongado do trabalho e de sofrimento humano são os transtornos da coluna vertebral. As cervicalgias e lombalgias apresentam uma incidência impressionantemente alta no



trabalhador, muitas vezes precipitada pelas condições de trabalho que decorrem da utilização biomecanicamente incorreta da “máquina humana”. Segundo a organização mundial da saúde, estima-se que 80% da população mundial ainda vai sofrer ou já sofreu de dores nas costas. Aproximadamente 60% dessas dores são causados por dores musculares, em geral por retrações dos músculos devido à má postura, esforço físico, movimentos repetitivos feitos de maneira errada e predisposição genética.

Quase metade da população que trabalha na indústria está sofrendo de dores no Brasil. Todos os anos, doentes pagam por tratamentos médicos, hospitalizações, reabilitações e pensões por incapacidades (MANDAL, 1981). Iida (1990), afirma que um trabalhador durante uma jornada de trabalho pode assumir centenas de posturas diferentes, e em cada tipo de postura, um diferente conjunto de musculatura é requisitado. Se o trabalhador executa suas atividades numa postura estática prolongada, seja ela de pé ou sentada, terá um índice de dor e desconforto menor com a alternância de postura. Se o trabalhador atuar na postura em pé durante toda a jornada, maior número de grupos musculares estarão atuando contra a ação da gravidade proporcionando maior desconforto e dor, acionando precocemente o mecanismo de fadiga muscular. E o trabalhador que atua numa postura na qual se sente confortável e sem dor, apresentará melhores índices de eficiência e produtividade.

As estruturas do corpo humano necessitam de movimentos, por sofrer freqüentes situações de trabalho onde as posturas são mantidas por longo tempo em atividade muscular ou movimentos repetitivos às custas de mesmos grupos musculares,

levando ao aumento da tensão muscular podendo apresentar o aparecimento de processos irritativos, produzindo até processos inflamatórios nas estruturas osteoarticulares com sintomas, entre eles, a dor, que pode muitas vezes levar a um grande consumo energético e, conseqüentemente à fadiga muscular. Outro fator importante a ser considerado é a compressão dos vasos sanguíneos e estruturas adjacentes causada por situações de atividade muscular sustentada ou apoio de uma mesma superfície corporal, provocando diminuição do aporte sanguíneo levando à sensações de formigamento, desconforto ou dor localizada ou, em situações mais graves, processos inflamatórios.

Com o passar do tempo, por manutenção ou repetição de uma pressão significativa sobre o disco intervertebral, por exemplo, através de manuseio de cargas em posição biomecanicamente desfavorável, ocorre uma diminuição ou uma perda de sua elasticidade e resistência, tornando precoce o início de um processo degenerativo fisiológico e até mesmo a eclosão de uma hérnia de disco. Apesar do avanço tecnológico em muitas atividades de trabalho, como levantar, empurrar, puxar ou transportar carga por processos mecanizados, que reduzem agressões físicas diretamente à coluna vertebral, ainda são identificadas situações de trabalho onde há grande exigência de esforço físico para as suas realizações, colocando em risco a saúde do trabalhador (KNOPLICH, 1983; GRANDJEAN, 1980).

Os maus hábitos posturais, muitas vezes, vindos da infância constituem-se em uma das primeiras razões para o desenvolvimento das alterações não-funcionais nos

tecidos moles. Quando certas posturas defeituosas são mantidas por longos períodos de tempo, perde-se simultaneamente a capacidade de executar certos movimentos. A negligência postural pode eventualmente induzir à disfunção irreversível, resultando em uma perda permanente de movimento e função e possivelmente no desenvolvimento de deformidade postural. O estiramento excessivo das estruturas que envolvem o corpo (músculos e ligamentos) induz à deformação mecânica e resulta em dor postural. Portanto, a fadiga ligamentar sucede a fadiga muscular (WAYKE, 1980).

Em termos gerais, os danos podem ocorrer através do longo período provocado pela adoção de posturas de trabalho manual com sobrecarga. A lesão parece ocorrer mais quando envolve fadiga postural, particularmente aquela associada com a sustentação de cargas por períodos e atividades de puxar e empurrar. Um fato pouco aceito por aqueles que mantêm uma lesão é que seu problema raramente se limita a uma única estrutura, havendo a possibilidade de que lesões menores, repetidas, possam produzir um efeito cumulativo que resultam em alterações degenerativas, episódios agudos de dor e incapacidade. O risco de dores aumenta segundo as demandas da tarefa, isto é, o risco de lesão aumenta com as exigências das tarefas associadas. O trabalhador que exerce suas funções em posturas desfavoráveis sente as conseqüências do aumento da fadiga e em longo prazo, problemas funcionais graves. A ação de levantar pesos não agride apenas a coluna, mas pode causar agressões ao sistema locomotor; aumento de pressão intratorácica; aumento da pressão intracirculatória e fadiga muscular (HYNE, 1994).

Araújo e Alexandre (1994), confirmam em seus estudos, que as dores e queixas crônicas relacionadas à coluna vertebral constituem um complexo desafio para a saúde ocupacional. A literatura descreve inúmeras terminologias mediante seus sintomas, entre elas: costas dolorosas, cervicobraquialgias, dores na coluna,

Síndromes dolorosas e algias vertebrais, Corlett et al em 1979, reconhecem a postura de trabalho como um aspecto muito importante para limitar o tempo ou a eficiência da performance do trabalhador, e que quando adotada por longo período, causa danos ao corpo e à saúde. Mas ainda não se têm critérios para definir o que é uma postura “adequada” ou por quanto tempo a postura adotada numa atividade de trabalho é segura. Corlett (1979) demonstrou a localização das dores nas costas relacionadas à posturas de trabalho inadequadas, descritas por Wely (1970).

### 2.5.2 Fadiga no Ambiente de Trabalho e sua Associação com as DORT'S

Com o trabalho cada vez mais industrializado, é possível verificar o aumento da demanda por tarefas que exigem esforço e rapidez por parte dos trabalhadores. Aos tecidos moles corporais e ao esqueleto sobrevêm diversos danos, trazendo desconforto ao trabalhador e tornando-o suscetível a traumas maiores. O tronco e os membros superiores são as regiões que mais sofrem as conseqüências de uma excessiva exposição a fatores de risco para lesões por traumas cumulativos. Estas, segundo o Diário Oficial de 19/08/98 (DOU, 1998), receberam uma nova

nomenclatura, distúrbios musculares relacionados ao trabalho – que compreendem uma síndrome clínica caracterizada por dor crônica, acompanhada ou não por alterações objetivas e que se manifesta principalmente no pescoço, cintura escapular e/ou membros superiores, em decorrência do trabalho.

A dor é decorrente de forças excessivas, sejam externas ou internas. São consideradas forças excessivas, as atividades repetidas como extensão, flexão e/ou rotação de um segmento corporal; e chamadas de “perturbadoras” as forças internas que enfraquecem a função neuromusculoesquelética, portanto consideradas inadequadas, entre elas a ansiedade, falta de treinamento e a fadiga (GRANATA & MARRAS, 1999; MARRAS, 2000).

Uma atividade laboral que exige uma postura estática deve ser evitada em períodos longos de tempo, por ser altamente fatigante. Quando o trabalho estático não pode ser evitado, pode ser aliviado, permitindo mudanças de posturas, melhorando o posicionamento dos objetos, ou providenciando apoios para as partes do corpo, com o objetivo de reduzir as contrações estáticas dos músculos. Pausas também devem ser concedidas, de curta duração, mas com elevada frequência, para permitir o relaxamento muscular e o alívio da fadiga (IIDA, 1995)

Num diagnóstico clínico, a tendinite mais comum é o do músculo supra-espinhoso que realiza imensa quantidade de movimentos, sofrendo microtraumas-repetidos, podendo chegar à degeneração progressiva à necrose. Abdução e rotação externas repetidas do ombro levam a processo inflamatórios degeneração e, algumas vezes,

ruptura parcial do manguito rotador, gerando impossibilidade de movimentos com o braço, devido à dor (OLIVEIRA, 1991).

Com o advento dos maquinários em células, um indivíduo deve seguir o ritmo de trabalho imposto pela máquina, que muitas vezes se encontra fora de condições ergonômicas (OLIVEIRA, 1991).

Se a velocidade das contrações musculares aumentarem durante uma determinada atividade, chega-se a um limite que resultará em fadiga muscular (metabolismo anaeróbico), o que é muito observado nos casos de DORT'S principalmente de membros superiores. (CAILLET, 1999).

As cargas externas sobre o sistema músculo-esquelético podem resultar em repetições e forças elevadas sobre os músculos, tendões e articulações. Pelo fato de as atividades relacionadas ao trabalho serem, em geral, determinadas pela vontade (fator de regulação), os picos de estresses sobre os tecidos estão normalmente dentro dos limites de capacidade física ou força dos tecidos, desde que elas sejam de curta duração e os períodos de repouso, adequados.

A manutenção da carga sobre os tecidos ou a realização de esforços muito frequentes pode, no entanto, resultar em redução da capacidade funcional. No músculo, desenvolve-se um processo de fadiga metabólico-dependente, juntamente com dor aguda. Em adição, pode ocorrer dano mecânico e processo inflamatório das microfibrilas e tecido conjuntivo dos tendões, músculos e articulações.

Assim, se esforços contínuos ou repetitivos forem realizados diariamente ao longo de semanas ou até mais, e se os níveis de estresse forem elevados, a dor crônica e a degeneração tissular podem acontecer. Há um ponto considerado ótimo de esforço e velocidade, onde é máximo o rendimento do trabalho, e mínima a fadiga, totalmente individualizado (IIDA, 1995).

## 2.6 FADIGA MUSCULAR

O conceito, a predição e os principais métodos de análise e estimativa da fadiga muscular serão exemplificados neste tópico, o entendimento do limite de resistência do sistema músculo-esquelético possui grande aplicabilidade na ergonomia, pois a determinação de limites aceitáveis da fadiga muscular em atividades laborais, ajudam a prever quais são as atividades ocupacionais saudáveis ao trabalhador.

A fadiga muscular pode ser definida como “qualquer redução na capacidade de exercer força num esforço voluntário” (EDWARDS, 1981; BIGLAND - RITCHIE et al., 1995).

Hollmann e Hettinger (1989) definem a fadiga como uma redução reversível da capacidade funcional em consequência do exercício. Foss et al (2000) conceituam como declínio da capacidade de gerar tensão muscular com a estimulação repetida e Hargreaves (1995) como uma progressiva deterioração da performance

Este tipo de falência é visto por muitos pesquisadores como uma adaptação do sistema neuromuscular que ajuda a prevenir lesões musculares graves. Além disso, o

nível de fadiga e o mecanismo subjacente ao seu desenvolvimento dependem do tipo de exercício muscular (ENOKA & STUART, 1992): contrações de alta e baixa intensidade, estáticas ou intermitentes e isométricas ou dinâmicas. As mudanças metabólicas musculares e o comprometimento de sua ativação contribuem para o declínio da potência muscular resultando em fadiga. Enoka (2000) considera estes mecanismos como uma classe de efeitos que envolvem os processos motores e sensoriais interferindo e prejudicando o desempenho. Nesse sentido, Enoka & Stuart (1992) relatam que a fadiga não ocorre por um mecanismo isolado; os mecanismos que a envolvem variam de condição, denominada dependência da tarefa, ou seja, fatores que envolvem a atividade física, como músculos envolvidos, duração da atividade, quantidade de força.

A fadiga é o efeito do esforço continuado, que provoca uma redução reversível da capacidade do organismo e uma degradação qualitativa desse trabalho. A fadiga é causada por um conjunto complexo de fatores, cujos efeitos são cumulativos. Em primeiro lugar, estão os fatores fisiológicos, relacionados com a intensidade e da duração do trabalho físico e intelectual. Depois, há uma série de fatores psicológicos, como a monotonia, falta de motivação e, por fim, os fatores ambientais e sociais, como a iluminação, ruídos, temperaturas e o relacionamento social com a chefia e os colegas de trabalho GRANDJEAN (1968).

Couto (1996) define a fadiga como um estado de diminuição reversível da capacidade funcional de um órgão, de um sistema ou de todo organismo, provocado por uma sobrecarga na utilização daquele órgão, sistema ou organismo. No estado de fadiga, a situação presente é de uma diminuição, e não de uma exaustão da



capacidade funcional: efetivamente, podemos observar que o indivíduo fatigado pode continuar a realizar o trabalho que vinha fazendo, em intensidade e frequência iguais ou até mesmo maiores que as anteriores, desde que exista um estímulo importante para tal. O estado de fadiga, por si só, não é um estado grave, ao contrário, pode constituir numa manifestação positiva de alerta para o organismo, que informa ao indivíduo da conveniência de não forçar a atividade que esteja desenvolvendo.

Gandevia et al (1995) realizou no seu livro uma revisão sobre os mecanismos que contribuem para a fadiga. Os fatores metabólicos da fadiga muscular é um dos fatores, uma pequena depleção de ATP pode ser resultado de um exercício de alta intensidade, mas a redução é modesta. As principais alterações que ocorrem no citoplasma da fibra incluem: (a) formação de ácido láctico e, conseqüentemente, um decréscimo no pH devido á liberação de  $H^+$  ; ( b) acréscimo do fosfato inorgânico nas formas  $HPO_4^-$  e  $H_2PO_4^-$  ; (c) redução a fosfocreatina ( CP ); (d) aumento na concentração de cálcio (  $Ca^{++}$ ); e (e) decréscimo na taxa de hidrólise do ATP. Todas estas alterações contribuem para o declínio na força pelo comprimento dos processos, associado ao ciclo de acoplamento e desacoplamento das pontes cruzadas. Além disso, o suprimento de substratos energéticos e oxigênio, assim como o acúmulo de metabólicos, são altamente influenciados pelo fluxo sanguíneo. O grau de isquemia (falta de oxigênio) que resulta da pressão intramuscular maior que a pressão sistólica, varia com o tipo de exercício (estático ou dinâmico) e com a intensidade da contração muscular. Medidas de pressão intramuscular (Edward et al., 1972; Saltin et al, 1981; Sjogaard et al, 1986) indicam que a restrição do fluxo sanguíneo se inicia quando a força de contração atinge 10 a 20 % da contração

máxima voluntária (CMV) e aumenta com a intensidade da força. Alguns músculos tornam-se isquêmicos quando as forças de contração alcançam mais de 50% da CMV. A fadiga ou o declínio na força resultante de uma CMV mantida é reduzido se, para o mesmo produto tensão-tempo, o exercício incluir repouso periódico. Vários estudos mediram o período de tempo em que um esforço voluntário estático pode ser mantido (isto é, o tempo de resistência do músculo) em relação à força do músculo envolvido. Como descrito anteriormente, a principal razão de ocorrência de fadiga muscular localizada é a redução do fluxo sanguíneo, dentro do músculo em contração estática., cujo o grau depende da força exercida pelo mesmo.

Sjogaard et al (1986) observaram que havia um aumento significativo na percepção da fadiga a 5% da CMV e que havia um aumento correspondente de 10 % no conteúdo hídrico do músculo neste nível de contração, quando mantidas por longos períodos de tempo. Outras pesquisas estimaram o limite de resistência em 8% da CMV ( BJÖRKSTEN e JONSSON, 1977) e recomendaram 5 % como sendo o limite para a população em geral para trabalhos estáticos contínuos dos membros superiores. Em contraste com estes valores relativamente baixos para resistência muscular dos membros superiores, Jörgensen (1997) encontrou que os músculos extensores lombares eram capazes de manter esforços acima de 15% da CMV por longos períodos de tempo.

Bergstrom, et al (1967), observaram os resultados de uma experiência na qual os depósitos iniciais de glicogênio muscular eram modificados em nove indivíduos através de manipulação dietética. Numa condição, a ingestão calórica normal era mantida por 3 dias, porém a maior quantidade de calorias era fornecida na forma de

gorduras. Na segunda condição, a dieta de três dias era normal e continha os percentuais diários recomendados de glicídios, lipídios e protídios. Na terceira dieta, 82% das calorias era, fornecidos na forma de glicídios. O conteúdo em glicogênio do músculo quadríceps femural, determinado por biópsia com agulha, era em média de 0,63, 1,75 e 3,75g de glicogênio por 100g de músculo úmido como resultado das dietas ricas em lipídios, norma e rica em glicídios, respectivamente.

A capacidade de endurance na bicicleta ergométrica variava consideravelmente , dependendo da dieta que cada pessoa consumia durante os três dias que antecediam o teste. Com a dieta normal, o exercício moderado podia ser tolerado por uma média de 114 minutos, enquanto que a resistência era em média de apenas 57 minutos com a dieta rica em lipídios. A capacidade de resistência das pessoas alimentadas com uma dieta hiperglicídica era mais de três vezes maior do que quando as mesmas pessoas consumiam a dieta rica em lipídios. Esses resultados mostram claramente a importância do glicogênio muscular para o exercício prolongado com duração superior a uma hora e enfatizam o importante papel da nutrição no estabelecimento da fadiga muscular.

Apesar da estreita relação entre a redução da força e alterações metabólicas ou do fluxo sanguíneo, estes mecanismos não são a única causa de fadiga muscular localizada.

O comprometimento da ativação na fadiga central também consiste em um limitador da força, a estimulação muscular central, ou a fadiga central, está associada com a motivação, percepção de esforço de um indivíduo e integridade do comando motor

através dos tratos descendentes. Esses fatores podem limitar a intensidade da força produzida pelos músculos. A capacidade de ativar um número ótimo ou maior números de unidades motoras num músculo é bastante influenciada pela motivação e grande treinamento. É bem conhecido que a performance muscular é aumentada em competições, como em esportes. Além do mais, a motivação é altamente dependente da percepção do esforço. Quando há um esforço estático, a magnitude da percepção do mesmo aumenta com a fadiga, o que induz a um decréscimo no controle motor voluntário e, portanto afeta a força muscular exercida. A fadiga central pode ser momentaneamente compensada por um *esforço extra*, em resposta a um comando de encorajamento ou motivacional. Esse tipo de comportamento indica que a motivação é uma das causas do declínio da força. Uma demonstração da ocorrência da fadiga central é dada pela medida da força de um abalo muscular em resposta a uma estimulação elétrica máxima de um músculo, superposta a uma contração em andamento (MERTON, 1954; GADEVIA & MCKENZIE, 1988). Se o abalo induzido sobressair ao sinal de contração, então o recrutamento dos motoneurônios pelo comando voluntário não é máximo. A ação de arco reflexos ocorrendo antes das junções motoneurônio-músculo pode também contribuir para o declínio no controle voluntário máximo. A influência de feedbacks negativos tem sido investigada por muitos autores por exemplo BIGLAND – RITCHIE et al , 1986; GARLAND e MacCOMAS, 1980; GANDEVIA et al., 1990; MACEFIELD et al., 1991; WINDHORST e KOKKOROYIANNIS, 1991. Apesar de estes mecanismos contribuírem para a fadiga central, eles se originam nos receptores sensitivos periféricos e nos tratos espinhais. Durante a fadiga induzida pelo exercício, a sua ação resulta numa redução da frequência de ativação do motoneurônio.

Os mecanismos de fadiga periférica estão associados à falência da excitação muscular. Estes mecanismos incluem: (a) a falência da propagação dos potenciais de ação ao longo dos axônios dos neurônios; (b) a redução da transmissão através da junção neuromuscular (SIECK & PRANKASH, 1995); e (c) o declínio, em intensidade dos potenciais de ação (FUGLEVAND, 1995). Estes efeitos são observados através de alterações nas características eletromiográficas durante esforços estáticos.

A falência no acoplamento excitação – contração acontece como resultado da seqüência de eventos disparados por um potencial de ação muscular e leva a uma ativação das pontes cruzadas via aumento da concentração de  $Ca^{++}$  mioplasmático. É provável que cada evento contribua para desenvolvimento da fadiga. Primeiro, a excitabilidade da membrana de sistema t e do sarcolema decresce com a fadiga (SJOGAARD, 1991), devido a alterações que afetam os canais de íons  $K^+$ . Segundo, a transmissão da excitação do sistema t para o retículo sarcoplasmático decresce com a fadiga (EDMAN & LOU, 1992). Terceiro, menos  $Ca^{++}$  é liberado por impulso, quantidade esta que pode ser alterada por muitos fatores fisiológicos (STEPHENSON et al., 1995).

É importante enfatizar novamente que os locais de ocorrência de fadiga são bastante dependentes do tipo de exercício que a desencadeia. Portanto, apenas uma parte dos grupamentos musculares pode estar envolvida à medida que a fadiga se desenvolve devido ao exercício específico. E a combinação complexa dos exercícios e grupos musculares irá determinar a dinâmica da fadiga.

A fadiga fisiológica desde que não ultrapasse certos limites é reversível e o corpo se recupera com pausas concedidas durante o trabalho, ou com o repouso diário. Entretanto existe outro tipo de fadiga chamado crônica, que não é aliviada com pausas ou sonos e tem efeito cumulativo. Com o tempo, pode causar doenças como úlceras, doenças musculares, mentais e até cardíacas. Nessa situação o descanso já não é suficiente para se recuperar, devendo se recorrer ao tratamento médico.

O Sistema aeróbico utiliza a oxidação de substâncias nutrientes nas mitocôndrias para fornecer energia. A glicose, os ácidos graxos e os aminoácidos provenientes dos alimentos, após alguns processamentos intermediários, combinam-se ao oxigênio para liberar grande quantidade de energia, que é usada para converter AMP e ADP em ATP. Comparando-se esse mecanismo aeróbico de fornecimento de energia com o sistema glicogênio – ácido lático e com o sistema de fosfagênio, as intensidades máximas relativas de geração de potência, em termos de geração de ATP por minutos, são as seguintes:

Sistema	M de ATP/min
fosfagênio	4
glicogênio-ácido lático	2,5
aeróbico	1

Por outro lado, comparando-se os sistemas quanto à resistência, os valores relativos são os seguintes:

Sistema	Tempo
fosfagênio	8 a 10 segundos
glicogênio-ácido láctico	1,3 a 1,6 minuto
aeróbico	ilimitado (enquanto durarem os nutrientes)

Desta forma, pode-se logo ver que o sistema do fosfagênio é utilizado pelo músculo para explosões de potência de apenas alguns segundos, ao passo que o sistema aeróbico é necessário para a atividade atlética prolongada. Entre os dois, fica o sistema glicogênio – ácido láctico, que é particularmente importante para produzir potência durante as corridas intermediárias como as de 200 a 800 metros.

Segundo McArdle e col (1998), normalmente, o corpo armazena cerca de 2 litros de oxigênio, que podem ser usados para o metabolismo aeróbico mesmo que não se respire qualquer oxigênio novo. Esse oxigênio armazenado consiste das seguintes parcelas: (1) 0,5 litro no ar contido nos pulmões; (2) 0,25 litro dissolvido nos líquidos corporais; (3) 1 litro combinado à hemorragia do sangue; e (4) 0,3 litro armazenado nas próprias fibras musculares, combinado à mioglobina, uma substância química fixadora do oxigênio semelhante à hemoglobina. No exercício intenso, quase todo esse oxigênio armazenado é utilizado em cerca de um minuto para o metabolismo aeróbico. Em seguida, após o término do exercício, esse oxigênio armazenado tem que se reposto respirando-se um quantidade extra de oxigênio, superior às necessidades normais. Além disso, cerca de mais 9 litros de oxigênio tem que ser consumidos para que possam ser reconstituídos tanto os sistemas fosfagênio quanto o do ácido láctico. Todo esse oxigênio extra tem que se reposto, cerca de 11,5 litros é denominado déficit de oxigênio.

Durante os primeiros minutos, quando a pessoa se exercita muito vigorosamente, o consumo de oxigênio aumenta mais de 15 vezes. Em seguida, mesmo depois de o exercício terminar, o consumo de oxigênio ainda fica acima do normal, permanecendo inicialmente muito alto enquanto o corpo está reconstituindo o sistema do fosfógeno e também repondo a parcela do déficit de oxigênio que corresponde ao oxigênio armazenado. Em seguida, por mais uma hora, fica em nível baixo, enquanto o ácido láctico é removido. A parte inicial do déficit de oxigênio é denominada déficit de oxigênio sem ácido láctico, totalizando cerca de 3,5 litros. A parte final é denominada déficit de oxigênio com ácido láctico, totalizando cerca de 8 litros (MCARDLE 1998).

### 2.6.1 Fadiga e Produtividade Industrial

A fadiga é um dos principais fatores que concorrem para reduzir a produtividade. Em alguns casos, é relativamente fácil localizar as fontes da fadiga, que podem ser a exagerada carga muscular ou ambiente de trabalho não ergonômicos, com ruídos, vibrações, temperaturas ou iluminação inadequada. Em outros casos estão relacionadas com horários, trabalhos em turnos, programações da produção, ou relações pessoais dentro e fora do trabalho. Quando essas causas puderem ser identificadas, devem ser estudadas e resolvidas. Em trabalhos que exigem atividade física pesada, ou em ambientes desfavoráveis, devem ser proporcionadas pausas durante a jornada de trabalho, que podem ser, por exemplo, de 10 min. a cada hora de trabalho, para permitir a recuperação da fadiga. Em ambientes ou atividades muito hostis, essas pausas podem ser maiores que a duração do próprio trabalho. Em alguns



casos extremos, como em temperaturas muito altas, o trabalhador pode ficar exposto durante apenas 5 min e depois deve ter uma longa pausa, digamos, uma hora, para que o organismo possa eliminar o excesso de carga térmica e restabelecer o equilíbrio orgânico. COUTO (1995).

Em muitos casos, essas pausas estão embutidas no próprio ciclo de trabalho. A variação de atividade que ocorre no próprio ciclo serve para prevenir ou retardar a fadiga. Por exemplo, em datilografia, a própria operação de substituir o papel serve como pausa da tarefa de digitação. Contudo, isso não dispensa um outro tipo de pausa, reservada as necessidades fisiológicas, quando o funcionário pode levantar e andar, ativando a circulação da perna e dos músculos dorsais COUTO (1995).

Em trabalhos industriais observou-se que as jornadas muito longas provocam reduções de desempenho. Na maioria dos casos, considera-se que a jornada de oito horas a oito horas e meia é a máxima para se manter uma boa produtividade. Se ela for estendida para 9 horas ou mais, a produção total não será muito diferente, a menos que os trabalhadores tenham ritmos forçados, sendo monitorado pela máquina ou correias transportadoras. Mesmo nesse caso, apesar da velocidade permanecer forçosamente constante, observa-se que os erros começam a aparecer aleatoriamente, com frequência cada vez maior. Portanto, mesmo que a quantidade se mantenha aparentemente constante, a qualidade da produção tende a cair. As diferenças individuais na questão da fadiga são significativas. Algumas pessoas se fatigam mais facilmente que as outras. Outras ainda apresentam maior tolerância em determinados tipos de trabalho. Existem também pessoas que se tornam mais suscetíveis à fadiga em certos dias ou em determinadas fases da vida (IIDA, 1990).

A administração deve estar sempre atenta para a ocorrência da fadiga. Com assessoramento de médicos, fisioterapeutas, psicólogos, e engenheiros de produção, devem-se selecionar, treinar e alocar os trabalhadores adequadamente, para reduzir a fadiga, preventivamente, ou fazer correções dos casos mais agudos, encaminhando-os para tratamentos adequados. (ITIRO IIDA, 1990).

### 2.6.2 Fadiga Muscular Relacionada ao Trabalho Estático

Conforme Grandjean (1998), a fisiologia do trabalho distingue duas formas de esforço muscular: o trabalho muscular dinâmico e o estático. O trabalho dinâmico caracteriza-se por uma seqüência rítmica de contração e extensão, portanto de tensionamento e relaxamento, da musculatura em trabalho. Já o trabalho estático, em oposição, caracteriza-se por um estudo de contração prolongada da musculatura, o que geralmente implica um trabalho de manutenção de postura.

Segundo Iida (1997), o trabalho estático ocorre, por exemplo, com os músculos dorsais e das pernas para manter a posição de pé. Ainda conforme o autor, o trabalho estático é altamente fatigante, e sempre que possível, deve ser evitado. Quando isso não for possível, pode ser aliviado, por meio de posturas, melhor posicionamento de peças e ferramentas do posto de trabalho ou por meio de apoios para partes do corpo com o objetivo de reduzir as contrações estáticas dos músculos. Também deve ser concedida pausa de curta duração, mas com elevada freqüência, para permitir relaxamento muscular e alívio da fadiga.

Estudos recentes de Van Wely, Nemecek e Grandjean (1998) mostram que a carga estática que corresponde a 15 a 20% da força máxima e que é executada por dias e semanas a fio leva o surgimento de dolorosos sinais de fadiga muscular. Portanto, conforme mencionado em Grandjean(1998), autores são da opinião de que um trabalho estático, que diariamente dura várias horas, só pode ser executado sem aparecer sinais de fadiga se a carga estática não superar os 8% da força máxima.

No trabalho estático, os vasos sanguíneos são pressionados pela pressão interna, contra o tecido muscular; por isso flui menos sangue para o músculo. No trabalho dinâmico, ao contrário, como quando se caminha, o músculo age como uma *motobomba* sobre a circulação sanguínea: a contração expulsa o sangue dos músculos, enquanto que o relaxamento subsequente favorece o influxo do sangue renovado. Por este mecanismo, a circulação de sangue é aumentada em várias vezes: o músculo recebe realmente de dez a vinte vezes mais sangue do que em repouso. No trabalho dinâmico, o músculo recebe um grande afluxo de sangue, obtendo assim o açúcar de alta energia e oxigênio, enquanto que os resíduos formados(catasólitos) são eliminadas. Em contraste, o músculo que faz trabalho estático não recebe energia nem oxigênio do sangue, e deve usar suas próprias reservas. Além disso (e isto seja o maior prejuízo), os resíduos metabólicos não são retirados, ao contrário, acumulam-se e causam a aguda dor da fadiga muscular (Grandjean, 1998).

Em linhas gerais, ainda segundo Grandjean (1998), pode-se falar em trabalho estático, nas seguintes condições:

- quando um elevado gasto de força muscular exige uma contração muscular por 10 seg. ou mais;
- quando com gasto de força muscular, a contração muscular dura 1 min. Ou mais;
- quando um esforço leve (cerca de 1/3 da força máxima), a contração durar 4 min. ou mais.

### 2.6.3 Fonte Energética Muscular

O processo contrátil requer energia. A fonte imediata de energia é o trifosfato de adenosina (ATP), que é quebrado em uma forma mais baixa de energia, o difosfato de adenosina (ADP). Em menos de um milissegundo após o término de um único ciclo de contração, o ADP é convertido novamente e ATP através de uma reação com a fosfocreatina ( CP ), outro fosfato de alta energia disponível no músculo. Esta conversão permite que a contração continue, mas o processo descrito acontece apenas em contrações de curta duração, porque não há ATP disponível para contrações realizadas por longos períodos de tempo. Assim, a fosfocreatina sofre depleção logo após 15- 30 segundos de esforços extenuantes. Em contrações mantidas por mais tempo, resíntese de ATP é necessária para fornecer energia para a contração. A reposição pode ser realizada através do metabolismo anaeróbico ( não requer oxigênio ) do glicogênio (açúcar ). Este processo é a fonte primária de energia na atividade intensa por períodos de 30 a 90 segundos e produz lactato como produto final. Outra forma de reposição é através da resíntese por um processo metabólico aeróbico (oxidativo) conhecido como o ciclo do ácido cítrico ou ciclo de Krebs e produz CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O como produtos finais. O ciclo de Krebs é a fonte principal de

energia para contrações que duram 90 segundos ou mais e utiliza carboidratos, gorduras e proteínas como fontes alimentares. ( BASMAJIAN, 1979 )

#### 2.6.4 Aspectos Mecânicos da Contração Muscular

Um músculo pode se contrair de diversas formas. Uma contração isométrica é uma contração durante o qual o comprimento do músculo não se altera . Na realidade, nenhuma contração é completamente isométrica porque, no nível fibrilar, a distância entre as linhas Z sempre se encurta. O termo descreve contrações nas quais o comprimento externo do músculo permanece inalterado.

Uma contração isotônica (também denominada concêntrica e miométrica), é uma contração durante a qual uma força interna constante é produzida e o músculo se encurta. Também pode ser definida como um exercício dinâmico com uma carga ou resistência constante. Na realidade, contrações isotônicas puras são possíveis apenas em laboratório, porque a resistência do segmento corpóreo se altera em função da posição. Durante uma contração isotônica, são produzidos potência mensurável e trabalho; portanto fisiologistas este tipo de contração para estudar a função muscular de forma isolada.

Um músculo pode desenvolver maior tensão numa contração isométrica do que uma contração isotônica, porque a energia não é despendida pra encurtar o músculo. Como regra, a contração máxima isotônica equivale a cerca de 80% de uma contração máxima isométrica, mas a percentagem é altamente dependente da velocidade do encurtamento muscular.

Uma contração pliométrica (também denominada contração excêntrica) é uma contração na qual a força externa é maior que a força interna do músculo. Como consequência, o músculo se alonga enquanto mantém tensão. Em contrações excêntricas o músculo age para controlar o movimento e não para iniciá-lo. Nesta situação, o músculo pode suportar maior tensão do que a que pode desenvolver em contrações isométricas em qualquer comprimento. O músculo, no entanto, é mais vulnerável em contrações excêntricas do que em qualquer outro tipo de contração. O trabalho realizado pelo músculo durante este tipo de contração é frequentemente definido como trabalho negativo. Outro tipo de contração, denominada contração isocinética, tem se tornado popular nos últimos anos, tanto como um método para medição de força como para a prática de exercícios. O termo significa “força constante”, mas tipicamente é usado para descrever uma atividade na qual a velocidade do movimento é controlada. O equipamento utilizado para medir contrações isocinéticas ajusta a força exercida, de forma que a velocidade especificada seja mantida durante todo o arco de movimento de segmento corpóreo.

Contrações isonerciais São ainda outro tipo de contração na qual o músculo se contrai contra uma carga constante. Se o torque gerado pelo músculo for maior que a resistência ( carga ), o seu comprimento irá alterar, e um torque adicional irá acelerar o segmento corpóreo. ( McARDLE, 1985).

## 2.7 OS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO

Uma das estratégias utilizadas pela Organização do Trabalho a fim de tentar minimizar os riscos de lesões é a realização dos rodízios entre os postos de trabalho. Vários estudos direcionam o impacto positivo de variação e pausas durante o

trabalho, mas poucos estudos têm incluído os rodízios nos postos de trabalho. Entretanto, estudos de caso de rodízios nos postos de trabalho foram encontrados na literatura. Estes estudos vêm dos Estados Unidos, Japão e Suécia e são direcionados a uma variedade de indústrias. Os seguintes benefícios foram anotados dentre eles: redução de monotonia, redução estresse no trabalho, aumento da inovação dos trabalhadores, aumento do tempo livre, redução lesões por esforços repetitivos, aumento de produção, redução do absenteísmo e redução do turn-over.

Apesar de alguns artigos sobre os rodízios nos postos de trabalho estarem disponíveis para pesquisa, observa-se que ainda há uma grande falta de dados disponíveis nas diversas literaturas que tratam de ergonomia. Para que o tema rodízios nos postos de trabalho seja apresentado de uma maneira mais rica devemos, no entanto, adicionar assuntos que interferem diretamente nos postos de trabalho; são eles: a Organização do Trabalho, a Produtividade, a Gestão Participativa, a Qualidade de vida no Trabalho assim como as condições de trabalho.

Estudos de Rodízios nos postos de trabalho mostram uma preocupação centrada no que se refere a medidas administrativas. Podemos citar casos específicos da administração aonde trabalhadores tendem a aprender mais atividades para aquisição de promoções; desta forma realizam rodízios nos postos de trabalho visando especificamente a questão da promoção.

Segundo Slack, Chambers, Harland, Harrison e Johnston (1997) se o aumento do número de tarefas no trabalho é limitado, por exemplo pela tecnologia do processo,

uma abordagem pode ser revezar o trabalho. Isto significa mover os indivíduos periodicamente entre diferentes conjuntos de tarefas para proporcionar alguma variedade em suas atividades. Quando de sucesso, o revezamento do trabalho pode aumentar a flexibilidade de habilidades e contribuir para reduzir a monotonia. Todavia, ele não é visto como universalmente benéfico nem pela administração (porque pode interromper a normalidade do fluxo do trabalho) e algumas vezes nem pelo pessoal que desempenha o trabalho (porque pode interferir no seu ritmo). Na linha de montagem, por exemplo, a linha original de dez estações poderia ser mantida e poderia ser acordado um cronograma de revezamento de trabalho, que envolvesse cada pessoa movendo-se para uma posição diferente na linha e, portanto, desempenhando um conjunto diferente de tarefas.

Estudos de caso anotam as dificuldades em implantar os rodízios nos postos de trabalho. Muitas destas dificuldades vêm do desafio de alterar a estrutura do trabalho e não do próprio rodízio entre os postos de trabalho. Os seguintes problemas foram anotados: Trabalhadores experientes não querendo aprender novos tipos de trabalho, operadores de máquina não querendo deixar suas máquinas para outros, problemas práticos de fisicamente prosseguir de um trabalho para outro, salários desproporcionais, educação e treinamento de trabalhadores para novos trabalhos, dificuldades em encontrar trabalhos apropriados para serem rodiziados, uso impróprio de rodízios nos postos de trabalho pelos gerentes (MAC LÉOD & KENNEDY, 1993)



Existem muitas razões para implantar o sistema de rodízios nos postos de trabalho, entre eles estão incluídos os potenciais para aumentar a qualidade do produto, satisfação do empregado e redução das lesões por esforços repetitivos. Entretanto, as dificuldades de alterar a estrutura organizacional apesar de toda uma destreza ainda podem se tornar mais difíceis. É importante que o programa comece vagarosamente por primeiro o mesmo pode ser refinado antes de ser totalmente implantado.

A rotação dos postos de trabalho começou devido à demanda da gestão de recursos humanos devido a geração de absenteísmo (Saint- Jacques, 2001) e redução de produtividade (MAC LÉOD & KENNEDY, 1993).

Por mais que os rodízios entre os postos de trabalho apresentem uma condição ergonômica favorável e redução de riscos (CANADIAN CENTRE for OCCUPATIONAL HEALTH and SAFETY, 1992 e KUISER, VISSER E KAMPER 1994), pode-se constatar que atualmente os estudos carecem de bases científicas. Estudos como o de KUISER, VISSER e KAMPER (1994), preconizam a realização de rodízios nos postos de trabalho sem, no entanto possuírem uma metodologia adequada.

Em comum nos estudos, encontram-se as vantagens da rotação dos postos de trabalho (HENDERSON, 1992; CANADIAN CENTRE for OCCUPATIONAL HEALTH e SAFETY, 1992 e KUISER, VISSER e KAMPER 1994). Os autores afirmam que o uso desses sistemas de trocas de postou ou rotação baseia-se em uma

proposta na qual a simples mudança de posto de trabalho passa a ser considerada um rodízio e assim tem a pretensão de garantir a diminuição dos riscos ergonômicos.

Autores como Kuiser, Visser E Kamper (1994), apontam que para uma adequação do trabalho ao operador deve ser realizada uma variabilidade de tarefas evitando posições estáticas do corpo e os movimentos repetitivos, utilizando para tal uma rotação de postos entre estas. Dessa forma, o trabalho desenvolvido pelo *Canadian for Occupational Health and Safety* (1992), destaca em fábricas destinadas à montagem e em abatedouros frigoríficos a preocupação da rotação dos postos de trabalho no sentido de melhorar as posturas, forças e repetições dos gestos laborais. Este trabalho ressalta a importância da implementação de um *layout* de trabalho que permita minimizar a fadiga muscular, mantendo um esforço físico razoável. Contudo, em nenhum item do trabalho a metodologia para a realização do rodízio, nem o tempo a ser realizado, assim como a predição do esforço é anotada.

Os rodízios nos postos de trabalho são utilizados como medidas de contenção, no sentido de estarem minimizando os riscos de lesões. Também são utilizados como um plano secundário de ergonomia; quando não houve uma adaptação ergonômica confiável e a exposição ao risco persiste.

Para Couto (1995), os revezamentos tratam de transformar os trabalhadores em indivíduos polivalentes. Segundo o autor, embora esta medida não apresente a solução completa para o problema de qualidade de vida no trabalho, o trabalhador se sente bem melhor, pois após uma fase inicial de resistência, ele percebe que aprendeu e percebe ainda um aumento de suas alternativas profissionais.

Atualmente a utilização dos rodízios se aplica em empresas que buscam a redução dos problemas musculoesqueléticos (AXELSON & PONTEN, 1990; ELLIS, 1999; HENDERSON, 1992; HINNEN ET AL, 1992; PAUL ET AL, 1990).

Segundo Dan MacLeod e Eric Kennedy (1993) existe também um fato que oferece evidências contra o rodízio nos postos de trabalho. Este fato dispõe que, através de um processo de aprendizagem, trabalhadores estão acostumados a desenvolver uma estratégia de conduta que os protege dos aparentes riscos do trabalho e caso haja rodízio de trabalhadores não lesionados para um trabalho de situação biomecânica de stress existe um aumento no risco de lesões a cada rodízio.

Para estes autores este fato demonstra a importância de um completo treinamento e períodos de pausa antes do empregador iniciar um programa de rodízios nos postos de trabalho. O treinamento e período de pausa permitem que o trabalhador desenvolva aquela estratégia de comportamento necessário para limitar os fatores de risco. Isto também sugere que o número de trabalhos incluídos em um tipo de rodízio deve ser no mínimo, desejáveis duas ou três atividades, permitindo que os trabalhadores se tornem “experts” em cada tarefa.

Kuiser, Visser e Kamper (1994) analisaram as vantagens e desvantagens de implementação de rodízios entre os postos de trabalho aplicado ao levantamento manual de cargas. Foi concluído que o desenho adequado de um programa de rodízio

que considera os fatores ergonômicos melhora o desempenho nas tarefas. De qualquer forma o estudo não aponta como realizar o rodízio adequado nem o tempo ideal para que o desempenho nas tarefas possa ser melhorado.

Henderson (1992) aplica um programa de rodízios em uma planta avícola, ilustrando as vantagens dos rodízios nos postos de trabalho, podendo estes ser considerados como uma medida de redução de riscos ergonômicos.

Para Anne Gerling, Agnès Aublet-Cuvelier e Michel Aptel (2003) as recomendações relativas à organização dos sistemas de rodízio podem ser sugeridas em função das avaliações realizadas. Em primeiro lugar, uma diminuição das solicitações biomecânicas dos postos de trabalho devem ser encaradas e grande atenção deve ser fornecida este tópico. Necessariamente o remanejamento, que deverá ser um prévio à instauração de novos sistemas de rotação, deverá ser realizado (ELLIS, 1999; MAC LEOD & KENNEDY, 1993).

MacLeod e Kennedy (1993) dizem que para promover os benefícios de realizar rodízios nos postos de trabalho é necessário estabelecer regras definitivas que permitam consistência de aplicação e ao mesmo tempo permitam que empregados restritos rodizem nos postos em que os mesmos não apresentam boa performance. Para garantir que todos os rodízios nos postos de trabalho encontrem requerimentos básicos de ergonomia uma consistente e sistemática aproximação com os trabalhadores é necessária.

Segundo Gerling, Aublet-Cuvelier e Aptel (2003) Oremanejamento será realizado para reduzir as amplitudes articuladas dos ombros e a força requerida pela tarefa. Em segundo lugar, será necessário abordar a questão da rotação em termos de seqüência dos postos ocupados. Assim sendo, a partir de uma observação dos pontos biomecânicos dos postos de trabalho, uma alternância entre postos pesados e postos ligeiros ou em função das especificidades das solicitações biomecânicas pode ser proposta.

Segundo os mesmos autores outras perguntas continuam a ser ainda não respondidas no âmbito da prevenção das lesões por esforços repetitivos, como o número de postos a integrarem no sistema de rotação ou ainda a freqüência de rotação. Em efeito, poucos dados bibliográficos estão atualmente disponíveis relativos às modalidades de otimização de um sistema de rotação que contribuiria para a prevenção de lesões.

Para Grandjean (1988) a troca de tarefas é uma forma de organização na qual um único trabalhador recebe a missão de executar diferentes tarefas alternadamente em diversos locais de trabalho. Um exemplo da montagem de contadores elétricos pode ser colocado: o ciclo de montagem completo está distribuído em torno de uma mesa. Para os 8 pontos de trabalho são designados apenas 6 operários, o que tem como consequência que 2 pontos estão sempre desocupados. As paradas do fluxo de montagem obrigam os operários a uma constante troca de pontos do trabalho. Como pressuposto para esta forma de organização foi o treinamento de cada operário para os 8 pontos de trabalho e a alocação de toda linha de montagem para todo o grupo.

Este exemplo é especial, mas reconhecem-se já elementos para enriquecimento do trabalho em uma organização mais livre do trabalho dentro do grupo.

Apenas os rodízios nos postos de trabalho não podem alterar os fatores de risco facilmente. Ele apenas distribui os fatores de risco mais uniformemente através de um largo grupo de pessoas. Apesar de os riscos para alguns serem reduzidos, para outros será aumentado. Entretanto, não existirá alteração no fator de risco presente. Isto pode ser interpretado como o descrito no seguinte exemplo. Quando trabalhadores rodíziam entre duas atividades o risco de exposição pode ser exposto como a média. Rodízios nos postos de trabalho podem reduzir a média para um nível de segurança, ou aumentar todo o grupo acima dos limites de segurança.

Infelizmente, não é possível com o atual conhecimento determinar qual o limite de segurança. Por esta razão é crítico selecionar rodízios nos postos de trabalho que minimize os níveis de exposição. (ELLIS, 1999; MAC LEOD & KENNEDY, 1993). Os autores determinam que troca de tarefas ou alargamento do trabalho, nos quais eventualmente ocorra uma troca entre um trabalho monótono e repetitivo, pode diminuir, até um determinado grau, o risco de monotonia; mas ao contrário, a desejada adaptação das capacidades do trabalhador às dificuldades do trabalho dificilmente será alcançada. A simples soma de trabalhos monótonos e repetitivos ainda não conduz a um enriquecimento do trabalho.

MacLéod & Kennedy, 1993 sugerem que cautela deve ser utilizada para confeccionar os programas de rodízios nos postos de trabalho, pois se estes não forem elaborados adequadamente podem até aumentar o nível de estresse dos trabalhadores. É possível que o rodízio dos empregados através de uma posição de estresse pode, não importando em que tempo, produzir desordens no grupo todo. Desta forma, a escolha das atividades a serem rodiziadas entre os trabalhadores é de extrema importância.

O Rodízio nos Postos de Trabalho não aprimoram o trabalho por eles mesmos. Desta forma, é vital continuar os esforços para alterar o esforço físico nas atividades. Embora os rodízios nos postos de trabalho possam ter efeitos benéficos de redução de estresse e variação de grupos musculares, mudanças de engenharia deveriam permanecer nos objetivos do programa de ergonomia. (MAC LÉOD & KENNEDY, 1993).

Segundo o *OSHA (Occupational Safety and Health Administration) Ergonomics Program Management Guidelines for Meatpacking Plants*, os Rodízios nos postos de trabalho devem ser usados com cautela e como uma medida preventiva, não como uma resposta a sintomas. O princípio dos rodízios nos postos de trabalho é o de aliviar a fadiga física e estresse de partes de músculos e tendões através do rodízio de empregados entre outras atividades que usem diferentes grupos de tendões e músculos. Se a rotação é utilizada a análise da atividade deve ser revista por uma pessoa qualificada a garantir que o mesmo grupo de tendões e músculos não seja usado. Rodízios nos postos de trabalho podem significar que um trabalhador realize duas ou mais diferentes atividades em diferentes partes do dia (i.e.. alteração entre

atividade “A” e atividade “B” entre 2 horas ou 4 horas de intervalos). Uma importante consideração é a de garantir que diferentes atividades não apresentem o mesmo risco ergonômico para a mesma parte do corpo (grupos de músculos e tendões). Não há um simples regimento de pausa no trabalho que a OSHA recomenda; isto deve ser determinado pela natureza da atividade.

A rotação dos postos de trabalho é definida como um dispositivo organizacional aonde o operador pode trocar de posto de trabalho seguindo uma ordem cíclica e um ritmo pré-determinado (VÉZINA ET AL., 1999). Para os autores a ordem cíclica dizia respeito apenas para a seqüência de postos a ser trocada, mas nada foi constatado a respeito do tempo a se permanecer no posto em questão.

Estabelecer o sistema de rotação que apropriadamente determina a rotação dos postos e monitorar sua segurança de uso não é uma atividade simples. Existem muitas particularidades para considerar e não há um protocolo oficial ou metodologia para utilizar.

O sucesso da implantação de todo o programa de rodízios requer trabalho em time de todas as partes da organização, incluindo gerentes, ergonomistas, supervisores e principalmente trabalhadores.



O rodízio nos postos de trabalho oferece a possibilidade de alternar o tipo de solicitação biomecânica (JONSSON, 1988; ROQUELAURE ET AL., 1997; ELLIS, 1999).

Maramatsu et al. (1987) utilizaram questionários com 4500 trabalhadores japoneses. Através do seu trabalho os trabalhadores obtiveram pausas específicas e um número definido de empregadores por grupo de trabalho. Alguns resultados obtidos foram a melhora na produtividade e qualidade do produto.

Freighboth et al. (1997) realizaram um estudo em dez indústrias automobilísticas e seus métodos de produção just-in-time. Seu objetivo era o de caracterizar a forma de tecnologia de produção adotada e divisão de trabalho realizada, assim como a determinação da estrutura organizacional nas células de trabalho (ou seja, os rodízios). Os métodos aplicados foram aplicações de questionários e entrevistas individuais. Conclui-se neste estudo que embora a divisão de trabalho realizada nos postos de trabalho fosse definida, os postos de trabalho que continham um operador específico que realizava atividades complexas eram de difícil realização de rodízios.

Calabrese et al. (1999) concluíram que o rodízio nos postos de trabalho é um meio de melhorar as condições do processo de fabricação. Concluiu que o rodízio é um argumento da capacidade de adaptação do trabalhador frente a uma nova situação de trabalho.

Outro método utilizado foi o da eletromiografia. Jonsson (1988) a utilizou e mensurou os efeitos que rodízios alteravam certos grupos musculares da cintura escapular. Comparou os efeitos dos rodízios nos mesmos postos entre homens e mulheres e concluiu que a rotação reduzia consideravelmente a carga muscular.

Hinnen et al. (1992) também obtiveram resultados positivos com a realização de rodízios nos postos de trabalho de supermercados. Utilizou como metodologia questionários de exame físico aplicado aos trabalhadores e análise tridimensional dos movimentos adotados. Através deste trabalho ele concluiu que os caixas que utilizavam sistemas convencionais estavam mais dispostos a lesões do que os trabalhadores que utilizavam sistemas ópticos.

Kuijer (1994) – avaliou os efeitos da rotação na carga física realizada por trabalhadores que coletavam lixo. Esta carga foi medida através da carga realizada (utilizando questionários de percepção), da carga energética (medindo frequência cardíaca) e da postura adota pelo tronco e ombros (observacional). Concluiu que a rotação não aliviou os efeitos negativos que os trabalhadores tinham durante um trabalho leve rodiziado com um trabalho pesado.

Vežina et al. (1998) apesar de uma argumentação de produtividade e qualidade do produto com aumento na organização, concluíram que a rotação não se efetuava

entre os postos do local estudado. Apesar dos graves distúrbios osteomusculares foi citado que os rodízios não aconteciam devido algum problema organizacional como falta de formação.

## 2.8 IMPLANTAÇÃO DOS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO

O OSHA *Ergonomics Program Management Guidelines for Meatpacking Plants* relata que para garantir que os seguintes passos listados em seu processo sejam completados e documentados deve ser feito um checklist específico para os rodízios nos postos de trabalho. Devem ser seguidos os seguintes passos para se implantar os rodízios: 1) manter uma reunião com os empregados para determinar os interesses e os ganhos com envolvimento e participação. Durante esta reunião seria apropriado ter uma pequena apresentação sobre ergonomia e rodízios nos postos de trabalho. O propósito aqui é o de aprimorar o treinamento de ergonomia já recebido e adiantá-lo através da discussão sobre seu relacionamento com os rodízios nos postos de trabalho. 2) Garantir que as planilhas de requisição de trabalho físico sejam adequadas e atualizadas para todas as atividades que estão sendo consideradas para a rotação. Depois de completo, introduzir as planilhas de trabalho físico nas planilhas de difusão dos rodízios e gerar uma escala apropriada para os fatores de risco. 3) Verificação por todo o grupo de trabalhadores dentro de cada departamento afetado. Para os rodízios entre os postos de trabalho determinados no passo 2, aplicar um senso comum de revisão de logística e compatibilidade para garantir que a logística da rotação proposta seja conveniente e que o rodízio nos postos de trabalho pareça razoável 4) A lista de rodízios nos postos de trabalho determinadas para este ponto devem ser revisadas pelos empregados afetados. Os interesses e sugestões do

empregado devem ser levados em consideração. Se necessárias alterações na lista devem ser realizadas, e finalmente aprovar a nova lista obtida. 5) Fornecer aos empregados qualquer treinamento que seja necessário para qualquer nova atividade realizada ou equipamento a ser manuseado. 6) Fornecer aos empregados pausas adequadas para garantir que eles estão qualificados e fisicamente condicionados para realizar suas novas atividades. 7) Iniciar o rodízio nos postos de trabalho. 8) Monitorar o novo rodízio para garantir flexibilidade e considerar os empregados que estão tendo dificuldades para realizar suas novas tarefas. Assessorar com treinamento mais avançado, interromper a atividade ou realocações podem ser realizadas para estas particularidades. 9) Realizar reuniões de manutenção com os empregados para avaliar os rodízios nos postos de trabalho. 10) Utilizar outros meios para avaliação e graduar, turn-over, satisfação dos trabalhadores, ou compensações dos trabalhadores para determinar efeitos dos rodízios nos postos de trabalho.

Anne Gerling, Agnès Aublet-Cuvelier, Michel Aptel (1993) trazem uma comparação entre alguns métodos de rodízios realizados. Primeiramente foram organizados o modo de rotação dos postos e a seqüência realizada. Foram propostos dois sistemas de rodízio para uma população específica e juntamente foi aplicada uma escala de esforço de 0 a 10. Foi realizado um confronto dos dados avaliados e definida a cotação final do esforço, desta forma os rodízios nos postos de trabalho poderia ser montado de uma maneira perceptiva.

Para uma implantação adequada de rodízios nos postos de trabalho é importante conhecer os métodos de avaliação de fadiga, visto que irão delimitar dados importantes para o rodízio como por exemplo tempo ideal sem fadiga.

## CAPÍTULO 3

### MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE FADIGA

#### 3.1 PREDIÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA FADIGA

Dado que a fadiga reduz a potência muscular, induz ao desconforto e dor e acredita-se que, em longo prazo, contribua para o desenvolvimento de distúrbios e lesões, é importante quantificá-las e determinar os limites aceitáveis de carga muscular.

“Todo indivíduo chega ao trabalho com seu capital genético, remontando o conjunto de sua história patológica a antes do nascimento, à sua existência *in útero*, e com as marcas acumuladas das agressões físicas e mentais sofridas na vida. Ele traz também seu modo de vida, seus costumes pessoais e étnicos, seus aprendizados. Tudo isso pesa no custo pessoal da situação de trabalho em que é colocado ( WISNER, 1981).

Couto (1996) acredita que a frase anterior ilustra muito bem um dos principais conceitos que o profissional de ergonomia deve ter ao abordar a questão da fadiga: as pessoas têm suas diferenças físicas, de inteligência e de afetividade; e isso que determina que não seja possível traçar uma regra geral, capaz de atender a todos os trabalhadores. Sempre é observado que em determinada situação absolutamente tranqüila, algum trabalhador terá tendência pessoal à fadiga; e também ao contrário, mesmo numa situação de alta exigência física, psíquica ou mental, sempre é encontrado algumas pessoas cujos predicados físicos, mentais ou de adaptação psíquica lhe permitirão conviver com aquela situação.

Existem vários instrumentos quantitativos e qualitativos a serem utilizados na avaliação da fadiga.

A análise qualitativa depende de julgamento do sujeito, nem sempre podem ser quantificadas em números, mas apenas qualificadas ou classificadas. Elas são baseadas geralmente em entrevistas e questionários, apresentam a vantagem de poder explorar as diversas facetas da questão sem uma limitação a qualquer instrumento. Tem valor, porém sua aplicação deve estar limitada à pessoa que tentam um profundo conhecimento de ergonomia, assim, sejam capazes de perceber bem além das aparências. Os questionários (Yoshitake, citado por Hashimoto et al,<sup>8</sup> 1975), de ICT (Tuomi et al,<sup>14</sup> 1996), de auto-avaliação das condições de trabalho e vida (Fischer,<sup>4</sup> 1990), além de protocolos de atividades diárias são exemplos de instrumentos qualitativos.

Na avaliação quantitativa, um grande número de metodologias invasivas e não invasivas foram desenvolvidas para quantificar a fadiga e determinar sua origem. No entanto, as informações importantes no contexto ocupacional são o intervalo de tempo decorrido até a ocorrência da fadiga, a presença da fadiga e a redução da força. A Seguir serão descritos os métodos mais comuns para se analisar e estimar a ocorrência da fadiga.

Tempo de Resistência – O tempo de resistência, tempo gasto pelo músculo até perder sua capacidade volitiva de manter a força exercida, é uma função da força de contração, do ciclo exercício-reposo e da composição das fibras dentro do músculo. A curva de Rohmert (VON ROHMERT, 1960) tem sido uma ferramenta importante

na fisiologia do exercício e na biomecânica ocupacional, ao estabelecer a relação hiperbólica entre o tempo de resistência e o nível de esforço em contrações estáticas. O modelo hiperbólico estima o tempo até a exaustão e a influência do treinamento, em várias condições de exercício. Apesar de a curva de Rohmert determinar que contrações abaixo de 15% da CMV possam ser mantidas indefinidamente sem fadiga, evidência recente indica que a fadiga irá se desenvolver a qualquer nível de contração (SATO ET AL., 1984; SJOGAARD et al., 1986). A intermitência, ou seja, o ciclo alternado entre contração e repouso, melhora a resistência ao permitir a recuperação. A resistência varia também de acordo com o grupo muscular considerado. A composição das fibras de um músculo é importante para sua resistência à fadiga por causa das diferenças metabólicas entre elas. As fibras tipo I e IIA são circundadas por uma grande quantidade de capilares e têm um alto potencial de armazenamento e utilização de oxigênio. Desta forma, tendo grande quantidade destas fibras, o músculo será mais resistente à fadiga. Por essa razão os músculos responsáveis pela manutenção de posturas estáticas apresentam maior quantidade de fibras tipo I. As fibras tipo II são mais comuns em músculo de ação mais dinâmica, que requerem descargas de curta duração em altos níveis de esforço, resultando numa curva mais baixa de resistência-carga.

O treinamento também influencia, consideravelmente, a composição das fibras de um músculo. Enquanto se discute se um tipo de fibra pode se transformar em outro, há evidências claras que um tipo de fibras pode dominar. A hipertrofia das fibras tipo I e, em maior intensidade, das fibras tipo II ocorre com o treinamento de força (MCCOMAS, 1996), ao passo que mudanças na capacidade do músculo de armazenar e utilizar oxigênio e no suprimento sanguíneo das fibras através de

capilares, ocorrem com o treinamento de resistência. Após o treinamento de resistência, algumas fibras do tipo II tornam-se semelhantes às do tipo I e algumas do tipo IIB transformam-se em fibras do tipo IIA (BAUMANN et al., 1987). Quando os músculos não são utilizados, ocorre a hipotrofia, causando fraqueza e perda do volume muscular. Uma vez que a hipotrofia afeta em primeiro lugar as fibras tipo I, após o desuso, o músculo entra em fadiga facilmente.

Compreender os mecanismos que envolvem a regulação da contração muscular sob condições de fadiga é fundamental, na medida em que é desencadeada por uma série de fatores, tais como o tipo de músculo envolvido, duração da contração, nível de sobrecarga e o tipo de tarefa executada.

Para Grandjean (1998), com base na mensuração da fadiga, procura-se compreender o grau de desgaste humano no trabalho, como também, medir a reação do organismo humano a diferentes sobrecargas. Torna-se necessário, segundo o autor, mencionar o fato de que “não existe, hoje, nenhum método direto de avaliação quantitativa do estado de fadiga. Todos os métodos até hoje utilizados medem determinadas manifestações da fadiga, que só podem ser avaliadas como indicadores de fadiga”.

### 3.2 O ÁCIDO LÁTICO E O TESTE DE LACTATO

O ácido lático é um ácido fraco produzido pelas células do organismo durante um processo químico no corpo que não requer oxigênio (metabolismo anaeróbico). O Metabolismo anaeróbico ocorre apenas quando muito pouco oxigênio está presente



para o mais usual metabolismo aeróbico. O ácido láctico é um fator contributivo para as câibras musculares. É também produzido nos tecidos quando em condições como em ataques do coração ou quando algum choque reduz o suprimento de sangue responsável por carregar o oxigênio. Normalmente, o ácido láctico é removido do sangue pelo fígado. Quando um excesso de ácido láctico é acumulado por qualquer razão, o resultado é uma condição chama de acidose láctica.

Tendo em vista que o lactato é produzido no músculo e varia de acordo com o nível de esforço, ele é o melhor reflexo do que está ocorrendo no músculo. A produção de lactato nos diz sobre quanto os sistemas aeróbico e anaeróbico estão envolvidos. A quantidade de lactato no sangue e o esforço correspondente são uma indicação do quanto estão desenvolvidos estes sistemas. Assim, a análise de lactato fornece uma clara vantagem sobre os outros tipos de testes porque ela pode avaliar a eficiência de cada um destes sistemas. Isto não pode ser avaliado como outros métodos que não dizem o que está realmente acontecendo nos músculos ou como cada sistema está contribuindo para o desempenho físico.

Em trabalhadores, diferente do esporte, não se busca uma performance máxima de sistema aeróbico e anaeróbico, mas sim se procura balanceá-los quando posturas estáticas sejam inevitáveis.

O teste do ácido láctico é usado como uma indireta taxação do nível de oxigênio nos tecidos e para determinar a causa e o curso da acidose láctica.

O grau de acidez é uma importante propriedade química do sangue e outros fluídos corporais. Acidez é expressa em uma escala de PH aonde 7.0 é neutro, acima de 7.0 é básico (alcalino) e abaixo de 7.0 é ácido. Um ácido forte tem um PH muito baixo (próximo 1.0). Uma base forte tem um PH muito alto (próximo 14.0). O Sangue normal é suavemente alcalino ou básico. Ele tem um PH variando entre 7.35 e 7.45. A variação de ácido para base no sangue é precisamente controlada. Mesmo o menor desvio da escala normal pode severamente afetar muitos órgãos.

Ácido Lático (presente no sangue como íon lactato) é um produto da quebra da glucose para gerar energia. É encontrado primariamente nas células musculares e células vermelhas no sangue. A concentração de lactato no sangue depende do grau de energia produzida e do metabolismo. Os níveis de lactato são aumentados significativamente durante o exercício. O teste do ácido lático requer uma amostra de sangue.

Os riscos para este teste são mínimos. O paciente deve experimentar um leve sangramento do local da realização do furo com a lanceta, desmaios ou sensação de tonturas depois da coleta, ou acumulação de sangue abaixo do local do furo (hematoma).

Altos níveis de lactato no sangue, também com decréscimo de oxigênio nos tecidos, podem ser causados por um grande exercício muscular, choques, hemorragia, severa infecção no sangue, ataque cardíaca ou parada cardíaca. Quando a oxigenação celular é baixa por uma razão não aparente, o aumento dos níveis do lactato pode ser causado por desordem no sistema como diabetes, leucemia, doenças no fígado ou

falhas renais. Defeitos em enzimas podem também ser responsável, como em uma falha na armazenagem de glicogênio (falha de Von Gierke's). Lactato é também aumentado em alguns casos de obstrução intestinal.

Acidose Láctica pode ser causada no consumo de altas doses de acetaminophen e álcool e através de infusão intravenosa de epinefrina, glucagon, frutose ou sorbitol. Antídotos de veneno podem também causar acidose láctica. Em casos raros, um remédio para diabetes, metformin (Glucophage), causa acidose láctica.

### 3.3 LIMIARES DE ÁCIDO LÁCTICO

À medida que a atividade torna-se mais intensa, a produção de ácido láctico extrapola a capacidade de metabolização intracelular da fibra, passando a difundir em maior quantidade para o sangue. Essa concentração, atingindo determinados patamares (pela própria limitação da capacidade de metabolização do organismo como um todo), pode diminuir drasticamente a duração da atividade gerando pontos de acúmulo comumente chamados de "limiares". A denominação que recebem dependerá da corrente de autores adotada: podemos encontrá-los na literatura descritos como limiar anaeróbio, limiar de lactato, entre outros (FARINATI E MONTEIRO 1992).

Segundo Farinati e Monteiro, 1992, o treinamento pode alterar marcadamente as respostas de produção e remoção de lactato de um grupo muscular em face de um trabalho específico, sem que com isso haja reflexos significativos no VO<sub>2</sub> máx, mais influenciado por fatores centrais. Pode-se, assim, ter dois indivíduos com a mesma

capacidade máxima de consumo de O<sub>2</sub> que, trabalhando numa mesma intensidade relativa de consumo tenha concentrações bem diferentes de lactato sanguíneo.

A ventilação em intensidade alta de exercício aumenta curvilinearmente com o aumento da frequência de trabalho. A intensidade de trabalho (ou intensidade de consumo de oxigênio) em que a resposta respiratória ao exercício gradual primeiro parte da linearidade é o limiar anaeróbio ventilatório (LAV). Embora os mecanismos fisiológicos que norteiam o LAV não estejam completamente compreendidos, LAV geralmente ocorre em uma carga de trabalho que corresponde ao momento em que o ácido láctico começa a se acumular no sangue. O rápido aumento da ventilação ocorre durante um exercício intenso acima do LAV. (FOX & MATHEWS, 1986).

Segundo Denadai, 1999, embora ainda exista muita polêmica em torno das metodologias e terminologias empregadas para identificar as respostas do lactato durante o exercício progressivo, diferentes estudos têm mostrado que a utilização dos limiares Anaeróbicos são os índices mais adequados, superando inclusive o VO<sub>2</sub> Max, para a prescrição da intensidade do exercício (a carga se tornando mais relativa à capacidade individual de cada sujeito), controlando dos efeitos do treinamento e predição da performance.

O Sistema Glicogênio Ácido Láctico é limitado, pois embora esse sistema forneça proteção imediata contra as conseqüências da insuficiência de oxigênio, pode continuar apenas temporariamente. À medida que o ácido láctico se acumula no sangue durante o exercício, pode diminuir o pH em um nível que interfira com a ação

enzimática, levando à fadiga. Além disso, a quantidade de ATP, produzida através da glicólise, é muito pequena se comparada com a disponível através do ciclo de Krebs. O substrato para essa reação é restrito à glicose fornecida pelo açúcar do sangue ou pelos estoques de glicogênio no músculo. O glicogênio hepático contribui para o açúcar presente no sangue, mas é limitado em quantidade. O glicogênio muscular não é capaz de se transferir através da corrente sanguínea, de forma que a capacidade anaeróbica de cada músculo é limitada ao seu próprio conteúdo de glicogênio.

A limitação no uso desse sistema para o fornecimento de energia é, principalmente, a quantidade de ácido láctico que a pessoa pode tolerar em seus músculos e em seus líquidos corporais. O ácido láctico provoca extrema fadiga, o que funciona como uma autolimitação para o uso adicional desse sistema, para o suprimento de energia. A quantidade de tempo para a recuperação desses sistemas, portanto, é determinada pela rapidez com que a pessoa pode eliminar o ácido láctico de seu corpo. Na maioria das condições, isso é realizado com um meio tempo da ordem de 20 a 30 minutos. Por conseguinte, após uma hora do uso pelo atleta do sistema glicogênio láctico em sua plenitude, esse sistema metabólico ainda não terá recuperação total. (ARAÚJO, CLÁUDIO GIL SOARES DE, LEITE, PAULO FERNANDO & BARROS, SÉRGIO AMAURI, 1984).

Para FOX , Edward L. & MATHEWS, Donald K, 1986 as mulheres tendem a possuir menores níveis de ácido láctico no sangue após um exercício máximo, em comparação com os homens. Esses baixos níveis de ácido láctico sugerem fortemente que a capacidade do sistema do ácido láctico também é menor nas mulheres

Segundo Araújo, Cláudio Gil Soares De, Leite, Paulo Fernando & Barros, Sérgio Amauri, 1984 Limiar de lactado pode ser definido como a intensidade de exercício em um esforço com incremento progressivo de sua intensidade, a partir da qual existe um acúmulo significativo de lactato no sangue. O nível sanguíneo de lactado continua relativamente baixo durante um exercício em ritmo estável (steady-state), com cerca de 55% da captação máxima de oxigênio. À medida que nos aproximamos do V02 Máximo, observa-se um aumento acentuado na quantidade de ácido láctico no sangue.

O ácido láctico acumulado no sangue e nos músculos durante o exercício é removido durante o período de recuperação. A velocidade dessa remoção depende do fato de se ficar em repouso durante recuperação (repouso-recuperação) ou de realizar um exercício leve (30 a 65% do V02 Max.) durante a recuperação (exercício-recuperação). O ácido láctico é removido mais rapidamente durante o exercício-recuperação. O destino do ácido láctico, e (3) oxidação para CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O pelo sistema aeróbico. O destino principal é a oxidação, que se processa principalmente no músculo esquelético, mas que ocorre também nos tecidos cardíaco, renal, hepático e cerebral.

Para as prováveis modificações do limiar de lactato faz-se importante saber que o treinamento aeróbico determina adaptações metabólicas que tornam o músculo mais eficiente na utilização de oxigênio, minimizando a participação da via glicolítica para

uma dada intensidade de esforço. Sendo assim, observa-se que o nível de exercício, a partir do qual existe acúmulo de lactato no sangue (limiar de lactato) em um exercício de intensidade crescente, é apreciavelmente aumentado como fruto do treinamento aeróbico específico. Desta forma, esforços significativamente mais intensos podem ser feitos (ex. correr ou nadar a uma velocidade maior) sem que haja alteração apreciável do metabolismo ácido-básico. Quando a relação entre lactacidemia e intensidade de esforço é plotada, verifica-se um desvio da curva exponencial típica para a direita após um período de treinamento aeróbico. Esse conhecimento tem sido eventualmente empregado na monitorização e acompanhamento do treinamento de atletas de alto nível de diferentes modalidades desportivas.

Um parâmetro que possa predizer a maior frequência metabólica, na qual possa ser mantida uma atividade física por longos períodos de tempo, apresenta uma grande aplicação no treinamento esportivo (DAVIS. 1997). Em intensidades baixas de exercício prolongado de carga constante, a concentração de lactato sanguíneo aumenta nos primeiros minutos de esforço, podendo voltar aos valores de repouso conforme o exercício continua. Em intensidades moderadas, a concentração de lactato pode manter-se elevada e, durante exercício intenso ocorre um acúmulo contínuo de lactato no sangue (WASSERNIAN & McILROY. 1964).

Segundo Sady (1982), a intensidade de esforço é importante para se controlar o metabolismo do lactato durante o exercício. Embasado pelo princípio de sobrecarga, estudos têm sugerido a necessidade de uma elevada intensidade de exercício para se

provocar um processo de estresse na produção de lactato e assim promover uma adaptação (WASSERMAN et al. 1987). Autores determinaram que uma intensidade de treinamento que provoque uma concentração de lactato de 4mmol é ótima para reduzir a concentração deste composto a taxas submáximas de trabalho (HOLLMAN, 1985-, MADER Et al. 1976).

Na prática verificou-se que a prescrição de esforços de treinamento com intensidades inferiores a velocidade correspondente a 4 mM. utilizando-se o método de duração intensivo e extensivo, mostrou-se bastante eficaz, necessitando de pequenas adaptações para uma melhor individualização das cargas (OLIVEIRA et all, 1994). Estudos determinaram que o treinamento predominantemente aeróbio sem acúmulo considerável de lactato deverá ser prescrito relativamente as seguintes intensidades:

- Duração intensivo - 91-97% da velocidade de limiar - tempo de atividade entre 30min e 1 h.
- Duração extensivo - 85-90% da velocidade de limiar - tempo de atividade entre 1 h e 1 h e 30 min.
- Recuperativo ou aquecimento - abaixo de 85% da velocidade de limiar 1h30min.

Wells (1957) sugeriu a utilização da concentração de lactato durante um exercício de estado estável para estabelecer a carga de treinamento. Este autor desenvolveu três classificações de intensidade de esforço relativas à concentração de lactato em repouso:

- 1) Trabalho leve que não aumenta o lactato.



- 2) Trabalho pesado que provoca um aumento de 1,5 - 2 vezes.
- 3) Trabalho muito pesado. que provoca aumentos de até 5 vezes.

Embasado no conceito de expressar intensidades de esforço em função dos limiares. Mader et al (1976) desenvolveu um método empírico para prescrever intensidades de treinamento em função de concentrações sanguíneas de lactato. Baseado neste sistema, conforme o objetivo do programa de treinamento. o indivíduo treina de forma a atingir uma concentração predeterminada de lactato no sangue. Os autores sugeriram como limite superior de treinamento aeróbio em equilíbrio metabólico, a velocidade correspondente a concentração de lactato de 4mM.

Hollman (1983) apresentou dados que demonstravam um maior efeito do treinamento de resistência em sujeitos que treinavam a uma concentração de lactato de 4mM, em comparação com aqueles que treinavam a 95% do VO<sub>2</sub> max. Sjodin et al (1982) prescreveram um treinamento a corredores de meia e longa distância, a uma velocidade correspondente a 4mM. Durante as sessões os atletas foram capazes de manter a concentração de lactato preestabelecida e após um período de treinamento, a velocidade correspondente a 4mmol aumentou. Entretanto, esta concentração ótima de lactato pode diferir entre indivíduos e determinaram que o limiar anaeróbio pode variar a partir de concentrações de lactato de 1,4 à 7,5 mM.

Estudos têm demonstrado que a recuperação ativa aumenta a remoção de lactato a partir da circulação. A identificação de uma ótima intensidade de exercício de

recuperação. tem sido alvo de várias pesquisas. apresentando resultados conflitantes. sugerindo uma intensidade ótima com uma variação de 22-63% do VO<sub>2</sub>max (HENIANSEN & STENSVOLD, 1972-, JACOBS. 1986). A utilização da intensidade de exercício de recuperação expresso relativamente ao LA. Demonstra intensidade de exercício de recuperação expresso relativamente ao LA, demonstra uma melhor resposta de remoção claro em contraste com a intensidade expressa como porcentagem do VO- max (STANIFORD et al. 1981).

Através dos estudos de Mader, Liesen E Hollman (1976), apresentados por LIESEN, para alunos de pós-graduação da Escola de Educação Física da Universidade de São Paulo em outubro de 1985, comparando níveis de lactato arterializado com condições de assimilação de habilidades técnicas e aproveitamento de situações táticas de jogo, concluiu-se que:

- Níveis de até 2 mMol/l são favoráveis à aquisição de novas técnicas, ou à sua variação, bem como à prática de elementos táticos;
- Níveis de até 6 mMol/l são menos favoráveis, dependendo de boa resistência e potência muscular;
- Níveis acima de 6 mMol/l comprometem a percepção e as respostas são, antieconômicas sob o ponto de vista energético.

A determinação do limiar de lactato deve ser feita individualizadamente, através de teste em pista de atletismo, correndo etapas de 5 minutos em diferentes velocidades, de 4,0 a 6,1 O m/s, por exemplo.

### 3.4 COMPLEXIDADE DA PERCEPÇÃO

A percepção de Fadiga Muscular é um assunto que pode ser abordado como comparativo à questão quantitativa do ácido láctico. Por ser um item individualizado ele pode ser comparado apenas aos dados quantitativos do próprio trabalhador.

Segundo Santos, Neri et al (1997), a percepção não se inicia com o aparecimento de um sinal (sonoro, luminoso, etc.) Na realidade, a exploração perceptiva é um fenômeno permanente da atividade cognitiva humana. A cada instante, a percepção é, particularmente, disponível para certos sinais. O espaço é analisado e explorado de forma seletiva. A exploração é dirigida por esquemas antecipativos, que são tanto planificação da ação perceptiva como disponibilidade a tipos de determinadas configurações (ópticas, sonoras, etc.) Estes “esquemas” são desenvolvidos a partir da herança genética e da história profissional do indivíduo e são atualizados pelas configurações que são constantemente percebidas.

A orientação perceptiva é ligada ao curso da ação no qual o indivíduo encontra-se engajado, num determinado momento, e, em particular, aos objetos que ele persegue. Da mesma forma, ela depende do indivíduo, a qual permite um conhecimento da probabilidade de aparecimentos de certos sinais e dá um significado a uma série de eventos. Esta descrição dos mecanismos de exploração perceptiva permite assinalar que a vigilância de uma máquina ou de um aparelho não é um fenômeno passivo. A exploração dos diferentes índices e indicadores visa detectar incidentes em vias de ocorrências, antes que eles tenham conseqüências graves. Segundo o curso de ação

em que o indivíduo está engajado, os parâmetros não serão explorados com a mesma frequência ou na mesma ordem.

Na realidade não existe uma descontinuidade entre a exploração perceptiva e a ação sobre o ambiente. As condutas humanas (comportamento) colocam em jogo encadeamentos de tomadas de informações e de ações, nos quais uma parte é disponível de forma preliminar, fruto das aprendizagens anteriores. Estes encadeamentos podem ter uma complexidade mais ou menos significativa. O termo reflexo deve ser reservado a uma reação rápida e involuntária, a estímulos que são ativados devido à ocorrência de um “curto-circuito” do influxo nervoso entre certos terminais sensitivos e certos músculos. Um exemplo de programa sensorial-motor complexo é fornecido pelo andar: dentro de certos limites, as variações do estado do solo ou as mudanças de direção do caminhar são tratadas sem intervenção da consciência, para assegurar a continuidade da progressão do andar e o equilíbrio. Observa-se na vida cotidiana e nas atividades de trabalho, vários encadeamentos complexos de tomadas de informação de ações que são resultados da aprendizagem. Não se trata somente de seqüências fixas de tomadas de informações e de ações que se reproduzem de forma idêntica, uma em relação à outra.

De acordo com Sperandio (1988), a análise do trabalho deve determinar para cada indivíduo, para cada tarefa, o grau de necessidade de uma representação mental, da mesma maneira que há necessidade de memorizar e realizar sínteses entre várias fontes de informações. Analogamente à memória, a representação mental funciona para várias tarefas como um apoio aos raciocínios e aos processos de tomadas de informação. Em certos casos, existem informações que podem ser utilizadas pelo

indivíduo para orientar sua ação. Todavia, estas informações não são consultadas, nem consideradas como significativas. Os primeiros sinais do incidente conduzem o indivíduo a um pré diagnóstico que guia sua pesquisa de informações complementares. Todas as novas informações são interpretadas a luz deste diagnóstico, sem apresentar descontinuidade suficiente para provocar a ativação de uma representação apropriada.

O trabalhador deverá ter a capacidade de enfrentar situações industriais imprevisíveis inéditas. Além da percepção do seu trabalho deve poder governar situações novas em seu conteúdo. Também deve poder colocar em evidência a origem dos problemas que caracterizam esta situação e saber resolvê-los. O trabalhador deve poder ser capaz de penetrar no interior dos processos, conhecer os princípios técnicos e sociais da produção e poder discutí-los com todos (ZAFIRAN, apud MASSERA, 1994). Devido a esta citação torna-se claro que os dados apresentados pelo trabalhador devem ser levados em consideração em todos os âmbitos de pesquisa.

Para Grandejean (1998) A avaliação das sensações subjetivas é feita com base em questionários especiais. Dignos de menção são os questionários bipolarizados, que são muito fáceis de aplicar e de interpretar. Estes questionários mostram, nas duas extremidades de uma linha, dois conceitos opostos. A pessoa em teste é convocada a colocar uma marca entre os pólos correspondendo ao seu estado no momento. As marcas podem ser medidas em seguida. Como regra geral, avaliam-se os desvios das marcações obtidas com um questionário no começo e outro no final do trabalho, como estimativa do estado subjetivo de fadiga.

## **CAPÍTULO 4**

### **PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DA FADIGA MUSCULAR EM SISTEMAS DE RODÍZIO.**

De acordo com fundamentação apresentada aonde se percebe que os rodízios nos postos de trabalho podem ser realizados seguindo diversas idéias de autores e metodologias próprias, aonde existem conclusões de que os rodízios nos postos de trabalho são um meio de melhorar as condições do processo de fabricação, condições de trabalho, redução de fadiga muscular e um argumento da capacidade de adaptação do trabalhador frente a uma nova situação de trabalho mostra-se necessário que para verificar o efeito do tempo de rodízios nos indicadores de fadiga muscular, no caso desta pesquisa o ácido láctico, faz-se necessário seguir a seguinte ordem de trabalho indicada em 3 fases básicas:

- 1º. FASE – Conhecimento do tipo de rodízio das empresas de Curitiba e Região Metropolitana utilizando questionários junto aos empregadores e empregados, buscando conhecer o tempo de aplicação do rodízio assim como o perfil dos funcionários que realizam o rodízio.
- 2º. FASE – Busca do setor industrial para realização da metodologia de rodízio proposta. Avaliação dos Postos a serem rodiziados. Coleta Ácido Láctico.
- 3º. FASE – Coleta de dados de percepção de Fadiga Muscular, comparando com os dados quantitativos de coleta de ácido Láctico.

#### 4.1 A APLICAÇÃO DOS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO NAS EMPRESAS

Para uma melhor definição de como os rodízios nos postos de trabalho tem sido aplicados em empresas faz-se necessário investigar pontualmente quais as metodologias utilizadas no processo de rodízios entre trabalhadores. Conforme revisão bibliográfica e justificativa do trabalho torna-se imprescindível uma pesquisa junto às diversas empresas objetivando o esclarecimento do tema rodízios entre os postos de trabalho, visto que a literatura sugere que os conceitos aplicados não possuem um protocolo específico (FASE 1).

Tomando como base itens específicos ao rodízio é importante que os dados coletados mostrem informações como:

- a) Realização ou não dos rodízios nos postos de trabalho;
- b) Realização de um treinamento específico para a realização dos rodízios entre os postos de trabalho;
- c) Realização dos rodízios nos postos de trabalho buscando antagonismos musculares, ou seja, a utilização de membros (mão direita, mão esquerda, etc.) de forma alternada entre os postos buscando uma redução da sobrecarga muscular;
- d) Realização dos rodízios nos postos de trabalho durante um tempo específico e determinado pelos trabalhadores ou responsáveis do Serviço Médico ou Ergonomistas;
- e) Realização de fiscalizações específicas durante a realização dos rodízios entre os diversos postos de trabalho;

- f) Realização de alterações por parte dos trabalhadores para a ocorrência dos rodízios nos postos de trabalho, de acordo com percepção individual ou do grupo para facilitar antagonismos musculares ou facilidade de montagens específicas;
- g) Interferência específica na qualidade do produto em questão, visto que o rodízio entre os postos de trabalho realizado periodicamente diminui a especificidade de montagem ou trabalho de cada trabalhador.

Conhecendo especificamente os dados citados, a idéia de aplicação dos rodízios nos postos de trabalho torna-se mais clara, pois na prática empresarial existem diversas ocorrências que podem afetar a realização dos rodízios. Tendo o questionário de pesquisa o objetivo de esclarecer as metodologias utilizadas para a realização dos rodízios nas diversas empresas observa-se o meio mais comum para a realização dos mesmos; e desta forma, definimos a melhor maneira para iniciar o Projeto de Pesquisa tratando dos temas rodízios e fadiga muscular.

Foram avaliados rodízios nos postos de trabalho de onze empresas de diversos setores, como automobilístico, eletrônico, metalúrgico, fibrocimento, eletroeletrônico, entre outros.

A idéia central desta fase da Pesquisa é direcionar que tipos de rodízios são aplicados na maioria das empresas para definir principalmente os tempos de realização dos mesmos, desta forma, a mensuração do Ácido Láctico ficaria delimitada ao indicado nos resultados.



O ANEXO I Mostra a Carta de apresentação às empresas, esclarecendo a importância das respostas do Questionário (ANEXO II).

#### 4.2 A DEFINIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO PARA REALIZAÇÃO DOS RODÍZIOS

Indústrias que apresentam linhas de produção em seu espaço geográfico têm maior possibilidade de realização de rodízios entre os postos de trabalho devido à proximidade entre os postos e também devido à separação específica entre grupos de trabalhadores, denominados como times, equipes ou outras nomenclaturas associadas.

A definição deste grupo de trabalho consiste inicialmente em atender a algumas restrições da própria pesquisa. No item relativo ao teste do ácido láctico podemos observar que os custos para a coleta individual tornam-se muito elevados devido ao preço das tiras de coleta e do aparelho; desta forma o grupo a ser estudado deve ter no máximo onze ou doze trabalhadores.

Existem também restrições adotadas aos funcionários como, por exemplo, idade, tempo de empresa, etc. Conforme citado na revisão bibliográfica e também conforme possíveis resultados apresentados nos questionários de rodízios nas empresas; para que ocorra efetivação do esquema de rodízios os trabalhadores não devem possuir muitas restrições, sendo a principal delas o conhecimento de todas as atividades de montagem dos postos de trabalho. Quando o trabalhador tem conhecimento técnico sobre a maioria das atividades, os rodízios fluem mais facilmente, não limitando

desta forma, postos apenas para determinados funcionários. Um dos quesitos adotados é a experiência dos trabalhadores de pelo menos seis meses na linha de produção, e o conhecimento técnico estendido a todos os postos de trabalho do grupo.

Linhas de produção que apresentam ciclos de trabalho longos como, por exemplo, 6 minutos ou mais geralmente apresentam uma certa diversidade de posturas adotadas pelos trabalhadores, portanto a exposição corporal repetitiva é muitas vezes anulada. Um dos critérios adotados para esta pesquisa é a escolha de locais com ciclo curto de trabalho, máximo de 90 segundos, desta forma os itens repetitividade e esforço estático podem estar presentes e a observação dos dados de fadiga muscular tende a se tornar mais fácil, visto que o trabalhador não possui tempo para repouso no meio do ciclo.

A idade média sugerida é a de trabalhadores com faixa entre 20 e 30 anos, visto que idades avançadas podem alterar no teste do ácido láctico.

Outro critério fundamental é a não utilização de atletas profissionais, os quais apresentam resistência cardiovascular e condicionamento físico geral maior que os indivíduos não praticantes de esportes.

#### 4.3 QUESTIONÁRIO ASPECTOS INDIVIDUAIS NO TRABALHO

Para a investigação do grupo ideal de trabalhadores é necessário investigar as suas expectativas junto ao trabalho realizado, assim como a prática de ginástica laboral e

exercícios físicos. Outros dados importantes são os hábitos de vida dos trabalhadores, como fumantes e etilistas.

O questionário aspectos individuais no trabalho (ANEXO III) visa também verificar a opinião dos trabalhadores sobre a dificuldade em realizar as tarefas descritas nos postos de trabalho.

#### 4.4 PESQUISA DE FATORES BIOMECÂNICOS DE RISCO IMPOSTOS PELOS POSTOS DE TRABALHO A SEREM RODIZIADOS.

Para que o rodízio nos postos de trabalho possa ser iniciado, primeiramente será observada a metodologia aplicada nas diversas empresas de acordo com o ANEXO II e posteriormente será necessária a observação dos diversos grupos musculares utilizados nos postos de trabalho do grupo de pesquisa escolhido.

A importância desta observação vem do fato de que um rodízio só pode ser viabilizado, fisicamente falando, se existe uma alternância dos grupos musculares utilizados nos diversos postos. Acredita-se que este antagonismo entre músculos é necessário para não gerar sobrecarga muscular nem fadiga muscular associada, assim como redução do nível de ácido láctico no sangue dos trabalhadores.

Esta pesquisa é realizada através do preenchimento de um questionário (ANEXO IV) pelo próprio ergonomista, aonde é definida a parte do corpo mais utilizada no ciclo de trabalho. É necessário o preenchimento de um questionário por posto de trabalho, mapeando desta forma os principais riscos posturais.

Com esta avaliação postural e verificação biomecânica é possível criar um mapa de risco do local de trabalho definindo os postos entre Leve, Moderado ou Pesado, facilitando desta forma a escolha da seqüência de rodízios a serem realizados. Esta avaliação é uma observação perceptiva do ergonomista que necessita uma certa experiência para definir grupos musculares possivelmente sobrecarregados.

#### 4.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DE RODÍZIO A SER APLICADA NO GRUPO

Observando os dados apresentados na literatura e nos questionários de rodízios nas empresas podemos definir a metodologia de rodízios a ser aplicada no grupo de trabalho.

Um fato inicial que deve ser levado em consideração é a necessidade dos trabalhadores conhecerem todas as funções dos postos de trabalho, caso isto não ocorra existe a necessidade de um treinamento específico e um período de adaptação junto à nova função. A pesquisa será aplicada a um grupo experiente, por isto o treinamento fica descartado. O que há a necessidade de realização inicial é a definição de qual seqüência de postos de trabalho deve ser realizada, observando os dados coletados nos questionários de incidência de fatores biomecânicos (ANEXO IV) e também a definição dos melhores tempos; ou dos tempos mais praticados nas empresas, dos rodízios nos postos de trabalho.

Os tempos para a realização do rodízio serão apresentados nos resultados, mas existem fatos de que os mesmos são realizados de uma em uma hora e até de quatro em quatro horas, de acordo com cada empresa.

Conforme apresentado na introdução um dos objetivos é demonstrar que menores tempos para a realização de rodízios (como por exemplo, os rodízios de uma em uma hora) contribuem para a redução de sobrecarga muscular e possível redução da fadiga muscular. Rodízios realizados após tempos prolongados podem ser causadores de possível fadiga muscular nos trabalhadores e até mesmo lesões específicas de acordo com a atividade.

Os rodízios a serem realizados nos postos de trabalho, sejam eles de uma em uma hora, ou de quatro em quatro horas, de acordo com definição a ser apresentada nos questionários, serão realizados de acordo com cronograma para coleta de dados. Por exemplo: na primeira semana serão realizados rodízios de hora em hora e após o final desta semana o ácido láctico será coletado; na segunda semana serão realizados rodízios de duas em duas horas e no final da mesma o ácido láctico será coletado; e assim por diante.

#### 4.6 APRESENTAÇÃO DO PROJETO DE TRABALHO E TREINAMENTO TRABALHADORES

Após definição do tempo de rodízios e seqüência a ser realizada um treinamento e palestra devem ser ministrados aos trabalhadores, buscando esclarecer o foco da pesquisa e também esclarecer o porquê da realização da seqüência de rodízios

indicada. Normalmente quando existe a necessidade de alterações em processos específicos da produção encontra-se certa resistência junto aos trabalhadores. O objetivo da palestra é esclarecer a correlação biomecânica do grupo muscular utilizado com o tipo de rodízio realizado nos postos de trabalho.

Esclarecidos e Treinados, os trabalhadores devem assinar uma carta de consentimento para que a pesquisa possa ser iniciada, principalmente devido ao fator invasivo (coleta de sangue) a ser utilizado (ANEXO V)

#### 4.7 INÍCIO DOS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO INDICADOS

Os rodízios serão realizados pelos trabalhadores após solicitação do ergonomista, atendendo os tempos previstos e pesquisados, sejam a cada hora, duas horas ou três horas. A coleta de ácido láctico se dará no final de cada semana.

#### 4.8 COLETA DE ÁCIDO LÁTICO DE ACORDO COM TEMPOS ENTRE OS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO (FASE 2)

O ácido láctico será coletado de acordo com duas situações dos grupos de trabalho apresentados:

- a. Coleta de ácido láctico será realizada no início do turno e após cada troca de postos de trabalho, sejam eles realizados de hora em hora, duas em duas horas ou três em três horas. Esta coleta será realizada com metade do grupo de trabalhadores, os quais realizarão rodízios em um número restritos de postos de trabalho da linha em estudo.

- b. Coleta de ácido láctico será realizada no início do turno e no final do turno, seja nos rodízios realizados de hora em hora, duas em duas horas ou três em três horas. Esta coleta será realizada com a outra metade dos trabalhadores desta linha de produção, os quais realizam rodízios em um número restrito de postos de trabalho da linha em estudo.

Um dos parâmetros mais importantes para o controle da intensidade do esforço físico é o grau de concentração de lactato, pois permite conclusões a respeito de esforço metabólico. As medições de Ácido Láctico realizadas são em sua maioria utilizadas pela Medicina Desportiva, desta forma deve ficar claro que a pesquisa tende a mensurar os níveis de lactato em trabalhadores durante sua jornada de trabalho. Desta forma, os critérios adotados para a realização de coletas de ácido láctico são os seguintes:

- A técnica consiste em uma “picada” de agulha para coleta de uma gota de sangue arterial da borda lateral dos dedos.
- A higienização que precede o teste é realizada de acordo com a solicitação do fabricante; assepsia da área da coleta (dedo indicador) utilizando álcool volume 70%.
- O aparelho utilizado para a mensuração dos dados relativos ao ácido láctico é denominado de *accutrend lactate*, que, para a realização das medições no aparelho são utilizadas tiras específicas para cada coleta realizada.
- O grupo de trabalhadores a ser pesquisado deve ser restrito ao máximo de doze pessoas visto que o custo das tiras de mensuração é muito elevado. Serão utilizadas em média 100 tiras para a coleta do ácido láctico.

- As lancetas utilizadas para realizar a “picada” na área a ser coletada e luvas esterilizadas devem ser utilizadas e descartadas.
- Uma das dificuldades esperadas para a pesquisa era a resistência dos próprios trabalhadores durante a coleta de dados relativos ao ácido láctico, visto que este é um exame invasivo.
- Administração endovenosa de ácido ascórbico pelo trabalhador, o que pode alterar os testes de lactato, portanto trabalhadores foram orientados a não ingerir estas substâncias, e desta forma procurar o serviço médico da empresa.
- A temperatura elevada do local de trabalho, segundo Grandjean (1998), considera-se uma carga extra para o coração, alterando o metabolismo. Os Trabalhos realizados em locais cuja temperatura excede os 25°C foram evitados.

#### 4.9 COLETA DOS DADOS RELATIVOS Á PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR (FASE 3)

Sabe-se que a orientação perceptiva é ligada ao curso da ação no qual o indivíduo encontra-se engajado, num determinado momento, e, em particular, aos objetos que ele persegue. Da mesma forma, ela depende do indivíduo, a qual permite um conhecimento da probabilidade de aparecimentos de certos sinais e dá um significado a uma série de eventos.

Desta forma um acompanhamento da percepção de cada trabalhador ao item fadiga muscular faz-se necessário, para que seja possível uma comparação junto aos resultados metabólicos obtidos.



Como escala perceptiva adotou-se a numeração de zero a dez, considerando-se zero nenhum cansaço e dez cansaço máximo (ANEXO VI) de uma maneira geral no corpo, buscando desta forma fazer uma menção ao lactato sanguíneo corporal.

Após cada coleta de ácido láctico foi solicitado que os trabalhadores definissem perceptivamente o seu cansaço na escala de zero a dez. Esta metodologia foi aplicada às duas situações de coleta de ácido láctico; durante cada rodízio nos postos de trabalho e no início e final do turno de acordo com definição da pesquisa.

## CAPÍTULO 5

### APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

#### 5.1 RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DA APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS DE RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO NAS EMPRESAS.

Foram avaliados rodízios nos postos de trabalho de onze empresas situadas na região metropolitana de Curitiba de diversos setores, como automobilístico, eletrônico, metalúrgico, fibrocimento, eletroeletrônico, entre outros.

O foco inicial era a realização ou não dos rodízios nos postos de trabalho destas indústrias, observamos os seguintes resultados para estas perguntas:

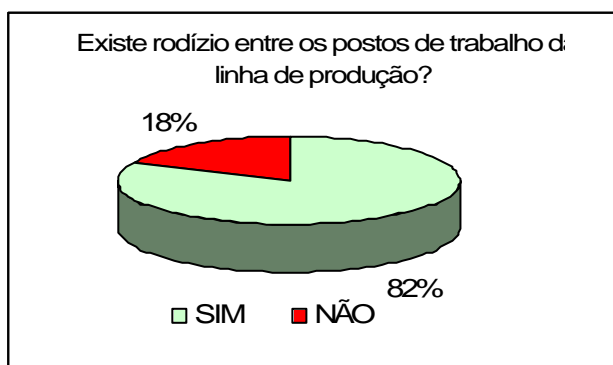


Gráfico 1 – Existência ou Não de rodízios nas fábricas entrevistadas.

Observamos que 82% das empresas entrevistadas realizam os rodízios entre seus diversos postos de trabalho, sendo que os 18% remanescentes não possuem esta prática. Segundo anotações pontuais a prática não é efetiva devido ao sistema de produção; como por exemplo, trabalho em células com tempo de ciclo muito

prolongado, que, apesar de apresentarem polivalência, dificilmente apresentam tempo de ciclo curto para atividades específicas.

Conforme delimitação de pesquisa existia a necessidade de conhecer o tipo de rodízio realizado no quesito antagonismo muscular. Muitas empresas realizam o rodízio aleatoriamente, sem alternância de grupos musculares utilizados.

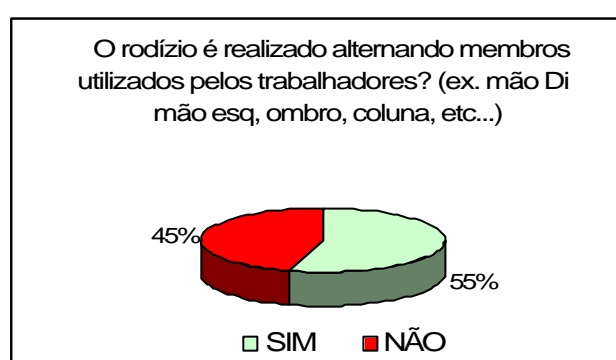


Gráfico 2 – Existência ou não de alternância entre grupos musculares utilizados.

Observamos que 55% das empresas entrevistadas praticam o antagonismo muscular durante a realização dos rodízios, ou seja, alteram os grupos musculares utilizados a cada posto de trabalho. A não realização desta prática deve-se provavelmente à dificuldade em encontrar postos com proximidade geográfica que possibilitam a realização desta alternância.

A pergunta número três consistia em conhecer se as empresas realizavam ou não algum treinamento específico junto aos funcionários, pois, conforme apresentado na revisão bibliográfica, observamos a necessidade desta prática antes do início do revezamento efetivo entre os postos de trabalho.

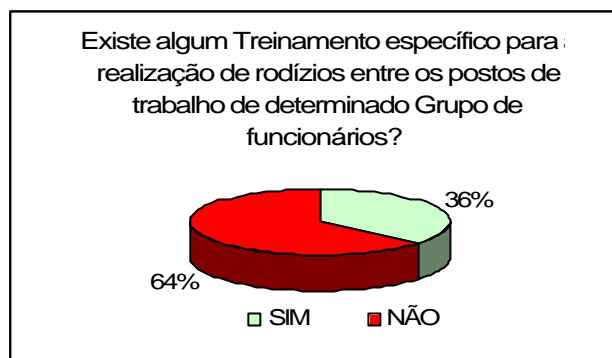


Gráfico 3 – Existência ou não de treinamento específico para os funcionários antes da realização dos rodízios.

A maioria das empresas não realiza um treinamento específico sobre os rodízios por desconhecerem possibilidades de aplicação desta ferramenta ergonômica e por não existir um protocolo definido na literatura. Observamos que 64% não realizam um treinamento efetivo, conforme demonstramos na revisão bibliográfica esta falta de treinamento pode fazer com que o projeto não siga em frente, e seja abandonado pelos próprios trabalhadores.

A pergunta número quatro é um dos pontos chave para a realização da pesquisa aonde observamos a existência ou não de tempo específico para a realização dos rodízios.



Gráfico 4 – Existência ou não de tempo específico para realizar rodízios entre os postos de trabalho.

A pergunta número cinco delimita a pesquisa em relação à realização ou não de fiscalizações junto aos trabalhadores durante a realização dos rodízios.

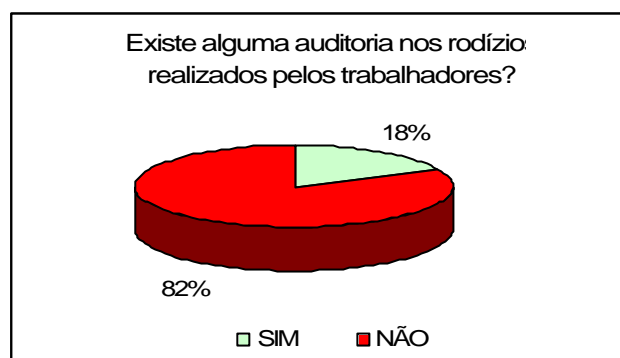


Gráfico 5 – Existência ou não de fiscalizações para a realização dos rodízios.

A auditoria é um ponto importante e sugere que o projeto de rodízios realizado pelos trabalhadores seja realizado corretamente, dando seqüência à proposta de prevenção de lesões musculares. Observamos que 82% das empresas não possuem este controle efetivo, o que sugere uma possível falência do projeto com o passar dos tempos. Relata-se possível falência, pois existem pontos não previsíveis que podem contribuir como o turn-over e absenteísmo elevado.

A sexta pergunta revela a autonomia dos trabalhadores para a realização dos rodízios.

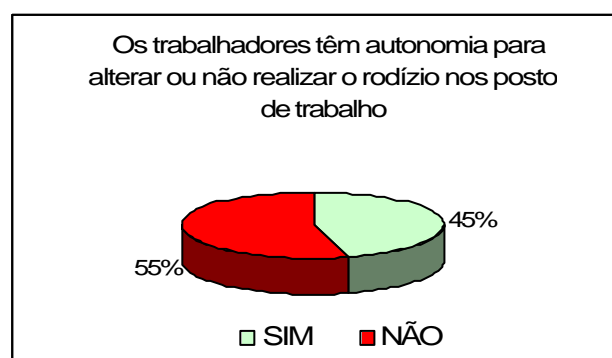


Gráfico 6 – Existência ou não de autonomia dos trabalhadores para a realização dos rodízios nos postos de trabalho.

A sétima pergunta trata de um ponto referente à alteração de qualidade do produto devido à realização dos rodízios. Segundo constatações particulares em indústrias existe um relato específico de redução de qualidade no produto após o aumento da versatilidade dos trabalhadores. Este é um contexto pontual observado com a prática do ergonomista, desta forma é importante levar em consideração a construção do produto durante a realização dos rodízios. Observamos que no gráfico abaixo 82% das empresas não encontraram relatos sobre alteração na qualidade do produto, mas 18% das mesmas encontraram, não possibilitando desta forma uma exclusão total desta comparação entre rodízios e alteração da qualidade do produto.



Gráfico 7 – Existência ou não de alteração na qualidade do produto.

A última pergunta delimita o tempo de rodízio a ser estudado na pesquisa, visto que na prática estes são realizados durante uma faixa muito diversificada de tempos. Sabemos que existe uma variação de realização de rodízios partindo de uma hora até 4 horas, ou meio dia de trabalho. Desta forma observamos que a preferência para a realização dos rodízios delimita-se aos tempos descritos no gráfico. Observamos que 45% das empresas realizam rodízios a cada uma hora e meia a duas horas, 22% realizam rodízios entre uma hora e uma hora e meia e 33% realizam rodízios em tempos maiores que duas horas.

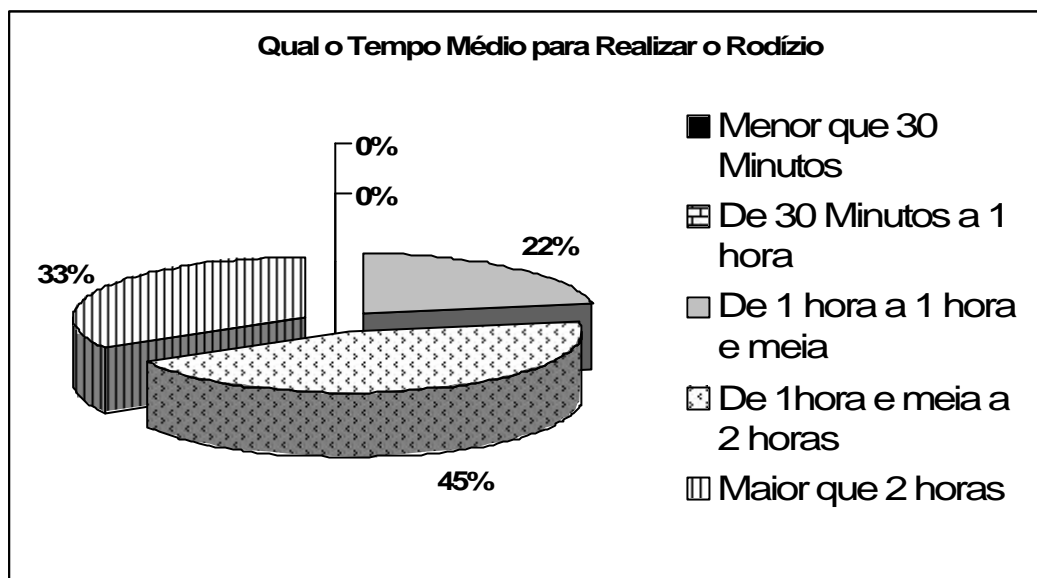


Gráfico 8 – Tempo médio para a realização dos rodízios nos postos de trabalho.

## 5.2 A DEFINIÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO PARA REALIZAÇÃO DOS RODÍZIOS

De acordo com as delimitações da pesquisa foram observados grupos de trabalho em diversas empresas do setor de metalurgia e eletrônico. O local mais adequado para a realização da pesquisa foi o setor de uma empresa de eletrodomésticos que apresentava características de linha de produção com ciclo de trabalho curto de no máximo 50 segundos. O grupo de trabalho em questão possui 12 funcionários com tempo médio de um ano de experiência nas atividades realizadas. Todos os funcionários deste grupo conheciam todas as atividades e sua versatilidade contemplava todos os postos, desta forma, os rodízios puderam ser aplicados facilmente de acordo com os resultados propostos nos questionários das empresas e de acordo com o referencial teórico.

A empresa é fabricante de refrigeradores e a montagem específica realizada pelos operadores é a parte interna da geladeira. O setor delimitado foi o setor de aplicação de silicone, o qual apresentou inicialmente em observação riscos posturais específicos.

O grupo de trabalho de doze pessoas pôde ser dividido em dois, aonde trabalhadores foram submetidos à coleta de ácido láctico após cada rodízio realizado e outros trabalhadores foram submetidos à coleta no início e final do turno.

Encontra-se detalhado na figura 1 o esquema da linha de produção, aonde numerados estão os postos de trabalho pesquisados. A letra X corresponde ao posto que não pertence ao grupo de trabalho. As letras XX correspondem ao posto retirado da linha durante a fase da pesquisa.



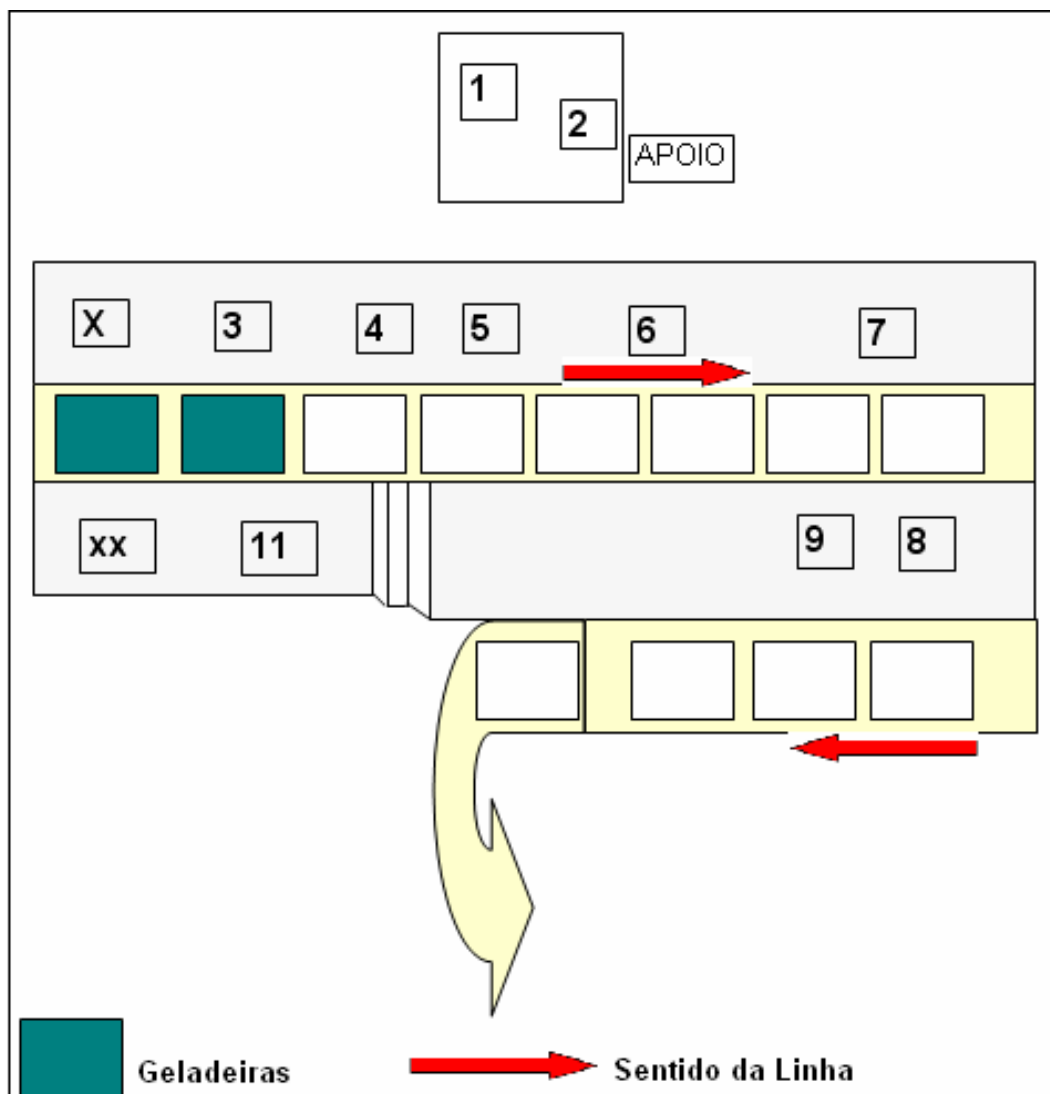


Figura 1 – Croqui da Linha de Produção em Estudo.

O Quadro abaixo indica a legenda dos postos apresentados na Figura 1. O posto XX era considerado o posto número dez e foi retirado da pesquisa por alterações na estrutura produtiva.

Posto	Atividades
<b>Apoio</b>	Apoio à linha de produção
<b>1</b>	Colar Isolação "A" e "B" na parte traseira da tampa.
<b>2</b>	Espuma no contorno especificado montar tampa da Lâmpada. Disponibilizar materiais na linha
<b>3</b>	Posicionar a Borracha de Vedação e encaixar o motoventilador no produto e parafusar

<b>4</b>	Posicionar Tampa dianteira do evaporador, parafusar e colocar fitas.
<b>5</b>	Aplicar Silicone na parte Superior (Freezer)
<b>6</b>	Colocar prateleira do Freezer, prateleira bi-partida, tampa basculante e aplicar fita adesiva
<b>7</b>	Posicionar Gaveta de Legumes de Produto.
<b>8</b>	Silicone na Parte Inferior (Carrossel)
<b>9</b>	Cortar Fita PP Azul para fixação de componentes internos
<b>xx</b>	Injetar Hélio, testar entupimento, abrir aletas do degrau e limpar pontos de solda.
<b>11</b>	Posicionar Caixa de Controle no Produto

Quadro 1 – Lista de Postos de Trabalho e atividades a serem estudados.

### 5.3 QUESTIONÁRIO DE ASPECTOS INDIVIDUAIS NO TRABALHO

Foi proposto no método de estudo algumas questões pertinentes aos aspectos individuais no trabalho, procurando conhecer se alguns dados de possíveis alterações na pesquisa, como por exemplo, a prática constante de esportes ou períodos relativamente curtos de trabalho na linha de produção estavam presentes nos trabalhadores.

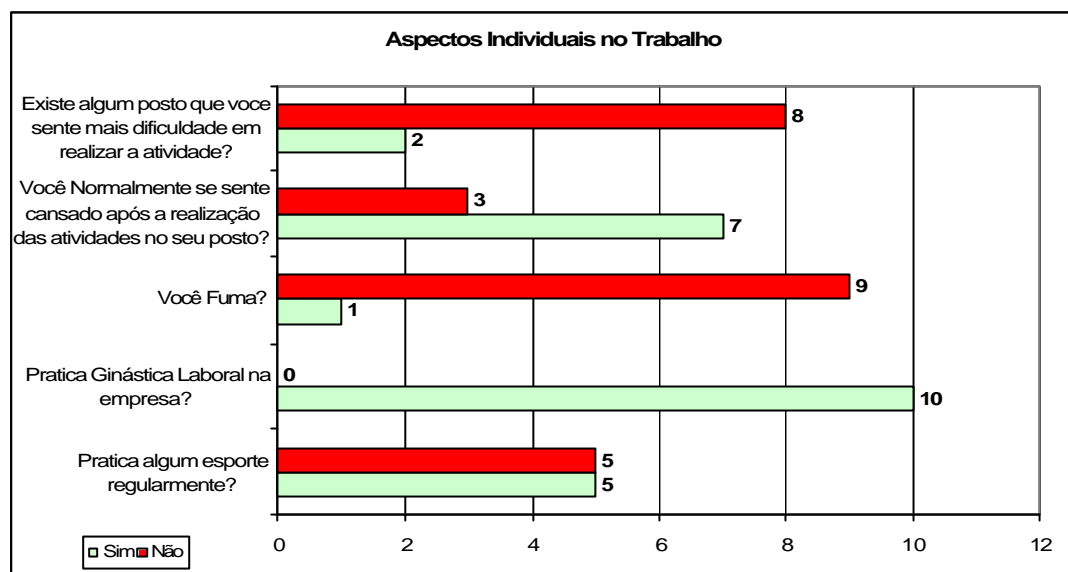


Gráfico 9 – Resultados aspectos individuais no trabalho.

No gráfico observamos que 50% dos entrevistados praticam algum esporte regularmente, aprofundamos a pesquisa e observamos que destes 50%, ou seja, 5 trabalhadores, apenas 20% realiza atividades físicas mais que 2 vezes na semana, os demais realizam atividades esporádicas como caminhadas, futebol, vôlei, etc.

Um ponto importante a ser considerado é a dificuldade encontrada por 20% dos trabalhadores para realizar atividades em determinados postos de trabalho. Nesta estratificação de dados observamos comentários importantes definindo os postos críticos.

Segundo os trabalhadores um ponto crítico desta linha de produção é a aplicação de silicone no refrigerador. Este relato transmite a dificuldade da atividade, as constantes dores nas costas e a facilidade em trabalhar com rodízios realizados a cada hora neste posto de trabalho.

Alguns trabalhadores não relatam dificuldades, 80% do total, justificando isto devido ao tempo de aprendizado, sempre contornando as dificuldades impostas pela linha de produção.

#### 5.4 PESQUISA DE FATORES BIOMECÂNICOS DE RISCO IMPOSTOS PELOS POSTOS DE TRABALHO A SEREM RODIZIADOS.

De acordo com o desenvolvimento da pesquisa a próxima etapa procurou investigar pontualmente todos os fatores biomecânicos de risco impostos aos trabalhadores nos postos de trabalho apresentados na figura 1. Seguindo o Anexo IV todos os postos foram avaliados. Nos quadros 2 e 3 observamos as partes do corpo mais utilizadas em cada posto de trabalho.

No quadro número dois observamos todos os postos de trabalho definidos através de suas atividades respectivas, assim como identificados pelos grupos musculares utilizados durante a atividade. Como as atividades da linha de produção consistem principalmente no uso de membros superiores e estas são realizadas na posição em pé, inevitavelmente as pernas e partes específicas como ombros e punhos são os mais utilizados.

Faz-se necessário salientar que a linha de produção possui velocidade própria e o trabalhador deve caminhar para acompanhar o processo de montagem. Os tempos de ciclo e montagem variam de 30 a 45 segundos.

Parte do Corpo Utilizada com mais frequência no Ciclo									
Posto de Trabalho	Atividades	Ombro	Braço	Cotovelo	Punho/Mão	Cervical	Lombar	Joelhos	Pernas
<b>Apoio</b>	Apoio a Linha de produção. Separar materiais específicos para a linha							x	x
<b>1</b>	Colar Isolação "A" e "B" na parte traseira da tampa.			x	x	x	x		x
<b>2</b>	Espuma no contorno especificado montar tampa da Lâmpada. Dispor materiais na linha					x	x		x
<b>3</b>	Posicionar a Borracha de Vedação e encaixar o motoventilador no produto e parafusar	x	x		x				x
<b>4</b>	Posicionar Tampa dianteira do evaporador, parafusar e colocar fitas.	x			x				x
<b>5</b>	Aplicar Silicone na parte Superior (Freezer)	x	x	x	x	x			x
<b>6</b>	Colocar prateleira do Freezer, prateleira bi-partida, tampa basculante e aplicar fita adesiva								x
<b>7</b>	Posicionar Gaveta de Legumes de Produto.						x		x
<b>8</b>	Silicone na Parte Inferior (Carrossel)	x	x		x	x	x	x	x
<b>9</b>	Cortar Fita PP Azul para fixação de componentes internos								x
<b>EXCLUÍDO</b>	Injetar Hélio, testar entupimento, abrir aletas do degrau e limpar pontos de solda.				x				x
<b>11</b>	Posicionar Caixa de Controle no Produto	x		x	x	x			x

Quadro 2 – Postos de Trabalho caracterizados pelo uso de grupos musculares.

No Quadro 3 indicamos os fatores biomecânicos de risco específicos nos postos de trabalho estudados. Estes dados apóiam e são necessários à realização de um protocolo de rodízios específicos; sugerindo assim a seqüência mais correta para os rodízios nos postos de trabalho. Estes fatores biomecânicos permitem a indicação dos

postos como postos leves, moderados ou pesados, de acordo com avaliação do ergonômista.



Posto de Trabalho	Atividades	Fatores Biomecânicos de Risco
<b>Apoio</b>	Apoio a Linha de produção. Separar materiais específicos para a linha	POSTO LEVE
<b>1</b>	Colar Isolação "A" e "B" na parte traseira da tampa.	Sobrecarga Membros Inferiores, Postura Inadequada Coluna Cervical, punhos e antebraço. POSTO MODERADO
<b>2</b>	Espuma no contorno especificado montar tampa da Lâmpada. Dispor materiais na linha	Sobrecarga Membros Inferiores, Postura Inadequada Coluna Cervical. POSTO LEVE
<b>3</b>	Posicionar a Borracha de Vedação e encaixar o motoventilador no produto e parafusar	Compressão Cotovelo, vibração punhos e mãos. Postura Inadequada em ombros, Força e Sobrecarga ombros/ braços. DIFÍCIL
<b>4</b>	Posicionar Tampa dianteira do evaporador, parafusar e colocar fitas.	Vibração punhos e mãos. Postura Inadequada ombros. MODERADO
<b>5</b>	Aplicar Silicone na parte Superior (Freezer)	Sobrecarga ombros, postura inadequada cotovelos e punhos. Pinça para limpar. DIFÍCIL
<b>6</b>	Colocar prateleira do Freezer, prateleira bi-partida, tampa basculante e aplicar fita adesiva	POSTO LEVE
<b>7</b>	Posicionar Gaveta de Legumes de Produto.	POSTO LEVE
<b>8</b>	Silicone na Parte Inferior (Carrossel)	Sobrecarga ombros, postura inadequada cotovelos e punhos. Pinça para limpar. Postura inadequada e sobrecarga em coluna lombar e joelhos. DIFÍCIL
<b>9</b>	Cortar Fita PP Azul para fixação de componentes internos	POSTO LEVE
<b>EXCLUÍDO</b>	Injetar Hélio, testar entupimento, abrir aletas do degrau e limpar pontos de solda.	POSTO ELIMINADO DA LINHA DURANTE A PESQUISA
<b>11</b>	Posicionar Caixa de Controle no Produto	Posturas Inadequadas em punhos, mãos e cotovelos. DIFÍCIL

Quadro 3 – Postos de Trabalho caracterizados pelos fatores de risco biomecânicos.

Nos quadros 2 e 3 observamos a denominação específica dada aos postos de trabalho; são elas: leve, moderado e difícil. Estas denominações foram dadas de acordo com o tempo de permanência estática prolongada dos membros mais utilizados nos postos de trabalho. Os postos de apoio, 6,7 e 9 são considerados leves, portanto passíveis de alternância de rodízios com os demais postos. As posturas

adotadas nos demais postos de trabalho são consideradas críticas para os itens de sobrecarga, postura inadequada e vibração, portanto, devido ao curto ciclo de trabalho devem ser rodziados com postos leves.

Abaixo se encontram três exemplos de sobrecarga muscular e posturas inadequadas, adotadas nos postos desta linha de produção.

Foto	Fator Biomecânico de Risco
	<p>Posto de Aplicação de Silicone na parte Inferior:</p> <p>Sobrecarga ombros, Postura inadequada cotovelos e punhos Pinça para limpar. Postura inadequada e sobrecarga em coluna lombar e joelhos.</p>
	<p>Posto de Aplicação de Silicone na parte Superior</p> <p>Sobrecarga ombros, Postura inadequada cotovelos e punhos Pinça para limpar.</p>
	<p>Posto de Fita azul para fixação de componentes.</p> <p>Sem sobrecarga muscular. POSTO LEVE.</p>

Quadro 4 – Demonstração de Posturas inadequadas em atividades na linha de produção.

## 5.5 A DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA DE RODÍZIO A SER APLICADA NO GRUPO.

De acordo com os dados analisados a metodologia de rodízios nos postos de trabalho a ser aplicada consiste basicamente em dois pontos principais:

1. Tempo para a realização do Rodízio;
2. Sequência entre os postos de trabalho visando redução da sobrecarga Muscular.

### 5.5.1 O Tempo Para a Realização dos Rodízios.

Como o objetivo da pesquisa é verificar o tempo ideal para a realização dos rodízios levando em consideração o ácido láctico como indicador de fadiga muscular faz-se necessário mensurar o nível de lactato em tempos de rodízios realizados rapidamente e tempos mais demorados.

Conforme demonstrado na Pesquisa de rodízios 45% das empresas realizam rodízios a cada uma hora e meia a duas horas, 22% realizam rodízios entre uma hora e uma hora e meia e 33% realizam rodízios em tempos maiores que duas horas; foram definidos 3 horários específicos para a realização dos rodízios:

A equipe de trabalho do setor de Silicone realizará rodízios na primeira semana da pesquisa de uma em uma hora, sendo que no final da semana será mensurado o ácido láctico conforme indicações da Metodologia.



Na segunda semana a equipe de trabalho irá realizar os rodízios a cada 2 horas de trabalho, sendo que no final desta semana será mensurado o ácido láctico e na terceira semana a equipe de trabalho do setor irá realizar rodízios a cada 3 horas de trabalho e no final desta semana ocorrerá a coleta do ácido láctico.

Desta forma definimos três tipos de rodízios; os de hora em hora, de duas em duas horas e de três em três horas, para que possamos observar a elevação ou não do ácido láctico na corrente sanguínea.

O motivo pelo qual o rodízio foi realizado durante toda uma semana é a necessidade do trabalhador se adaptar ao tempo e tipo de rodízio realizado.

Por ser um teste invasivo as coletas são realizadas apenas em um dia específico após o trabalhador estar mais acostumado com o tempo determinado para a troca entre os postos. Mas cada trabalhador receberá coleta de sangue a cada troca de postos e no início e no final do turno

#### 5.5.2 A Seqüência de Rodízios entre os Postos de Trabalho Visando a Redução da Sobrecarga Muscular

Após análise dos dados coletados no ANEXO IV, aonde observamos os fatores Biomecânicos de Risco Impostos aos Postos de Trabalho, que são apresentados nos quadros 2 e 3, a divisão dos grupos para a coleta dos dados de ácido láctico ficou da seguinte forma:

Posto de Trabalho	Atividades
1	Colar Isolação "A" e "B" na parte traseira da tampa. – MODERADO
2	Espuma no contorno especificado montar tampa da Lâmpada. Dispor materiais na linha - LEVE
8	Silicone na Parte Inferior (Carrossel) – DIFÍCIL
9	Cortar Fita PP Azul para fixação de componentes internos – FÁCIL
11	Posicionar Caixa de Controle no Produto. – DIFÍCIL
3	Posicionar a Borracha de Vedação e encaixar o motoventilador no produto e parafusar – DIFÍCIL
4	Posicionar Tampa dianteira do evaporador, parafusar e colocar fitas. LEVE
5	Aplicar Silicone na parte Superior (Freezer) DIFÍCIL
6	Colocar prateleira do Freezer, prateleira bi-partida, tampa basculante e aplicar fita adesiva. MODERADO
7	Posicionar Gaveta de Legumes de Produto. – LEVE
Apoio	Apoio a Linha de produção. Separar materiais específicos para a linha LEVE

Tabela 1 – Divisão de Grupos para coleta de dados e definição de rodízios.

A tabela 1 apresenta uma divisão dinâmica onde no grupo de Trabalho A (postos 1,2,8,9 e 11), estão indicados os postos que rodizaram entre si e receberam coleta de ácido láctico **A CADA TROCA DE POSTOS**. No grupo de Trabalho B (postos 3,4,5,6,7 e Apoio), estão os postos que rodizaram entre si e receberam coleta de ácido láctico **NO INÍCIO E FINAL DO TURNO**. Para os postos do grupo de Trabalho A, foram definidos os seguintes esquemas de rodízio:

Posto de Trabalho	Atividades	Próximo POSTO
1	Colar Isolação "A" e "B" na parte traseira da tampa.	11
2	Espuma no contorno especificado montar tampa da Lâmpada. Dispor materiais na linha	1
8	Silicone na Parte Inferior (Carrossel)	2
9	Cortar Fita PP Azul para fixação de componentes internos	8
11	Posicionar Caixa de Controle no Produto	9

Tabela 2 – Sequência de Rodízios postos do Grupo de Trabalho A

A tabela 2 indica a seqüência específica dos postos; por exemplo, o posto 1 (colar isolamento) terá como seqüência o posto 11 (caixa de controle); o posto caixa de controle número 11 terá como seqüência o posto 9 (Colar Fita Azul); e assim por diante.

Para os postos do grupo de trabalho B, foram definidos os seguintes esquemas de rodízio:

Posto de Trabalho	Atividades	Rodízio Proposto PESQUISA
3	Posicionar a Borracha de Vedação e encaixar o motoventilador no produto e parafusar	7
4	Posicionar Tampa dianteira do evaporador, parafusar e colocar fitas.	3
5	Aplicar Silicone na parte Superior (Freezer)	4
6	Colocar prateleira do Freezer, prateleira bi-partida, tampa basculante e aplicar fita adesiva	<b>APOIO</b>
7	Posicionar Gaveta de Legumes de Produto.	6
<b>Apoio</b>	Apoio a Linha de produção. Separar materiais específicos para a linha	5

Tabela 3 – Seqüência de Rodízios dos postos do grupo de trabalho B

O esquema de rodízios para os postos do grupo B segue o mesmo esquema dos postos do Grupo A no que diz respeito à seqüência de postos apresentada na tabela.

Após a fase de esquematização dos rodízios foi realizada uma palestra aos trabalhadores de mais ou menos trinta minutos, aonde foi explanado a importância dos rodízios e o objetivo deste estudo.

Durante as palestras observou-se que os trabalhadores estavam cientes, antes mesmo do início do projeto, que os rodízios realizados de três em três horas estariam levando os mesmos para certo limite de cansaço, porém, todos foram conscientizados e

aceitaram a realização dos mesmos visto que seria a única maneira de comprovar a eficácia dos rodízios nos postos de trabalho. Outro ponto abordado foi o fato da coleta de sangue realizada constantemente. Os trabalhadores assinaram um termo de consentimento (ANEXO V) concordando com a realização da pesquisa.

#### 5.6 COLETA DE ÁCIDO LÁTICO DE ACORDO COM TEMPOS ENTRE OS RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO.

De acordo com o levantamento de dados de rodízios nas empresas da região metropolitana de Curitiba; e, de acordo com as referências bibliográficas encontradas, conforme citado pelo OSHA Ergonomics Program Management Guidelines for Meatpacking Plants, os rodízios nos postos de trabalho foram aplicados a cada hora, a cada duas horas e a cada três horas, sendo seguidos de coleta de ácido lático em cada trabalhador envolvido.

#### 5.7 COLETA DE ÁCIDO LÁTICO NO GRUPO DE TRABALHO A E COMPARATIVO COM PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR.

Os trabalhadores foram identificados com uma letra específica para que sua identidade não fosse revelada. Desta forma, o grupo de trabalho A recebeu a seguinte nomenclatura: Trabalhadores indicados da letra H até a letra L.

Após cada coleta de ácido lático o trabalhador respondeu o questionário de percepção de fadiga muscular. O grupo de Trabalho A realizou rodízio apenas de hora em hora e de duas em duas horas, visto que os rodízios de três em três horas

tendem a seguir os mesmos dados apresentados pelo Grupo de Trabalho B (coleta no início e final de cada turno).

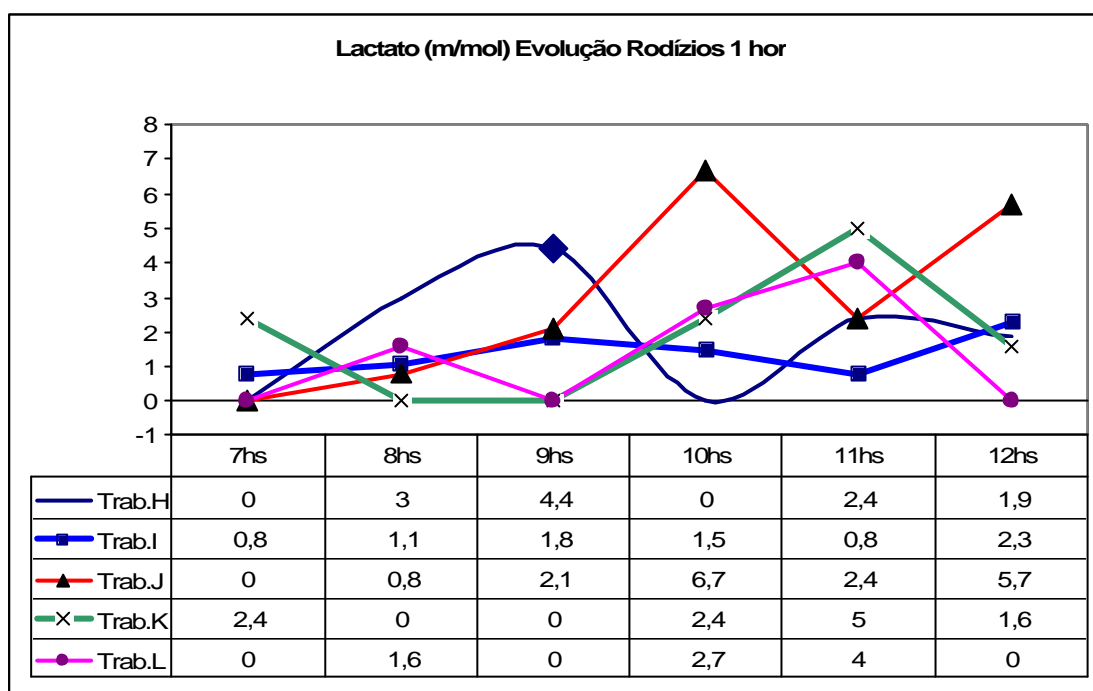


Gráfico 10 – Lactato Coletado após rodízios de hora em hora nos postos de trabalho.

O gráfico acima identifica os trabalhadores assim como a evolução do Lactato após cada hora de trabalho. Esta coleta foi realizada após a realização de cada atividade (rodízios realizado de hora em hora) durante meio dia de trabalho. Observamos que após cada rodízio existe uma elevação ou redução do lactato, o que demonstra que alternando postos difíceis e fáceis existe uma tendência em redução de produção de ácido láctico, reduzindo consequentemente a predisposição à fadiga muscular.

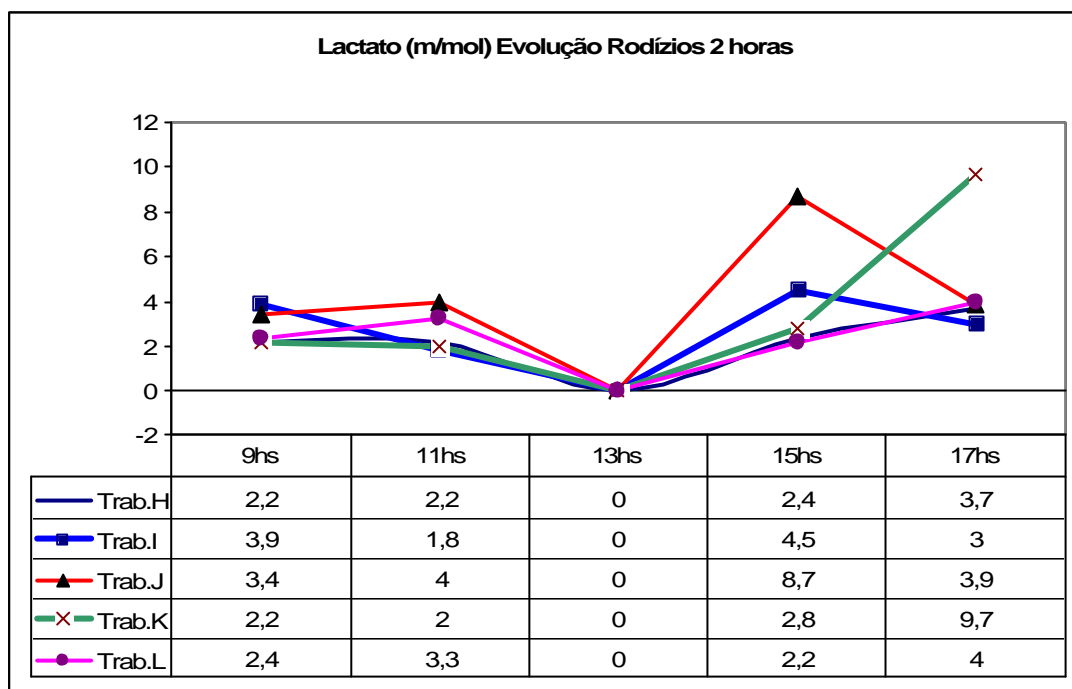


Gráfico 11 – Lactato Coletado após rodízios a cada duas horas em hora nos postos de trabalho.

O Gráfico 11 indica os valores para coletas a cada duas horas de rodízios. Os valores de lactato no horário inicial correspondem, teoricamente, aos mesmos do rodízio realizado de hora em hora. Neste gráfico observamos um aumento considerativo nos valores de lactato em comparado com os rodízios realizados de hora em hora.

Os dados relativos às 13 horas não foram coletados por causa da pausa para almoço, desta forma a continuidade de coleta ocorreu às 15 horas.

Para melhor explicar os gráficos tomamos como exemplo dois casos de trabalhadores e consideramos o ácido láctico de acordo com cada posto de trabalho realizado, são eles o trabalho H e J.

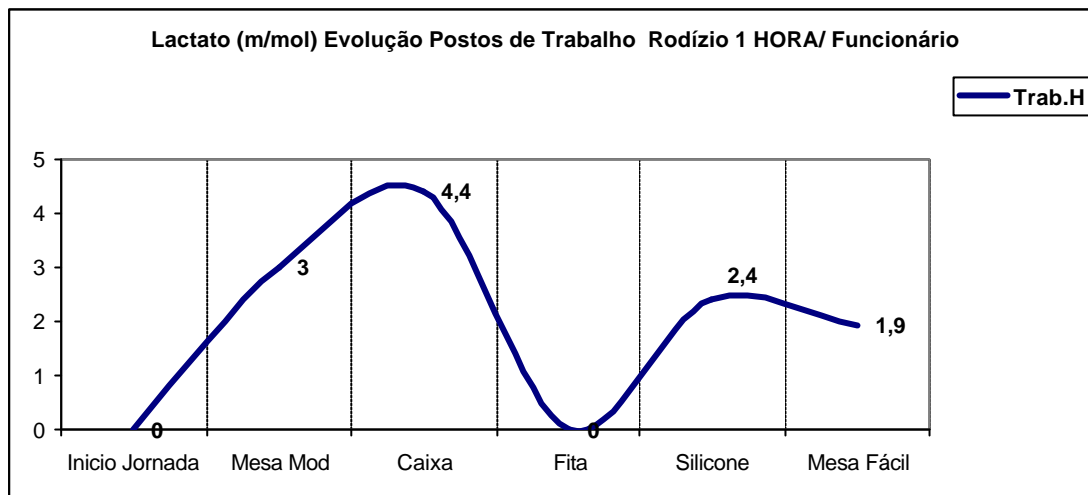


Gráfico 12 – Apresentação de coleta de lactato Funcionário H de acordo com posto e rodízio realizado a cada hora.

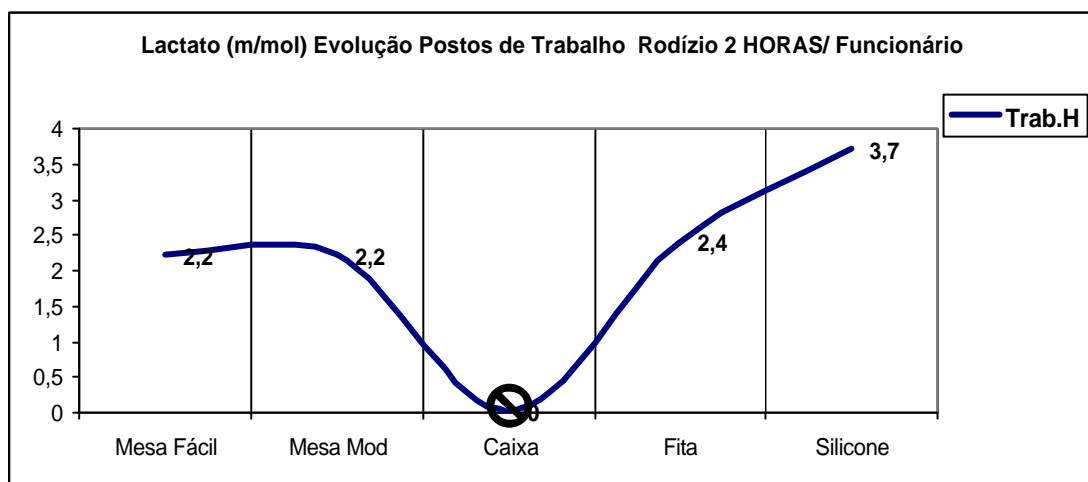


Gráfico 13 – Apresentação de coleta de lactato Funcionário H de acordo com posto e rodízio realizado a cada 2 horas.

Os Gráficos 12 e 13 indicam as coletas de lactato do Trabalhador H juntamente com os postos de trabalho. Observamos de uma maneira geral que os rodízios realizados a cada 2 horas tendem a aumentar o nível de ácido láctico sanguíneo, aumentando desta forma a predisposição à fadiga muscular.

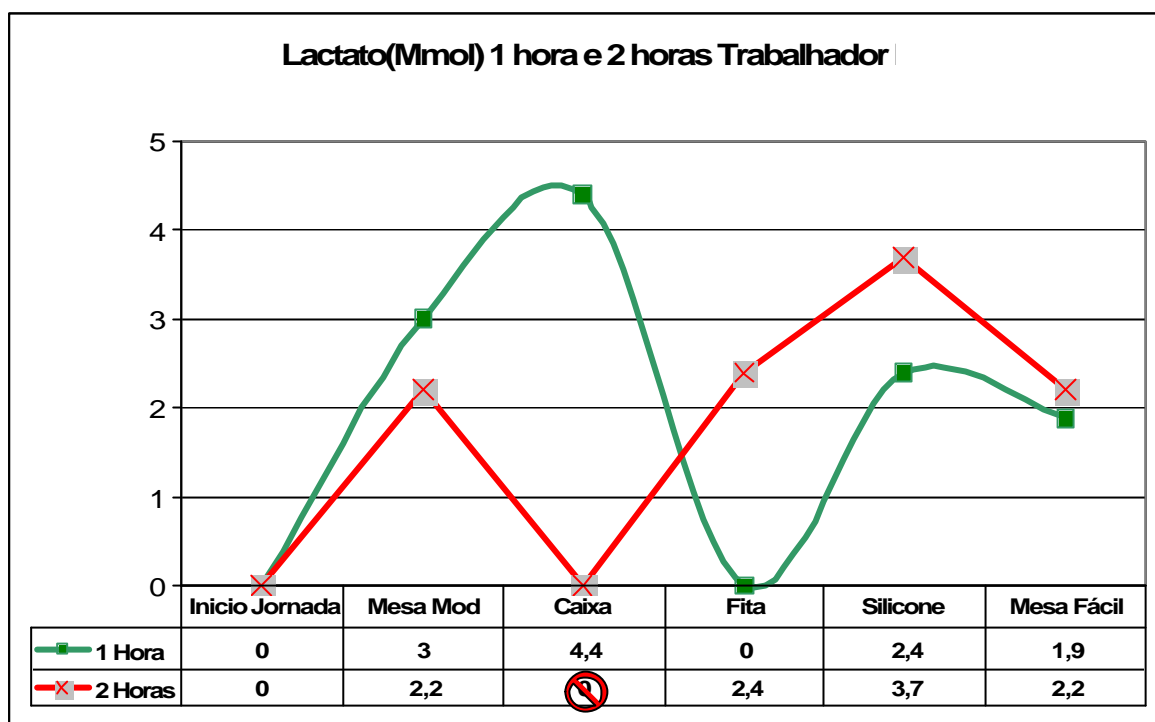


Gráfico 14 – Apresentação de coleta de lactato Funcionário H de acordo com posto e rodízio realizado comparando hora e a cada duas horas.

Segundo Análise estatística foi verificado que a diferença entre os níveis de ácido láctico de um posto fácil (fita) e um posto difícil (silicone) é significativa, ou seja, os níveis de ácido láctico no posto difícil realmente são maiores que no posto fácil.

De acordo com os dados abaixo observamos os dados de percepção de Fadiga Muscular relativos ao trabalhador H.



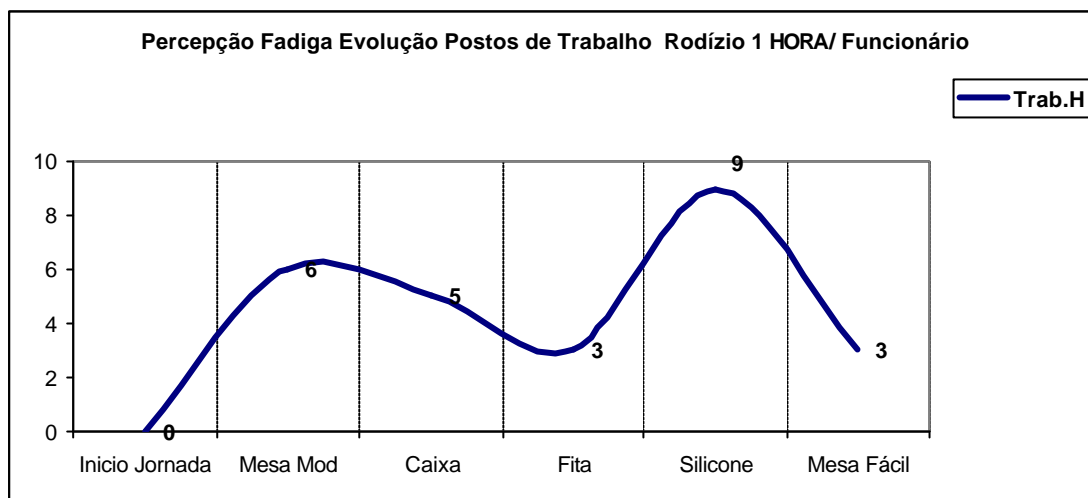


Gráfico 15 – Apresentação de coleta de dados de Percepção de Fadiga Muscular Funcionário H de acordo com posto e rodízio realizado a cada hora.

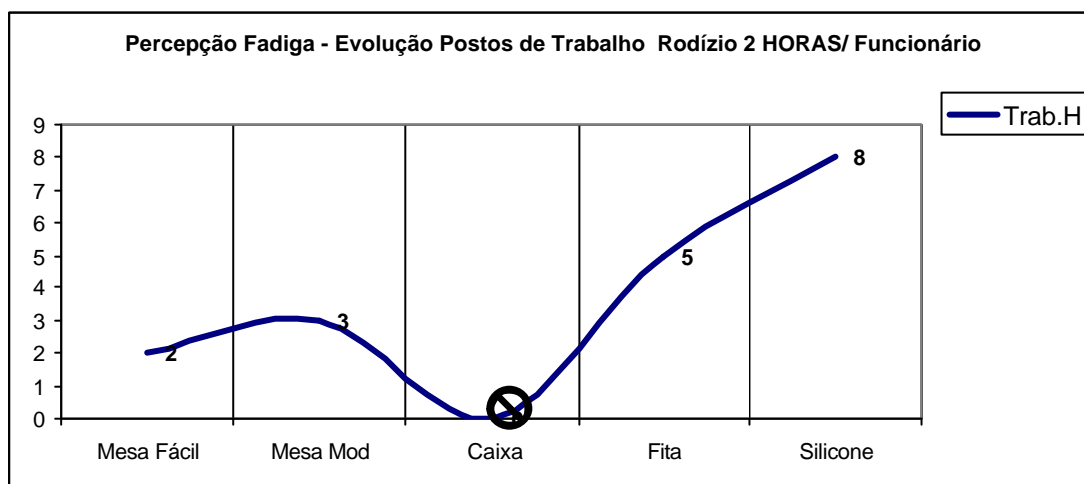


Gráfico 16 – Apresentação de coleta de dados de Percepção de Fadiga Muscular Funcionário H de acordo com posto e rodízio realizado a cada 2 horas.

Se compararmos os Gráficos de percepção aos gráficos de Coleta de Lactato observamos que existe uma tênue linha coincidente entre os dados perceptivos e quantitativos.

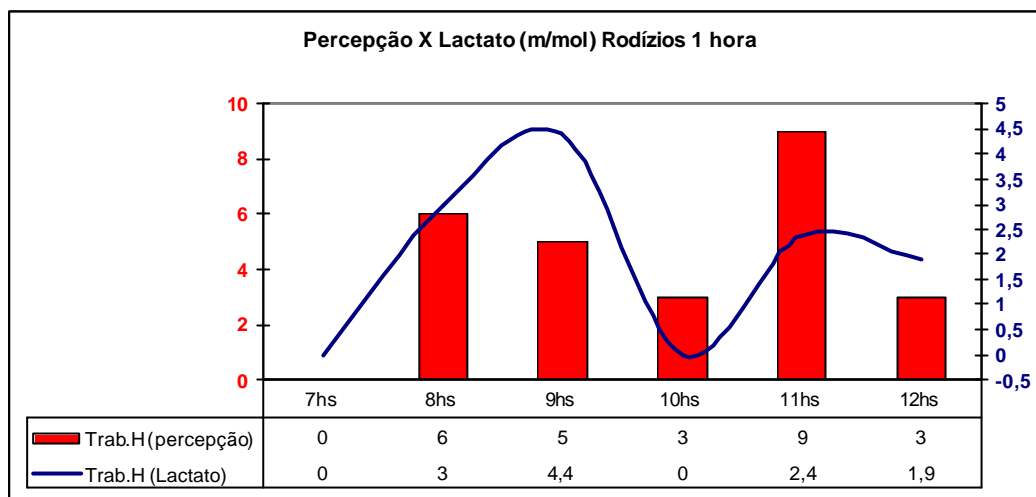


Gráfico 17 – Lactato x Percepção a cada hora de trabalho realizado pelo trabalhador H.

Estatisticamente pôde-se verificar que no geral existe uma fraca concordância entre os dados perceptivos e quantitativos. Isso mostra que existem trabalhadores com uma forte concordância (Trabalhador J, gráfico 18) e trabalhadores com uma concordância baixa (Trabalhador H).

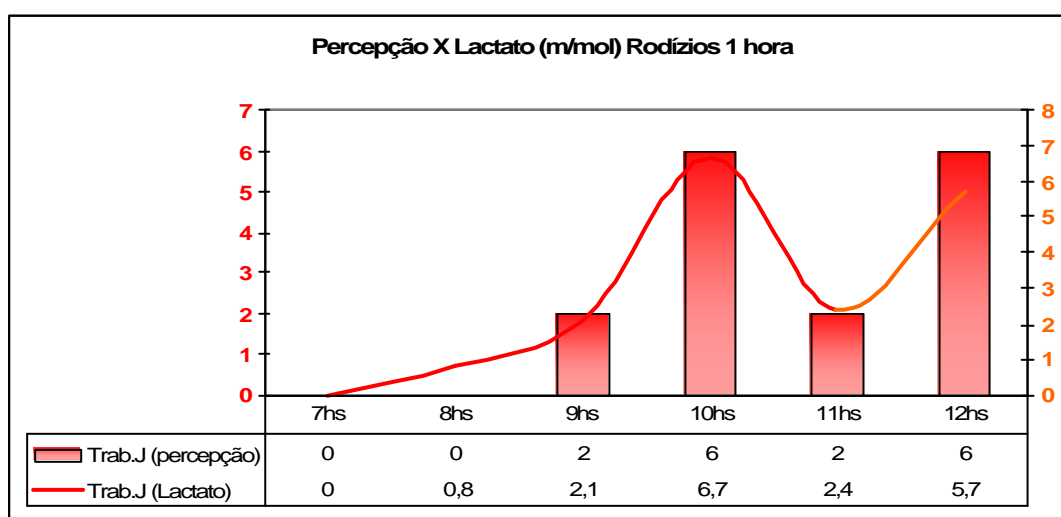


Gráfico 18 – Lactato x Percepção a cada hora de trabalho realizado pelo trabalhador J.

Os dados perceptivos, por serem extremamente individualizados tornam-se difíceis de serem comparados com dados quantitativos, mas não podem ser descartados, visto

que os trabalhadores das linhas de produção das empresas podem fornecer mais adequadamente a real situação do posto de trabalho, identificando se é fácil ou difícil de executar suas atividades.

## 5.8 COLETA DE ÁCIDO LÁTICO NO GRUPO DE TRABALHO B E COMPARATIVO COM PERCEPÇÃO DE FADIGA MUSCULAR.

O Grupo de Trabalho B teve seus trabalhadores indicados com as letras A, até F, e o procedimento de coleta de dados diferenciou do grupo A, por ser realizado no início do turno, após 1 hora, 2 horas ou 3 horas trabalhadas e coleta realizada no final do turno de trabalho.

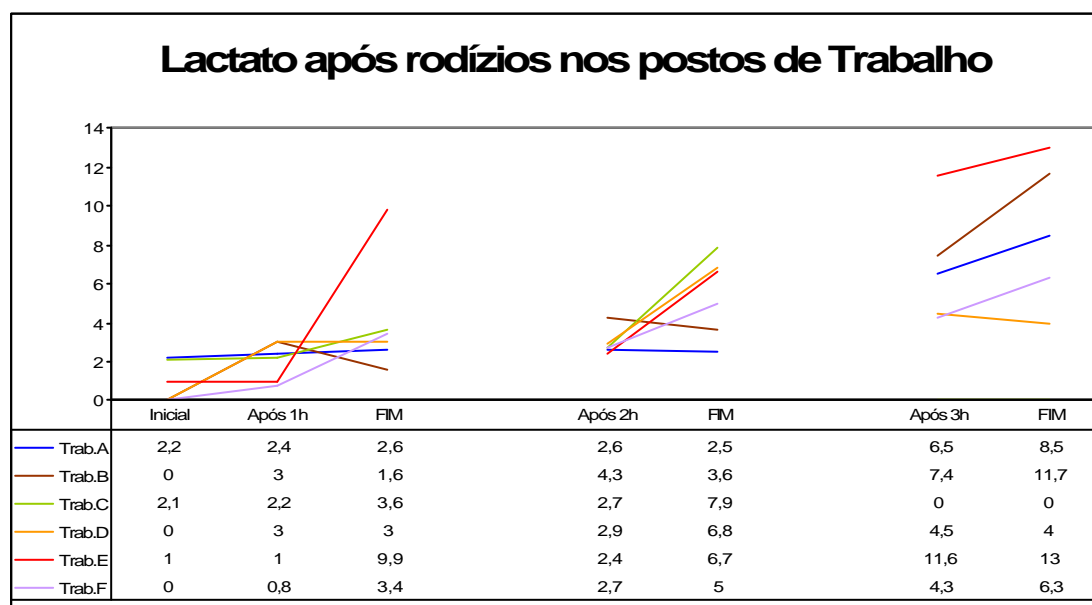


Gráfico 19 – Coleta de ácido lático realizada no início do turno e após rodízios de 1 hora, 2 horas e 3 horas nos postos de trabalho.

O Gráfico 19 mostra as coletas de ácido lático após a realização de cada rodízio nos postos de trabalho. Ao compararmos as linhas do gráfico observamos um aumento considerativo no lactato dos rodízios realizados a cada 3 horas. Vale a pena lembrar que os postos de todos os trabalhadores apresentam níveis de dificuldade diferentes.

Abaixo estão descritos os postos de trabalho com as respectivas medições de lactato no início e no final do turno. É importante lembrar que estes dados não correspondem ao mesmo trabalhador, visto que os postos foram rodiziados.

O fator dificuldade no posto de trabalho interfere diretamente nos valores de lactato coletados, independente do trabalhador que realiza o posto.

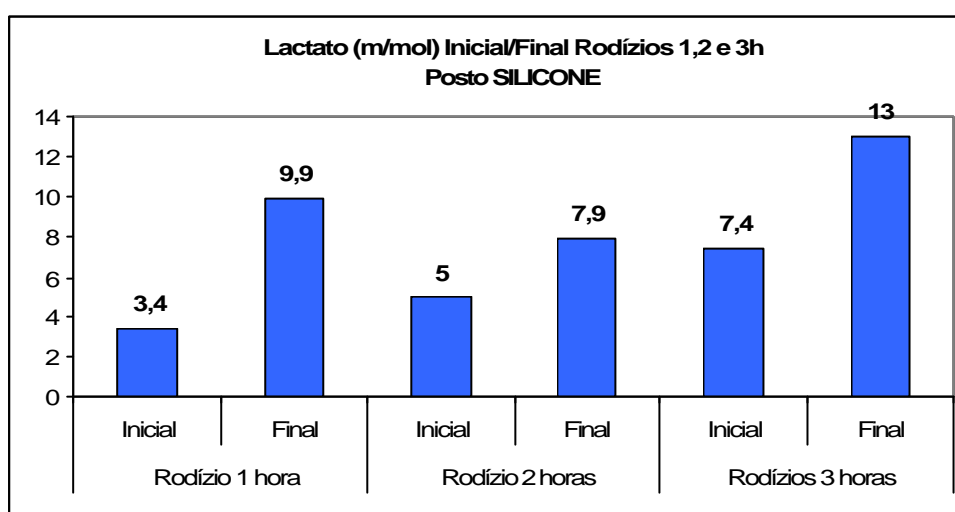


Gráfico 20 – Coleta de ácido láctico realizada no início do turno e após rodízios de 1 hora, 2 horas e 3 horas no posto de trabalho de Silicone.

O gráfico 20 apresenta o posto de trabalho de silicone, considerado um posto de difíceis atividades. Este posto, conforme apresentado na tabela 3 apresenta vários pontos de postura inadequada, o que acelera o processo de Fadiga Muscular. Observa-se também que os rodízios de 3 horas podem elevar em até 70% a concentração de lactato, dependendo das atividades impostas aos trabalhadores.

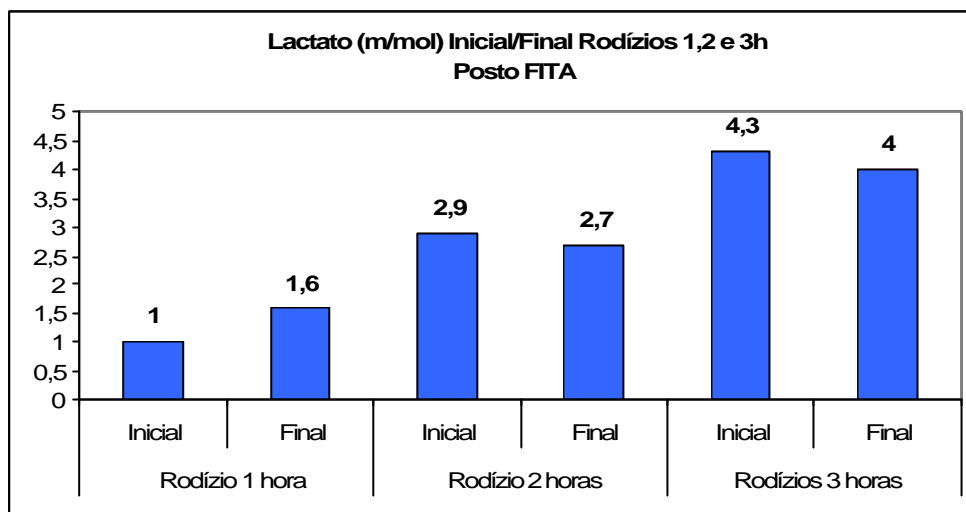


Gráfico 21 – Coleta de ácido láctico realizada no início do turno e após rodízios de 1 hora, 2 horas e 3 horas no posto de trabalho de aplicação de Fita.

O gráfico 21 apresenta o posto de trabalho de aplicação de Fita, que conforme a tabela número 3 é um posto considerado de nível de dificuldade baixo. Por ser um posto leve as posturas inadequadas quase não ocorrem.

A concentração de ácido láctico novamente é aumentada consideravelmente nos rodízios realizados a cada 3 horas de trabalho.

As considerações no posto de trabalho da fita, no que diz respeito aos trabalhadores e tempo de rodízios, são as mesmas apresentadas pelo posto de silicone, portanto, o tempo de rodízio não corresponde necessariamente ao mesmo trabalhador.

Abaixo está representado o trabalhador E no que diz respeito aos dados de percepção de Fadiga Muscular.

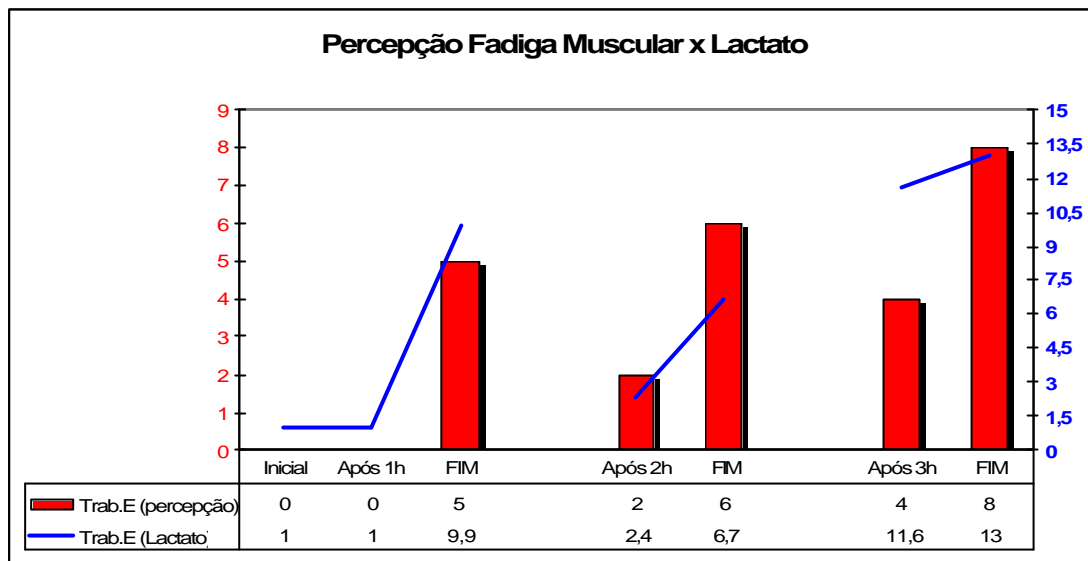


Gráfico 22 – Percepção de Fadiga Muscular e nível de Lactato no trabalhador E, após rodízios de 1 hora, 2 horas e 3 horas.

O gráfico mostra uma tendência da Percepção e do nível de lactato acompanharem a mesma curva de nível. É importante salientar que o posto realizado no início do turno, não necessariamente é o mesmo do final do turno. A conclusão principal deste gráfico é a de que, mesmo começando em um posto de trabalho e terminando em outro posto, se, realizarmos rodízios de 3 em 3 horas, temos um aumento considerável dos níveis de lactato.

## CAPÍTULO 6

### DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

#### 6.1 RESULTADOS ESTATÍSTICOS RELATIVOS AO ÁCIDO LÁTICO E SUA COLETA NOS RODÍZIOS A CADA HORA, A CADA DUAS HORAS E A CADA TRÊS HORAS.

Para comparar os grupos de funcionários submetidos ao sistema de rodízio com diferentes intervalos de tempo, foram utilizados testes estatísticos não-paramétricos. A estatística não-paramétrica pode ser definida como uma coleção de métodos, aplicada em conjuntos de dados em que as suposições distribucionais necessárias para a aplicação de uma técnica paramétrica não são atendidas.

Esses métodos nos fornecem evidências suficientes para rejeitarmos ou não a hipótese de que os grupos testados não diferem, através do “p-valor”.

**Teste U de Mann-Whitney:** aplicado na comparação de dois grupos independentes para verificar se existem evidências suficientes para acreditar que os valores de um grupo são superiores aos valores do outro grupo.

**Teste de Wilcoxon:** teste para dados pareados, considera o valor das diferenças e o sinal dessas diferenças. Um dos testes não-paramétricos mais poderosos e populares, atribui postos ao ordenar as diferenças entre os pares.

### 6.1.1 Teste N° 1 - Teste U de MANN-WHITNEY

O primeiro teste foi realizado para comparar se os níveis de ácido láctico inicial de cada indivíduo da amostra diferiam entre si. Para isso consideramos todos os níveis de ácido láctico inicial disponíveis nas amostras.

Aplicou-se o teste de Mann-Whitney para testar a seguinte hipótese: os níveis de ácido láctico inicial da amostra diferem entre si? Assim:

*H<sub>0</sub>: níveis do ácido láctico iniciais não diferem*

*H<sub>a</sub>: níveis do ácido láctico iniciais diferem*

em que H<sub>0</sub> corresponde a hipótese nula e H<sub>a</sub> a hipótese alternativa.

#### **Resultados**

<b>Estatística de teste U = 9</b>	<b>p-valor = 0.0825</b>
-----------------------------------	-------------------------

Conclui-se que não existem evidências estatísticas suficientes para a rejeição da hipótese nula (H<sub>0</sub>), com 95% de confiança. Portanto é possível dizer que **os níveis de ácido láctico inicial não diferem.**

Os demais testes serão conduzidos sem nenhum impedimento.



### 6.1.2 Teste N° 2 - Teste U de MANN-WHITNEY

O segundo teste foi realizado para comparar o grupo dos funcionários submetidos ao rodízio de 1 em 1 hora com o grupo de funcionários submetidos ao rodízio de 3 em 3 horas.

Para isso consideramos duas amostras: uma que continha os níveis de ácido láctico dos funcionários submetidos ao rodízio de 1 em 1 hora e outra que continha os níveis de ácido láctico dos funcionários submetidos ao rodízio de 3 em 3 horas.

Aplicou-se o teste de Mann-Whitney para testar a seguinte hipótese: os níveis de ácido láctico dos funcionários em rodízio de 1h diferem, estatisticamente, dos funcionários em rodízio de 3h Assim:

*H<sub>0</sub>: níveis do ácido láctico em rodízio de 1h = níveis do ácido láctico em rodízio de 3h de trabalho*

*H<sub>a</sub>: níveis do ácido láctico em rodízio de 1h ≠ níveis do ácido láctico em rodízio de 3h de trabalho*

em que H<sub>0</sub> corresponde a hipótese nula e H<sub>a</sub> a hipótese alternativa.

#### **Resultados**

<b>Estatística de teste U = 1</b>	<b>p-valor = 0.008</b>
-----------------------------------	------------------------

Conclui-se que existem evidências estatísticas suficientes para a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ), com 95% de confiança. Portanto é possível dizer que **os níveis de ácido láctico diferem de acordo com o intervalo de horas utilizado no rodízio.**

### 6.1.3 Teste N° 3 - Teste U de MANN-WHITNEY

O terceiro teste foi realizado para comparar o grupo dos funcionários submetidos ao rodízio de 2 em 2 horas com o grupo de funcionários submetidos ao rodízio de 3 em 3 horas.

Para isso consideramos duas amostras: uma que continha os níveis de ácido láctico dos funcionários submetidos ao rodízio de 2 em 2 horas e outra que continha os níveis de ácido láctico dos funcionários submetidos ao rodízio de 3 em 3 horas.

Aplicou-se o teste de Mann-Whitney para testar a seguinte hipótese: os níveis de ácido láctico dos funcionários em rodízio de 2h diferem, estatisticamente, dos funcionários em rodízio de 3h Assim:

*$H_0$ : níveis do ácido láctico em rodízio de 2h = níveis do ácido láctico em rodízio de 3h de trabalho*

*$H_a$ : níveis do ácido láctico em rodízio de 2h  $\neq$  níveis do ácido láctico em rodízio de 3h de trabalho*

em que  $H_0$  corresponde a hipótese nula e  $H_a$  a hipótese alternativa.

## Resultados

<b>Estatística de teste U = 3</b>	<b>p-valor = 0.028</b>
-----------------------------------	------------------------

Conclui-se que existem evidências estatísticas suficientes para a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ), com 95% de confiança. Portanto é possível dizer que **os níveis de ácido láctico diferem entre rodízios com intervalo de 2h e de 3h.**

### 6.1.4 Teste N° 4 - Teste de WILCOXON

O quarto teste foi realizado para comparar o grupo dos funcionários submetidos aos rodízios de 1 em 1 e de 2 em 2 horas.

Para isso consideramos duas amostras: uma que continha os níveis de ácido láctico dos funcionários submetidos ao rodízio de 1 em 1 horas e outra que continha os níveis de ácido láctico dos mesmos funcionários submetidos ao rodízio de 2 em 2 horas.

Aplicou-se o teste de Wilcoxon para testar a seguinte hipótese: os níveis de ácido láctico dos funcionários em rodízio de 1h diferem, estatisticamente, dos funcionários em rodízio de 2h Assim:

*$H_0$ : níveis do ácido láctico em rodízio de 1h = níveis do ácido láctico em rodízio de 2h de trabalho*

*$H_a$ : níveis do ácido láctico em rodízio de 1h  $\neq$  níveis do ácido láctico em rodízio de 2h de trabalho*

em que  $H_0$  corresponde a hipótese nula e  $H_a$  a hipótese alternativa.

## Resultados

<b>E</b> Statística de teste <b>T = 2.5</b>	<b>p-valor &gt; 0.05</b>
---	--------------------------

Conclui-se que não existem evidências estatísticas suficientes para a rejeição da hipótese nula ( $H_0$ ), com 95% de grau de confiança. Portanto é possível dizer que **os níveis de ácido lático não diferem entre rodízios com intervalo de 1h e de 2h.**

Primeiramente devemos atentar que os níveis de ácido lático inicial não foram os mesmos medidos em todos aqueles indivíduos que faziam parte da amostra e isto poderia comprometer todo o experimento. De acordo com o 1º teste verificamos que não existem evidências suficientes para assumirmos que esses valores diferem ao nível de 95% de confiança. Logo, os demais testes foram conduzidos sem nenhum impedimento.

Se no 1º teste fosse verificado que os níveis de ácido lático inicial eram diferentes, seria necessário avaliar os dados de outra maneira, uma vez que testes não-paramétricos não seriam sensíveis o suficiente para comparar esses 3 grupos. Seria necessário aumentar o tamanho de amostra para termos condições de construir uma ANCOVA – Análise de Covariância.

Ainda, verificou-se que um mesmo grupo de funcionários foi avaliado em dois rodízios diferentes (de 1h e de 2h). Por este motivo foi utilizado o teste de Wilcoxon,

visto que estes grupos estavam relacionados. Os outros testes utilizaram dois grupos distintos e por isso foi empregado o teste de Mann-Whitney.

De acordo com os resultados verificamos que apenas para os rodízios de 1h e de 2h os níveis de ácido láctico não diferem, em todos os outros casos a diferença existente é significativa.

É importante salientar que outros experimentos semelhantes ao realizado neste estudo devam utilizar um tamanho de amostra maior, a fim de maximizar as análises e garantir todos os resultados.

## 6.2 RESULTADOS ESTATÍSTICOS RELATIVOS À COMPLEXIDADE DAS ATIVIDADES NOS POSTOS DE TRABALHO.

O objetivo destes testes foi o de comparar um posto fácil e um posto difícil mostrando que a avaliação perceptiva do ergonomista condiz com a realidade de fadiga muscular do posto de trabalho.

Para avaliação dos postos de trabalho consideramos os níveis de ácido láctico medidos nos rodízios de 1h e de 2h. Pelos testes anteriores verificamos que os rodízios de 1h e de 2h não diferem, então para avaliar os postos de trabalho podemos agrupar os valores em um único grupo.

Desta maneira o teste mais adequado é o teste de Wilcoxon, que é utilizado nos casos em que consideramos a diferença entre dados pareados.

Então teremos:

$H_0$ : níveis do ácido não diferem na fita e no silicone

$H_a$ : níveis do ácido láctico diferem

Fita	Silicone	Diferença	Rank
0	2,4	2,4	7
0,8	2,3	1,5	5
2,1	6,7	4,6	8
0	0	0	1
0	1,6	1,6	6
2,4	3,7	0,8	2
3,0	3,9	0,9	3,5
2,4	3,3	0,9	3,5

Tabela 4- Visão estatística dos postos de trabalho da fita e do silicone.

A estatística de teste é igual a  $T = 0$ , pois representa a menor soma do rank de mesmo sinal, e neste caso observamos que todos os níveis de ácido láctico foram maiores no posto de silicone. Considerando uma amostra de tamanho 8 e  $T = 0$ , encontramos o valor crítico tabelado igual a 4.

**Conclusão:** como a estatística de teste é menor que o valor tabelado, rejeitamos a hipótese nula ao nível de 5% de significância. Isto quer dizer que **os níveis de ácido láctico diferem entre o posto fita e o posto silicone.**

### 6.3 RESULTADOS ESTATÍSTICOS RELATIVOS À PERCEPÇÃO INDIVIDUAL DE FADIGA MUSCULAR.

A estatística kappa é utilizada quando queremos comparar as respostas entre dois observadores. No seu caso pretendemos comparar os níveis de ácido láctico com as notas atribuídas pelos indivíduos (percepção de fadiga).

Para realizarmos este teste consideramos os níveis de ácido láctico medidos nos rodízios de 1h, 2h e 3h, para os mesmos indivíduos. Consideramos também as notas atribuídas nos respectivos rodízios.

De acordo com a divisão dos grupos em Não cansado, Cansado e Muito cansado, sendo os limites considerados de 0 até 3, de 4 até 6, e de 7 até 10, obtivemos a seguinte tabela:

		Nota			Total
		Não Cansado	Cansado	Muito Cansado	
Lactato	Não Cansado	2	2	0	4
	Cansado	2	3	1	6
	Muito Cansado	0	6	1	7
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>17</b>

Tabela 5- Visão estatística da percepção de fadiga Muscular.

Estatística Kappa: 0,0311

Conclusão: Sobre a comparação dos níveis de ácido láctico com as notas atribuídas pelos indivíduos (percepção de fadiga), concluímos que de uma maneira geral, a concordância entre as notas e os níveis de ácido láctico foi fraca. Isto quer dizer que teremos indivíduos que irão concordar bem, e indivíduos que vão concordar mal. No caso do indivíduo J teremos uma concordância perfeita (Kappa = 1). Já o indivíduo H terá uma péssima concordância (Kappa < 0,0311).

É importante salientar que estes dados correspondem aos trabalhadores do grupo de trabalho B, coleta de ácido realizada no início e final do turno.

#### 6.4 CONCLUSÕES

No atual contexto observa-se que o binômio produtividade e saúde são itens interligados nos ambientes empresariais. Desta forma a necessidade em se obter máximo de produtividade com o máximo de conforto e saúde faz com que a ergonomia busque soluções como a dos rodízios nos postos de Trabalho.

De acordo com a Hipótese de pesquisa de que o Ácido Lático, como indicador de Fadiga Muscular, quando mensurado corretamente permite viabilizar os métodos de rodízios aplicados em diversas empresas, podendo definir o tempo ideal para a realização do rodízio assim como as alternâncias de grupos musculares utilizados observamos que através da confiabilidade dos resultados apresentados podemos afirmar que os rodízios realizados entre 1 hora e 2 horas de trabalho produzem menos ácido láctico do que os rodízios realizados em um tempo maior, no caso 3 horas.

A hipótese secundária de que, citar a existência de um tempo ideal para realizar rodízios nos postos de trabalho é importante, pois desta forma não existirão grandes problemas relacionados à fadiga e lesões dos trabalhadores. Fica confirmado que, na medida em que os resultados mostram as reduções dos níveis de lactato frente aos tempos menores de exposição às posturas inadequadas apresentadas pelos postos de trabalho, os rodízios tendem a serem padronizados alternando os grupos musculares (antagonismo muscular).



De acordo com o problema da pesquisa de que ao realizar os rodízios nos postos de trabalho alternando os grupos musculares utilizados pode ou não existir uma redução nos níveis de ácido láctico sanguíneo assim como nos rodízios realizados com tempo menor do que os realizados em um tempo maior de exposição também pode existir esta redução de lactato observamos que os resultados são convincentes e podemos dizer que a redução do lactato sanguíneo tem ação intermediada pelo nível de exposição e sobrecarga muscular. O tempo de exposição, conforme era suposto é também um fator importante para definir a redução de fadiga muscular.

Apesar da certeza de que pessoas possuem características metabólicas diferentes, assim como níveis de percepção frente à complexidade de atividades, observa-se que de uma maneira geral, independente das distâncias dos resultados, uma população específica tende a mostrar queixas pontuais e semelhantes com relação às dificuldades de realização de postos de trabalho.

Nas relações entre variável metabólica, o lactato e a percepção de fadiga muscular, observamos que existe uma diferença considerável entre o perceptivo e o metabólico. Um dos fatores desta diferença é o fato de que as pessoas observam o mundo de maneira diferente, produzindo sensações e padrões de consentimento diferentes. Alguns trabalhadores possuíram os dados de percepção próximos aos de Fadiga Muscular, mesmo assim, ao observamos os dados estatísticos existe uma fraca concordância entre estes dados.

Quanto ao posto de trabalho fica claro que postos considerados pelos próprios trabalhadores como difíceis, assim como avaliados pelo ergonômista e identificados como produtores de posturas inadequadas tendem a serem mais cansativos. Um exemplo claro foi o posto de aplicação de silicone, que induziu a uma produção elevada de ácido láctico, diferente dos postos de trabalho mais leves, considerados como postos de recuperação.

Apesar dos custos utilizados para a realização do trabalho, o mesmo torna-se viável devido aos resultados individuais e coletivos apresentados frente às diversas situações dos postos de trabalho, sejam elas, produtivas, ou simplesmente ergonômicas.

É importante que outros estudos, buscando uma maior integração de percepção, dados quantitativos de lactato e características individuais sejam realizados, assim como uma interação de dados individuais de motivação, alimentação e perfil fisiológicos sejam isolados para pesquisa.

De uma maneira geral a verificação da fadiga muscular através da coleta de lactato em situações identificadas como empresariais pode ser expandida devido à facilidade de aplicação do método.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERGO - **Associação Brasileira de Ergonomia**. Vol. 1, N.04, segundo semestre de 2000.

A.GERLING, A AUBLET-CUVELIER, MICHEL APTEL (2003) Comparaison de deux systèmes de rotation de postes dans le cadre de la prévention des troubles musculosquelettiques, Pistes, vol 5 n2 Decembre 2003.

ARAÚJO, Cláudio Gil Soares de; **Manual de Teste de Esforço**, 2ª.; Ao Livro Técnico S.A; Rio de Janeiro; 1984

ARAUJO, Claudio Soares de; LEITE, Paulo Fernando; BARROS, Sergio Amauri. **Fisiologia do esporte e do exercicio**. Belo Horizonte : Health, 1996. 110p, il.

ARAÚJO, I. E. M; ALEXANDRE, N. M. C. Ocorrência de Cervicodorsolombalgias em Funcionários de Enfermagem em Centro Cirúrgico. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 94-95 (25): p. 119-127, 1994.

AXELSSON S., PONTEN B. (1990). New ergonomic problems in mechanized logging operations. International Journal of industrial Ergonomics, 5, p. 267-273.

BALIKIAN Júnior, Pedro; **Utilização da Frequência Cardíaca para a Determinação da Intensidade de Esforço Correspondente ao Limiar Anaeróbio no Ciclismo de Campo**; Universidade Estadual Paulista; Rio Claro; 1996

BAMMER, G. Work related neck and upper limb disorders. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO E SEXTO SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ERGONOMIA. Florianópolis. Anais. Boletim ABERGO nº 03, 2000. Vol13. 1993

BARBOSA, L. "O centro do universo". **EXAME**, n. 737, p. 108-110, abril de 2001.  
BASMAJIAN, J.V. **Eletrofisiologia de la accion muscular**. Buenos Aires: Panamericana, 1976.

BAUMANN, H., JAGGI, M., SOLAND, E., HONALD, H., SCHAUB, M.C. Exercise training induces transitions of myosin isoform subunits within histochemically typed human muscle fibers. Pflügers Archiv, v. 409, p. 349-360, 1987.

BIGLAND-RITCHIE, B., JONES, D.A., HOSKING, G.P., EDWARDS, R.N.T. Central and peripheral fatigue in sustained maximum voluntary contractions of human quadriceps muscle. Clin. Sci. Molec. Med., 609-14, 1978.

BIGLAND-RITCHIE, B.; DONOVAN, E.F. & ROUSSOS, C.S. Conduction velocity EMG power spectrum changes in fatigue of sustained maximal efforts. *J. Appl. Physiol.* :1300-1305, 1981.

BJORKSTEN, M., B. JONSSON. 1977. Endurance limit of force in long-term intermittent static contractions. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 3:23-27.

BRASIL. Norma Regulamentadora número 17 da Constituição Federal em 1988 a portaria no.3751.

CAILLET, R. DOR : MECANISMO E TRATAMENTO. Artmed, 1999

CALABRESE, G., 1999. Human resources in concurrent engineering : the case of Fiat auto. *New Technology. Work and Employment* 14, 100-112.

CANADIAN CENTRE for OCCUPATIONAL HEALTH and SAFETY. Job Desing – How it contributes to occupational health and safety, 146p., 1992

CHAFFIN, Don B. **Biomecânica Ocupacional**. 3ed.Belo Horizonte: Ergo, 2001. 579p.

CHRIS J. HENDERSON, Ergonomic Job Rotation in Poultry Processing, *Advances in Industrial Ergonomics and Safety IV* (1992), pp. 443-450

CODO, Vanderley.; ALMEIDA, Maria Celeste C. G. **LER – Lesões por Esforços Repetitivos**. 3ED. Rio de Janeiro: Vozes, 1997.

CORLETT E.N.; BISHOP, R.P. A technique for assessing postural discomfort *Ergonomics*, 1979

COUTO, Hudson de Araújo. **Como gerenciar a questão das I.E.R./D.O.R.T.: Lesões por esforços repetitivos, distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho**. 2.ed. Belo Horizonte: Ergo, 1998. 438p.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia Aplicada ao Trabalho - O Manual Técnico da Máquina Humana**. v.2 Belo Horizonte: Ergo, 1995. 383p.

COUTO, Hudson de Araújo. **Novas Perspectivas na Abordagem das LER/DORT**. Belo Horizonte: Ergo, 2000 p.31

DAVIS, J.M. BAILEY, S.P. **Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise**. *MedSci Sports Exerc*, 1997

DE BERGSTROM, J et al: Ditch muscle glycogen and physical performance: Acta Physiol. Scand., 1967.

DENADAI, B.S. **Índices fisiológicos de avaliação aeróbia. Conceitos e aplicações.** Ribeirão Preto, B.S.D., 1999, 76p.

DONALD K. MATHEWS E EDWARD L. FOX, **Bases Fisiológicas da Educação Física e desportos**, 1979.

EDWARDS, R.H.T. **Human muscle function and fatigue.** Londres. Edic. Whelan, 1981.

EDWARDS, R.H.T., HILL, P.R., JONES, D.A., MERTON, P.A., Fatigue of long duration in human skeleton muscle after exercise. I. Physiol, v. 272, p.769 – 778, 1977.

ELLIS T. (1999) Implementing job rotation. Occupational health and Safety, 68 (1) p. 82-84

ENOKA, M. R. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia.** São Paulo: Manole, 2000.

ENOKA, R. **Bases neuromecânicas do movimento humano.** Editora Manole Ltda., 2ª ed., São Paulo, 1949

ENOKA, R., STUART, D.G. **Neurobiology of muscle fatigue.** J Appl Physiol, v.72, n.5, 2000.

FARINATTI, Paulo de Tarso V. & MONTEIRO, Wallace David; **Fisiologia e Avaliação Funcional**; 1a; Sprint; Rio de Janeiro; 1992

FOSS, Merle L., KETEVIAN, Steven J. **Bases fisiológicas do exercício e do esporte.** Traduzido por Giuseppe Taranto. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000

FOX , Edward L. & MATHEWS, Donald K.; **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**; 3a; Guanabara; Rio de Janeiro; 1986

FREIGHBOTH, M., FRIELING, E., HENNIGES, D., SAAGER, C., 1997. Comparison of different organisations of assembly work in the European automotive industry. International Journal of Industrial Ergonomics 20, 357-370.

FUGLEVAND, A. J., MACEFIELD, V. G., AND BIGLAND-RITCHIE, B. Force-frequency and fatigue properties in human long finger-flexor motor units. Soc. Neurosci. Abstr. 21: 1435, 1995.

G. C. SIECK, W. Z. ZHAN, Y. S. PRAKASH, M. J. DAOOD AND J. F. **Watchko** SDH and actomyosin ATPase activities of different fiber types in rat diaphragm muscle Journal of Applied Physiology, Vol 79, Issue 5 1629-1639, Copyright © 1995 by American Physiological Society 1995

GANDEVIA, ENOKA, R. M., MCCOMAS, A. J., STUART, D.G., THOMAS, C.K. Fatigue neural and muscular mechanisms. New York: Plenum Press, 1995, p. 45- 56.

GRANATA, K. & MARRAS, W. EMG – assisted model of biomechanical trunk loading during free- dynamic lifting. J. Biomechanics, 1995.

GRANDJEAN, E. **Fitting the task to the man.** London: Taylor & Francis, 1987.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia – Adaptando o trabalho ao homem** Bookman, 4<sup>o</sup> ed, 1998

HARGREAVES M, MCCONELL G & PROIETTO J (1995) Influence of muscle glycogen on glycogenolysis and glucose uptake during exercise in humans. Journal of Applied Physiology 78, 288–292

HENDERSON C. Ergonomic job rotation in poultry processing. Advance in Industrial Ergonomics and Safety: 256-269, 1992.

HERMANSEN, L., AND STENSVOLD, I.: Production and removal of lactate during exercise in man. Acta Physiol Scand. 86: 191-201, 1972.

HINNEN U., LÄUBLI T., GUGGENBÜHL U., KRUEGER H. (1992). Design of check-out systems including laser scanners for sitting work posture. Scandinavian Journal Work Environ Health, 18, p. 186-194.

HOLLMAN, W.; HETTINGER, Th. **Medicina do Esporte.** São Paulo: Manole, 1983.

IIDA, Itiro. **Ergonomia Projeto e Produção.** São Paulo: Edgar Blücher, 1995.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção.** 2<sup>o</sup>. Ed. rev. e ampl. – São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDADE SOCIAL – MPS. Lesões por Esforços Repetitivos – Normas Técnicas para Avaliação de Incapacidade, 1998.

JACOBS, I., ANDR KAISER, P.: Lactate in blood, mixed skeletal muscle, and FT or ST fibres during cycle exercise in man. *Acta Physiol Scan.* 100: 315-324, 1977

JONSSON, B., 1988b. Electromyographic studies of job rotation. *Scand J Work Environ Health. Suppl. 1*, 108-109.,

KA EDMAN AND F LOU , 1992 Myofibrillar fatigue versus failure of activation during repetitive stimulation of frog muscle fibres *The Journal of Physiology*, Vol 457, Issue 1 655-673, Copyright © 1992 by The Physiological Society

KESSLER, F.B. 1986. Complications of the management of carpal tunnel syndrome. *Hand Clinics 2(2)*:401-406.

KISS, Maria Augusta Peduti Dal´Molin; **Avaliação em Educação Física: Aspectos Biológicos e Educacionais**; 1a; Manole Ltda.; São Paulo; 1987

KNOPLICH,J. – **Enfermidades da Coluna Vertebral**, São Paulo, Panamed Editorial, 1983

KUISER, P., VISSER, B., KEMPER H. Effect of Job Rotation on the physical workload. *International Ergonomics (6)*: 66-68, 1994.

LANCE HAZZARD, JOE MAUTZ, DENVER WRIGHTSMAN, Job Rotation Cuts Cumulative Trauma Cases, *Personnel Journal v71n2 (Feb. 1992)*, pp. 29-32

MAC LEOD D., Kennedy E. (1993). Job Rotation System. Site oficial: <<http://www.macleod.com>>.

MACLEOD, D. (2000). Retirado da Internet (World Wide Web): <<http://www.danmacleod.com/Articles/job.htm>>. Acesso em 21/03/2005.

MADER, A., LIESEN, H., HECK, H., PHILIPPI, H., ROST, R., SCHURCH, P., AND HOLLMANN, W.: Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sporzt Sportmed.* 27:80-88, 109-112, 1976.

MANDAL, A. C. The Seated Man (Homo Sedens). The Seated Work Position. Theory and Practice. *Applied Ergonomics*, 12 (1): p.19-26.1981.

Manual de Instruções Accutrend Lactate. Accu Chek, Accutrend, Accusport and Softclix are trademarks of a Member of the Roche Group. Roche Diagnostics GmbH. D6829 Mannheim, Germany. [www.roche.com](http://www.roche.com).

MARAMATSU, R., Miyazaki, H., Kazuyoshi, I., 1987. **A successful application of job enlargement/enrichment at Toyota.** *IIE Transactions* 19, 451-459.

Mc ARDLE, WILLIAM D. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**/ Willim D. Mc Ardle, Frank I. Katch e Victor I. Katch. Rio de Janeiro: Discos CBS, 1985.

MCARDLE, W.D. KATCH, F.I. KATCH, V.L. **Essential sof exercise physiology**. Lippincott Willians & Wilkins,1994

MCARDLE, William D. & KATCH, Frank I. & KATCH, Victor L.; **Fisiologia do Exercício: Energia, Nutrição e Desempenho Humano**; 3a; Guanabara Koogan; Rio de janeiro; 1991

MCCOMAS, A.J, **Human neuromuscular adaptations that accompa ny changes in activy**. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, v. 26, p 1499- 1509, 1996.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Projeto Promoção Saúde**. Brasília: Secretaria de Políticas de Saúde, 2001. 112p.

MOONEY, V. **Avaliação e Tratamento da Dor Lombar**. *Revista Clinical Symposia*, 48 (4): p.2.2000.

MORAES, Ana Maria de. **Definições**. Disponível em Site <http://venus.rdc.puc-rio.br/moraergo/define.htm> 26/06/2000.

MOURA, PAULO R.C. **Rotação de Postos de Trabalho uma abordagem Ergonômica**. 2001. Monografia (Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

OLIVEIRA C. R. et al. **Manual Prático de Lesões por Esforços Repetitivos- LER**. Belo Horizonte- MG: 1º Ed. Health, 1998

OLIVEIRA, Chrysóstomo Rocha de e Cols. **Manual prático de LER**. 2.ed. Belo Horizonte: Heath, 1998.

OLIVEIRA, Sílvio Luiz de. **Sociologia das organizações**. São Paulo: Pioneira, 1999.

**OSHA** – Occupational Safety and Health Administration; [www.osha.gov](http://www.osha.gov)

OYONO-EUGUELLE, S. 1990. Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. Vol. 60:321-330.



PAGANA, Kathleen Deska; PAGANA, Timothy James. **Mosby's Manual of Diagnostic and Laboratory Tests**. St. Louis: Mosby, Inc., 1998

PAUL P., KUIJER F., VISSER B., KEMPER HAN C. (1999). Job rotation as a factor in reducing physical workload at a refuse collecting department. *Ergonomics*, 42 (9), p. 1167-1178.

PUTZ-ANDERSON, V., 1988, **Cumulative Trauma Disorders - A Manual for Musculoskeletal Diseases of the Upper Limbs**, (London: Taylor & Francis), p. 83.

RAMAZZINI, Bernardino. **As doenças dos trabalhadores**. São Paulo: Fundacentro, 1999.

RENNER, JACINTA S. **Custos Posturais no posicionamentos em pé, em pé/sentado e sentado nos postos de trabalho no setor de costura na Indústria Calçadista**. 2002. Monografia (Conclusão do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

ROHMERT W., Ermittlung von Erholungspausen für statische Arbeit des Menschen. *Internationale Zeitschrift fuer Angewandte Physiologie einschliesslich Arbeitsphysiologie*, 18, 123-164. 1960.

ROQUELAURE Y., MECHALI S., DANO C., FANELLO S., BENETTI F., BUREAU B., MARIEL J., MARTIN Y., DERRIENNIC F., PENNEAU-FONDBONNE D. (1997). Occupational & personal risk factors for carpal tunnel syndrome in industrial workers. *Scandinavian Journal of Work Environ Health*, 23, p. 364-369.

ROTKIS, T., BOYDEN, T.W., PAMENTER, R.W., STANFORTH, P., AND WILMORE, J.: High Density lipoprotein Cholesterol and bodycomposition of female runners. *Metabolism*. 30(10): 994-995, 1981

SADY S.P.; WORTMAN, M.; BLANKE, D. Felibility training: ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation . *Arch Phys Med Rehabil* 63, pp: 261-263, 1982.

SAINT-JACQUES, Y. (2001). La transformation des tâches dans les nouvelles formes d'organisation du travail. **Congrès de la SELF**, Montréal, Québec, 3-5 oct.

SALTIN, B., NAZAR, K., COSTILL, D.L., SEIN, E., JANSSON, E., ESSEN, B., AND GOLLNICK, P.D.: The nature of the training response; peripheral and central adaptations to one-legged exercise. *Acta Physiol Scand*. 96:289-305, 1976.

SANTOS, N.; DUTRA, A. R. **A Introdução à Ergonomia**. Programa São Paulo Alpargatas de Ergonomia. Módulo 1. UFSC, Departamento de EPS – Florianópolis, SC, 2001

SANTOS, Neri dos et. al. **Antropotecnologia: a ergonomia dos sistemas de produção**. Curitiba : Genesis, 1997

SANTOS, N. FIALHO, F. **Manual de Análise Ergonômica do Trabalho**. Curitiba, Gênese, 1995.

SATO, H., OHARSHI, J, IWANAGA, K, YOSHITAKE, R, SHIMADA, K. Endurance time and fatigue in Static Contractions. *Journal of Human Ergology*, v 13, p. 147-154, 1984.

SJOGAARD, G., G. SAVARD, C. JUEL. 1988. Muscle blood flow during isometric activity and its relation to muscle fatigue. *European Journal of Applied Physiology* 57:327-335

SLACK N., CHAMBERS S., HARLAND C., HARRISON A. AND JOHNSTON R., **Operations Management, Pitman**, 1995

SOMMERICH, C.M., J.D. MCGLOTHLIN, W.S. MARRAS. 1993. Occupational risk factors associated with soft tissue disorders of the shoulder: A review of recent investigations of the literature. *Ergonomics* 36(6):697-717.

SPERANDIO, Jean-Claude. **L,ergonomie du travail mental**. Paris, Masson, 1988, 2ded.

STEPHENSON DG, NGUYEN LT & STEPHENSON GM (1999) Glycogen content and excitation-contraction coupling in mechanically skinned muscle fibres of the cane toad. *Journal of Physiology (London)* 519, 177–187.

SVEN-ÅKE AXELSSON AND BENGT PONTÉN, New Ergonomic Problems in Mechanized Logging Operations, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 5 (1990) pp. 267-273.

TESCH, P., SJODIN, B., THORSTENSSON, A., AND KARLSSON, J.: Muscle fatigue and its relation to lactate accumulation and LDH activity in man. *Acta Physiol Scand*. 103:412-420, 1978.

TRIGGS, D., & KING, P. (2000). Job Rotation. *Professional Safety*, 45(2), 32-34.

VEZINA N., ST-VINCENT M., DUFOUR B., SAINT-JACQUES Y., CLOUTIER E. (1999). La pratique de la rotation dans une usine d'assemblage automobile : une étude exploratoire. **31<sup>e</sup> congrès de l'association canadienne d'ergonomie**.

WASSERMAN, K., HANSEN, J. E., SUE, D.Y., AND WHIPP, B.J.: **Principles of Exercise Testing and Interpretation**. Philadelphia, Lea and Febiger, 1987.

WEISSMAN, M.L., WASSERMAN, K., HUSTSMAN, D.J. AND WHIPP, B.J.: Ventilation and gas exchange during phasic hindlimb exercise in dog. *J.appl physiol.* 46(5): 878-884, 1979.

WELLS, J.G., BALKE, B., AND VAN FOSSAN, D.D.: Lactic acid accumulation during work. A suggested Standardization of work classification. *J Appl Physiol.* 10: 51-55, 1957

Wells, R. 1991. Repetitive strain injuries: An old refrain. *Accident Prevention* 38(7):8-13.

Williams R, & Westmorland M. (1994). Occupational Cumulative Trauma Disorders of the Upper Extremity: A Literature Review. *American Journal of Occupational Therapy*, 48, (5), 411-420.

WISNER, A. **A inteligência no Trabalho**: Textos selecionados em Ergonomia. São Paulo: Fundacentro, 1997.

WISNER, A. **A Inteligência no Trabalho**: Textos selecionados de ergonomia. São Paulo. Fundacentro, 1994

WISNER,A. **Por Dentro do Trabalho**. Ergonomia: Método e Técnica São Paulo, FTD/Oboré, 1987.

ZARIFIAN, Philippe. **Trabalho e comunicação nas indústrias automatiza das**. São Paulo:Perspectiva,1994.

## APÊNDICES

APÊNDICE 1 –	VISÃO GERAL DOS POSTOS DE TRABALHO.....	160
APÊNDICE 2 –	GRUPO DE TRABALHO A – COLETA INÍCIO E FINAL DO TURNO.....	161
APÊNDICE 3 –	LACTATO GRUPO A POSTO DE APOIO.....	162
APÊNDICE 4 –	LACTATO GRUPO A POSTO DE APOIO.....	162
APÊNDICE 5 –	LACTATO GRUPO A POSTO TAMPA.....	163
APÊNDICE 6 –	LACTATO GRUPO A POSTO TAMPA.....	163
APÊNDICE 7 –	LACTATO GRUPO A POSTO MOTO.....	164
APÊNDICE 8 –	LACTATO GRUPO A POSTO MOTO.....	164
APÊNDICE 9 –	LACTATO GRUPO A POSTO GAVETA.....	165
APÊNDICE 10 –	LACTATO GRUPO A POSTO GAVETA.....	165
APÊNDICE 11 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR I – 1 HORA..	166
APÊNDICE 12 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR I - 2 HORAS.	166
APÊNDICE 13 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR J – 1 HORA..	167
APÊNDICE 14 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR J – 2 HORAS	167
APÊNDICE 15 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR K– 1 HORA..	168
APÊNDICE 16 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR K – 2 HORAS.....	168
APÊNDICE 17 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR L – 1 HORA.	169
APÊNDICE 18 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR L – 2 HORAS.....	169
APÊNDICE 19 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR H – 1 E 2 HORAS.....	170
APÊNDICE 20 -	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR I – 1 E 2 HORAS.....	170
APÊNDICE 21 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR J – 1 E 2 HORAS.....	171
APÊNDICE 22 -	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR K – 1 E 2 HORAS.....	171
APÊNDICE 23 –	LACTATO GRUPO B TRABALHADOR L – 1 E 2 HORAS.....	172

APÊNDICE 24 -	GRUPO DE TRABALHO A – PERCEPÇÃO FADIGA..	173
APÊNDICE 25 -	GRUPO DE TRABALHO A – PERCEPÇÃO FADIGA..	174
APÊNDICE 26 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO DE APOIO	175
APÊNDICE 27 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO DE APOIO	175
APÊNDICE 28 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO SILICONE.	176
APÊNDICE 29 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO DE SILICONE.....	176
APÊNDICE 30 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO TAMPA....	177
APÊNDICE 31 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO TAMPA....	177
APÊNDICE 32 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO MOTO.....	178
APÊNDICE 33 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO MOTO.....	178
APÊNDICE 34 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO GAVETA...	179
APÊNDICE 35 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO GA.....	179
APÊNDICE 36 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO FITA.....	180
APÊNDICE 37 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO FITA.....	180
APÊNDICE 38 -	GRUPO DE TRABALHO B – PERCEPÇÃO FADIGA 1 HORA.....	181
APÊNDICE 39 -	GRUPO DE TRABALHO B – PERCEPÇÃO FADIGA 2 HORAS.....	181
APÊNDICE 40 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR H – 1 HORA.....	182
APÊNDICE 41 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR H – 2 HORAS.....	182
APÊNDICE 42 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR I – 1 HORA.....	183
APÊNDICE 43 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR I – 2 HORAS.....	183
APÊNDICE 44 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR J – 1 HORA.....	184
APÊNDICE 45 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR J – 2 HORAS.....	184
APÊNDICE 46 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR K – 1 HORA.....	185

APÊNDICE 47 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR K – 2 HORAS.....	185
APÊNDICE 48 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR L – 1 HORA.....	186
APÊNDICE 49 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR L – 2 HORAS.....	186
APÊNDICE 50 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR H – 1 HORA E 2 HORAS.....	187
APÊNDICE 51 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR I – 1 HORA E 2 HORAS.....	187
APÊNDICE 52 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR J – 1 HORA E 2 HORAS.....	188
APÊNDICE 53 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR K – 1 HORA E 2 HORAS.....	188
APÊNDICE 54 –	PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR L – 1 HORA E 2 HORAS.....	189
APÊNDICE 55 –	PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A.....	189
APÊNDICE 56 –	PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR A.....	190
APÊNDICE 57 –	PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR B.....	190
APÊNDICE 58 –	PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR C.....	191
APÊNDICE 59 –	PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR D.....	191
APÊNDICE 60 –	PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR E.....	192
APÊNDICE 61 –	PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR F.....	192
APÊNDICE 62 –	PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO B.....	193
APÊNDICE 63 –	PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO B TRABALHADOR H.....	193

APÊNDICE 64 –	PERCEPÇÃO	X	LACTATO	GRUPO	B	
	TRABALHADOR I .....					194
APÊNDICE 65 –	PERCEPÇÃO	X	LACTATO	GRUPO	B	
	TRABALHADOR J.....					194
APÊNDICE 66 –	PERCEPÇÃO	X	LACTATO	GRUPO	B	
	TRABALHADOR K.....					195
APÊNDICE 67 –	PERCEPÇÃO	X	LACTATO	GRUPO	B	
	TRABALHADOR L.....					195

## APÊNDICE 1 – VISÃO GERAL DOS POSTOS DE TRABALHO

Posto de Trabalho	Atividades	Parte do Corpo Utilizada com mais frequência no Ciclo										Fatores Biomecânicos de Risco	Rodizio Proposto	PESQUISA	Tempo Ciclo		
		Ombro	Brço	Cotovelo	Punho/Mão	Cervical	Lombar	Jelhos	Perna								
3	Posicionar a Borracha de Vedação e encaixar o motorventilador no produto e parafusar	x	x		x								x	↑	7		41s
4	Posicionar tampa dianteira do evaporador, parafusar e colocar fitas.	x			x								x	↑	3		41s
5	Aplicar Silicone na parte Superior (Freezer)	x	x	x	x	x							x	↑	4		45s
6	Colocar prateleira do Freezer, prateleira bi-partida, tampa basculante e aplicar fita adesiva												x	↑	APOIO		42s
7	Posicionar Gaveta de Legumes de Produto.								x				x	↑	6		30s
Apoio	Apoio a Linha de produção. Separar materiais específicos para a linha										x		x	↑	5		50s
1	Colar Isolação "A" e "B" na parte traseira da tampa.			x	x	x							x	↑	11		32s
2	Espuma no contorno especificado montar tampa da Lâmpada. Disponibilizar materiais na linha												x	↑	1		32s
8	Silicone na Parte Inferior (Carrssel)	x	x		x	x	x						x	↑	2		46s
9	Cortar Fita PP Azul para fixação de componentes internos												x	↑	8		40s
EXCLUÍDO	Injetar Hélio, testar entupimento, abrir aletas do degrau e limpar pontos de solda.				x								x		XX		XX
11	Posicionar Caixa de Controle no Produto	x		x	x	x							x	↑	9		46s
X	Posto não rodiziado = Teste de Evaporador.																
Superior =	rodizio 6 Postos																
Inferior =	rodizio 5 postos																

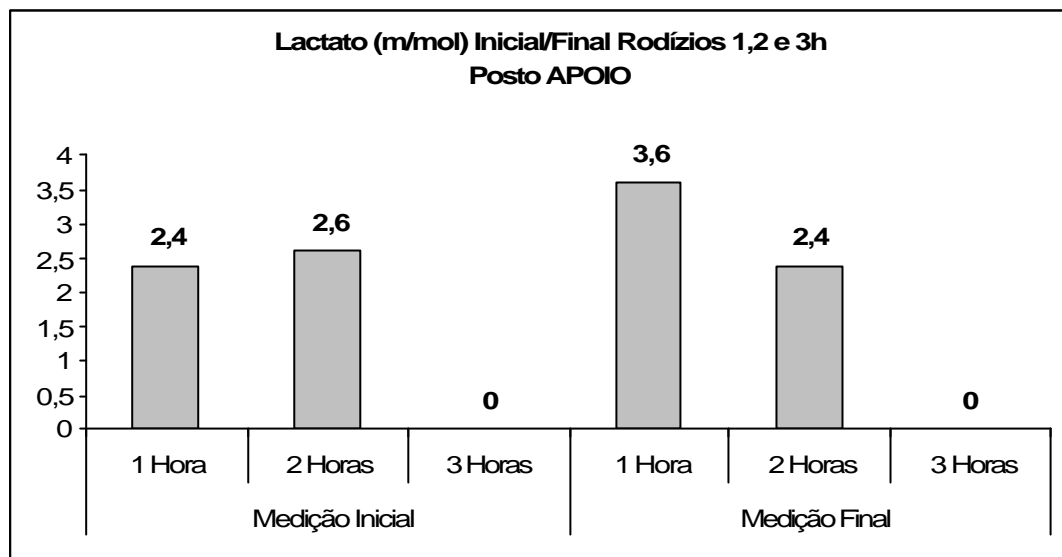
Posto não rodiziado = Teste de Evaporador.

Superior = rodizio 6 Postos  
Inferior = rodizio 5 postos

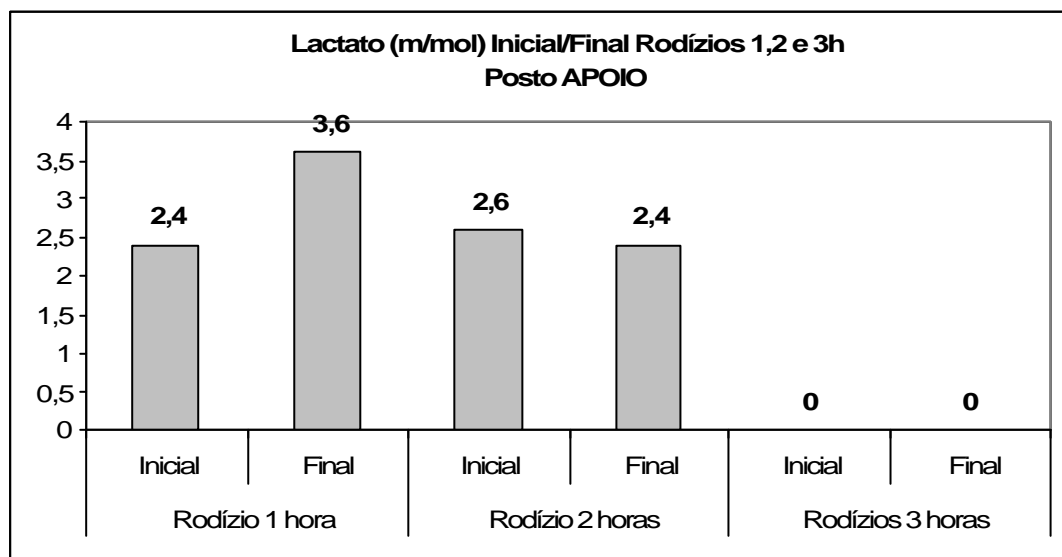




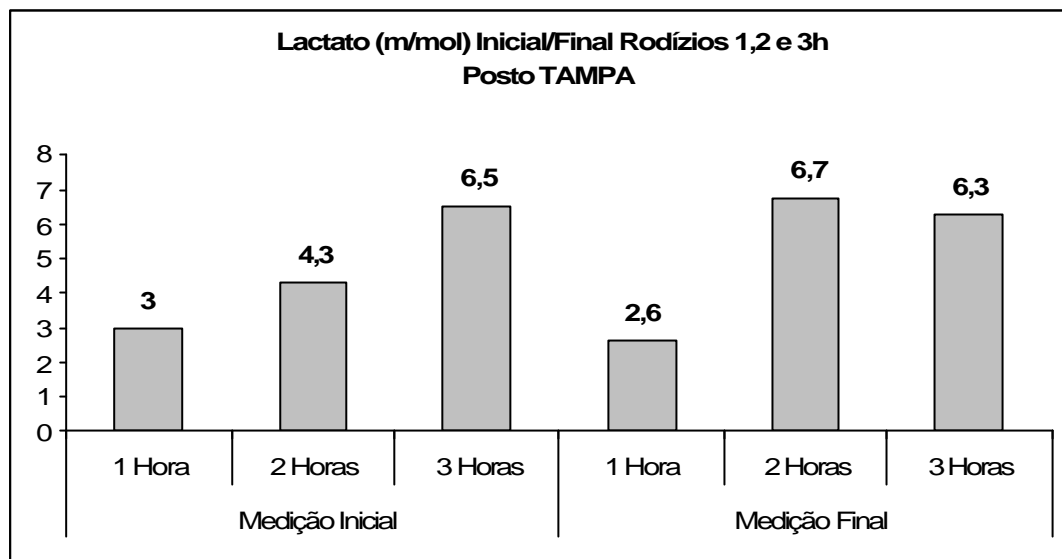
### APÊNDICE 3 – LACTATO GRUPO A POSTO DE APOIO



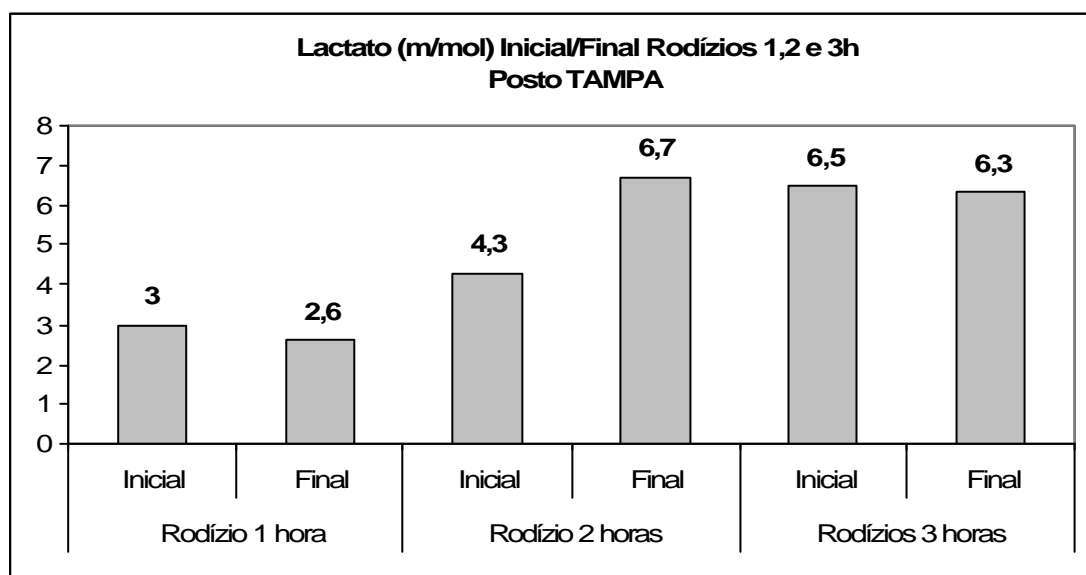
### APÊNDICE 4 – LACTATO GRUPO A POSTO DE APOIO



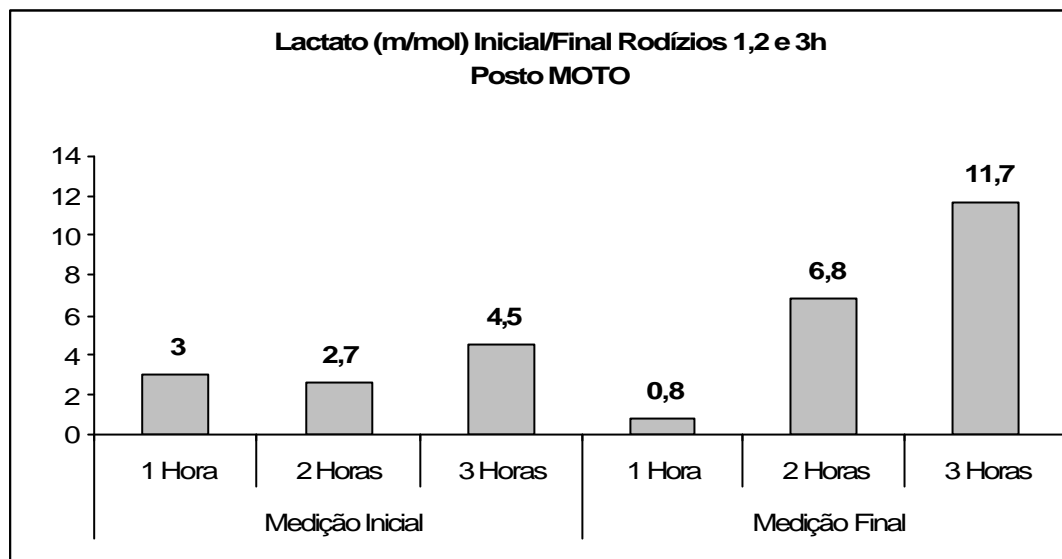
### APÊNDICE 5 – LACTATO GRUPO A POSTO TAMPA



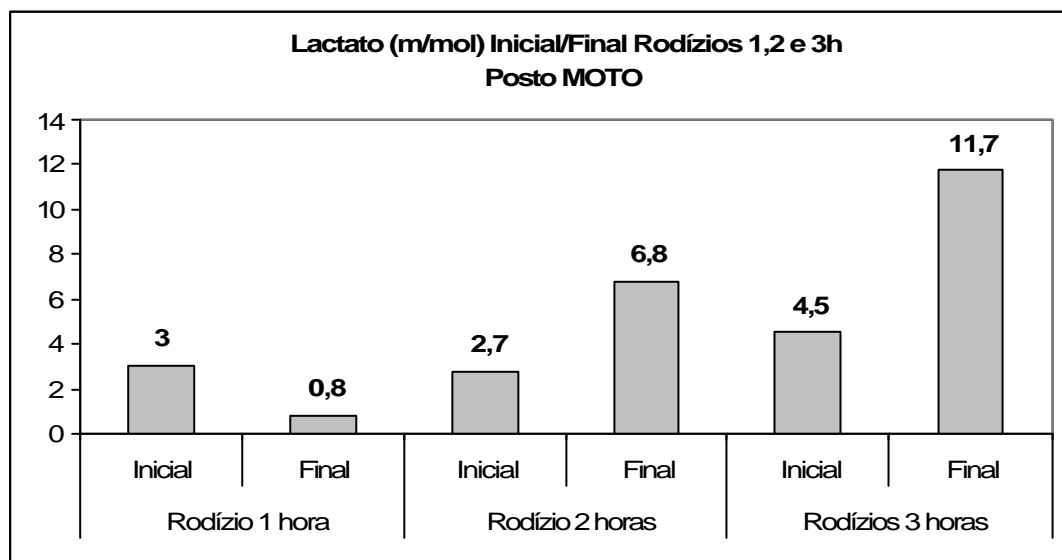
### APÊNDICE 6 – LACTATO GRUPO A POSTO TAMPA



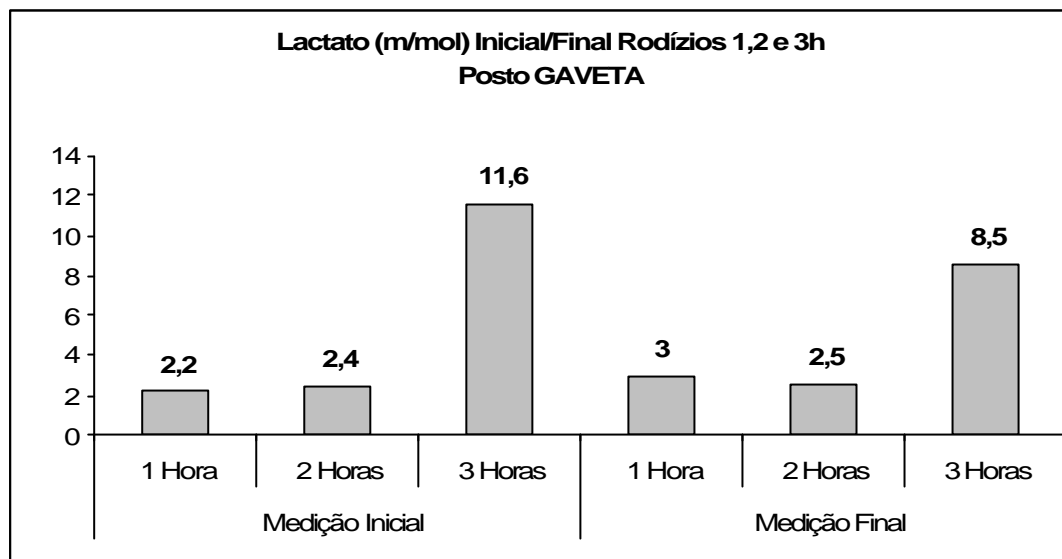
### APÊNDICE 7 – LACTATO GRUPO A POSTO MOTO



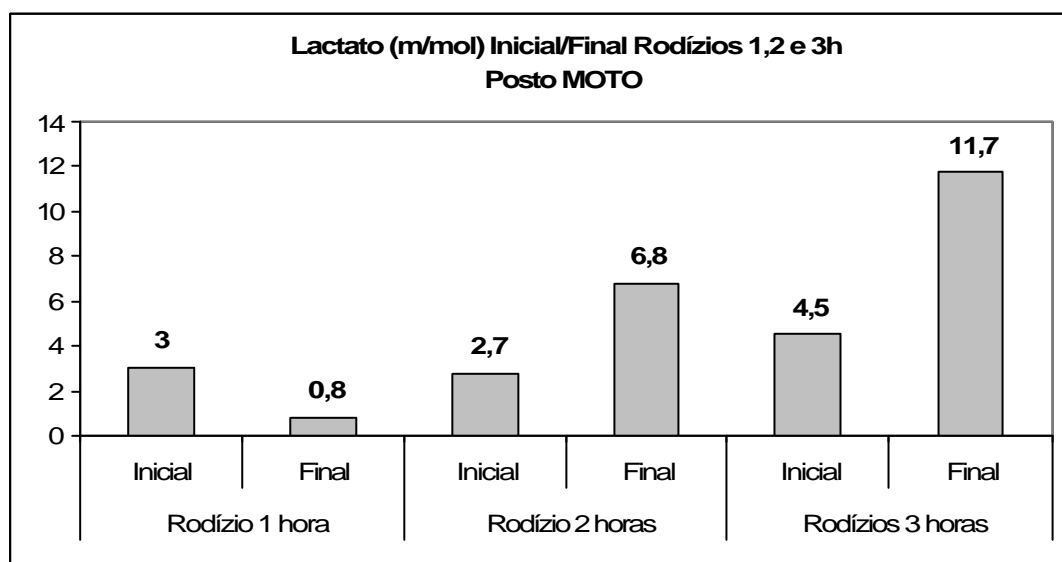
### APÊNDICE 8 – LACTATO GRUPO A POSTO MOTO

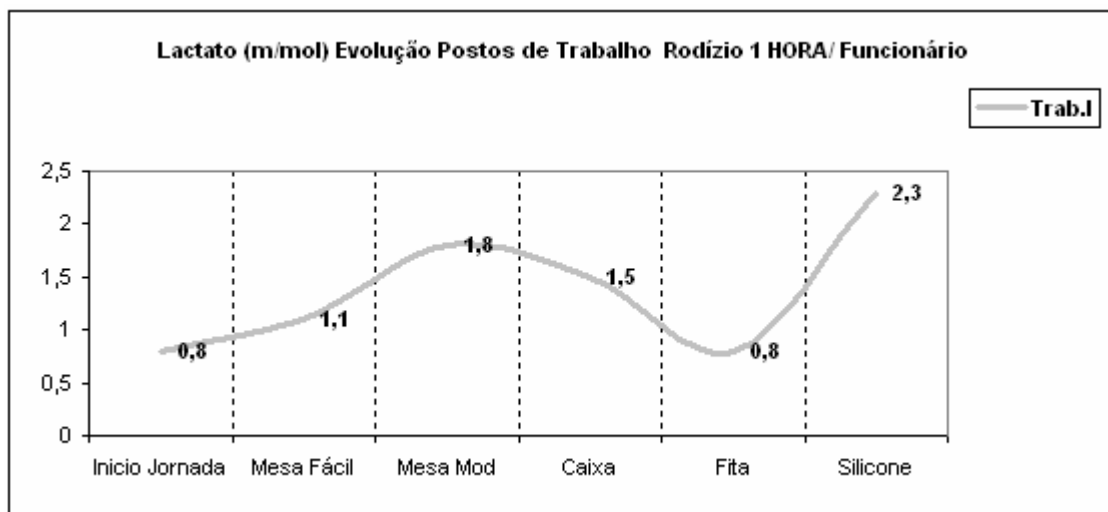
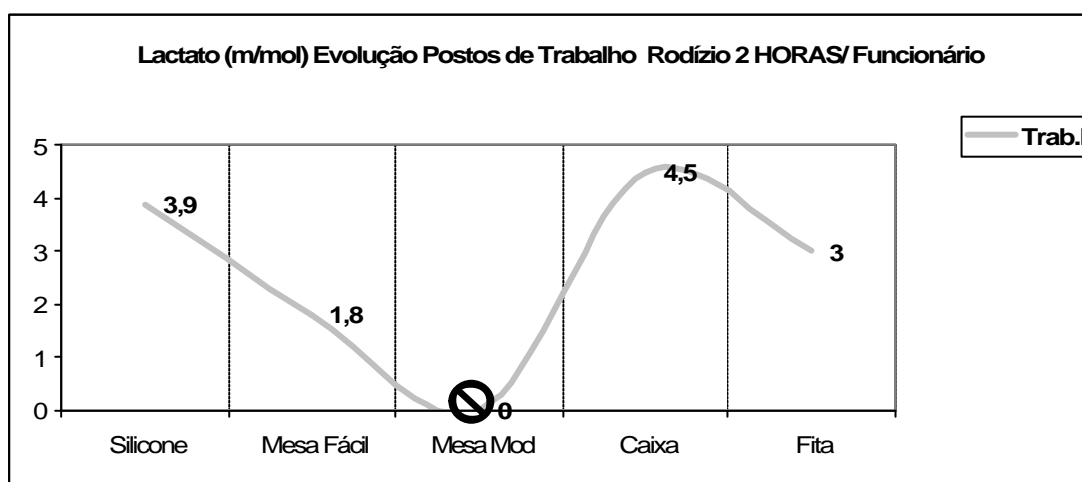


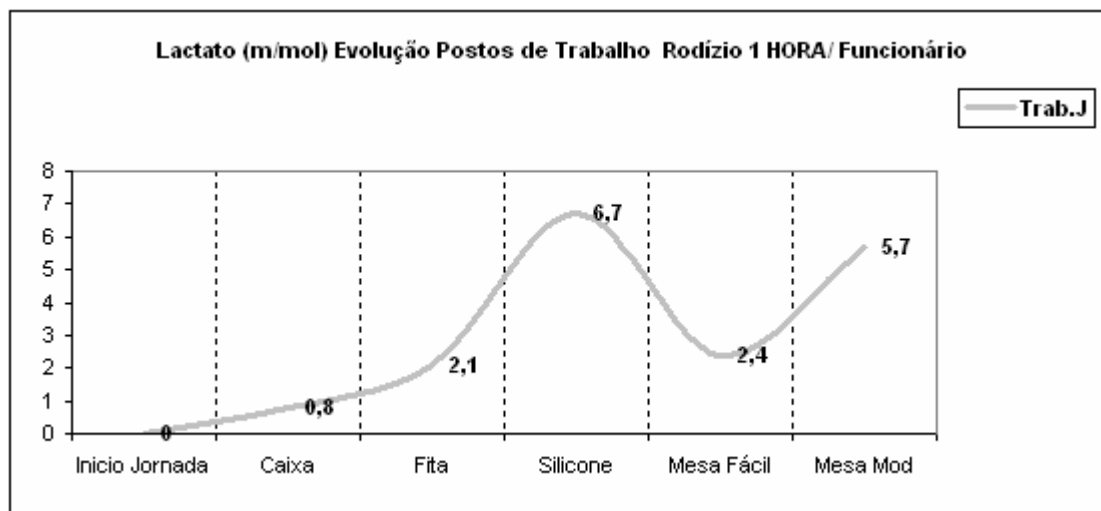
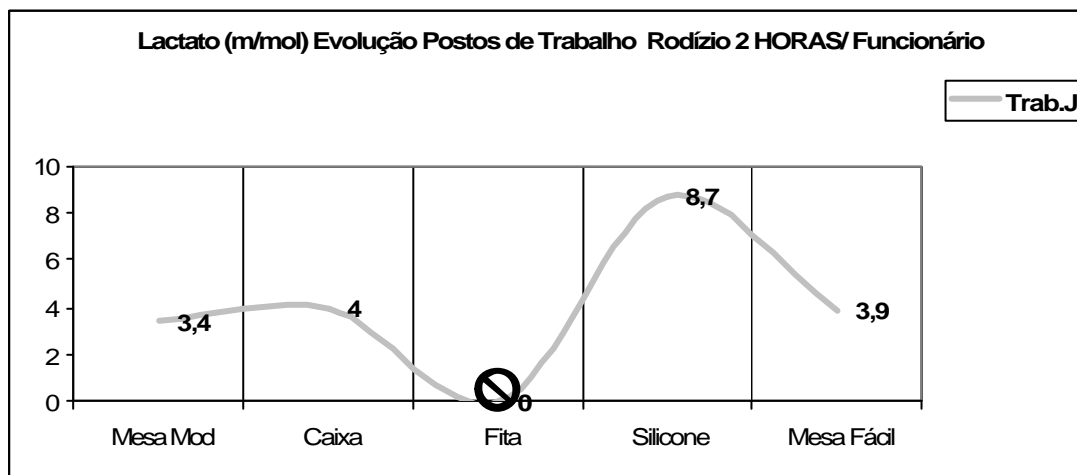
### APÊNDICE 9 – LACTATO GRUPO A POSTO GAVETA

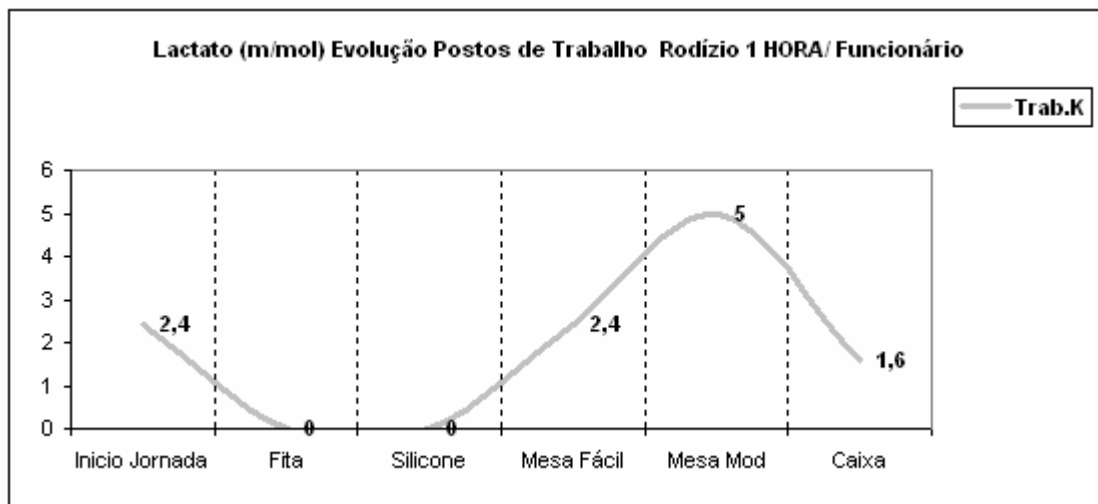
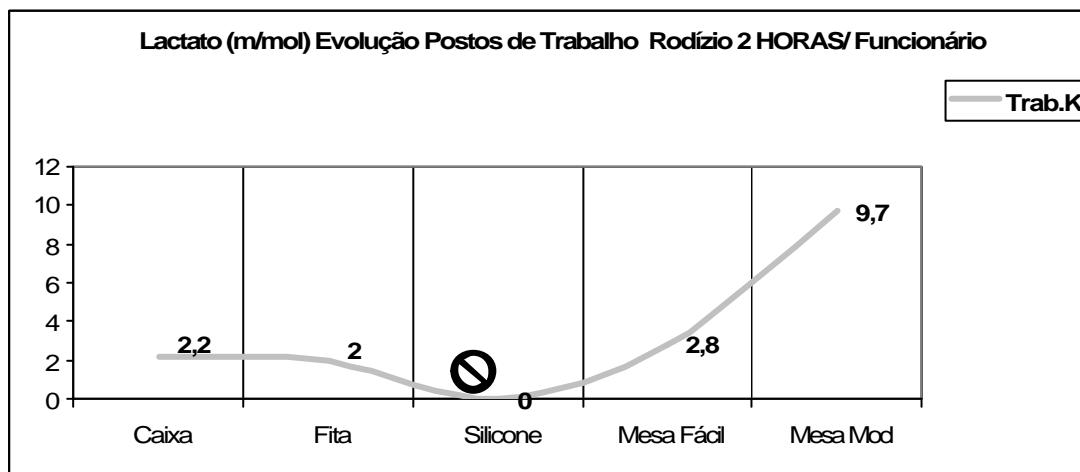


### APÊNDICE 10 – LACTATO GRUPO A POSTO GAVETA



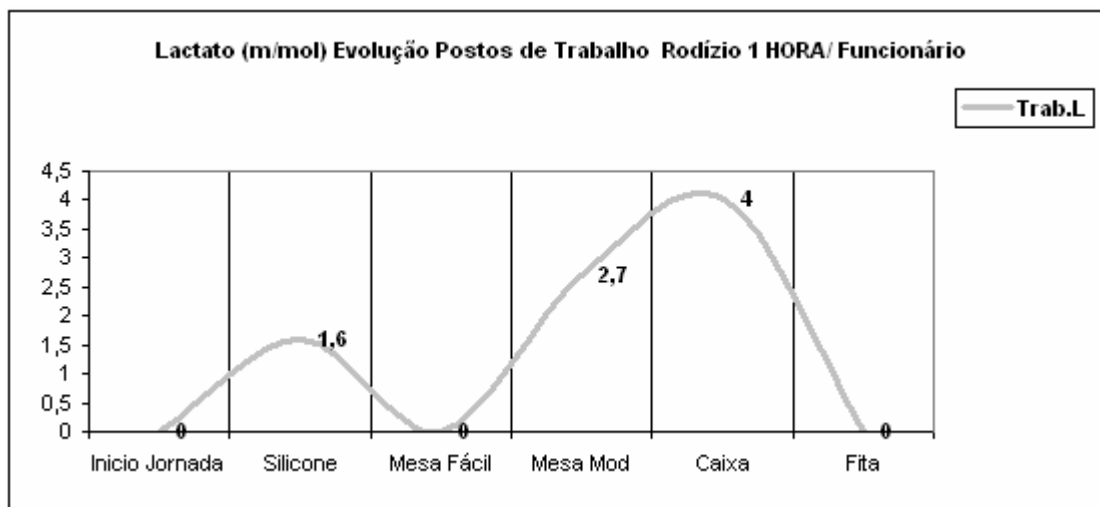
**APÊNDICE 11 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR I – 1 HORA****APÊNDICE 12 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR I - 2 HORAS**

**APÊNDICE 13 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR J – 1 HORA****APÊNDICE 14 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR J – 2 HORAS**

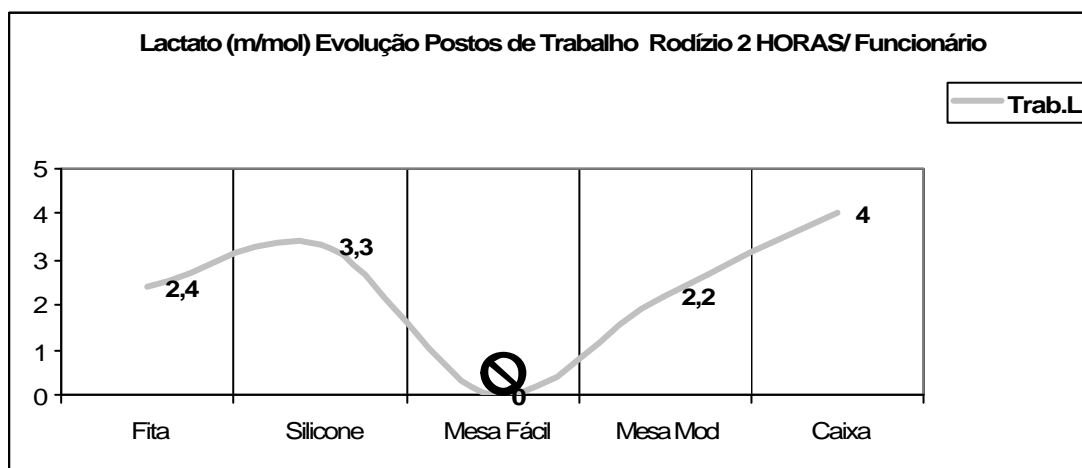
**APÊNDICE 15 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR K- 1 HORA****APÊNDICE 16 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR K – 2 HORAS**



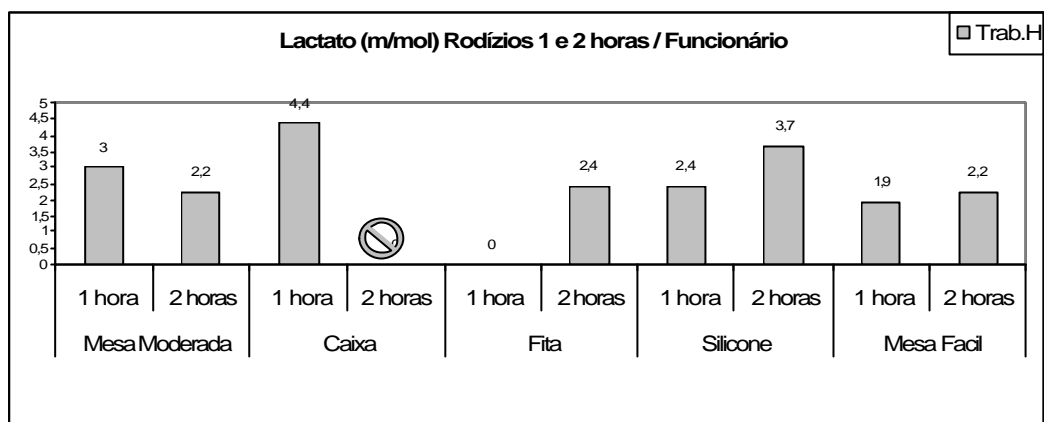
### APÊNDICE 17 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR L- 1 HORA



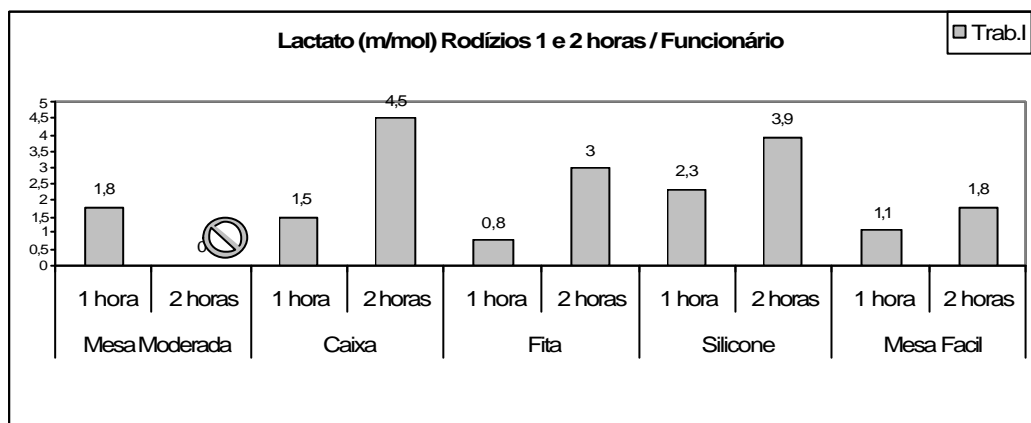
### APÊNDICE 18 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR L – 2 HORAS



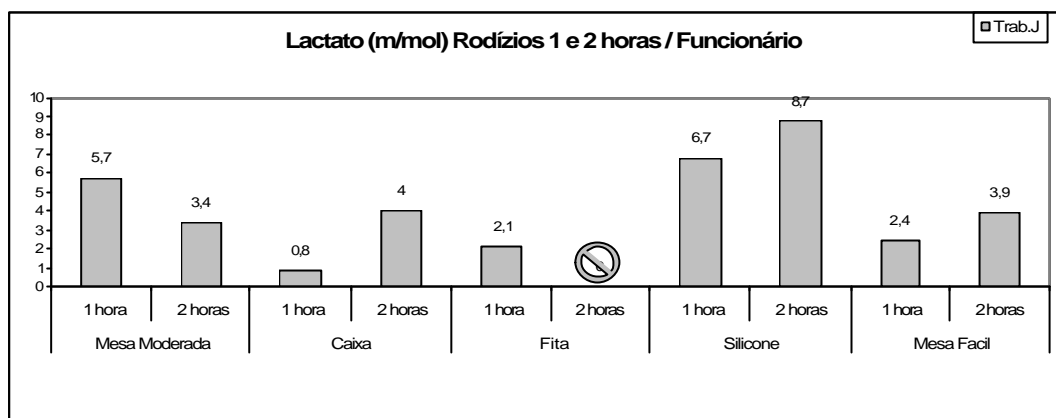
### APÊNDICE 19 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR H – 1 E 2 HORAS



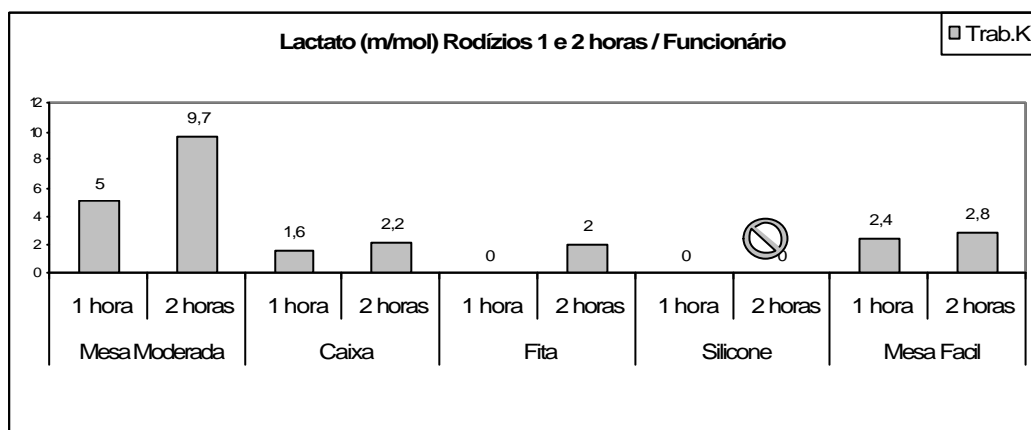
### APÊNDICE 20 - LACTATO GRUPO B TRABALHADOR I – 1 E 2 HORAS

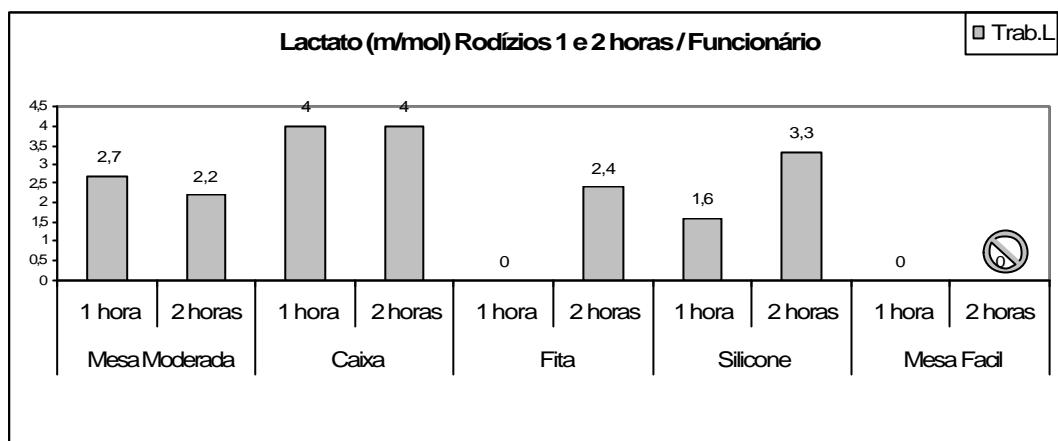


### APÊNDICE 21 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR J – 1 E 2 HORAS



### APÊNDICE 22 - LACTATO GRUPO B TRABALHADOR K – 1 E 2 HORAS



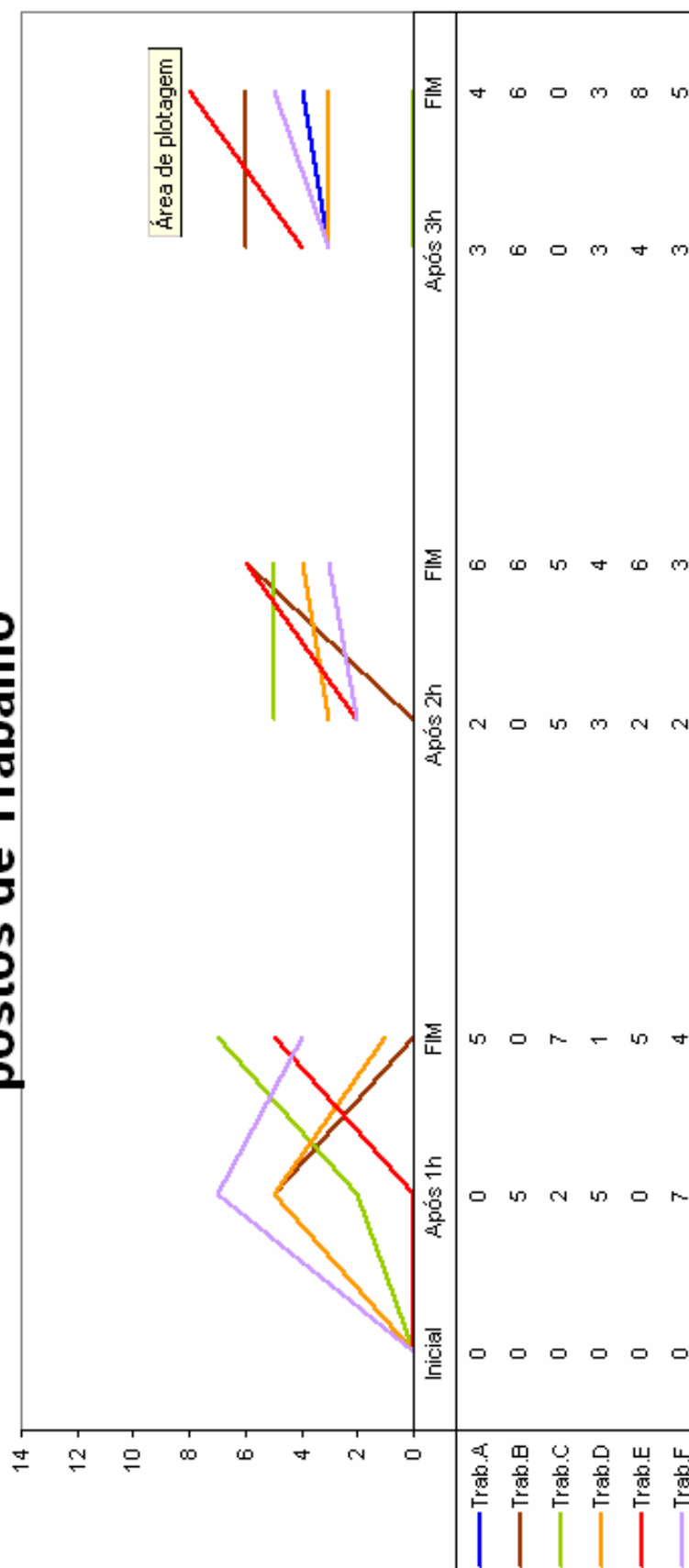
**APÊNDICE 23 – LACTATO GRUPO B TRABALHADOR L – 1 E 2 HORAS**

## APÊNDICE 24 - GRUPO DE TRABALHO A – PERCEPÇÃO FADIGA

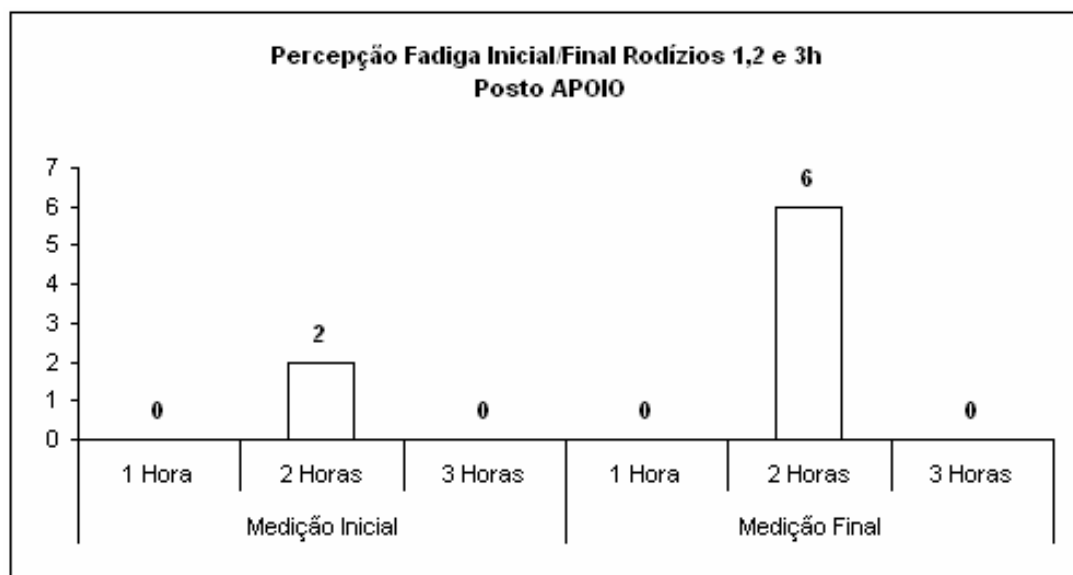
<i>Inicial</i>		APOIO	SILICONE	TAMPA	MOTO	GAVETA	FITA
0	Trab.A	1hora	A	5	B		
		2horas	A			6	B
		3horas		3	A	4	B
0	Trab.B	1hora			5	A	0
		2horas	B	0	A		
		3horas		6	B		
0	Trab.C	1hora	B			2	A
		2horas		5	B	5	A
		3horas	X	X	X	X	X
0	Trab.D	1hora		5	A	1	B
		2horas			4	B	3
		3horas			3	A	3
0	Trab.E	1hora	5	B			0
		2horas		6	B	2	A
		3horas	8	B	4	A	
0	Trab.F	1hora	7	A	4	B	
		2horas	2	A			3
		3horas		5	B		3

APÊNDICE 25 - GRUPO DE TRABALHO A – PERCEÇÃO FADIGA

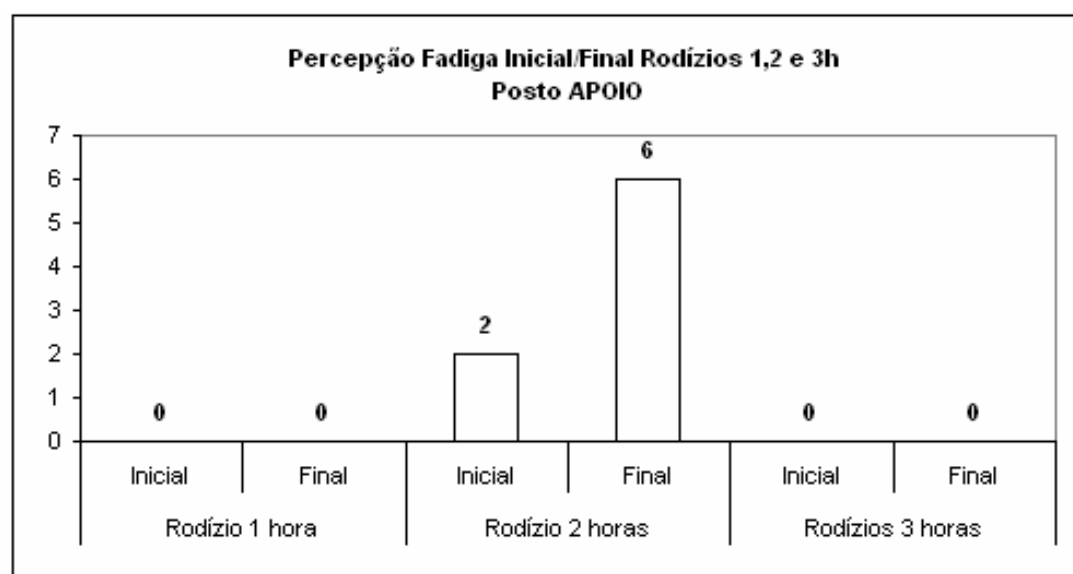
## Percepção Fadiga Muscular após rodízios nos postos de Trabalho



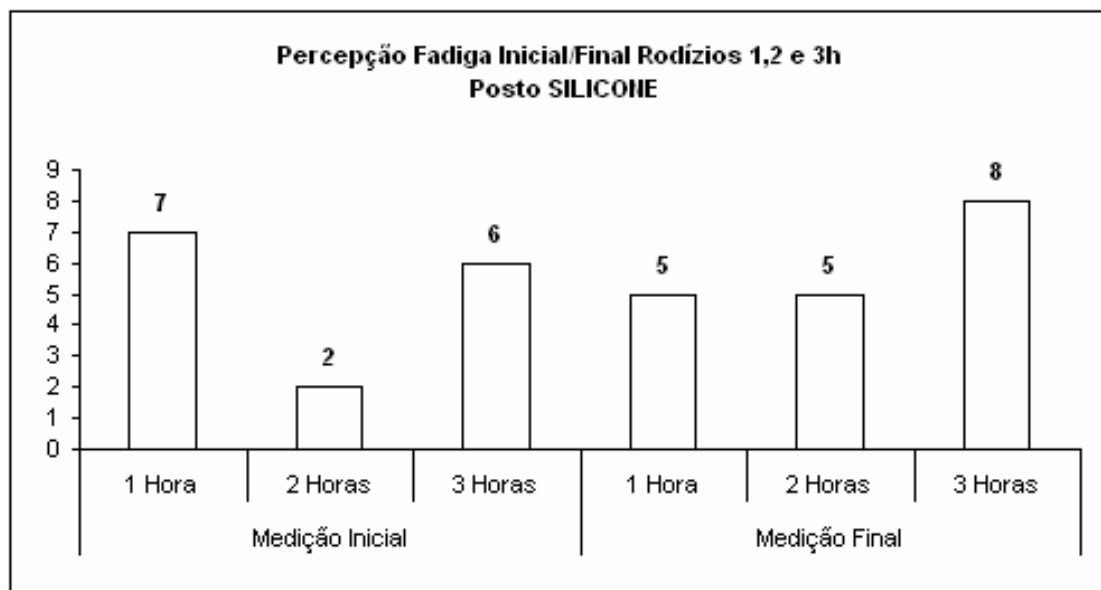
### APÊNDICE 26 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO DE APOIO



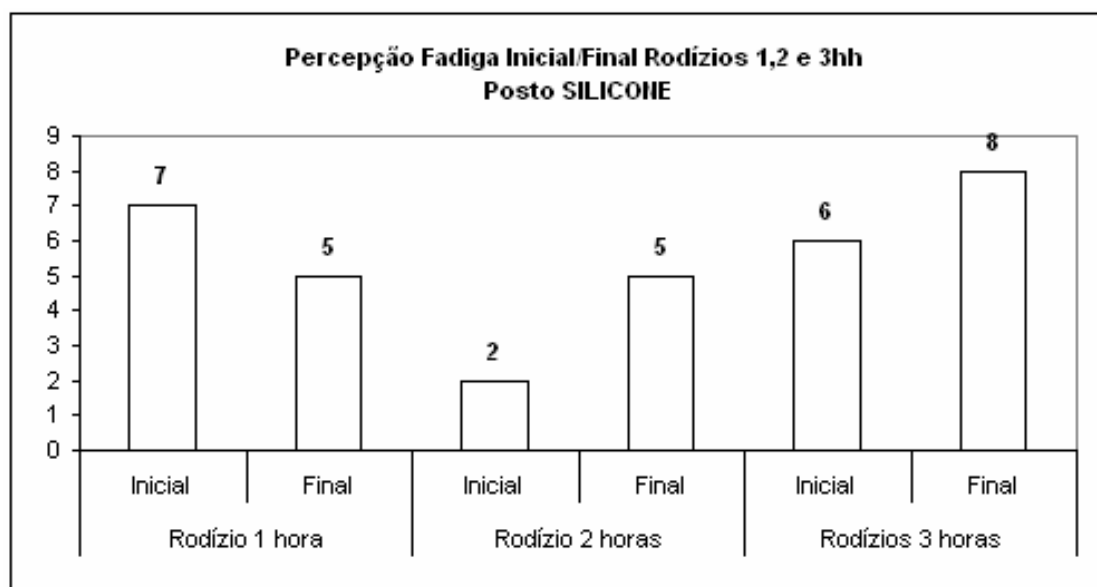
### APÊNDICE 27 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO DE APOIO



### APÊNDICE 28 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO SILICONE

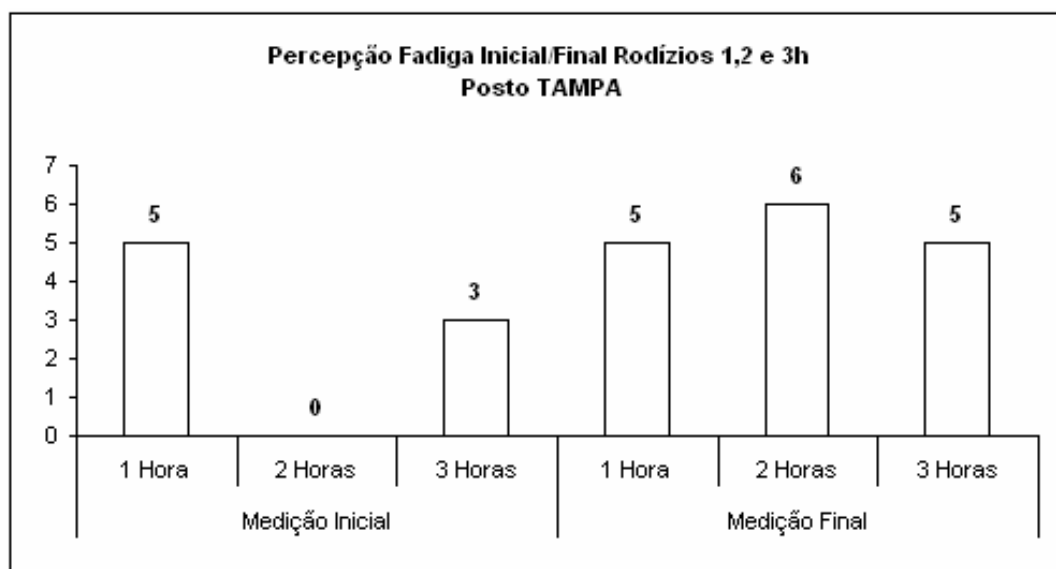


### APÊNDICE 29 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO DE SILICONE

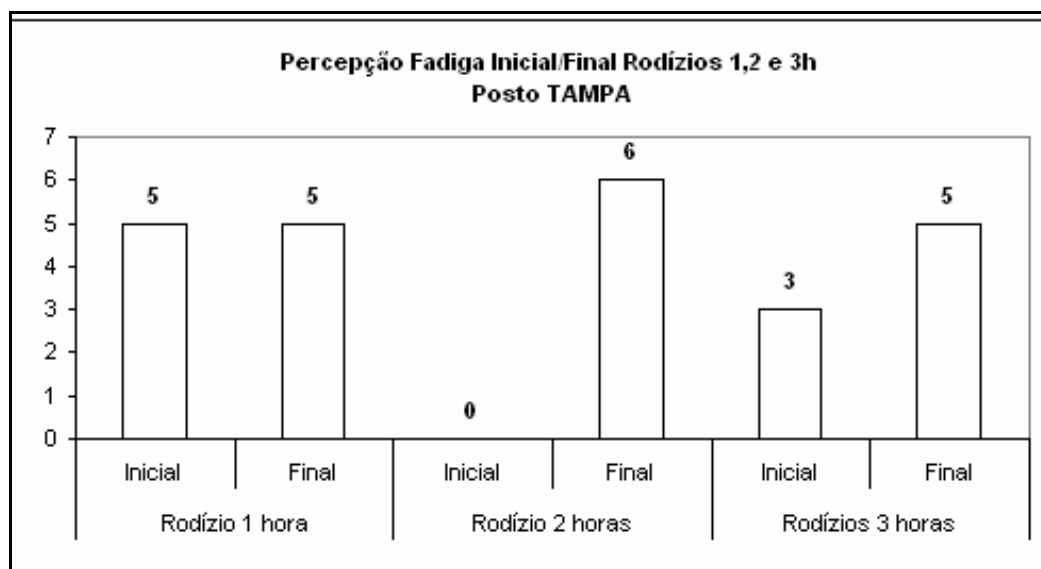




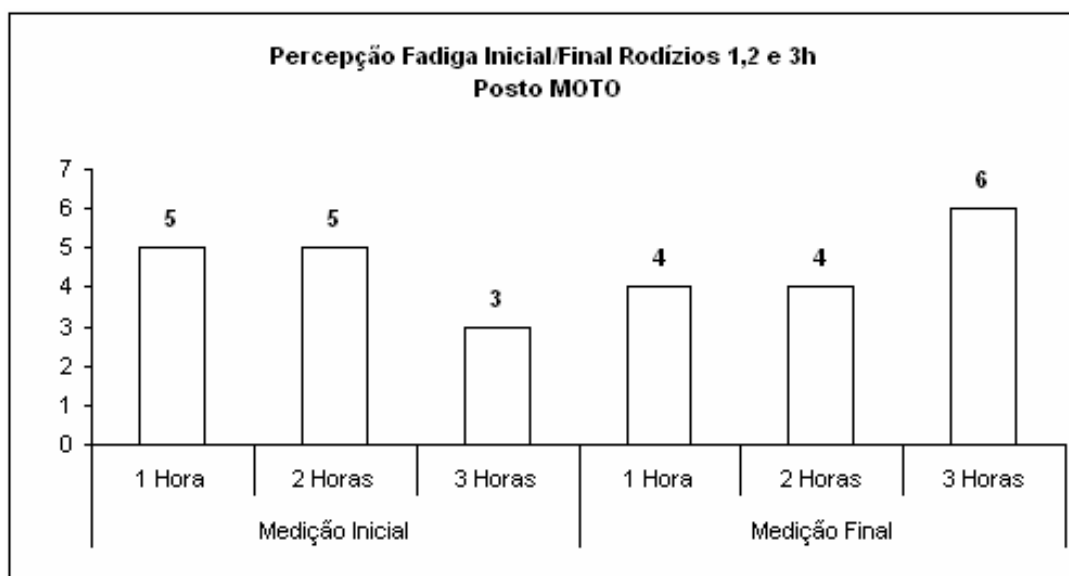
### APÊNDICE 30 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO TAMPA



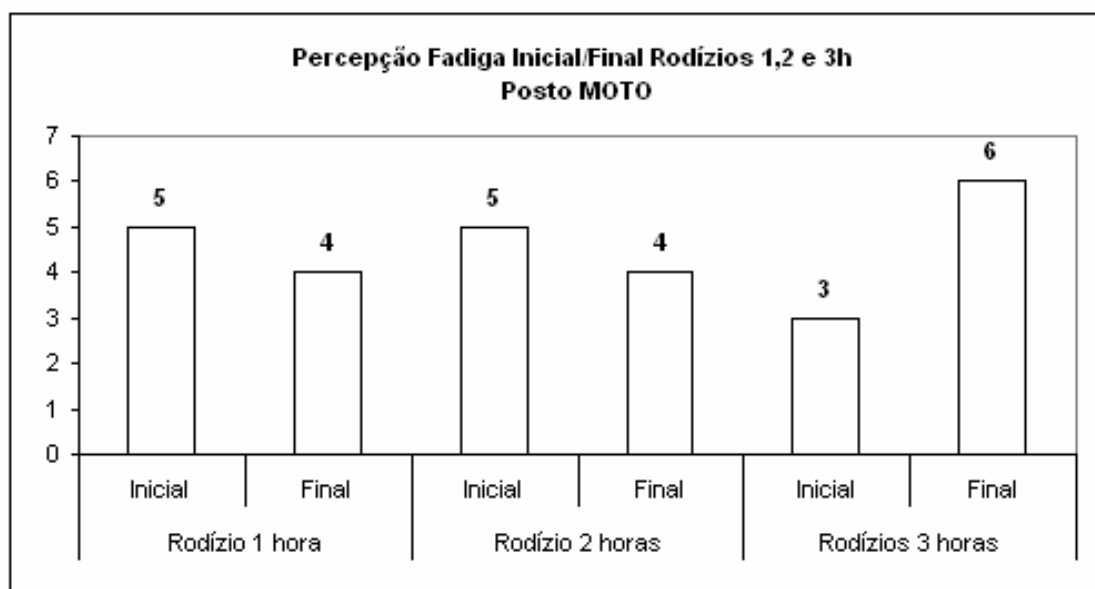
### APÊNDICE 31 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO TAMPA



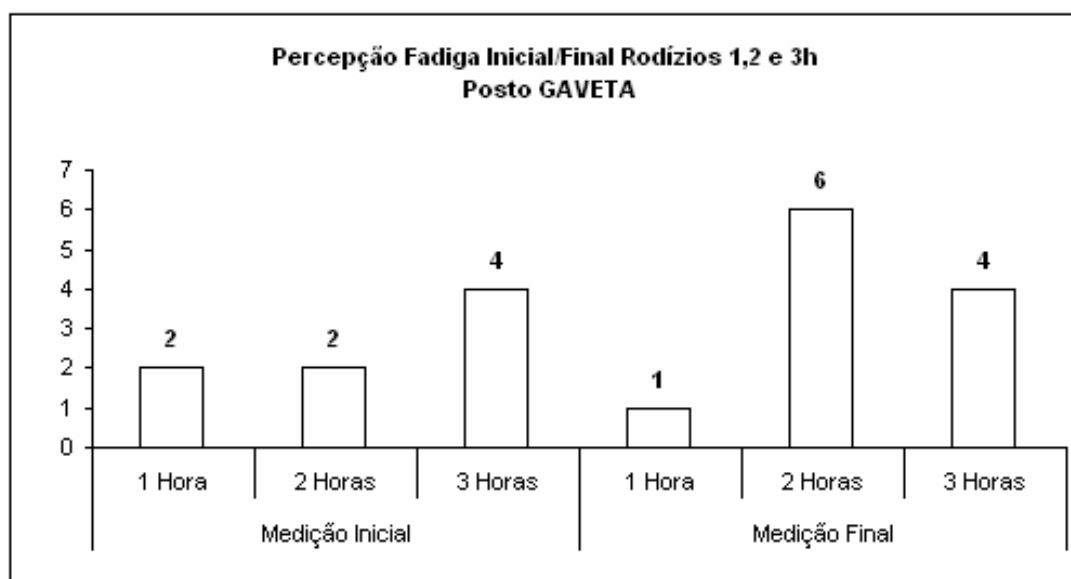
### APÊNDICE 32 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO MOTO



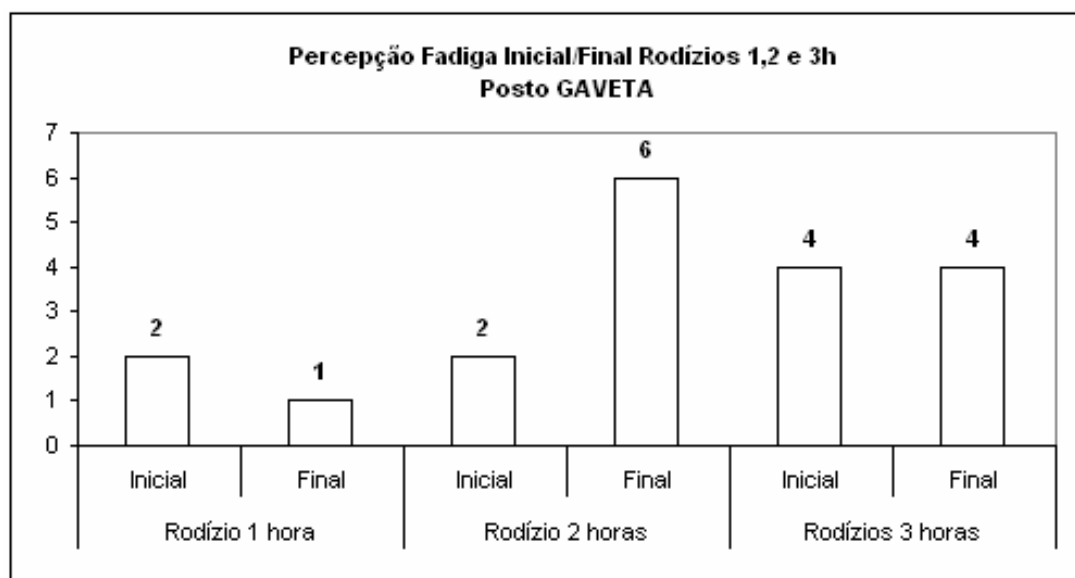
### APÊNDICE 33 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO MOTO



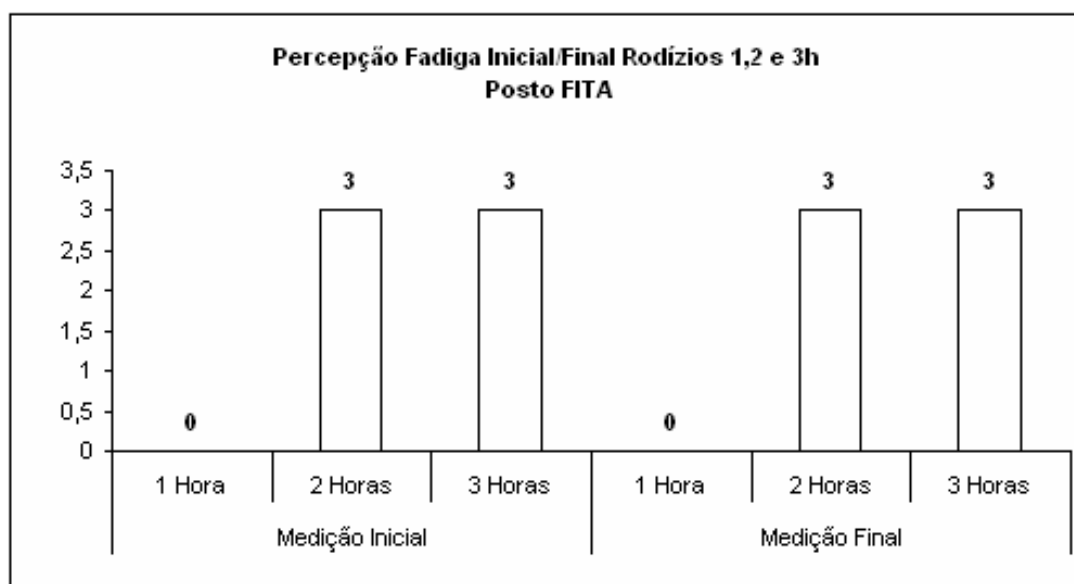
### APÊNDICE 34 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO GAVETA



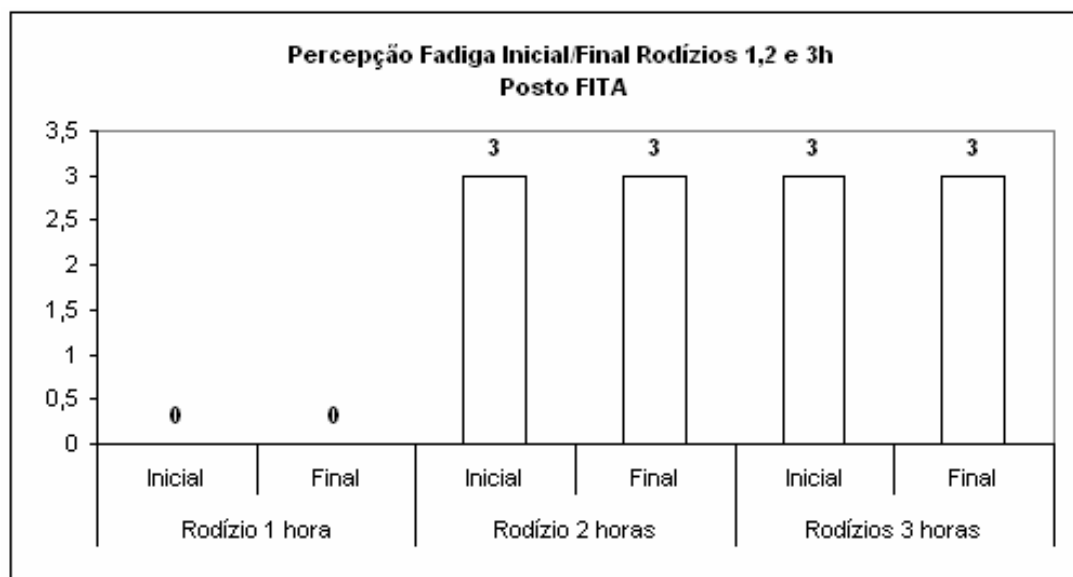
### APÊNDICE 35 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO GAVETA



### APÊNDICE 36 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO FITA



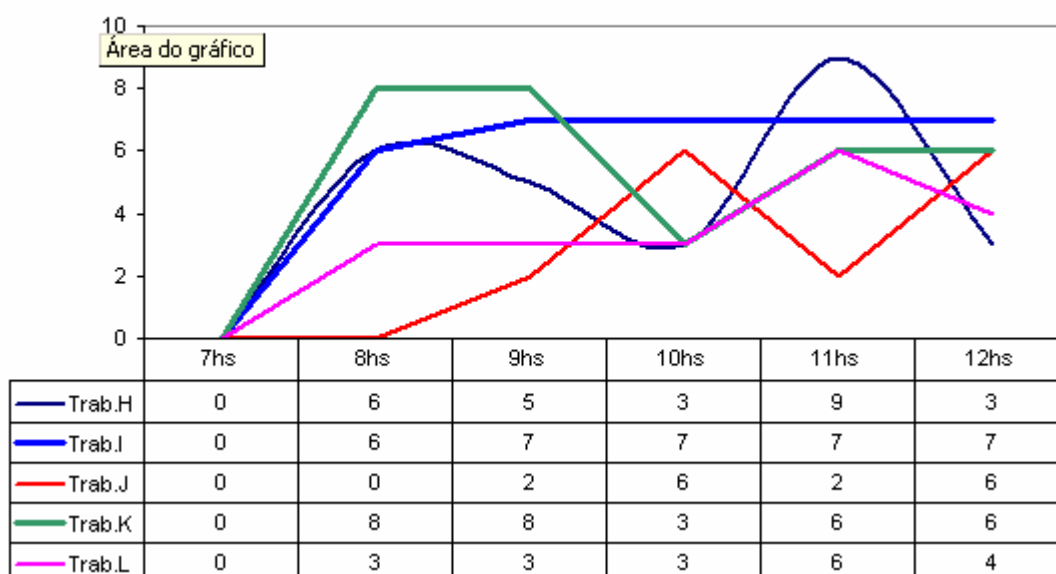
### APÊNDICE 37 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO A POSTO FITA



## APÊNDICE 38 - GRUPO DE TRABALHO B – PERCEPÇÃO FADIGA 1

### HORA

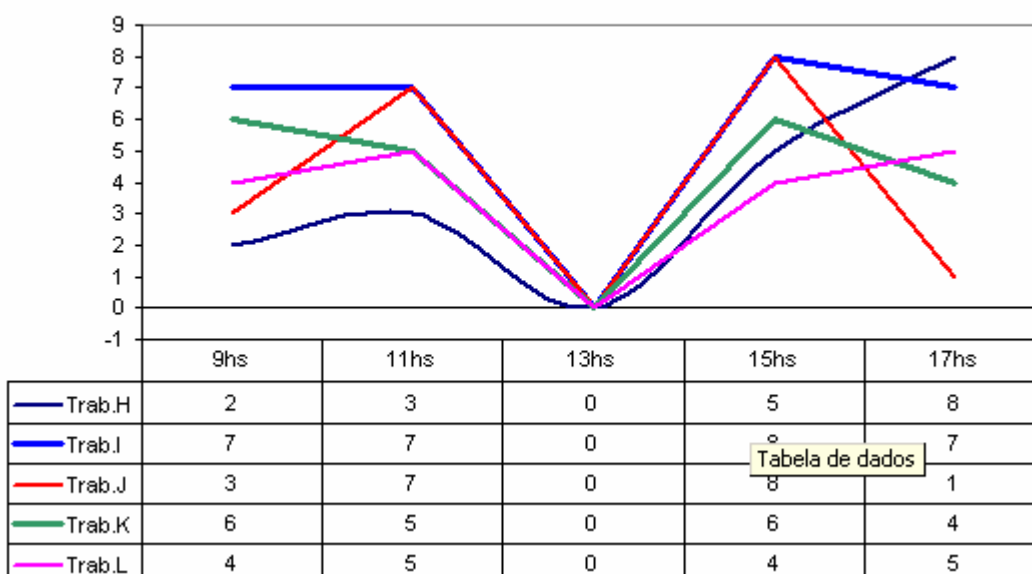
Percepção Fadiga - Evolução Rodízios 1 hora



## APÊNDICE 39 - GRUPO DE TRABALHO B – PERCEPÇÃO FADIGA 2

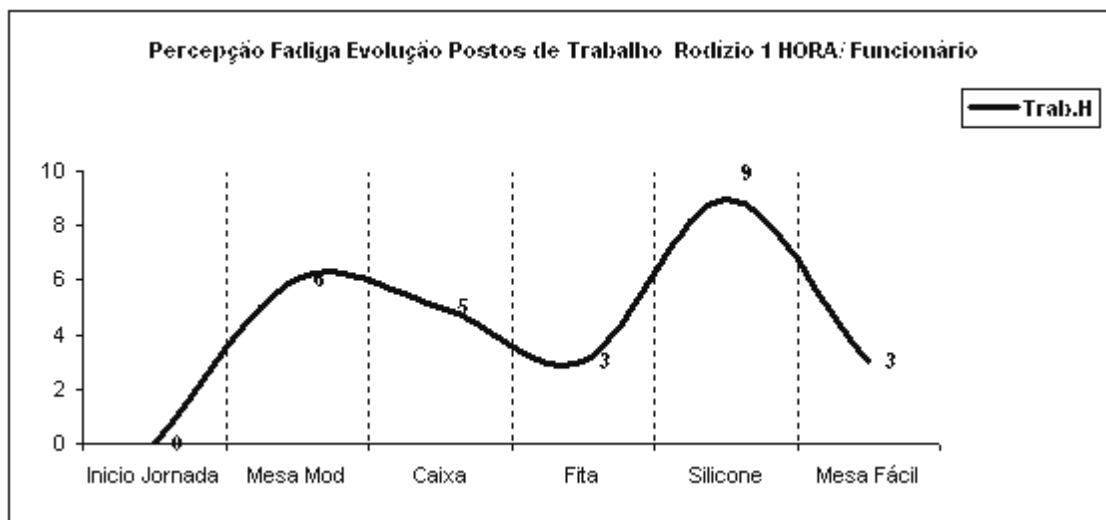
### HORAS

Percepção Fadiga - Evolução Rodízios 2 horas



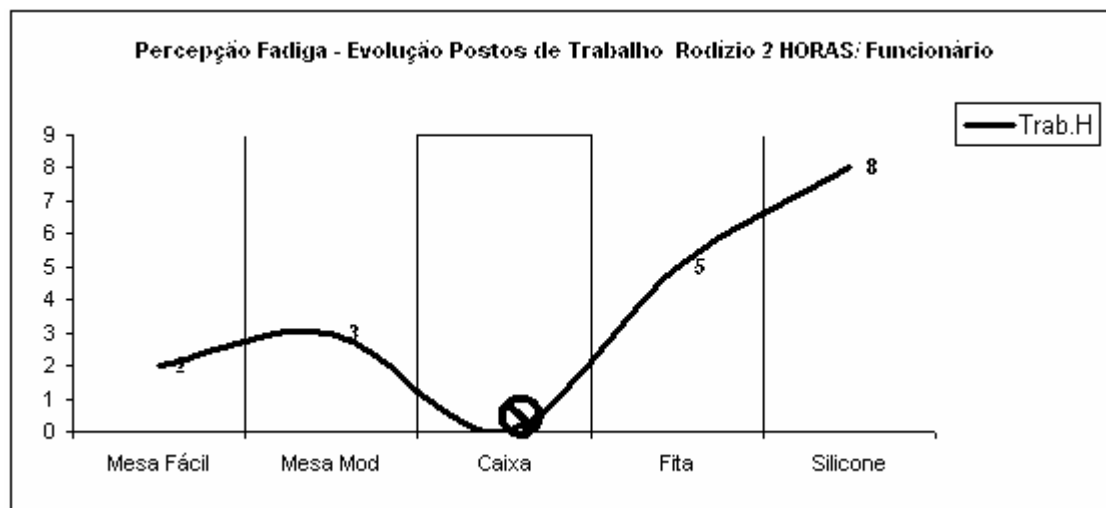
## APÊNDICE 40 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR H – 1

### HORA



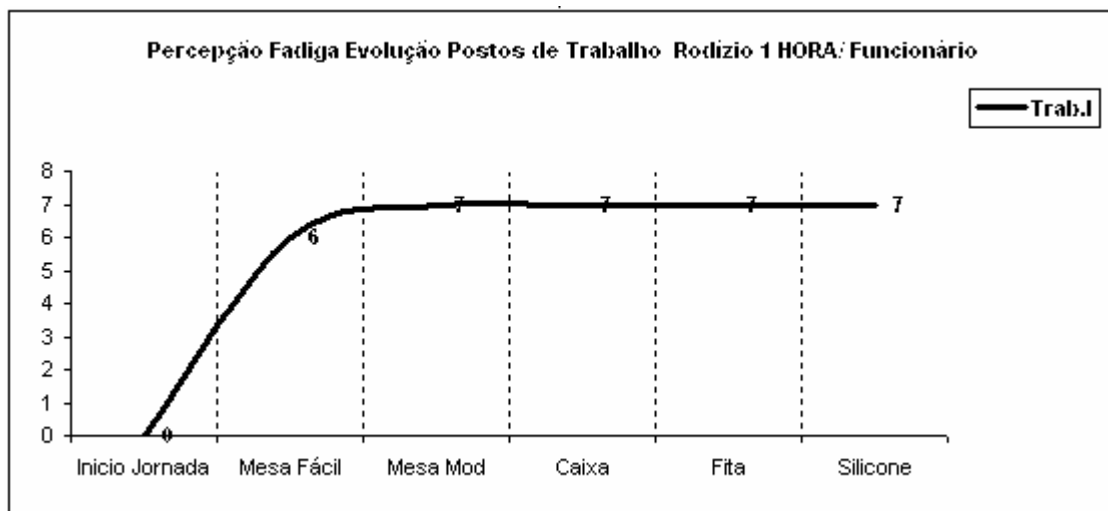
## APÊNDICE 41 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR H – 2

### HORAS



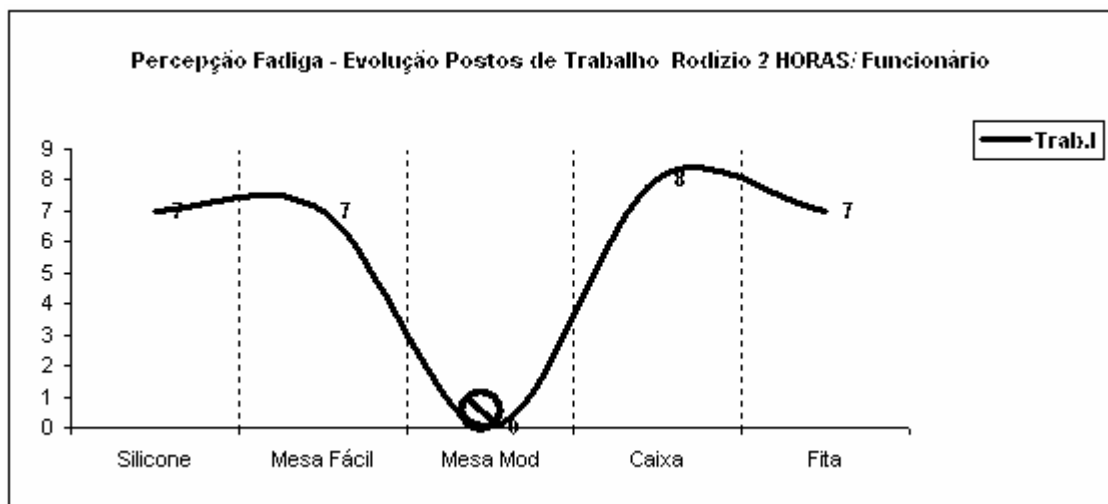
## APÊNDICE 42 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR I – 1

### HORA



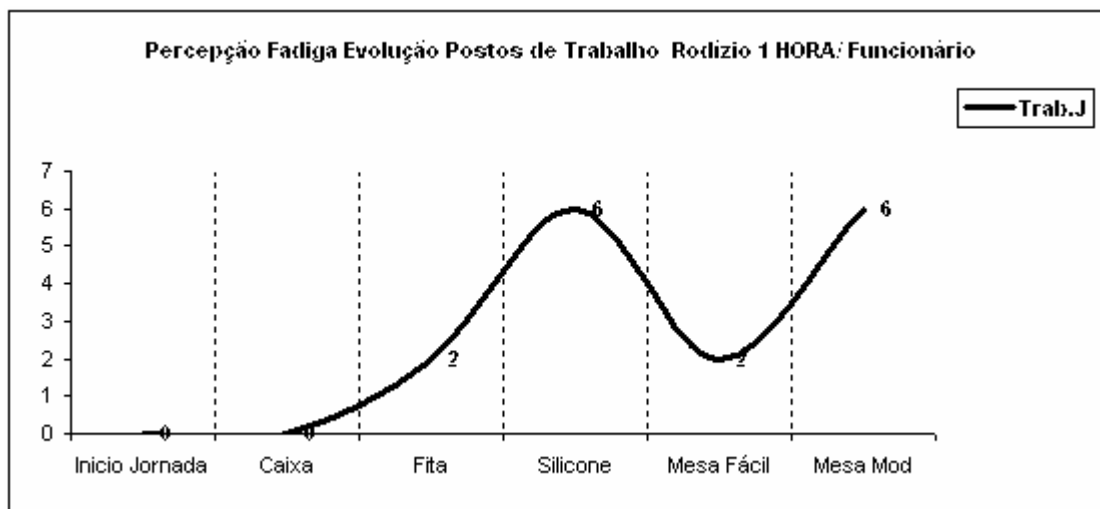
## APÊNDICE 43 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR I – 2

### HORAS



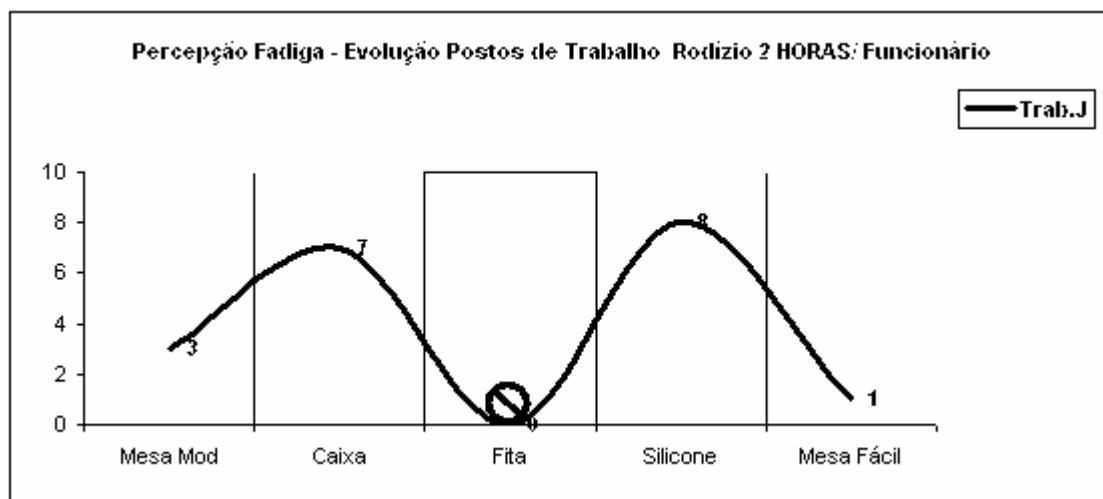
## APÊNDICE 44 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR J – 1

### HORA



## APÊNDICE 45 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR J – 2

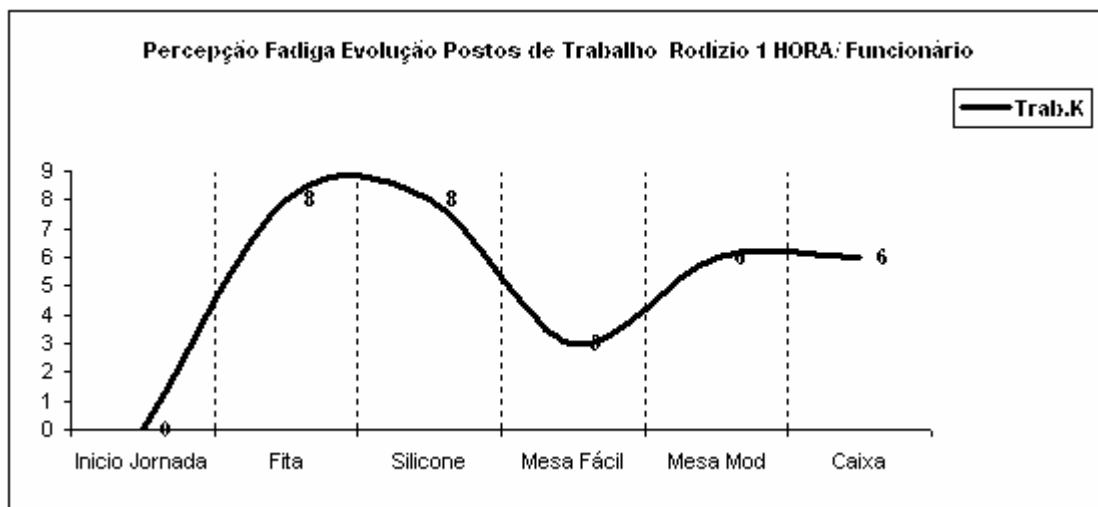
### HORAS





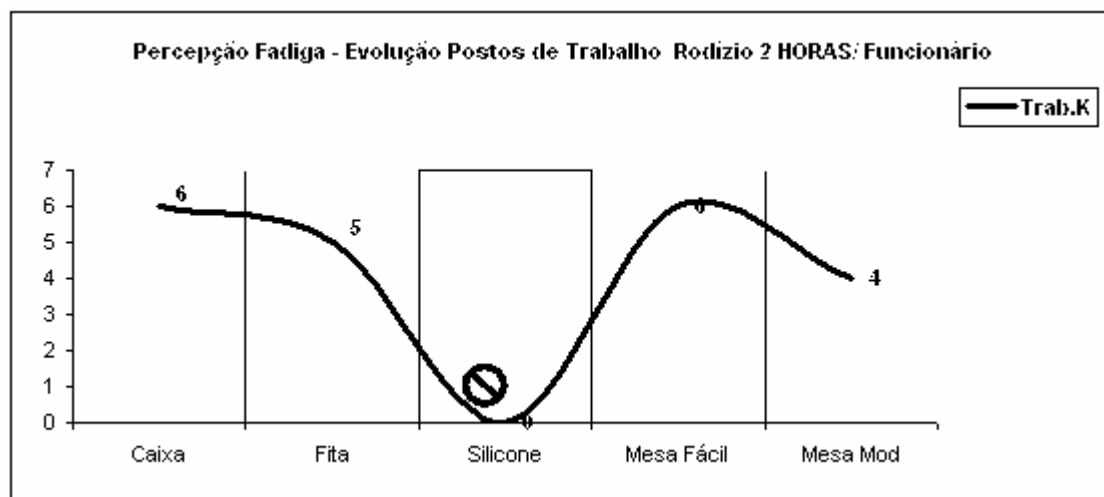
## APÊNDICE 46 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR K – 1

### HORA



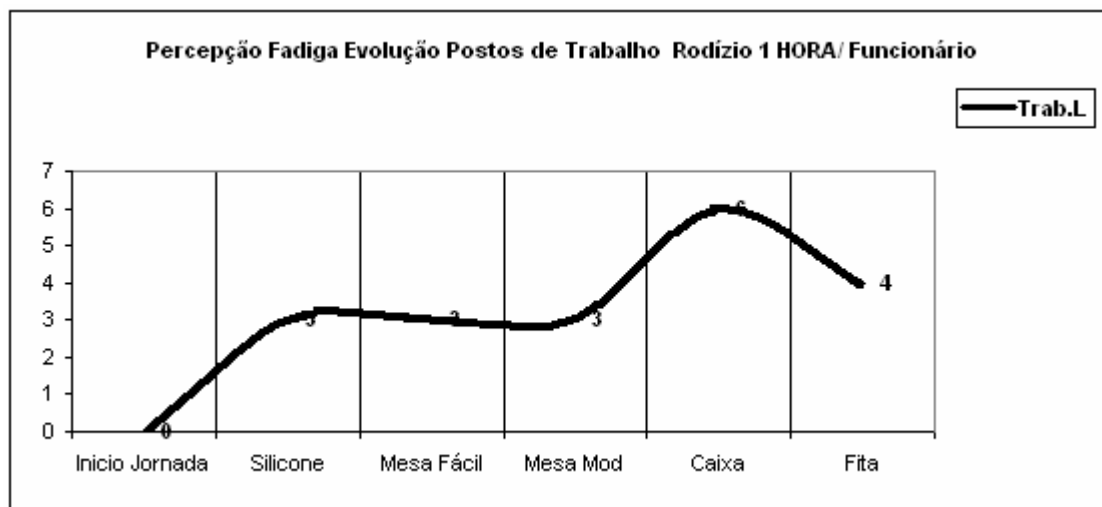
## APÊNDICE 47 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR K – 2

### HORAS



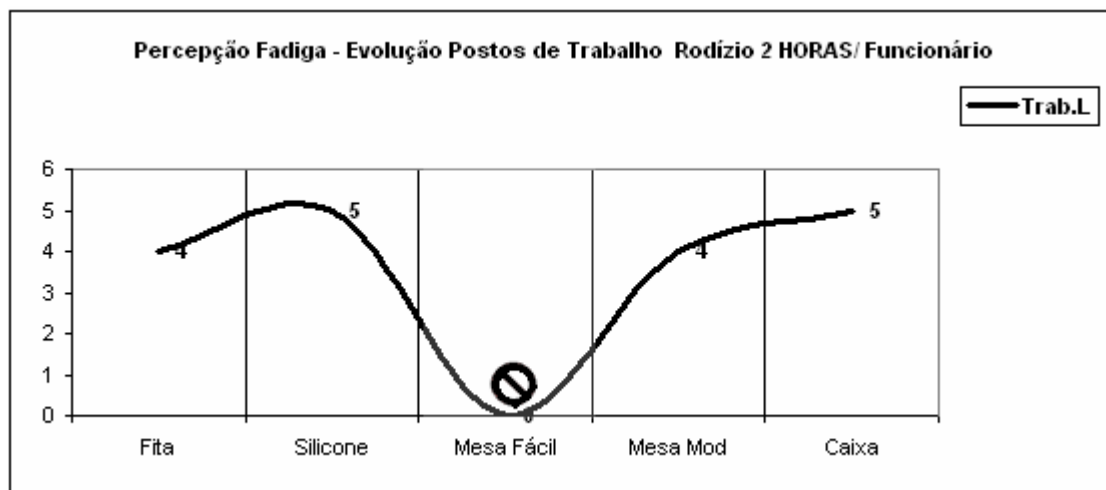
## APÊNDICE 48 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR L – 1

### HORA



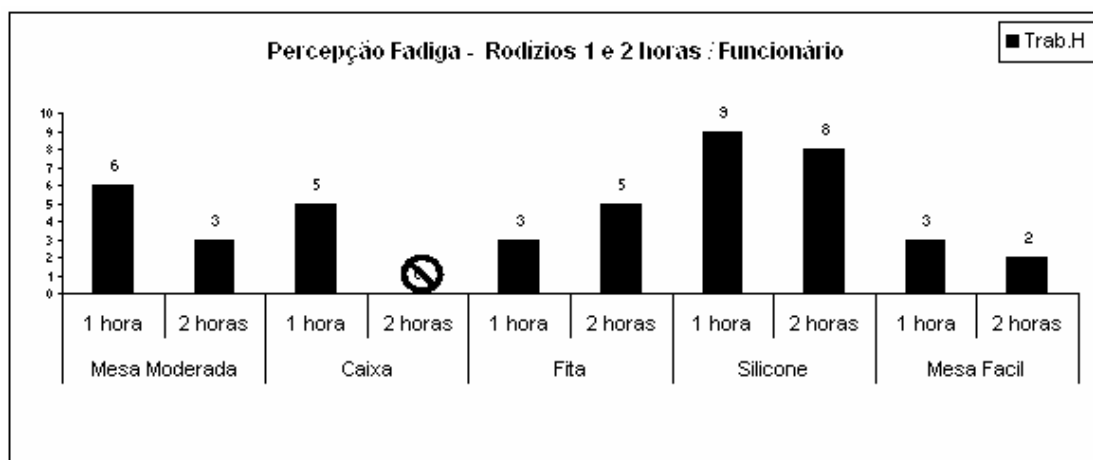
## APÊNDICE 49 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR L – 2

### HORAS



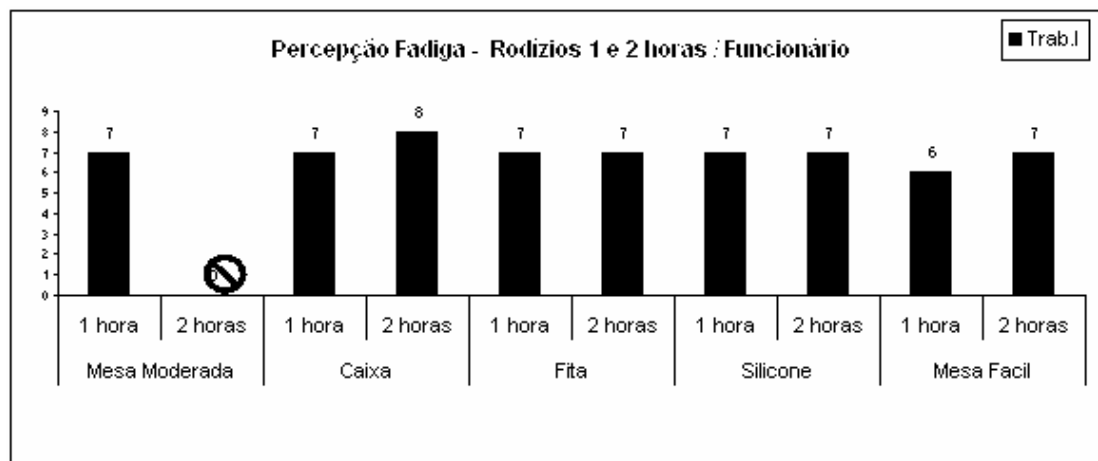
## APÊNDICE 50 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR H – 1

### HORA E 2 HORAS



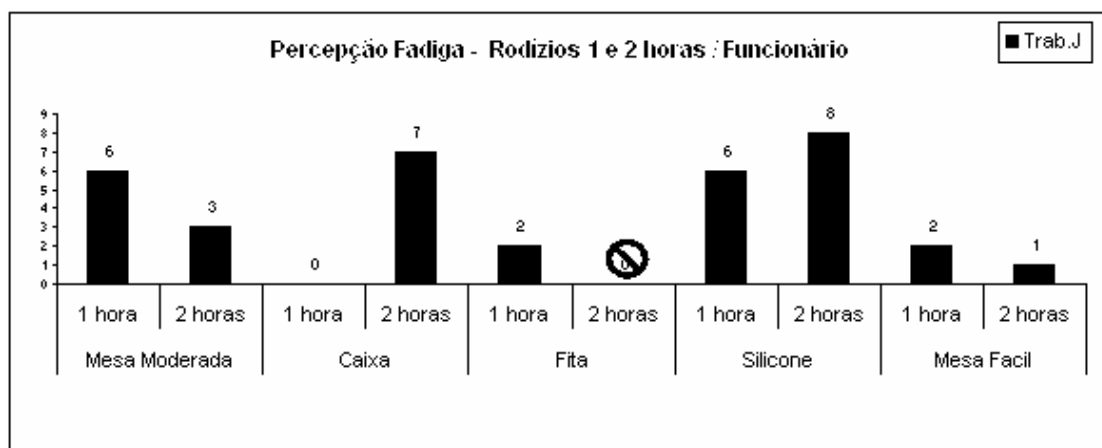
## APÊNDICE 51 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR I – 1

### HORA E 2 HORAS



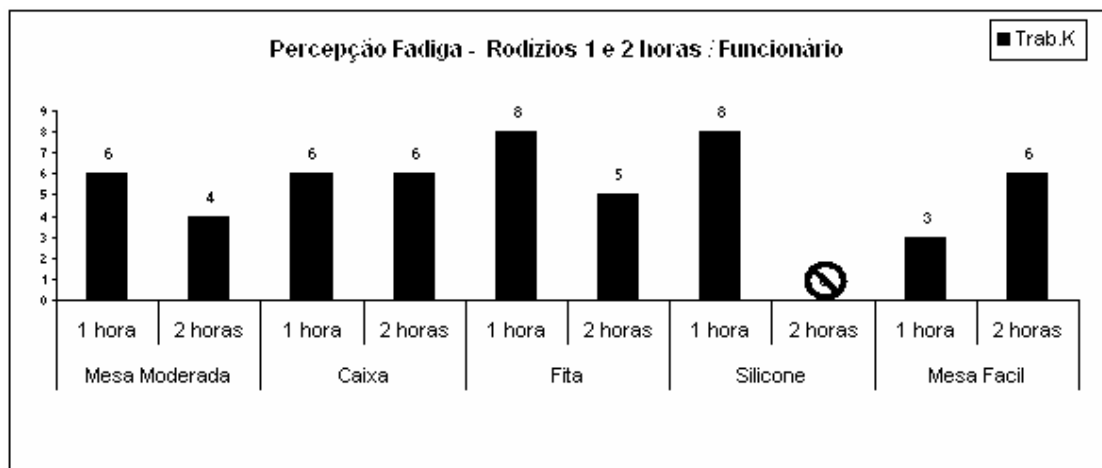
## APÊNDICE 52 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR J – 1

### HORA E 2 HORAS



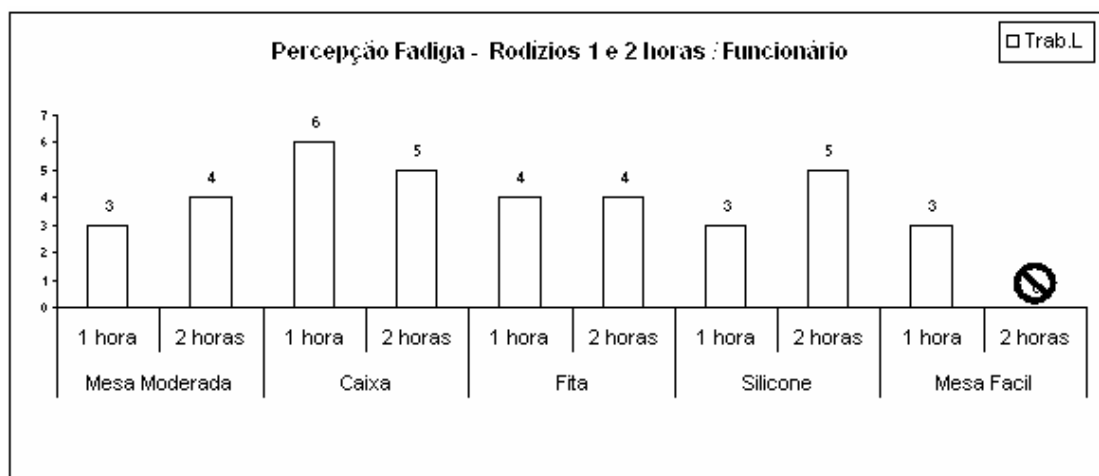
## APÊNDICE 53 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR K – 1

### HORA E 2 HORAS



## APÊNDICE 54 – PERCEPÇÃO FADIGA GRUPO B TRABALHADOR L – 1

### HORA E 2 HORAS

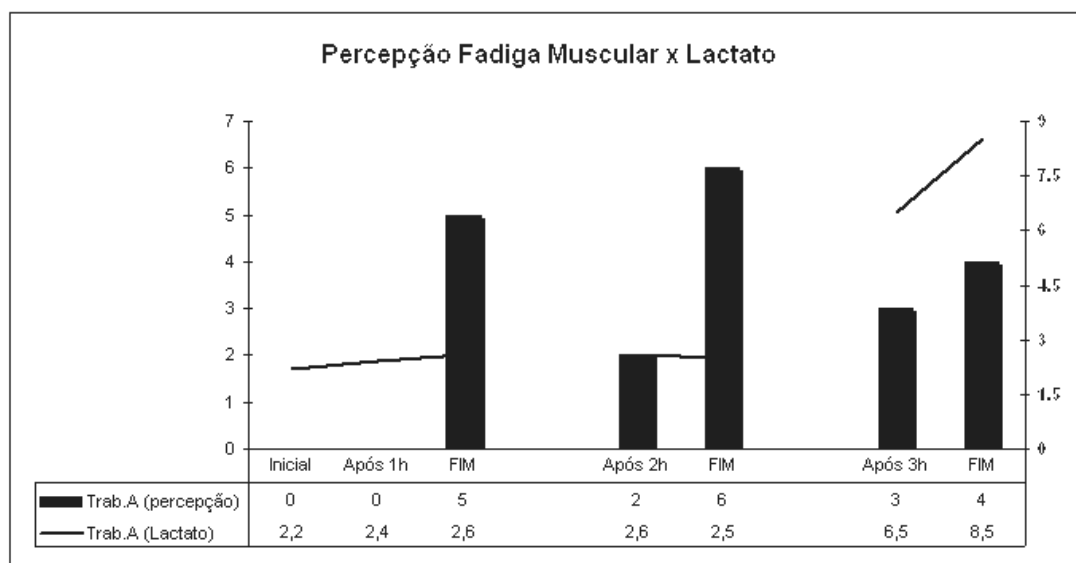


## APÊNDICE 55 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A

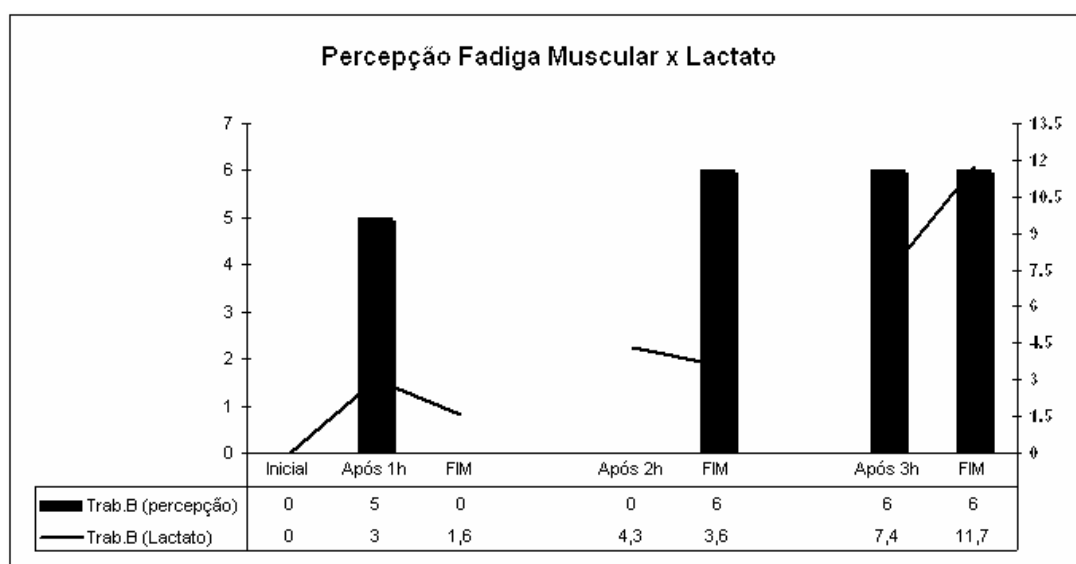
### Percepção e Lactato

	Inicial	1 HORA		2 HORAS		3 HORAS	
		Após 1h	FIM	Após 2h	FIM	Após 3h	FIM
Trab.A (percepção)	0	0	5	2	6	3	4
Trab.A (Lactato)	2,2	2,4	2,6	2,6	2,5	6,5	8,5
Trab.B (percepção)	0	5	0	0	6	6	6
Trab.B (Lactato)	0	3	1,6	4,3	3,6	7,4	11,7
Trab.C (percepção)	0	2	7	5	5	x	x
Trab.C (Lactato)	2,1	2,2	3,6	2,7	7,9	x	x
Trab.D (percepção)	0	5	1	3	4	3	3
Trab.D (Lactato)	0	3	3	2,9	6,8	4,5	4
Trab.E (percepção)	0	0	5	2	6	4	8
Trab.E (Lactato)	1	1	9,9	2,4	6,7	11,6	13
Trab.F (percepção)	0	7	4	2	3	3	5
Trab.F (Lactato)	0	0,8	3,4	2,7	5	4,3	6,3

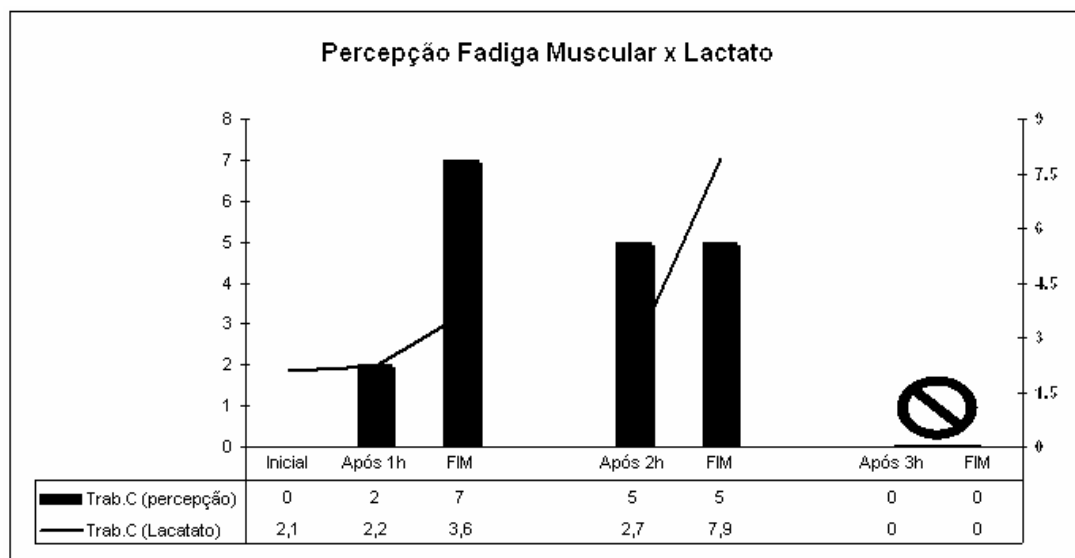
### APÊNDICE 56 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR A



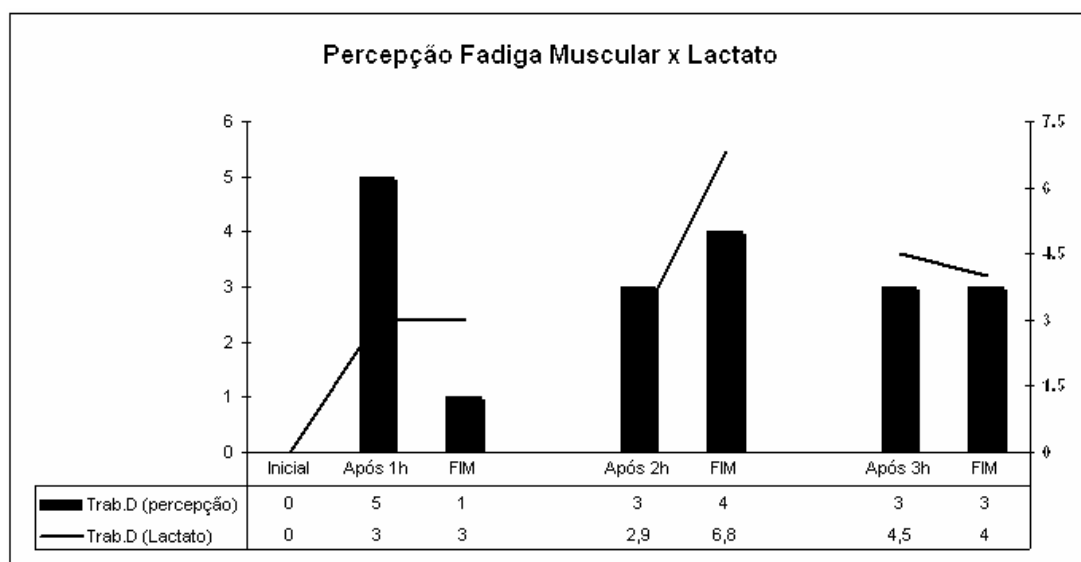
### APÊNDICE 57 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR B



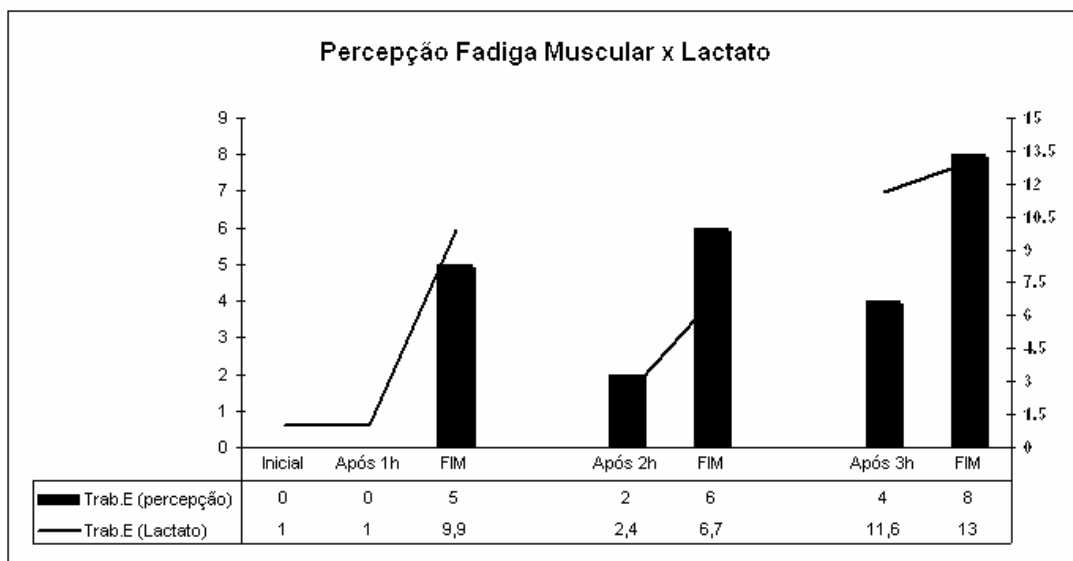
### APÊNDICE 58 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR C



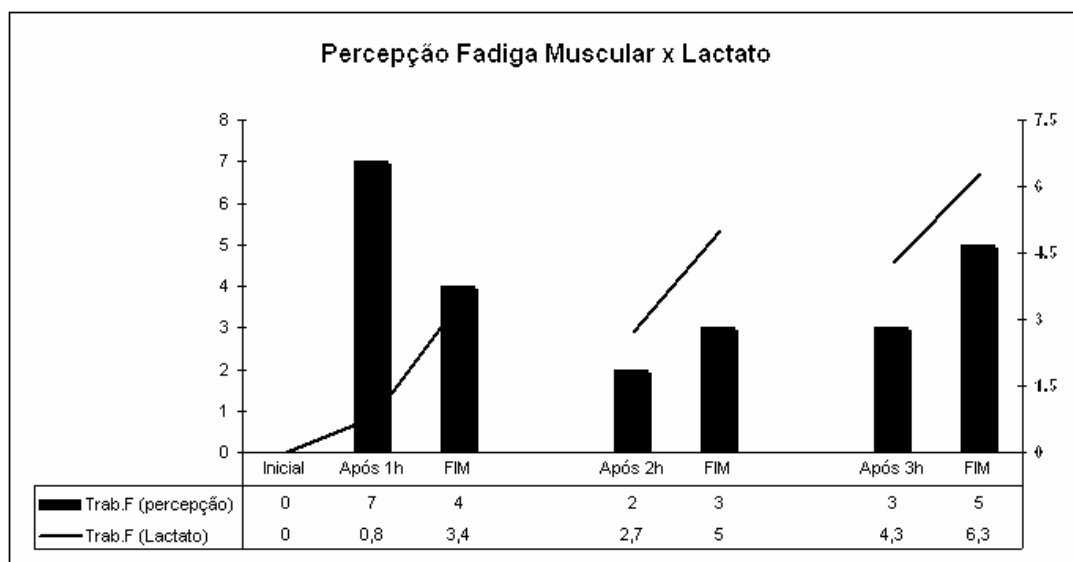
### APÊNDICE 59 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR D



### APÊNDICE 60 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR E



### APÊNDICE 61 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO A TRABALHADOR F





## APÊNDICE 62 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO B

### Percepção x Lactato Rodízio 1 hora

	7hs	8hs	9hs	10hs	11hs	12hs
<b>Trab.H (percepção)</b>	0	6	5	3	9	3
<b>Trab.H (Lactato)</b>	0	3	4,4	0	2,4	1,9

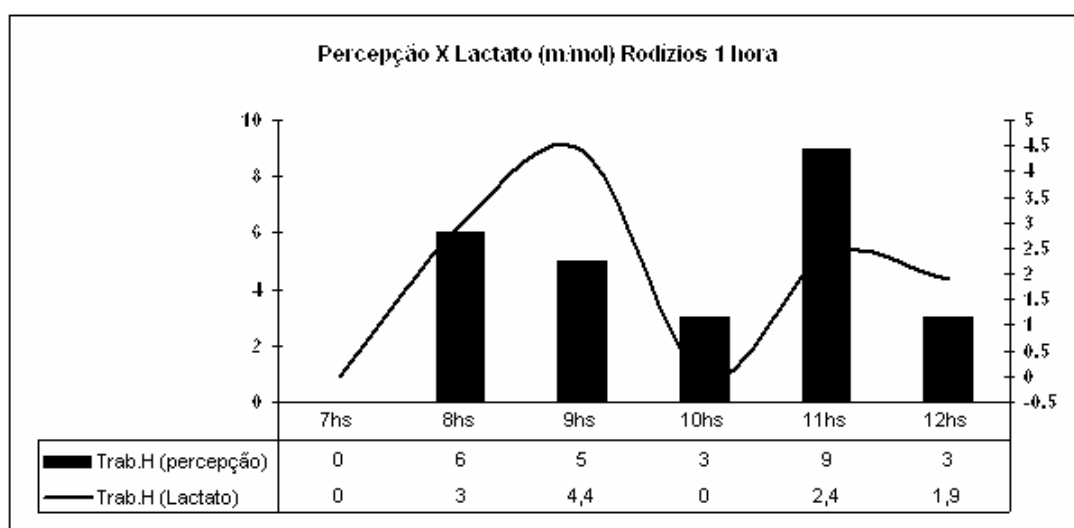
<b>Trab.I (Percepção)</b>	0	6	7	7	7	7
<b>Trab.I (Lactato)</b>	0,8	1,1	1,8	1,5	0,8	2,3

<b>Trab.J (percepção)</b>	0	0	2	6	2	6
<b>Trab.J (Lactato)</b>	0	0,8	2,1	6,7	2,4	5,7

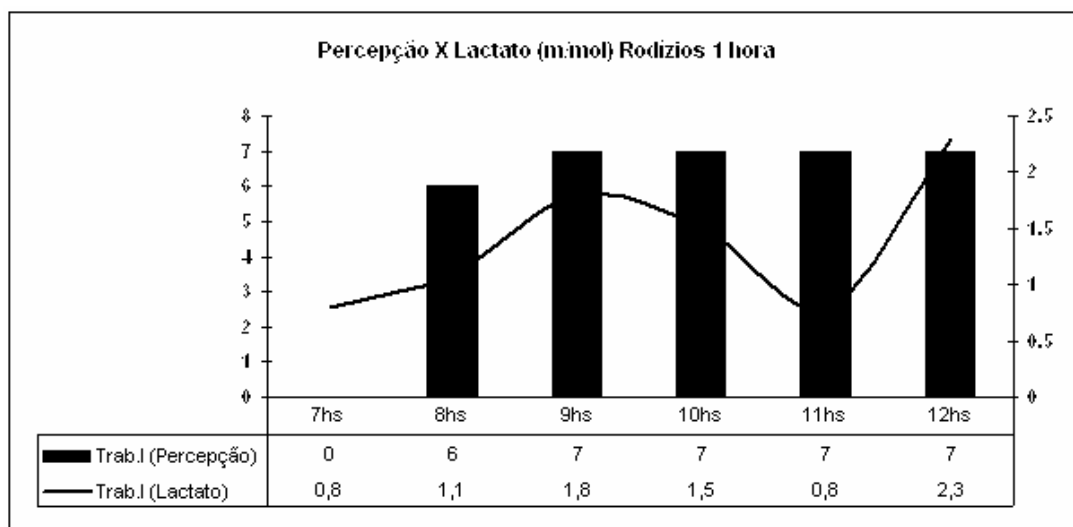
<b>Trab.K (percepção)</b>	0	8	8	3	6	6
<b>Trab.K (Lactato)</b>	2,4	0	0	2,4	5	1,6

<b>Trab.L (percepção)</b>	0	3	3	3	6	4
<b>Trab.L (Lactato)</b>	0	1,6	0	2,7	4	0

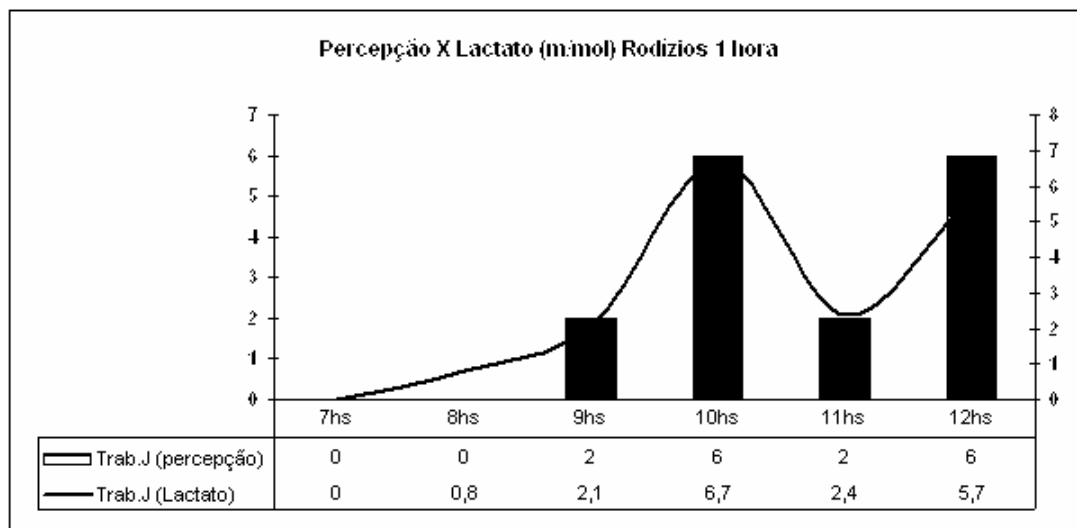
## APÊNDICE 63 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO B TRABALHADOR H



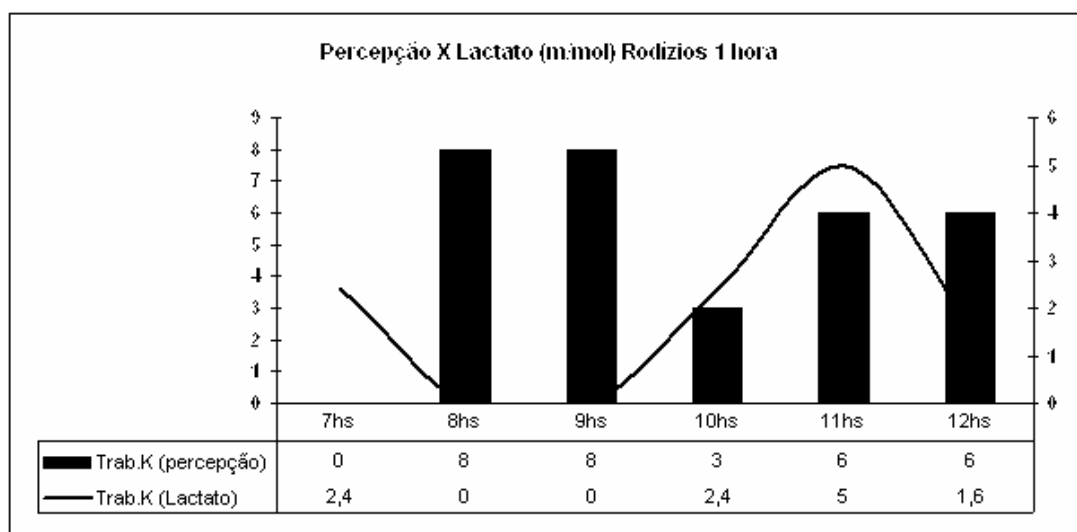
### APÊNDICE 64 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO B TRABALHADOR I



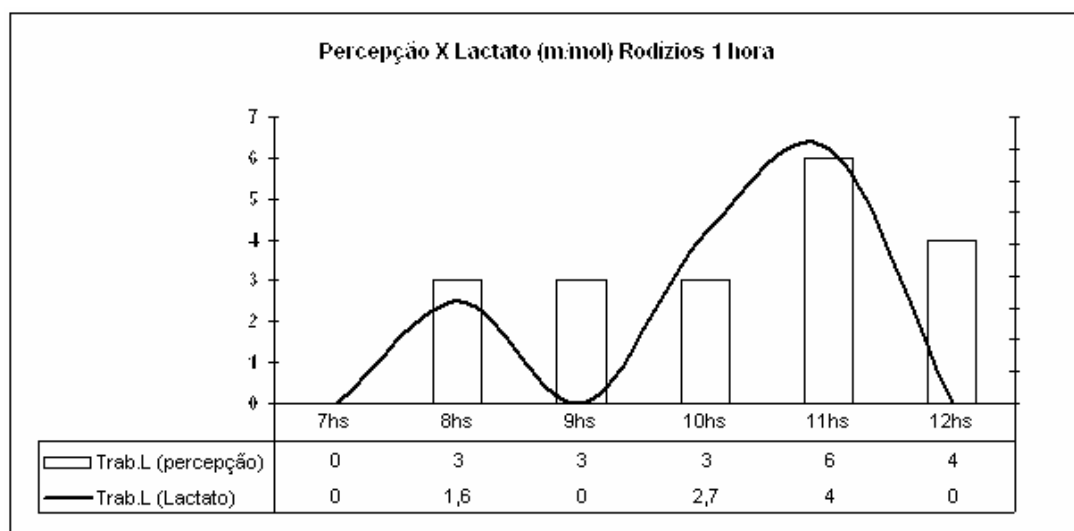
### APÊNDICE 65 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO B TRABALHADOR J



### APÊNDICE 66 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO B TRABALHADOR K



### APÊNDICE 67 – PERCEPÇÃO X LACTATO GRUPO B TRABALHADOR L



**ANEXOS**

ANEXO 1 –	CARTA DE APRESENTAÇÃO RODÍZIOS.....	197
ANEXO 2 –	QUESTIONÁRIOS DE RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO PARA EMPRESAS.....	198
ANEXO 3 –	QUESTIONÁRIO ASPECTOS INDIVIDUAIS NO TRABALHO.....	199
ANEXO 4 –	TABELA DE FATORES BIOMECÂNICOS DE RISCO.....	200
ANEXO 5 –	TERMO DE CONSENTIMENTO.....	201
ANEXO 6 –	GRADUAÇÃO DE FADIGA MUSCULAR – PERCEPÇÃO.	202

## ANEXO 1 - CARTA DE APRESENTAÇÃO RODÍZIOS



Ministério da Educação

Universidade Federal do Paraná

Setor de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PG-Mec)

Prezado Colega

O programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná, através de sua linha de pesquisa Gestão da Produção e Ergonomia, está desenvolvendo o projeto de pesquisa sobre o seguinte tema: “O Efeito do Tempo do rodízio entre os postos de trabalho nos indicadores de fadiga muscular – o Ácido Lático”, sendo realizado pelo aluno Rodrigo Filus. Este projeto de pesquisa procura associar o efeito da fadiga muscular nos trabalhadores que realizam rodízios nos postos de trabalho, aos diversos tempos propostos pela literatura para a realização dos mesmos. Verificando que há poucos estudos no Brasil e no mundo ressaltamos a importância dos resultados a serem obtidos com esta pesquisa para todas as empresas, uma vez que, as recomendações de rodízios servem para todos os ramos da indústria de manufatura. Para avaliarmos o quesito tempo e realização dos rodízios nos postos de trabalho nas empresas propomos este pequeno questionário, que contempla perguntas objetivas sobre o tema.

Assim diante do exposto gostaríamos de poder contar com a vossa empresa para a concretização desta pesquisa científica, a fim de viabilizar a pesquisa de campo em situações reais das atividades de trabalho. A identidade das empresas participantes bem como de seus funcionários serão resguardados e omitidos em qualquer documentação científica referente a esta pesquisa. Mas serão disponibilizados à empresa os resultados das avaliações. Esperando poder contar com a vossa colaboração para a continuidade deste trabalho de pesquisa científica, antecipadamente agradeço.

Atenciosamente,

Rodrigo Filus

Mestrando em Engenharia Mecânica – Gestão de Produção e Ergonomia  
UFPR

---

Bloco IV do Setor de Tecnologia, Centro Politécnico da UFPR, Bairro Jardim das Américas  
Caixa postal 19011, CEP 81531-990, Curitiba, PR e-mail: pg-mec@demec.ufpr.br  
Fone/Fax : (41) 361-3701 Web: www.pg-mec.ufpr.br

## ANEXO 2 - QUESTIONÁRIOS DE RODÍZIOS NOS POSTOS DE TRABALHO PARA EMPRESAS



Ministério da Educação

Universidade Federal do Paraná

Setor de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PG-Mec)

Caro colega, este pequeno Questionário visa complementar alguns dados necessários para a minha tese de mestrado, cujo tema é: "O efeito do tempo de rodízios nos postos de trabalho nos indicadores de Fadiga Muscular", neste caso o indicador é o ácido láctico. Todos os dados ficarão em sigilo, e a empresa não será identificada. O objetivo principal é verificar como está sendo desenvolvido o sistema de rodízios entre os postos de trabalho nas diversas empresas do Paraná.

Certo de sua colaboração desde já agradeço.

**Rodrigo Filus**

**Mestrando em Engenharia Mecânica – Gestão de Produção e Ergonomia.**

**(41) xxxxxxxx**

Tipo de Indústria: \_\_\_\_\_

### Rodízios nos Postos de Trabalho Marque um " X " nas colunas:

Pergunta	Sim	Não
Existe rodízio entre os postos de trabalho da linha de produção?		
Existe algum Treinamento específico para a realização de rodízios entre os postos de trabalho de determinado Grupo de funcionários?		
O rodízio é realizado alternando membros utilizados pelos trabalhadores? (ex. mão Dir, mão esq, ombro, coluna, etc...)		
Existe algum tempo específico para a realização do rodízio entre os postos de trabalho?		
Existe alguma vistoria nos rodízios realizados pelos trabalhadores?		
Os trabalhadores têm autonomia para alterar ou não realizar o rodízio nos postos de trabalho?		
Existe algum relato de o rodízio interferir na qualidade do produto?		
Qual o Tempo médio para realizar o rodízio?	Menor que 30 Minutos	
	De 30 Minutos a 1 hora	
	De 1 hora a 1 hora e meia	
	De 1 hora e meia a 2 horas	
	Maior que 2 horas	

Bloco IV do Setor de Tecnologia, Centro Politécnico da UFPR, Bairro Jardim das Américas

Caixa postal 19011, CEP 81531-990, Curitiba, PR e-mail: pg-mec@demec.ufpr.br

Fone/Fax : (41) 361-3701

Web: www.pg-mec.ufpr.br

### ANEXO 3 - QUESTIONÁRIO ASPECTOS INDIVIDUAIS NO TRABALHO

<b>Questionário de Aspectos Individuais no Trabalho</b>			
1 – Nome	2 - Sexo <input type="checkbox"/> Masc. <input type="checkbox"/> Fem.	3 – Escolaridade	4 - Idade
5 – Setor	6 – Time	7 – Tempo de Empresa	
<b>Responda as questões abaixo</b>			
8 – Você pratica algum esporte regularmente (G.L.) ? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
9 – Caso Pratique algum esporte esclareça os itens abaixo: Qual esporte? _____ Quantas vezes na semana? _____			
10– Você Pratica a Ginástica Laboral realizada na empresa? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Porque? _____ _____			
11 – Você fuma? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
12– Você normalmente se sente cansado após a realização das atividades no seu posto de trabalho? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
13- Existe algum posto de trabalho na linha de produção que você sente mais dificuldade em realizar a atividade? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não Qual/ Porque? _____ _____ _____ _____			





**ANEXO 5- TERMO DE CONSENTIMENTO**

Ministério da Educação

Universidade Federal do Paraná

Setor de Tecnologia

*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PG-Mec)***TERMO DE CONSENTIMENTO**

Curitiba, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2005.

Eu, \_\_\_\_\_, após ter sido esclarecido verbalmente sobre o presente estudo, aceito a minha participação no mesmo; assim como a utilização dos dados coletados para a realização deste projeto de pesquisa intitulado “O Efeito do Tempo do Rodízio entre os postos de Trabalho nos indicadores de Fadiga Muscular – O Ácido Lático”. Estou ciente de que meu anonimato será preservado e afirmo ter sido notificado que receberei todos os esclarecimentos sempre que o desejar e que ficarei ciente dos resultados obtidos.

---

**Entrevistado**

---

Bloco IV do Setor de Tecnologia, Centro Politécnico da UFPR, Bairro Jardim das Américas  
Caixa postal 19011, CEP 81531-990, Curitiba, PR e-mail: pg-mec@demec.ufpr.br  
Fone/Fax : (41) 361-3701 Web: www.pg-mec.ufpr.br

**ANEXO 6 – GRADUAÇÃO DE FADIGA MUSCULAR – PERCEPÇÃO****Ministério da Educação****Universidade Federal do Paraná****Setor de Tecnologia*****Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PG-Mec)***

Gradue seu cansaço de Acordo com a Escala  
Abaixo (Marque um X no local).



Nome: \_\_\_\_\_

Posto: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

---

Bloco IV do Setor de Tecnologia, Centro Politécnico da UFPR, Bairro Jardim das Américas  
Caixa postal 19011, CEP 81531-990, Curitiba, PR e-mail: pg-mec@demec.ufpr.br  
Fone/Fax : (41) 361-3701 Web: www.pg-mec.ufpr.br