

MANOEL MARQUES DE FARIA

**ANÁLISE TÉCNICA E ERGONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO
VEGETAL DE UMA BATERIA DE FORNOS DE SUPERFÍCIE DO
TIPO RABO-QUENTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2003

MANOEL MARQUES DE FARIA

**ANÁLISE TÉCNICA E ERGONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO
VEGETAL DE UMA BATERIA DE FORNOS DE SUPERFÍCIE DO
TIPO RABO-QUENTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de dezembro de 2003.

Prof. Benedito Rocha Vital
(Conselheiro)

Prof. Luciano José Minetti
(Conselheiro)

Prof. Amauri Paulo de Souza

Prof. José Mauro Gomes

Prof. Alexandre Santos Pimenta
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais;

Aos meus irmãos e aos meus amigos;

E a tantos camaradas que tombaram ao longo da jornada.

AGRADECIMENTOS

Ao Maior Engenheiro do Universo, Deus, pela oportunidade do uso da inteligência.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela formação acadêmica e científica.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

Ao Professor Alexandre Santos Pimenta pela orientação e apoio fornecido na concretização deste trabalho.

Aos professores Benedito Rocha Vital e José Luciano Minetti pelos conselhos e orientações.

Aos demais componentes da banca examinadora, pelas sugestões apresentadas.

A pesquisadora Kátia Silva do Laboratório de Ergonomia pelo auxílio nas análises de laboratório.

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação, do Departamento de Engenharia Florestal.

A todos funcionários do Laboratório de Energia e Painéis de Madeira do Departamento de Engenharia Florestal.

Aos engenheiros florestais Antônio Ricardo Alkimim, José Urbano Alves e Clodoaldo Cajado Barnabé pela colaboração.

Ao Sr. João e Sr. Chicão e a todos os carbonizadores do Chapadão dos Gerais.

A todos aqueles que direta e indiretamente contribuirão para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Manoel Marques de Faria; nasceu em Caratinga, aos 18 de março de 1960. Filho do José Marcos de Faria e Maria de Lourdes de Faria.

Iniciou os estudos no Grupo Escolar Princesa Isabel, completou o 1º grau no Colégio Normal Nossa Senhora das Graças. Fez o 2º grau (científico) no Colégio Estadual “José Augusto Ferreira”, todos em Caratinga-MG.

Ingressou na Universidade Federal de Viçosa em 1984, graduou-se em Engenharia Florestal em janeiro de 1991, trabalhou com viveiros florestais, reflorestamento e recuperação de áreas degradadas como funcionário e parceiro da empresa Mineração Rio Verde (Belo Horizonte), no período de 1992 à 1998.

Iniciou no Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Viçosa no Curso de Ciências Florestais em agosto de 2001.

Defendeu tese de mestrado em ciências florestais pelo Laboratório de Energia e Painéis de Madeira – DEF no dia 19 de dezembro de 2003.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Fornos de carbonização.....	03
2.1.1. Forno rabo-quente.....	03
2.2. Análise ergonômica.....	05
2.2.1. Análise das condições de trabalho e das características do operador.....	05
2.2.2. Análise do clima no ambiente de trabalho – temperatura.....	05
2.2.3. Avaliação da capacidade aeróbica.....	07
2.2.3.1. Carga máxima de trabalho.....	08
2.2.4. Frequência cardíaca.....	08
2.2.4.1. Pausas no trabalho.....	09
2.2.5. Estudo de tempo no trabalho.....	10
2.2.6. Análise biomecânica do trabalho.....	11
2.2.7. Legislação brasileira sobre ergonomia.....	12

3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Coleta de Dados.....	13
3.1.1. Análise das condições de trabalho.....	13
3.1.2. Análise das características do operador.....	14
3.1.3. Análise do clima do local de trabalho – temperatura.....	14
3.1.4. Avaliação da capacidade aeróbica.....	15
3.1.5. Avaliação da carga de trabalho por meio do batimento cardíaco durante a jornada.....	17
3.1.6. Estudo do tempo consumido pelas operações na atividade de carbonização.....	18
3.1.7. Análise biomecânica das operações de carbonização.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. Caracterização técnica do sistema.....	19
4.1.1. Análise técnica do sistema de carbonização.....	19
4.1.2. Fluxograma do processo de produção.....	21
4.1.3. Processo de carbonização em forno do tipo rabo-quente.....	29
4.2. Análise das condições de trabalho.....	32
4.2.1. Caracterização geográfica-edafoclimáticas.....	32
4.2.2. Caracterização do sistema de trabalho.....	33
4.2.3. Caracterização da rotina diária.....	33
4.2.4. Caracterização profissional e econômica do operador.....	34
4.2.4.1. Experiência profissional do operador.....	34
4.2.4.2. Saúde do operador.....	35
4.2.4.3. Hábitos e costumes do operador.....	35
4.2.4.4. Características econômicas do operador.....	35
4.3. Análise das características do operador de Fornos de carbonização do tipo Rabo-quente.....	36
4.3.1. Dados pessoais.....	36
4.3.2. Dados sócio – culturais.....	36
4.4. Análise do clima do local de trabalho – temperatura.....	39
4.5. Avaliação da capacidade aeróbica.....	40

4.6. Avaliação da carga de trabalho por meio do batimento cardíaco durante a jornada.....	43
4.7. Estudo do tempo consumido nas operações da atividade de carbonização.....	46
4.8. Análise biomecânica.....	47
5. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
APÊNDICE.....	55

RESUMO

FARIA, Manoel Marques de, M. S. Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2003. **Análise técnica e ergonômica da produção de carvão vegetal de uma bateria de fornos de superfície do tipo rabo-quente.** Orientador: Alexandre Santos Pimenta. Conselheiros: Benedito Rocha Vital e Luciano José Minetti.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar os fatores ergonômicos no processo de produção de carvão vegetal em uma bateria de fornos rabo-quente, almejando uma melhoria no bem-estar, na saúde, na segurança, no conforto e na produtividade do operador de fornos de carbonização. Os objetivos específicos deste trabalho foram: 1) fazer um levantamento das condições de trabalho do operador de fornos de carbonização; 2) avaliar as características pessoais, sociais, econômicas e profissionais do operador; 3) avaliar o clima do local de trabalho (temperatura); 4) avaliar a capacidade aeróbica do trabalhador; 5) avaliar a carga de trabalho do operador através do batimento cardíaco durante a jornada; 6) realizar o estudo do tempo consumido nas operações de carbonização; 7) fazer uma avaliação biomecânica das operações de carbonização. A metodologia empregada foi proposta por APUD (1987), COUTO (1996) e SANTANNA (1998). Pela análise das características geográfica-edafoclimáticas, do sistema de trabalho e da rotina diária, pôde-se perceber que as condições são adequadas para que o operador de fornos de carbonização desenvolva bem sua atividade laboral. Observou também que o operador de fornos de carbonização é um indivíduo jovem, mestiço, casado,

com poucos filhos e poucos dependentes financeiros, baixo nível de escolaridade, estatura média de 171,40 cm e média de peso corporal de 68,40 kg. Dos entrevistados, 20% disseram ser analfabetos. Constatou-se que o operador é de origem predominantemente rural e religião católica. Além disso, registrou que os valores do índice de bulbo úmido e termômetro de globo (IBUTG) encontrados nos locais onde se desenvolveram as operações na atividade de carbonização estavam dentro dos limites estipulados pela Legislação Brasileira; não havendo sobrecarga térmica. Pelos resultados encontrados no teste do banco de Astrand, foi possível notar que o operador de fornos de carbonização possui uma boa capacidade aeróbica. Concluiu que a atividade de carbonização é considerada moderadamente pesada. Classificou também a carga de trabalho físico em cada operação em que a carga/descarga foi classificada como pesada e moderadamente pesada; barreamento e expedição foram classificadas como moderadamente pesadas; vedação, como leve. Havendo necessidade de pausas ao longo da jornada na operação de carga/descarga. No estudo do tempo consumido em cada operação certificou-se que a operação de descarga consumiu menor tempo equivalente à 41% do total da jornada; as operações de carga e limpeza consumiram 60%; a operação de vedação é a que consumiu maior tempo correspondendo a 61,6% na jornada diária que é de 6 horas. Por meio da análise biomecânica, foi demonstrado que o limite de carga recomendado em todas as operações não seria suportado em todas as articulações pela maioria dos indivíduos. Na operação de carga, na fase de levantamento e deslocamento da tora, poderia haver risco de compressão do disco da coluna vertebral lombar 5 e sacro 1 (L5-S1), podendo causar lesão se o esforço fosse muito freqüente.

ABSTRACT

FARIA, Manoel Marques de, M. S. Universidade Federal de Viçosa, December, 2003. **Technical and ergonomic analysis of charcoal production using “rabo quente” masonry kilns.** Adviser: Alexandre Santos Pimenta. Committee Members: Benedito Rocha Vital and Luciano José Minetti.

The objective of this work is to analyze ergonomic factors in charcoal production using masonry kilns called “rabo quente”, in order to improve health, safety, comfort and productivity of kiln operators. The specific objectives of this work are: 1) to evaluate work conditions for the kiln operator; 2) to evaluate personal, social, economic and professional characteristics of the operator; 3) to evaluate the climate (temperature) at the workplace; 4) to evaluate the operator’s aerobic capacity; 5) to estimate the working load for the operator from measuring heartbeating during the day; 6) to estimate time spent in the carbonization operations; 7) to do a biomechanical evaluation of carbonization tasks. The results of the analysis of geographic and edafoclimatic characteristics, work system and daily work routine showed that the work conditions are appropriate. It was observed that the kiln operator is a young, mestizo and married individual, with few children and few dependants, low education, average height of 171,40 cm and average weight of 68,40 kg. Twenty per cent of the interviewees declared themselves as illiterate, catholic and from countryside. The global thermometer and humid bulb index values found at the work place were within the limits stipulated by the regulating standard, with no thermal overload occurring. By the results found by using

Astrand test, it was concluded that the kiln operator has a good aerobic capacity. The carbonization activity is considered moderately heavy, and the working load is classified as heavy and moderately heavy for load and unload operations, respectively, for what pauses are needed during the day. The barrelamento and shipping operations are classified as moderately heavy; the operation of sealing, as light. By estimating time spent in the carbonization activity, it can be observed that the unloading operation took 41% of the day; loading and cleaning operations took 60% of the work routine, and the sealing operation took 61,6% of the 6-hour daily routine. The results of the biomechanical analysis showed that the limit working load recommended in all operations would not be supported in all articulations for most individuals. In the loading operation, at the steps of lifting up and moving the log, a compression of the lumbar 5 and sacrum 1 spinal disk (L5-S1) is possible, causing an injury if the exposure is frequent.

1. INTRODUÇÃO

O processo de produção do carvão vegetal é uma atividade de grande importância econômica no país, envolvendo uma grande massa de trabalhadores, diretamente ou indiretamente.

Por outro lado, as operações envolvidas no processo de carbonização são normalmente transcorridas em ambientes com temperatura elevada, ruídos, com presença de gases e poeira no ar, exigindo grande esforço físico e dispêndio de energia dos trabalhadores envolvidos no processo; situações e circunstâncias que caracterizam a atividade de carbonização como ergonomicamente inadequada, insalubre, arriscada e de baixo nível de vida, proporcionando baixa longevidade do trabalhador e conseqüentemente influenciando na produtividade da empresa.

Couto (1995), conceitua como ergonomia um conjunto de ciências e tecnologias que procura a adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu trabalho, basicamente procurando adaptar às condições de trabalho às características do ser humano.

Na história do trabalho, a aplicação da Ergonomia é muito recente e somente pode-se falar de “ergonomia aplicada ao trabalho” a partir dos anos 50, com o projeto da cápsula espacial norte-americana.

MINETTI (1996) cita que a ergonomia tem contribuído significativamente para melhoria das condições de trabalho humano. No setor florestal, esta contribuição tem sido relativamente modesta, em virtude do baixo número de pesquisas e da pouca divulgação dos seus benefícios.

Finalmente, a meta principal da ergonomia é a preservação da integridade física, mental e social do ser humano; almejando equilíbrio e uma relação harmoniosa entre o trabalhador e seu posto de trabalho.

Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho foi analisar os fatores ergonômicos no processo de produção de carvão vegetal, almejando uma melhoria na qualidade vida, no bem-estar, na saúde, na segurança, no conforto e na produtividade do operador de fornos de carbonização.

Os objetivos específicos deste trabalho foram: 1) fazer um levantamento das condições de trabalho do operador de fornos de carbonização do tipo Rabo-Quente 2) fazer um levantamento das características do operador de fornos de carbonização do tipo rabo-quente: pessoais, sociais, econômicas e profissionais; 3) avaliar o clima no local de trabalho - temperatura; 4) avaliar a capacidade aeróbica do trabalhador; 5) avaliar a carga de trabalho do operador por meio do batimento cardíaco durante a jornada; 6) realizar o estudo do tempo consumido pelas operações na atividade de carbonização; 7) realizar análise biomecânica das operações na atividade de carbonização.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Fornos de carbonização

A carbonização é o mais antigo dos tratamentos químicos da madeira (MARRI et al., 1982). O homem primitivo observou que a madeira queimada até ficar preta e friável produzia um combustível que não produzia fumaça nem chama e gerava um calor mais intenso que a própria madeira. Começou assim a produzir o carvão vegetal para usá-lo em diversas finalidades

Os métodos de carbonização da madeira não mudaram muito através dos séculos, embora tal sistema de fabricação possa parecer grosseiro e pouco eficiente porque parte da madeira é consumida durante o processo. Existem muitos modelos de fornos para carbonizar madeira e a sua descrição seria longa. Podem ser classificados de diversas formas. Pelo aquecimento: Fornos com aquecimento externo; Fornos com aquecimento interno. Pela mobilidade: Fornos fixos; Fornos portáteis. Pela continuidade: Fornos contínuos; Fornos por cargas.

2.1.1. Forno rabo-quente

O forno rabo-quente é construído, segundo MARRI et al. (1982), utilizando-se apenas tijolos de barro cozido e argamassa de barro e areia. A argamassa utilizada é uma mistura de terra, areia e água em quantidades que produzam um barro fácil de trabalhar. A mistura de areia tem o objetivo de

reduzir as trincas que aparecem no forno durante as carbonizações. A operação do forno compreende o seu carregamento, isto é, a colocação da lenha em seu interior, a carbonização e a descarga do carvão produzido. A utilização de lenha seca é fundamental para que se tenha uma boa carbonização, pois o teor de umidade da lenha influi diretamente no rendimento do forno.

Depois de carregado o forno, procede-se ao fechamento da porta e ao acendimento. O acendimento é feito colocando-se no buraco deixado na parte superior da porta, materiais que pegam fogo com facilidade, tais como, tiços ou gravetos. No início da combustão, a fumaça sai pelo próprio buraco de acendimento e é de cor esbranquiçada. Quando a fumaça torna-se escura é sinal que a combustão está sucedendo, e neste momento pode-se completar o fechamento da porta.

Depois de fechado o orifício de acendimento, a fumaça começará a sair pelas “baianas”. No início, a fumaça é branca ou de uma cor meio encardida, tornando-se azulada com o tempo. Quando a fumaça torna-se azulada significa que a carbonização, ou frente de carbonização, já atingiu aquele ponto e a baiana deve ser fechada. Como a frente de carbonização não atinge todas as baianas ao mesmo tempo, elas serão fechadas em momentos diferentes. Diversos fatores podem contribuir em maior ou menor grau, para o desenvolvimento não uniforme da carbonização. Entre outros podem ser mencionados o carregamento mal feito do forno, a lenha não uniforme, tanto em termos de tamanho quanto em termos de umidade, e as condições climáticas como ventos fortes e chuvas. Todos esses fatores devem ser contrabalançados por uma vigilância constante do forno.

Para o descarregamento do forno, a temperatura ideal é de mais ou menos 60°C. Não se deve abrir um forno que não esteja suficientemente frio, pois a entrada de ar pode provocar o incêndio do carvão. O tempo ideal de corrida de um forno é de sete dias, desde o acendimento do fogo até a retirada do carvão. São três dias para carbonizar, três dias para esfriar e um dia para descarregar e encher o forno.

2.2. Análise ergonômica

2.2.1. Análise das condições de trabalho e das características do operador

IIDA (1990) cita que o estudo das características do trabalhador consiste no levantamento de variáveis como idade, estado civil, origem, escolaridade, nível de treinamento, tempo de trabalho na empresa, experiência na função, vícios, costumes, consumo, segurança, saúde e satisfação no trabalho.

O que se observa é que nem todos os trabalhadores são iguais e que, portanto, diferentes tipos de funções exigem diferentes habilidades dos seus ocupantes.

Juntamente com o levantamento das características do trabalhador, faz-se necessário o levantamento das condições do local de trabalho: o fornecimento de água tratada, local adequado para realização de refeições, transporte seguro para os trabalhadores, tão quanto às condições geográficas, edáficas e climáticas.

2.2.2. Análise do clima no ambiente de trabalho - temperatura

Na análise ergonômica também se considera o meio físico no qual se efetua um trabalho. O ruído, as vibrações, o calor, o frio, a altitude etc.

Uma grande fonte de tensão no ambiente de trabalho é uma condição desfavorável, como, por exemplo, excesso de temperatura, ruído e vibração. Esses fatores causam desconforto, aumentam o risco de acidentes e podem até provocar danos consideráveis à saúde (IIDA, 1990).

As variáveis ambientais que interferem no conforto térmico são a temperatura do ar, a temperatura radiante, a umidade relativa e a velocidade do ar, além das variáveis ambientais, a atividade física e a vestimenta também interagem na sensação do conforto térmico do homem (LAMBERTS et al. 1997).

COUTO (1995), afirma que no trabalho em ambientes de altas temperaturas, o organismo passa a ter como uma das prioridades a dissipação

de calor corpóreo perdendo assim uma quantidade significativa de possibilidade de trabalho físico. O mesmo autor cita ainda que quanto mais intenso for o trabalho físico, tanto menos será a tolerância do trabalhador à atividade física e mental.

A avaliação da exposição a temperaturas excessivas é de grande importância para que se possa garantir o conforto térmico do trabalhador. Existem vários índices para avaliação da exposição ao calor, dentre os quais destaca-se o Índice Temperatura Efetiva Corrigida, Índice Termômetro de Globo Úmido, Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo, no entanto, a norma regulamentadora (NR15 – anexo 3) prescreve o uso do Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG) para avaliação da exposição ao calor.

O IBUTG funciona como um indicador que mede os principais fatores causadores da sobrecarga térmica (alta temperatura + metabolismo + calor radiante + alta umidade relativa do ar) e também os principais fatores atenuadores da mesma (ventilação do ambiente + baixa umidade relativa do ar + baixa temperatura) e fornece uma escala de tempo de repouso para aquela situação (COUTO, 1995).

Quadro 1 - Limites de Tolerância para Exposição ao Calor em Conseqüência do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) Válido Para Homens E Mulheres, para um Regime de Trabalho de Uma Hora (NR 15 - anexo 3) , Ministério do Trabalho e Emprego (2003)

Tipo de trabalho segundo o consumo energético da atividade (Kcal/h)	1 hora de trabalho	45 min de trabalho e 30 de descanso	30 min de trabalho e 30 min de descanso	15 min de trabalho e 45 min de descanso	Situação em que é proibido trabalhar
Leve (até 150)	Até 30,0	30,1 a 30,6	30,7 a 31,4	31,5 a 32,2	> 32,2
Moderado (150-300)	Até 26,7	26,8 a 28,0	28,1 a 29,4	29,5 a 31,1	> 31,1
Pesado (acima de 300)	Até 25,0	25,1 a 25,9	26,0 a 27,9	28,0 a 30,0	> 30,0

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (2003).

2.2.3. Avaliação da capacidade aeróbica

A capacidade aeróbica pode ser utilizada na avaliação da carga de trabalho físico quando comparada ao dispêndio energético da atividade, o qual, se superior a capacidade aeróbica do indivíduo, indicará sobrecarga física na realização da atividade.

A capacidade aeróbica constitui na melhor referência para se determinar o limite de atividade física que um indivíduo pode exercer durante uma jornada de oito horas de trabalho constante, sem sofrer fadiga (SOUZA, 1993).

A capacidade aeróbica pode ser definida, de maneira simples, como a capacidade que um indivíduo tem de realizar uma atividade física, onde a energia requerida para o trabalho provém predominantemente do metabolismo oxidativo dos nutrientes (DUARTE, 1982).

COUTO (1995) cita que quando a carga de trabalho físico ultrapassa as tolerâncias permitidas pela capacidade aeróbica do trabalhador, as pausas passam a representar o mecanismo fisiológico de compensação e de prevenção da fadiga crônica.

Quando mais freqüentes e menores as pausas, melhor será a recuperação do trabalhador e tanto melhor poderá manter seu ritmo de trabalho.

DUARTE (1982) e SICONOLFI et al. (1985) afirmam que a medida mais exata de que se dispõe para avaliar a capacidade aeróbica de um ser humano, é o consumo máximo de oxigênio. O consumo máximo de O_2 reflete a quantidade de oxigênio que um indivíduo consegue captar do ar alveolar, transportar aos tecidos por meio do sistema cardiovascular e utilizar em nível celular, na unidade de tempo. Geralmente, é expressa em:

- a) captação máxima de oxigênio por minuto (litros de O_2 /min);
- b) captação de oxigênio por quilograma de peso corporal por minuto (mililitros de O_2 /Kg/min). A capacidade aeróbica expressa nessa unidade permite a comparação entre indivíduos ou mesmo entre populações;
- c) dispêndio energético máximo em condições aeróbicas (Kcal/min), sendo obtido ao multiplicar o valor da captação de oxigênio por 5,047, quantia máxima de quilocalorias que 1 litro de oxigênio é capaz de metabolizar; e

d) capacidade de aumento do metabolismo basal ou unidades metabólicas (MET) que correspondem ao consumo de oxigênio (O₂), em repouso, equivalente a 3,5 ml/Kg/min.

2.2.3.1. Carga máxima de trabalho

Na realização de estudos ergonômicos utiliza-se medir os índices fisiológicos com objetivo de determinar o limite de atividade física que o indivíduo pode exercer.

Por meio da capacidade aeróbica e da frequência cardíaca é possível determinar a duração da jornada de trabalho, a duração e a frequência de pausas de acordo com a capacidade física do trabalhador. A aplicação da análise da capacidade aeróbica e da capacidade cardiovascular através da frequência cardíaca do ponto de vista ergonômico deverá ajudar a estabelecer a carga de trabalho físico dentro dos limites que podem ser mantidos numa jornada de 8 horas de trabalho.

COUTO (1985), cita que a capacidade aeróbica é a melhor referência para se determinar o limite de atividade física que um indivíduo pode exercer durante uma jornada de trabalho constante, sem sofrer fadiga. Este mesmo autor afirma que um trabalhador pode manter ao longo de uma jornada de 8 horas um metabolismo igual a 33% de sua capacidade aeróbica. Portanto a carga máxima de trabalho que o indivíduo pode desenvolver corresponde a um terço de sua capacidade aeróbica.

2.2.4. Frequência cardíaca

Frequência cardíaca (FC) é o número de batimentos cardíacos por minuto, podendo ser determinada por eletrocardiograma, auscultação com estetoscópio ou pela palpação sobre o coração, em repouso ou em exercício.

A frequência cardíaca é um bom indicador da carga de trabalho. Sua medição, geralmente expressa em batidas por minuto (bpm), pode ser realizada através da palpação de artérias e do uso de medidores eletrônicos de frequência cardíaca.

A indicação clara da existência de fadiga vem com a medida da frequência cardíaca durante a tarefa, tendo a medida evidenciando que durante a jornada de trabalho de 8 horas, ergonomicamente, aceita-se que o valor da frequência cardíaca não deve exceder 110 batimentos por minuto (COUTO, 1995).

A frequência cardíaca é aplicada nos testes que utilizam cargas de trabalho submáximas para avaliar a capacidade de trabalho ou o consumo máximo de oxigênio de um indivíduo, assim como a carga cardiovascular do trabalhador durante a jornada e a partir daí a carga máxima admissível do trabalho.

Existe um declínio gradual da frequência cardíaca máxima com a idade, de modo que aos 10 anos de idade atinge-se 210 batidas por minuto (bpm) e aos 65 anos, cerca de 155 bpm. Mas há uma larga variação individual neste declínio (APUD, 1989).

Com base na frequência cardíaca pode-se classificar a carga de trabalho, como segue:

Quadro 2 - Classificação da carga de trabalho físico com base na frequência cardíaca durante a jornada

CARGA DE TRABALHO FÍSICO	FREQUÊNCIA CARDÍACA
Muito leve	<75
Leve	75 – 100
Moderadamente pesada	100 – 125
Pesada	125 – 150
Pesadíssima	150 – 175
Extremamente pesada	>175

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (2003).

2.2.4.1. Pausas no trabalho

Em trabalhos físicos pesados, as pausas são necessárias a cada hora de trabalho, sendo que diversas pausas de curta duração são mais efetivas do

que uma pausa de longa duração, embora o tempo de descanso seja o mesmo.

A necessidade de pausas de recuperação depende da capacidade física do trabalhador, do tpo de trabalho muscular (estático ou dinâmico), da duração da tarefa e da carga de trabalho (HARSTELA, 1987b, 1998)

Quando a carga de trabalho é muito elevada, o que torna possível à realização do trabalho é a alternância entre períodos de trabalho e períodos de descanso (APUD, 1989). Geralmente as empresas florestais brasileiras proporcionam aos seus trabalhadores pausas menores e mais freqüentes, uma vez que a recuperação do organismo ocorre de forma exponencial no início da pausa.

2.2.5. Estudo de tempo no trabalho

O estudo de tempo e o procedimento utilizado na determinação do tempo necessário para que uma pessoa qualificada e treinada, trabalhando em ritmo normal possa executar uma tarefa específica (BARNES, 1977).

O fator tempo é muito importante no estudo do trabalho, uma vez que as modificações ou melhorias dos métodos e processos geralmente têm por objetivo uma melhoria do rendimento. Além de se conhecer o tempo total de percurso do trabalho, deve-se também conhecer os tempos das atividades parciais que o compõem, pois só assim será possível fazer uma análise mais profunda dos motivos de um rendimento insuficiente e dos fatores que afetam o resultado do trabalho (BARNES, 1977; MALINOVSKI, 1993).

Apesar de ser possível a utilização de filmadoras e máquinas para registro de tempo, a cronometragem direta é o método mais empregado para o estudo de tempos no trabalho.

Os métodos de cronometragem mais utilizados, segundo STÖHR (1978), são:

a) método do tempo contínuo, com medição do tempo se detenção do cronômetro, ou seja, de forma contínua;

b) método do tempo individual, com detenção do cronômetro em cada ponto de medição, ou seja, cada atividade parcial é medida individualmente;

c) método de multimomento, com medição de frequência de ocorrência de cada atividade parcial no decurso do trabalho.

2.2.6. Análise biomecânica do trabalho

Os trabalhadores do setor de carbonização, no exercício de suas atividades, adotam posturas incorretas e lesivas à coluna vertebral, durante o levantamento e a movimentação de cargas. Com o objetivo de minimizar os danos causados pela má postura, faz-se uso da biomecânica, que segundo IIDA (1990), estuda as interações entre o trabalho e o homem sob o ponto de vista dos movimentos músculo-esqueléticos envolvidos, e as suas conseqüências, analisando basicamente a questão das posturas corporais no trabalho e a aplicação de forças envolvidas.

No estudo da biomecânica, as leis físicas da mecânica são aplicadas ao corpo humano. Assim pode-se estimar as tensões que ocorrem nos músculos e articulações durante uma postura ou um movimento. Para manter uma postura ou realizar um movimento, as articulações devem ser conservadas, tanto quanto possível, na sua posição neutra. Nesta posição os músculos e ligamentos que se estendem entre as articulações são esticados o menos possível, ou seja, são tensionados o mínimo. Além disso, os músculos são capazes de liberar a força máxima, quando as articulações estão na posição neutra (DUL & WEERDMEESTER, 1993).

A análise ergonômica tem uma base mecânica, segundo a qual o corpo humano pode ser dividido em seis grandes alavancas, ou seja, antebraços, braços, tronco, coxas, pernas e pés. O ponto de giro dessas alavancas são as principais articulações do corpo, a saber: cotovelos, ombros, coxofemorais, joelhos e tornozelos (REBELATTO et. al, 1989).

Atualmente, um dos modelos de registro e abordagem de posturas muito aceito é o modelo Ovako de análises de posturas no trabalho (*Working Postures Analyzing System – OWAS*), desenvolvido pelo Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional (OWAS, 1990, citado por SOUZA, 1993).

2.2.7. Legislação brasileira sobre ergonomia

A ergonomia é regulamentada pela Norma Regulamentadora 17 (NR – 17) da portaria nº 3571, de 23 de novembro de 1990, do MTe (2003). Pouco da NR – 17 aplica-se ao setor florestal, alguns pontos relevantes podem ser aplicados:

a) Para avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho, devendo a mesma abordar no mínimo as condições de trabalho conforme estabelecido nesta norma regulamentadora;

b) Não deverá ser exigido nem admitido o transporte manual de cargas, por um trabalhador, cujo peso seja suscetível de comprometer sua saúde ou sua segurança;

c) A organização do trabalho deve ser adequada às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado;

d) A organização do trabalho, para efeito desta NR, deve levar em consideração no mínimo:

- as normas de produção;
- o modo operatório;
- a exigência do tempo;
- a determinação do conteúdo de tempo;
- o ritmo de trabalho;
- o conteúdo das tarefas.

e) Nas atividades que exijam sobrecarga muscular estática ou dinâmica do pescoço, ombros, dorso e membros superiores e inferiores, e a partir da análise ergonômica do trabalho, deve ser observado o seguinte:

- todo e qualquer sistema de avaliação de desempenho para efeito de remuneração e vantagens de qualquer espécie deve levar em consideração as repercussões sobre a saúde dos trabalhadores;

- devem ser incluídas pausas para descanso;

- quando do retorno ao trabalho, após qualquer tipo de afastamento igual ou superior a 15 dias, a exigência de produção deverá permitir um retorno gradativo aos níveis de produção vigentes na época anterior ao afastamento (Ministério do Trabalho e Emprego, 2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado nesta pesquisa foram dados coletados a partir da população de operadores de fornos de carbonização do tipo rabo-quente de uma empresa florestal produtora de silício metálico, localizada no norte do estado de Minas Gerais.

A coleta de dados, medições, testes, entrevistas e observações foram realizados no período de 23 de março a 26 de junho de 2003.

Este trabalho teve como base a metodologia proposta por APUD (1989) e COUTO (1996) e SANT´ANNA (1988).

3.1. Coleta de Dados

3.1.1. Análise das condições de trabalho

Nesta avaliação foram utilizados entrevista direta com os operários e com o engenheiro responsável pela unidade, consulta nos cadastros da empresa, observações, medições diárias e acompanhamento.

Foram analisados os dados geográfico-edafoclimáticos, o sistema de carbonização, a rotina diária e o sistema de trabalho e também dados profissionais, saúde, transporte, treinamento e segurança do operador de fornos de carbonização do tipo rabo quente.

3.1.2. Análise das características do operador

Para a avaliação das características do operador foram utilizados: 1) fita métrica com precisão de 0,5 cm; 2) balança portátil de precisão de 0,1 kg; 3) ficha e cadastro da empresa; 4) questionário; 5) entrevista direta.

A avaliação foi realizada no período de 25 de março a 11 de abril de 2003 com 20 operadores, o que corresponde ao equivalente a 64,5% da população total dos operadores de fornos de carbonização.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: idade, peso, estatura, número de filhos, número de dependentes, estado civil, cor da pele, religião, origem, naturalidade, escolaridade e lateralidade.

3.1.3. Análise do clima do local de trabalho - temperatura

Na análise do clima do local de trabalho leva-se em consideração a temperatura do local que se envolve a atividade. Essa temperatura é influenciada pela velocidade do vento, radiação solar, presença de nuvens e umidade relativa do ar. A temperatura do ambiente de trabalho foi avaliada por meio do termômetro digital de IBUTG (Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo) da marca Wibget, Modelo RSS-214. As medições foram feitas no ambiente interno sem carga solar e no ambiente externo com carga solar. O aparelho foi instalado nos locais onde se desenvolviam as atividades laborais de carbonização, sendo as leituras realizadas em intervalos de 2 horas durante toda a jornada de trabalho, iniciando às 7 horas e finalizando às 17 horas.

Os limites toleráveis para a exposição ao calor foram determinados considerando-se a temperatura do ar, a umidade relativa, a velocidade do vento, a quantidade de radiação e o metabolismo muscular da atividade. Esses limites foram estabelecidos de acordo com a Legislação Brasileira de Atividades e Operações Insalubres (NR 15, Anexo 3) da Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego (2003).

O Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo é definido pelas seguintes equações:

a) ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg}$$

b) ambientes externos com carga solar:

$$IBUTG = 0,7 tbn + 0,1 tbs + 0,2 tg$$

Em que:

Tbn = Temperatura de bulbo úmido natural

Tg = Temperatura de globo

Tbs = Temperatura de bulbo seco

3.1.4. Avaliação da capacidade aeróbica

O teste aplicado para predição da capacidade aeróbica dos operadores de fornos de carbonização do tipo rabo quente, foi realizado em local fresco e arejado, pela manhã, antes do início da jornada de trabalho, determinando-se que os operadores não se alimentassem nas duas horas anteriores ao teste e que se abstivessem de fumo e bebidas alcólicas nas três horas anteriores. Foi utilizado o banco de Astrand, exigindo do trabalhador um esforço submáximo durante o teste. Esse banco possui as medidas 0,4 m x 0,4 m x 0,3 m. Cada operador executou várias subidas e descidas durante 5 minutos, sendo o batimento cardíaco registrado a cada minuto. Foi utilizado o sistema Polar eletro Oy da Finlândia por meio do equipamento modelo Polar Vantage NV. Esse equipamento é formado por três partes: um receptor digital de pulso, uma correia elástica e um transmissor com eletrodos. O transmissor é fixado ao trabalhador na altura do tórax, por meio da correia elástica, emitindo sinais de frequência captados e armazenados pelo receptor de pulso em intervalos de tempo predeterminados. Ao término da coleta, os dados podem ser descarregados em um computador por meio da interface que acompanha o equipamento e, posteriormente, analisados com ajuda de um software desenvolvido pelo próprio fabricante, para essa finalidade. Nesse teste, foram avaliados o consumo máximo de O₂ (l/min), o dispêndio energético (kcal/min), a carga máxima de trabalho pela capacidade aeróbica e pelo dispêndio energético, segundo a metodologia de ASTRAND & RODAHL (1987).

As fórmulas utilizadas são:

$$FCM = 205 - (0,42 \times \text{idade})$$

$$CMO = VO_2 \text{ trab} \times \frac{P}{1000}$$

$$VO_2 \text{ trab} = (H \times N \times Fd \times Fs) + (Fh \times N)$$

$$CKO = \frac{CMO \cdot 1000}{P}$$

$$DEM = CMO \times QMO$$

$$CMT = \frac{DEM}{3}$$

Em que:

$VO_2 \text{ trab}$ = consumo de oxigênio no trabalho (ml de O_2 /kg/min);

H = altura do banco (m);

N = número de ciclos (subidas/min);

Fd = fator de correção para o componente descida do banco igual a 1,33. Para cada ciclo completo, o consumo de oxigênio corresponde a 1,33 vezes o gasto de O_2 de subir apenas;

Fs = consumo de O_2 do trabalho vertical correspondente a 1,8 ml de O_2 /kg/min, por metro de subida por minuto;

CMT = carga máxima de trabalho, kcal/min;

FCM = frequência cardíaca máxima;

DEM = dispêndio energético máximo, kcal/min;

CMO = captação máxima de O_2 , litro de O_2 /min;

QMO = quantia máxima de quilocalorias que 1 litro de oxigênio é capaz de metabolizar igual a 5,05 kcal/l de O_2 ;

CKO = captação máxima de oxigênio por Kg (ml de O_2 /kg/min);

P = peso do trabalhador, kg.

3.1.5. Avaliação da carga de trabalho por meio do batimento cardíaco durante a jornada

Para a coleta e análise dos dados da frequência cardíaca do operador de fornos de carbonização do tipo Rabo-quente durante a jornada empregou o programa de computador polar. Foi utilizado o sistema Polar Eletro Oy da Finlândia, por meio do equipamento modelo Polar Vantage NV.

O aparelho foi fixado ao trabalhador de manhã, no início da jornada de trabalho, e retirado à tarde, no término. Os valores de frequência cardíaca foram armazenados em intervalos de 5 segundos, durante o tempo da jornada de trabalho.

Analisando-se os dados, foi possível calcular também a capacidade cardiovascular limite e carga máxima de trabalho, conforme metodologia proposta por APUD (1989). A capacidade cardiovascular no trabalho corresponde à percentagem da frequência cardíaca durante o trabalho em relação à frequência cardíaca máxima utilizável.

Fórmula para cálculo da capacidade cardiovascular:

$$CCV = \frac{FCT - FCR}{FCM - FCR} \cdot 100$$

Em que:

CCV = capacidade cardiovascular, em %;

FCT = frequência cardíaca do trabalho;

FCM = frequência cardíaca máxima (220-idade);

FCR = frequência cardíaca repouso;

FCL = frequência cardíaca limite, em bpm.

A frequência cardíaca limite (FCL), correspondente a 40% da carga cardiovascular do trabalho, é obtida pela seguinte fórmula:

$$FCL = 0,40 \times (FCM - FCR) + FCR$$

$$T_r = \frac{H_t (FCT - FCL)}{FCT - FCR}$$

Em que:

T_r = tempo de repouso;

H_t = tempo total de trabalho;

3.1.6. Estudo do tempo consumido pelas operações na atividade de carbonização

Nesta avaliação foram utilizados dados de 10 operadores escolhidos por sorteio, por um dia, sendo 6 operadores avaliados nas operações de carga e descarga; 2 trabalhadores avaliados na operação de limpeza; e 2 trabalhadores avaliados na operação de vedação. O resultado encontrado foi a média do tempo consumido em cada operação separadamente.

Foi utilizado o método de cronometragem segundo Stöhr (1978); método do tempo individual, com detenção do cronômetro em cada ponto de medição, ou seja, cada operação foi medida individualmente ao longo da jornada.

3.1.7. Análise biomecânica das operações de carbonização

O estudo biomecânico foi concretizado por meio da análise bidimensional, utilizando-se a técnica de gravação em videotape, com o operador em diversos ângulos. Os movimentos foram “congelados” para medição dos ângulos dos diversos segmentos corpóreos. As cargas envolvidas foram medidas para aplicação do programa computacional de modelo biomecânico bidimensional de predição de posturas e forças estáticas, desenvolvido pela Univesidade de Michigan, Estados Unidos. Foram fornecidos os ângulos das articulações obtidos durante a realização das operações (braços, tronco, coxofemorais, joelhos e tornozelos); o valor, a magnitude e a direção das forças envolvidas; mãos; altura e peso do operador.

A análise por meio do software proporcionou encontrar a carga limite recomendada, que corresponde ao peso que mais de 99% dos homens e 75% das mulheres conseguem levantar. A carga limite recomendada induz a uma força (expressa em Newtons) de compressão da ordem de 3.426,3 N sobre o disco L₅-S₁ da coluna vertebral, que pode ser tolerada pela maioria dos trabalhadores jovens e em boas condições de saúde.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização técnica do sistema

4.1.1. Análise técnica do sistema de carbonização

Os resultados dessa análise nos informou que na ocasião da pesquisa que a área total da carvoaria era de 73.850 m², nas dimensões de 175 m x 422 m; a bateria era composta por 315 fornos dispostos em 5 fileiras de 63 fornos cada, orientadas no sentido sudeste-nordeste, com distância de 1,2 m entre fornos, 30,0 m entre fileiras, box de 1,20 m de largura, pátio de carvão com 27,5 m largura por 400 m de comprimento; a rua lenha com 10,0 m de largura por 400 m de comprimento e praça de lenha com 500 m², nas dimensões de 10,0 m x 50,0 m.

Foi constatado uma produção mensal de 6.732,0 MDC; um consumo mensal de lenha equivalente à 12.500 St; um rendimento volumétrico, de 1,8 St x MDC, o que corresponde a um rendimento superior à média nacional, que é de 2,0 St x 1 MDC. Também foi verificado que o teor de carbono fixo do carvão produzido era de 78%. A produção de resíduos era igual a 336,6 MDC por mês, equivalente a 5% da produção; o número de operários responsáveis pela atividade de carbonização foi de 31, sendo a produtividade no valor de 10,0 MDC x h x d. A duração do ciclo de carbonização corresponde a 12 dias; a abertura foi realizada no 13^o dia; somando-se 1,0 dia para descarregar e

carregar, 5,0 dias para carbonizar e 6,0 dias para esfriar, sendo o ciclo maior que a média brasileira, que é de 7,0 dias para esse tipo de forno.

A operação de descarga consumiu 2 horas e 30 minutos; a operação de carga, 3 horas e 50 minutos; a limpeza, 3,5 horas; a vedação, 3,5 horas.

O forno foi do tipo rabo-quente, não possuía câmara de combustão e tampanto chaminé; a ignição foi efetuada na segunda abertura da segunda fila. Na época da pesquisa esse forno possuía as dimensões de 3,80 m de diâmetro, 1,70 m de raio interno, 2,5 m de altura e 10 m de circunferência, produziu média de 9,5 MDC a cada ciclo, utilizou 15,0 m de lenha.

A lenha era de origem própria, proveniente de um plantio de Pinus com idade de 32,0 anos; o comprimento da lenha era de 1,2 m, com diâmetro variado, entre 0,16 m e 0,40 m.

As ferramentas utilizadas nas operações de carbonização foram: garfo – paceta dentada, utilizada na remoção do carvão na fase de enchimento da rede durante operação de descarga; rede – recipiente confeccionado de tela de arame como uma padiola, utilizada na fase de deslocamento do carvão durante a operação de descarga. Foi transportado por dois operadores da porta do forno até o pátio de carvão; raspel – ferramenta metálica em formato de rodo com lâminas dos dois lados, utilizado durante a operação de limpeza para retirar os resíduos do interior do forno, assim como da área externa do mesmo e da área do box; porrete – peça de madeira rígida e maciça de aproximadamente 1 m de comprimento, é utilizada para quebrar o carvão quando o mesmo é depositado na praça de carvão; João-de-barro – máquina utilizada para pulverizar uma solução aquosa de água argila e cola nos fornos durante a operação de barrelamento no período de resfriamento, sendo rebocada por um trator e operada por dois trabalhadores destinados especificamente para essa função; metro – caixa metálica com medida de 1 m³ utilizada para medir o volume de carvão produzido pelo forno, a mesma é operada por dois trabalhadores durante a operação de descarga. As outras ferramentas foram balde, pá, enxada e carrinho-de-mão.

Os equipamentos de proteção individual são: capacete, máscara, luva, botina, calça, camisa, cinto de segurança e capa de chuva.

4.1.2. Fluxograma do processo de produção

O processo de produção de carvão vegetal numa bateria de fornos do tipo rabo-quente foi realizado por um ciclo de operações distintas, mas uma interligada à outra. Esse processo iniciou-se com o carregamento do forno de lenha e terminou quando o carvão foi descarregado e depositado no pátio. Essas duas operações foram executadas no mesmo dia pela mesma dupla de operadores, sendo que a descarga é a primeira operação diária.

Descarga – essa operação começou com a abertura do forno que previamente passou pelo período de resfriamento. A dupla de operários abriram a porta do forno desmontando os tijolos que compunham a mesma; depois verificando se a temperatura interna estaria ideal e se não haveria risco de incêndio, se houvessem focos de carvão em brasas ou em chamas, rapidamente era jogada água para apagar o fogo. Estando em condições adequadas, os operadores entraram dentro do forno e iniciaram a descarga. O esvaziamento do forno foi feito utilizando o garfo para encher a rede, estando a mesma cheia de carvão era transportado pela dupla de operadores até o pátio e o carvão era medido e depositado no mesmo, repetindo-se várias vezes, até que o forno estivesse vazio, sendo retirado do seu interior todo os resíduos de cinza e muinha de carvão, que foram depositados entre o forno e o box, sendo posteriormente recolhidos pelos operários da limpeza.



Figura 1 - Foto referente à operação de descarga. Enchimento da rede.



Figura 2 - Foto referente à operação de descarga. Transporte do carvão até o pátio.



Figura 3 - Foto referente à operação de descarga. O carvão depositado no pátio.

Carga – essa operação iniciou-se com a lenha sendo transportada do box até o interior do forno, sendo acomodada manualmente e terminou com o fechamento, quando o mesmo estava completamente cheio. A lenha que previamente depositada e empilhada no sentido longitudinal no box na distância de 1,20 m da porta do forno, foi sendo transportada e alojada paralelamente e verticalmente no interior do mesmo; na parte superior do forno correspondente à cúpula arredondada, foi feito o depósito da lenha em menores dimensões e no sentido horizontal. Depois de completamente cheio, a porta foi fechada com tijolos e vedada com massa de barro, finalizando essa operação.



Figura 4 - Foto referente à operação de carga. Enchimento do forno.



Figura 5 - Foto referente à operação de carga. Término do enchimento do forno.



Figura 6 - Foto referente à operação de carga. Forno completamente cheio e fechado.

Limpeza – a operação de limpeza começou na medida em que o box foi sendo esvaziado e o forno sendo carregado durante a operação de carga, o operário executou essa operação utilizando o raspel, retirando todo o resíduo de casca de lenha do box, terra e pedaços de tijolos de entre os fornos, cinza e muinha de carvão depositados em frente ao forno durante a operação de descarga. A referida operação terminou quando toda a área em volta do forno e do box estava completamente limpa dos resíduos que foram depositados na rua de lenha para serem recolhidos em seguida.

Carbonização – a operação de carbonização consistiu em conduzir termicamente a transformação da lenha em carvão. Foi observado que esse processo demorou 5 dias para se completar. Essa operação começou quando o operador fez o acendimento do fogo, dando ignição ao processo e terminou quando a carbonização estava completa e todos os orifícios estavam fechados e vedados. A referida operação foi executada por uma dupla de carbonizadores trabalhando por torno de 12 horas, normalmente são os operadores mais experientes ou treinados especialmente para essa função.



Figura 7 - Foto referente à operação de carbonização.

Vedação – essa operação consistiu basicamente em vedar os orifícios de controle (filas, baianas e tatus), possíveis fissuras e rachaduras com massa de barro para impedir a entrada de oxigênio, pois a entrada de ar interfere no processo de carbonização e também retarda o resfriamento. Essa operação foi executada simultaneamente à operação de carbonização.



Figura 8 - Foto referente à operação de vedação.

Barrelamento – a operação de barrelamento transcorreu durante o período de resfriamento. Foi realizada nos fornos em que era terminada a operação de carbonização, a mesma foi executada por uma dupla de operários com auxílio de uma máquina que pulveriza uma solução aquosa de argila e cola, acelerando o processo de resfriamento e garantindo uma queda na temperatura interna do forno para menor de 30 °C na hora da abertura do mesmo no início da operação de descarga.



Figura 9 - Foto referente aos fornos passando pelo período de resfriamento.

Expedição – essa operação foi realizada por um operário, não sendo necessariamente simultânea às outras operações, pois ocorreu quando o carvão estava sendo preparado para ser enviado à fábrica. O operário subiu a plataforma de metragem, prendendo o cinto de segurança ao cabo de segurança da mesma, depois caminha em cima da carga de carvão acomodada na carroceria do caminhão auxiliando na medida do volume de carvão que estava sendo expedido.



Figura 10 - Foto referente à operação de expedição. O carvão estava sendo medido pelo operário para ser enviado à fábrica.

4.1.3. Processo de carbonização em forno do tipo rabo-quente

Por intermédio de acompanhamento diário, observações e entrevista direta ao encarregado de carbonização e aos operários responsáveis pela função, foi constatado que o processo de carbonização no forno rabo-quente teve início quando o operário acendeu o fogo provocando a ignição do processo, essa ignição foi realizada no segundo orifício da segunda linha, simultaneamente nos lados do forno. Foi observado que o processo de carbonização ocorreu no sentido de cima para baixo, sendo que o mesmo só teve início depois de acumulado o calor na cúpula e a madeira nessa região do forno estivesse livre de água. À medida que a frente de carbonização avançava, foi sendo controlada a entrada de ar até por fim ser totalmente vedada quando a carbonização chegou ao seu final. O processo de carbonização em forno rabo-quente ocorre em 4 estágios:

- O 1º estágio ocorreu com a temperatura interna do forno até 200 ° C; a produção de gases não condensáveis como vapor d'água, CO₂, ácido

fórmico e acético. A fumaça era densa e escura com cheiro de vinagre, sendo que o orifício de controle estava completamente aberto.

- O 2º estágio ocorreu com a temperatura interna do forno entre 200 °C e 280 °C. A diminuição na produção de vapor d'água e aparecimento de CO; a fumaça era menos densa e de cor encardida e ainda com leve cheiro de ácido, o orifício estava parcialmente tampado.
- O 3º estágio foi quando se iniciou propriamente dita a carbonização; ocorreu com a temperatura interna do forno entre 280 °C e 500 °C. Acontecendo a produção de gases combustíveis pirolenhosos, alcatrão, CO, CH₄ e diminuição do CO₂. A fumaça era de cor branca e azulada com cheiro de alcatrão, quando o orifício estava quase totalmente vedado.
- O 4º estágio aconteceu com a temperatura interna do forno acima de 500 °C, estágio em que a carbonização estava se completando, havendo produção de CH₄ e H⁺; a fumaça era de cor azulada à transparente. A abertura de controle a partir daí foi completamente vedada impedindo totalmente a entrada de ar.

O processo de carbonização teve início na região da cúpula, nessa região o controle do processo foi realizado pelas duas filas; à medida que as aberturas da 2ª fila foram fechadas e vedadas, a fumaça passou a sair pela 1ª fila e à medida que a carbonização aconteceu no sentido descendente as outras aberturas também eram sendo controladas, de maneira que quando a 1ª e 2ª filas foram tampadas e a fumaça passou a sair pelas baianas, que são as aberturas de controle que estão localizadas na parede do forno na região central ou intermediária. Quando as baianas foram fechadas, a fumaça passou a sair pelos tatus, que são aberturas localizadas na região do piso do forno, após os tatus completamente fechados foi completado o processo de carbonização. A partir daí o forno foi completamente vedado passando por um processo de resfriamento que durou 6 dias, após esse período certificou-se que a temperatura interna do forno estava adequada, então foi realizada a abertura e a descarga pelos operários responsáveis pela função.

O maior fator que motivou a realização desse trabalho foi o interesse de conhecer de perto a realidade em que estão envolvidos os trabalhadores e as operações que compõem o processo de produção de carvão vegetal, a falta

de pesquisas e publicações abrangendo o assunto. Através de informações prévias foi-nos relatado que a atividade de carbonização principalmente as operações de carga, descarga e carbonização são consideradas um trabalho pesado, transcorre em clima com temperatura elevada, causando danos à saúde do trabalhador e que o mesmo é o indivíduo com baixo poder aquisitivo, analfabeto, com baixa qualidade de vida; isto é, trabalhando e vivendo em condições paupérrimas. De forma que esses pontos polêmicos não esclarecidos e nem quantificados e todas as circunstâncias envolvidas no processo de produção como um todo, assim como em cada operação que determinaram especificamente cada objetivo. Os objetivos de nº 1 e nº 2 foram verificar as condições de trabalho em que está inserido o trabalhador e a identificação do perfil e características do mesmo. O objetivo nº 3 proporcionou registrar a temperatura no local de trabalho, principalmente nas operações em que exige do trabalhador maior esforço físico ou exposição a calor e gases, principalmente nas operações de carga-descarga e carbonização; o objetivo nº 4 foi relacionado com o esforço físico e as condições respiratórias exigidas ao operário para desempenhar suas obrigações, pois através do teste do banco de Astrand foi possível fazer uma previsão da exigência física e aeróbica que a atividade impõe ao mesmo; O objetivo nº 5 relacionou com todas as operações envolvidas no processo de produção de carvão vegetal, pois sabe-se de informações prévias que a atividade estudada é considerada pesada, mas ainda até hoje não foi feita uma classificação dessa carga de trabalho ou em qual estágio da atividade que ela seria de maior magnitude. Então por meio da análise do batimento cardíaco durante a jornada de trabalho foi possível classificar a carga de trabalho físico para a atividade de carbonização, tão quanto em cada operação separadamente, com base na Legislação Brasileira (NR-17) Ministério do Trabalho e Emprego (2003).

O objetivo nº 6 assim tão quanto os anteriores, relacionou-se com o indivíduo trabalhador e todas as etapas do fluxograma de produção, pois analisou o tempo exigido pelo operador e a execução de cada operação. O objetivo nº 7 da mesma forma dos demais relacionou diretamente com o indivíduo e com cada etapa do processo de produção. Sabe-se que a atividade é considerada pesada, mas não se sabe qual a influência ou consequência dessa carga ao corpo esquelético do trabalhador. A análise biomecânica

proporcionou se a carga imposta às articulações e à coluna vertebral durante as operações de carga e descarga seria suportada pela maioria da população de operadores e no caso contrário qual seriam os danos à saúde e ao bem estar do mesmo.

4.2. Análise das condições de trabalho

Para o conhecimento das condições de trabalho além da caracterização geográfica-edafoclimática, caracterização do sistema de trabalho e da rotina diária, foi preciso também analisar fatores referentes aos operadores de fornos de carbonização do tipo rabo-quente.

4.2.1. Caracterização geográfica-edafoclimáticas

Através da entrevista direta e questionário aplicado ao engenheiro florestal responsável pela gerência da unidade. Certificou-se que bateria de fornos está situada na latitude 17°27' oeste, na longitude 45°11' sul, e na altitude 872 m acima do nível do mar. O relevo é plano, denominado chapadão; a vegetação é de cerrado; o vento, leste-oeste; a temperatura média anual é 23,4°C; o mês mais frio é julho, com temperatura média de 20,4°C; o mês mais quente é fevereiro, com temperatura média de 24,9°C; o índice pluviométrico é de 1.200 mm/ano, sendo a precipitação média anual 1.045,4 mm/ano; a maior precipitação média ocorre no mês de dezembro, equivalente a 249,8 mm; a menor precipitação média ocorre em agosto, igual a 0,4 mm; a estação chuvosa dura apenas quatro meses, no período de dezembro a março. Esse conjunto de circunstâncias contribuem para que as atividades laborais nesse local se desenvolvem sob temperaturas amenas e suportáveis, pois mesmo no meses mais quente, a média está abaixo do recomendado pela legislação brasileira para esse tipo de trabalho, que é a temperatura de 26,0°C. A curta estação chuvosa pode favorecer o desenvolvimento das atividades de carbonização num ambiente seco e isento de excesso de umidade a maior parte do ano, pois sabe-se que a umidade excessiva no ambiente da bateria é

prejudicial ao seu funcionamento normal, podendo interferir no processo de carbonização.

4.2.2. Caracterização do sistema de trabalho

Por meio do estudo do funcionamento diário e da organização do trabalho na bateria avaliada, constatou-se que ela era formada por 315 fornos, funcionando 24 horas/dia em dois turnos, diurno e noturno, sendo que à noite e no final de semana só trabalhavam os carbonizadores. A bateria funcionava com 31 operários, atuando em várias operações, organizados e distribuídos na seguinte proporção: 19 operários eram responsáveis pelas operações de descarga e carga, 4 operários eram responsáveis pela operação de carbonização, 5 operários pela operação de limpeza, 1 operário responsável pela operação de vedação, 1 operário pela operação de barrelamento e 1 operário responsável pela operação de expedição.

A abertura de fornos foi diária, correspondendo a 35 fornos por dia. Cada forno produziu 9,5 MDC, em média. A jornada foi por tarefa, com duração de 6 horas diárias. O trabalho de descarga e carga era executado em equipe; cada uma era formada por 4 operários, sendo 3 operários da carga e descarga e 1 operário da limpeza ou da vedação para auxiliar, totalizando 7 equipes para aquela operação. A cada dia era efetuado um sorteio para designar quais operários das outras funções iriam auxiliar na carga e descarga. Cada equipe executava a tarefa dentro do seu próprio ritmo.

4.2.3. Caracterização da rotina diária

Por meio de acompanhamento diário e entrevista direta aos operadores foi observado que o operador despertava às 5 horas da manhã e embarcava no ônibus da empresa às 6 horas; às 7 horas iniciava a jornada, que terminava às 14 horas, sem pausas para lanche nem descanso. Às 15 horas, o trabalhador embarcava de volta, retornando à sua casa às 15:55; às 19 horas ele jantava, e às 22 horas se recolhia para o descanso. Foi verificado que ao longo da sua rotina diária esse operário utilizou 7 horas de repouso, 1 hora e 20 minutos de

transporte, 6 horas de jornada. Consumiu 5 refeições, ingeriu 3,75 litros de água e 0,30 litros de café durante a jornada de trabalho.

4.2.4. Caracterização profissional e econômica do operador

4.2.4.1. Experiência profissional do operador

Os resultados desta análise proveniente da entrevista direta relatou que a média de tempo de trabalho com carbonização foi igual a 10,8 anos, sendo o maior valor 35 anos e o menor 0,5 ano.

O tempo médio de sindicalização foi de 7,65 anos; o maior valor encontrado foi de 23 anos; o menor valor, 1 ano.

Observou que 50% dos entrevistados informaram que passaram por treinamento, sendo a média equivalente a 1,25 dias de treinamento.

Quanto ao tempo de trabalho em outra empresa, a média encontrada foi de 7,5 anos; o maior valor foi igual a 30 anos; o menor, 2 anos.

O tempo médio de trabalho na empresa atual foi de 1,64 anos, sendo o maior valor igual a 2,5 anos e o menor valor igual a 0,1 ano, o que caracteriza baixo tempo de permanência na empresa, alta rotatividade de mão-de-obra.

A entrevista nos relatou que 45% dos operadores analisados passaram por treinamento na admissão e 55% disseram precisar de treinamento atualmente. Dos operadores entrevistados, 40% disseram ter experiência anterior na atividade de carbonização; 80% relataram experiência anterior em atividade florestal; 95% experiência anterior em outra atividade; 40% disseram ter escolhido a profissão pelo melhor salário; 90% por falta de melhor oportunidade; e 50% disseram querer mudar de profissão.

Quanto à experiência de trabalho anterior em atividade florestal, 20% dos entrevistados disseram ter trabalhado na atividade de implantação; 30% com tratamentos culturais; 10% com proteção; 15% em colheita; e 20% com transporte.

Em relação a experiência de trabalho anterior em outra atividade, 30% dos entrevistados disseram ter exercido atividade agrícola; 20% deles relataram experiência anterior na atividade siderúrgica; 15% na atividade metalúrgica; 20% em transportes; e 10% na construção civil.

4.2.4.2. Saúde do operador

Os resultados encontrados na análise dos dados sobre a saúde dos operadores informou-nos que 40% dos entrevistados disseram sentir dores em alguma parte do corpo; 30% disseram que sentem muito cansaço físico após a jornada. Todos disseram ter passado por exame médico pré-admissão. Também afirmaram não sentirem sono durante a jornada, não terem sido afastados por motivo de doença, não possuírem nenhum tipo de doença, nem terem tido doença alguma durante a infância.

Foi observado que 25% dos operadores disseram sentir dores na coluna; 5% disseram sentir dores de cabeça; 5% disseram sentir dores nos braços; 5% disseram sentir dores nas pernas; e 5% disseram sentir dores em outras partes.

4.2.4.3. Hábitos e costumes do operador

A entrevista direta possibilitou-nos a análise dos hábitos do operador, constatou-se que todos os entrevistados disseram consumir água durante a jornada; 85% disseram consumir café ao longo da atividade laboral; 25% disseram consumir cigarro durante o trabalho; e 35% afirmaram ingerir bebida alcoólica pelo menos uma vez por semana.

4.2.4.4. Características econômicas do operador

Conforme entrevista e questionário obtivemos informação que todos os operadores afirmaram na época da pesquisa que possuíam algum eletrodoméstico em casa. A média encontrada foi de 5 eletrodomésticos por operador; o operador com maior número de aparelhos disse possuir 10 eletrodomésticos; o com menor número, apenas 2. O eletrodoméstico adquirido pela maior parte dos entrevistados foi a geladeira; o mais raro foi a máquina de lavar. Os dois eletrodomésticos de maior valor foram a máquina de lavar e a geladeira, R\$ 1.000,00 e R\$ 850,00, respectivamente; os de menores valores foram o ventilador e o ferro elétrico, R\$ 40,00 e R\$ 35,00, respectivamente.

Dos entrevistados 50% afirmaram na época da pesquisa, estarem satisfeitos com o salário de R\$ 420,00 mensais, cesta básica e prêmio por produtividade.

4.3. Análise das características do operador de Fornos de carbonização do tipo Rabo-quente

4.3.1. Dados pessoais

Por meio dos resultados da análise das características do operador de fornos de carbonização do tipo rabo quente, observou que o valor médio para a idade foi de 32 anos; para a estatura, o valor a médio encontrado foi de 171,04 cm; quanto ao peso, o valor médio foi de 68,04 kg; quanto ao nº de filhos, o valor médio foi 2,45 filhos e o valor médio para o nº de dependentes financeiros foi 3,35.

4.3.2. Dados sócio – culturais

De acordo com a entrevista e questionário as informações encontradas nessa análise ficou constatado que 50% dos operadores são casados, 20% são solteiros e os demais responderam que tinham outras relações; quanto à religião, 55% disseram ser católicos, 40% são evangélicos e 5% de outras religiões; quanto à naturalidade, 75% disseram ser da região, 15% disseram ser originários de outras regiões e 10% disseram ser de outro estado.

Quanto à escolaridade, 75% disseram ter 1º grau incompleto, 5% disseram ter o 2º grau incompleto e 20% disseram não ter nenhuma escolaridade. Quanto à cor da pele, 65% disseram ter a cor da pele mestiça, 25% disseram ter a cor da pele branca e 10% disseram ter a cor da pele negra. Quanto à origem; a maioria disse ser de origem urbana, o que corresponde a 60% dos entrevistados, e 40% disseram ser origem rural.

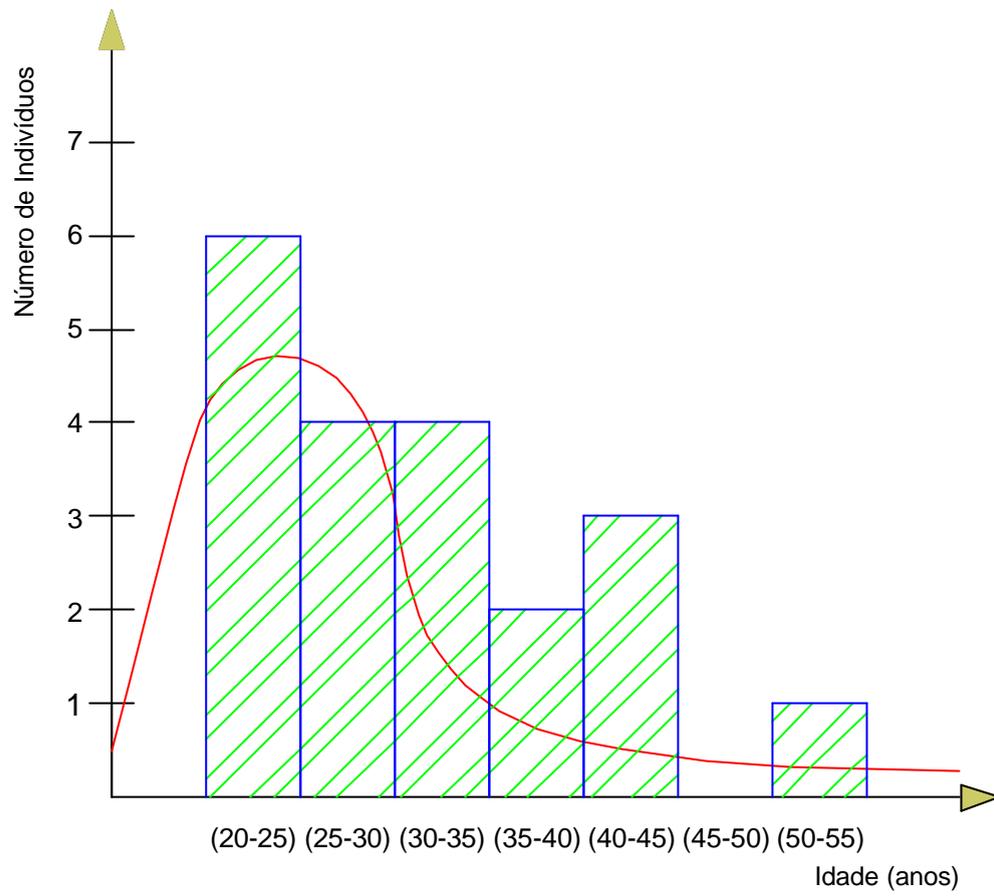


Figura 11 - Número de operadores por faixa de idade.

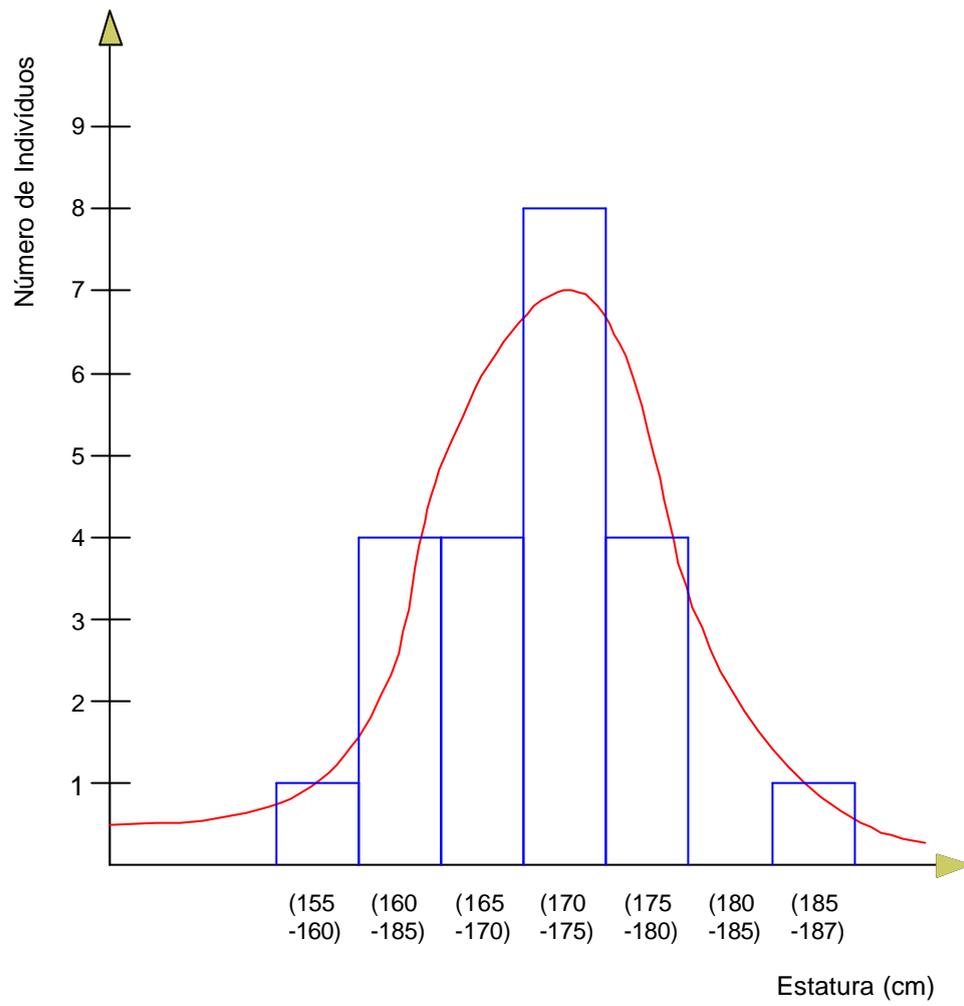


Figura 12 - Número de operadores por faixa de estatura.

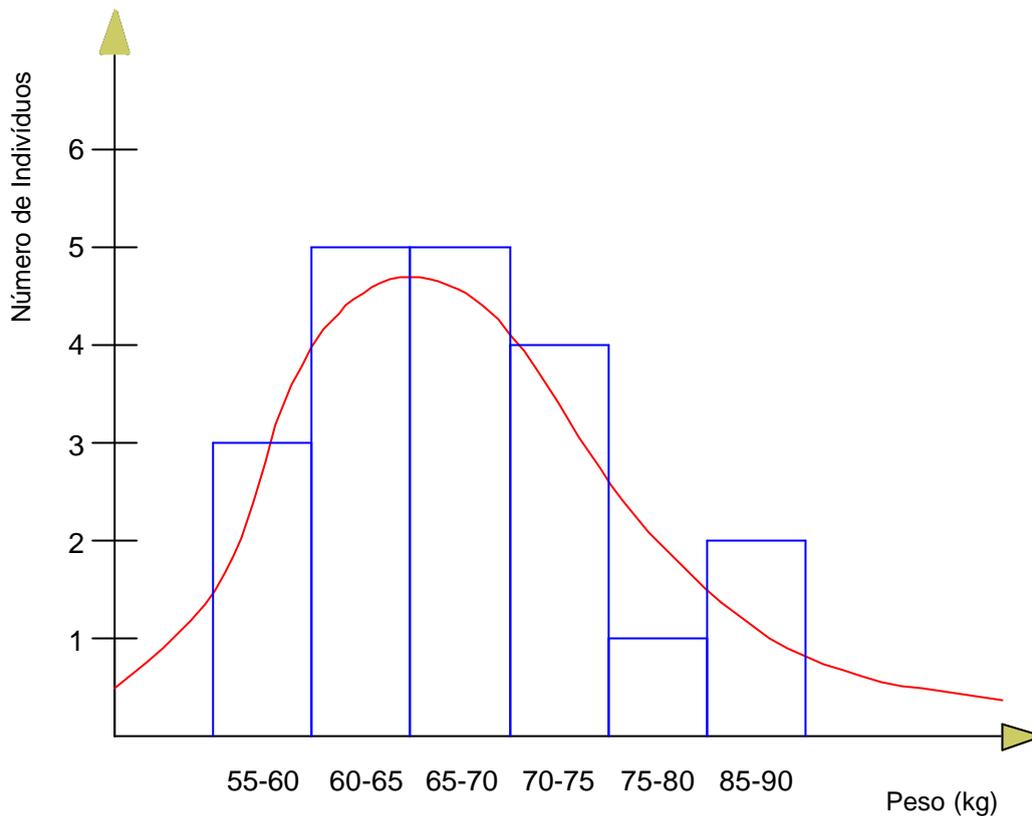


Figura 13 - Número de operadores por faixa de peso.

4.4. Análise do clima do local de trabalho - temperatura

A legislação brasileira utiliza o índice de bulbo úmido e termômetro de globo (IBUTG) para avaliar os limites de tolerância em que um indivíduo trabalharia, baseando-se no estabelecimento de determinado valor, acima do qual há uma chance maior de haver danos à saúde.

De acordo com os dados analisados, verificou-se que a variação do IBUTG médio dentro do forno, nas horas da manhã, durante a operação de carga/descarga, foi crescente mas mínima, das 7 até as 11 horas, variando de 23,12°C a 25,55°C, sendo o horário de maior magnitude quando a operação de carga já está sendo finalizada.

Pelo regime de trabalho e pelas normas da legislação brasileira, podemos observar que essas operações transcorreram dentro do limite de temperatura recomendado (NR 15) anexo 3, vide Quadro 1.

Verificou-se também que no ambiente externo do forno, no ambiente de trabalho onde se desenvolviam as operações de carga/descarga, limpeza, carbonização, barrelamento e vedação, houve um ligeiro aumento da temperatura no período entre 7 horas e 13 horas, e a partir daí houve um ligeiro declínio, isto é, 13 horas a 17 horas, período esse em que se desenvolvia somente a operação de carbonização. A partir dos resultados, podemos observar também que as operações desenvolvidas no ambiente externo, com carga solar, estavam dentro do limite de temperatura de 25°C, que é o recomendado pela legislação brasileira.

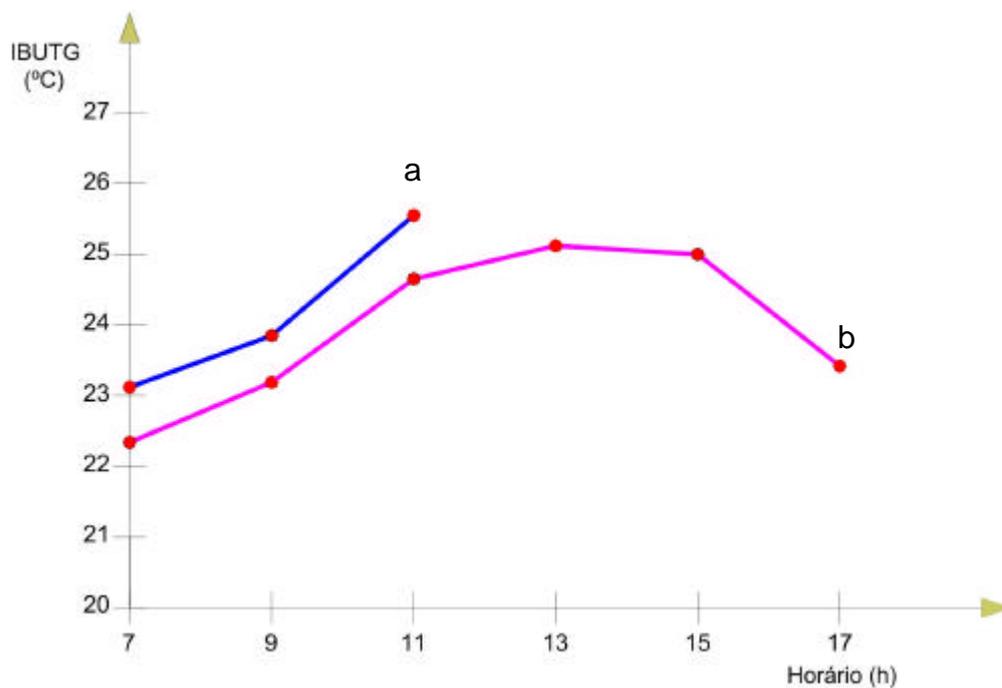


Figura 14. a) temperatura coletada no ambiente interno sem carga solar no horário de 07:00 as 11:00 horas da manhã; b) temperatura coletada no ambiente externo com carga solar no horário de 07:00 as 17:00 horas; ambas no período de 28/03 a 30/04 do ano de 2003 - (IBUTG).

4.5. Avaliação da capacidade aeróbica

A utilização do banco de Astrand para o teste de capacidade aeróbica nos proporcionou avaliar o comportamento da condição físico-respiratória, pôde-se notar que a frequência média do repouso foi de 74,0 bpm; o maior

valor encontrado foi 94,0 bpm, e o menor valor, 62,0 bpm. A frequência cardíaca no banco apresentou valor médio de 117,3 bpm, sendo o maior valor igual a 147 bpm, e o menor igual a 102 bpm.

O consumo máximo de oxigênio, isto é, a capacidade aeróbica (CMO) em litros de oxigênio por minuto, apresentou valor médio igual a 2,39 (lO_2/min); o menor valor foi de 1,91 (lO_2/min), e o maior valor, 2,82 (lO_2/min). A capacidade aeróbica (CKO) em mililitros de oxigênio por quilograma por minuto, apresentou valor médio igual a 35,17 ($mlO_2/kg/min$); o menor valor foi igual a 30,56 ($mlO_2/kg/min$), e o maior valor, igual a 39,23 ($mlO_2/kg/min$). O dispêndio energético máximo (DEM) teve valor igual a 12,08 kcal/min; o menor valor encontrado foi de 9,64 (kcal/min), e o maior valor, igual a 14,24 (kcal/min). O valor médio encontrado para a unidade metabólica basal (MET) foi de 10,05 (kcal/min); o menor valor foi de 8,41 (kcal/min), e o maior valor, igual a 11,20 (kcal/min). A carga máxima de trabalho baseada na Capacidade Aeróbica apresentou valor médio igual a 11,88 ($mlO_2/kg/min$).

Quadro 14 - Valores obtidos a partir do batimento cardíaco no teste do banco de Astrand, para análise da capacidade aeróbica

OP	I (anos)	P (kg)	E (cm)	FCR (bpm)	FCB (bpm)	CMO (l O ₂ /min)	CKO (ml O ₂ /kg/min)	MET (kcal O ₂ /min)	DEM (kcal O ₂ /min)	CMT (ml O ₂ /kg/min)
1	28	60,7	163,0	64	102	2,28	37,64	10,75	11,51	12,55
2	29	58,0	165,0	69	115	2,17	37,41	10,69	10,96	12,47
3	33	63,5	162,0	82	111	2,27	35,63	10,18	11,46	11,87
4	44	70,5	177,0	72	105	2,24	31,77	9,08	11,31	10,59
5	26	58,6	171,0	76	119	2,25	38,40	10,97	11,36	12,80
6	24	67,4	177,0	74	110	2,64	39,23	11,20	13,33	13,08
7	29	64,8	172,0	66	122	2,41	37,19	10,63	12,17	12,40
8	20	86,0	187,0	75	100	3,37	39,23	11,20	12,02	13,07
9	45	85,4	170,0	64	116	2,61	30,56	8,73	13,18	10,19
10	37	67,8	157,0	66	117	2,31	34,07	9,73	11,67	11,36
11	50	73,0	183,0	96	147	2,15	29,45	8,41	10,86	13,09
12	43	60,2	171,0	81	126	1,94	32,23	9,20	9,80	10,74
13	45	74,5	178,0	83	127	2,28	30,60	8,74	11,51	10,20
14	23	64,3	173,0	94	135	2,52	36,23	11,20	12,72	13,07
15	47	72,5	168,0	81	125	2,22	30,58	8,74	11,21	10,19
16	27	65,5	166,0	61	114	2,49	38,05	10,87	12,57	12,67
17	34	64,8	165,0	76	122	2,29	35,30	10,09	11,56	11,77
18	37	71,2	180,0	76	109	2,43	34,13	9,75	12,78	11,38
19	40	58,7	169,0	67	109	1,91	32,53	9,29	9,64	10,84
20	32	78,0	187,0	62	114	2,82	36,16	10,33	14,24	12,85
21	23	64,5	174,0	69	119	2,53	39,22	11,20	12,78	13,07
Média	34,1	68,1	172,1	74,0	117,3	2,39	35,17	10,05	12,08	11,88

Legenda: I – idade (anos); P – peso (kg); E – estatura (centímetro); FCR – frequência cardíaca do repouso (bpm); FCB – frequência cardíaca do banco (bpm); CMO – consumo máximo de oxigênio (l O₂/min); CKO – consumo máximo de Oxigênio (ml O₂ kg/min); MET – unidade metabólica basal (kcal O₂/min); DEM – dispêndio energético máximo (kg O₂/min); CMT – carga máxima de trabalho baseado na capacidade aeróbica (ml O₂ kg/min).

4.6. Avaliação da carga de trabalho por meio do batimento cardíaco durante a jornada

A utilização da análise do batimento cardíaco durante a jornada de trabalho da população de operadores de fornos do tipo rabo-quente, propiciou a classificação da carga de trabalho físico ao longo da jornada na atividade de carbonização.

Pôde-se averiguar que na época em que se desenvolveu a pesquisa que o valor médio da frequência cardíaca no trabalho (FCT) foi igual 111,6 (bpm), sendo que o menor valor encontrado foi igual a 88,0 (bpm) e o maior valor foi 133,0 (bpm); O valor médio da capacidade cardiovascular (CCV) encontrado para a atividade de carbonização foi de 32,71%, o menor valor observado foi de 9,7% e o maior valor foi igual a 54,54%; O valor médio da frequência cardiovascular limite (FCL) da atividade estudada foi de 121,6 (bpm), o menor valor foi de 108,4(bpm), o maior valor encontrado foi de 170,0 (bpm); A carga máxima de trabalho (CMT) com base frequência cardíaca (FC) durante a jornada de trabalho para atividade estudada apresentou o valor médio de 109,3 (bpm), o menor valor foi de 96,0 (bpm) e o maior valor encontrado foi igual 131,0 (bpm). O cálculo do tempo de repouso (Tr) foi efetuado somente para as situações em que a frequência cardíaca do trabalho (FCT) era maior que a frequência cardiovascular limite (FCL). O valor médio do tempo de repouso (Tr) encontrado para a atividade foi igual a 59,57 minutos, o menor valor foi de 12,22 minutos e o maior valor foi de 96,00 minutos.

O estudo do batimento cardíaco proporcionou também a análise da capacidade cardiovascular (CCV) dos operadores de fornos de carbonização do tipo rabo-quente durante a jornada laboral para cada operação na atividade de carbonização. A capacidade cardiovascular é um bom indicador das condições físicas do trabalhador e do nível de exigência física imposta pela atividade. Uma elevada Capacidade Cardiovascular do operador significa boa condição física do mesmo e conseqüentemente, significa também uma grande exigência de esforço físico imposta pela operação desempenhada.

O maior valor encontrado para a Capacidade Cardiovascular foi na operação de carga-descarga, o equivalente a 44,50%, os outros valores foram 27,90% para a operação de vedação, 26,00% para a operação de limpeza,

20,90% para a operação de carbonização; O menor valor encontrado foi para a operação de barrelamento com o valor de 9,70%.

Pôde-se observar que os maiores valores encontrados para a frequência cardiovascular limite, foram na operação de barrelamento com 124,2 (bpm) e na operação de expedição com o valor de 124,0 (bpm), o menor valor encontrado foi na operação de descarga, equivalente a 91,7(bpm).

O valor do tempo de repouso encontrado foi igual a 59,57 minutos para a operação de carga-descarga, pois só essa operação exige pausa durante a jornada diária, porque observa-se que a referida operação é a única que apresenta a frequência cardíaca do trabalho com um valor superior a frequência cardiovascular limite.

Analisando o batimento cardíaco durante a operação de carga-descarga, evidenciou que frequência cardíaca inicial foi de 93,0 (bpm); valor idêntico foi registrado durante a interfase entre a descarga e a carga. A frequência cardíaca média foi de 128,0 (bpm) durante uma jornada de trabalho equivalente a 5:24:08 (h); Sendo que a frequência cardíaca máxima foi o equivalente a 159,0 (bpm) e a frequência cardíaca no final da jornada foi registra 113,0 (bpm); Valores que evidenciam que a operação exigiu grande esforço físico do operador para desempenhá-la e que o mesmo deveria estar necessariamente com boas condições de saúde.

Quadro 15 - Valores obtidos para Frequência cardíaca do trabalho e frequência cardiovascular limite a partir do batimento cardíaco durante a jornada na atividade de carbonização

OP	I (anos)	FCR (bpm)	FCT (bpm)	CCV (%)	FCL (bpm)	FCM (bpm)	CMT (bpm)	Tr (min)	OPÇ
1	28	64	117	41,40	115,2	192	99,0	12,22	CD
2	29	69	123	44,26	117,8	191	104,0	34,67	CD
3	33	82	100	17,14	124,0	187	124,0		EX
4	44	72	121	47,12	113,6	176	107,0	54,37	CD
5	26	76	134	49,15	123,2	194	111,0	67,03	CD
6	24	74	110	29,50	122,8	196	109,0		CD
7	29	66	105	29,10	199,6	200	101,0		CD
8	20	75	88	10,40	125,0	200	110,0		LP
9	45	64	95	27,92	108,4	175	99,0		VD
10	37	66	91	18,80	112,8	183	101,0		CB
11	50	96	110	18,92	125,6	170	131,0		CB
12	43	81	104	23,95	119,4	177	116,0		CB
13	45	83	103	21,74	119,8	175	118,0		CB
14	23	94	104	9,70	124,2	197	129,0		BR
15	47	81	110	31,52	117,8	173	116,0		LP
16	27	61	133	54,54	113,8	193	96,0	96,00	CD
17	34	76	128	47,27	120,0	186	111,0	55,38	CD
18	37	76	128	48,60	118,8	183	111,0	63,69	CD
19	40	67	100	29,20	112,2	180	102,0		LP
20	32	62	130	53,97	112,4	188	97,0	93,18	CD
21	23	69	111	32,81	120,2	197	104,0		LP
Mé di a	33,7	74,0	111,6	32,71	121,6	186,3	109,3	59,57	

Legenda: I - (anos); FCR – frequência cardíaca do repouso (bpm); FCT – frequência cardíaca do trabalho (bpm); CCV – capacidade cardiovascular (%); FCL – frequência cardiovascular limite (bpm); FCM – frequência cardíaca máxima (bpm); CMT – carga máxima do trabalho com base no batimento cardíaco (bpm); Tr – tempo de repouso (min); CD – carga e descarga; LP – Limpeza; CB – Carbonização; VD – Vedação; BR – Barrelamento; EX – Expedição.

O Quadro 17 apresenta a classificação da Carga de Trabalho Físico com base na Frequência Cardíaca do operador de fornos de carbonização do tipo Rabo-Quente durante a jornada de trabalho para cada operação seguindo as prescrições emitidas pelo Atlas do Ministério do Trabalho e Emprego (2003).

Quadro 17 - Classificação da carga de trabalho físico com base no batimento cardíaco durante a jornada de trabalho em cada operação na atividade de carbonização (vide quadro 3)

Operações	FCT (bpm)	Carga de trabalho físico
Carga/descarga	112,4	Moderadamente pesada
Limpeza	102,3	Moderadamente pesada
Carbonização	102,0	Moderadamente pesada
Vedação	95,0	Leve
Barrelamento	104,0	Moderadamente pesada
Expedição	100,0	Moderadamente pesada

Legenda: FCT – frequência cardíaca do trabalho – corresponde ao batimento cardíaco durante a jornada.

4.7. Estudo do tempo consumido nas operações da atividade de carbonização

A análise do tempo exigido para a realização da operação de cada operação separadamente na atividade estudada ao decorrer da jornada diária certificou-nos que a operação de carga consumiu 3 horas e 40 minutos, o que equivale a 3,66 horas; A operação de descarga consumiu 2 horas e 30 minutos, o que equivale a 2,50 horas;

Percebeu-se que a operação de descarga é a que consumiu menor tempo;

Também ficou evidenciado que a operação de limpeza consumiu 3 horas e 30 minutos, o que equivale a 3,50 horas; e a operação de vedação também consumiu 3 horas e 30 minutos, o que equivale a 3,50 horas de uma jornada total de 6,00 horas diárias.

4.8. Análise biomecânica

A análise biomecânica da atividade estudada foi realizada com a aplicação de um programa de computador desenvolvido pela Universidade de Michigan (USA), esse programa exigiu a medição através do congelamento de imagens, de todos os ângulos das articulações dos cotovelos, dos ombros, da coluna, dos quadris, dos joelhos e dos tornozelos. Além disso, para esta análise foi necessário o fornecimento da força aplicada e dos dados antropométricos de peso e altura da população estudada. O programa indicou a força de compressão no disco lombar 5 e sacro 1 (L5-S1) da coluna vertebral, a carga limite recomendada e a carga limite superior em cada articulação para uma carga que seja suportada pela maioria de indivíduos da população, 99 (%) para homens e 75 (%) para mulheres.

Uma força de compressão de até 3.426,3 N sobre o disco L5-S1 da coluna vertebral poderá ser tolerada, sendo esse o limite máximo, o qual corresponde a carga limite de compressão no disco (CLCD). O programa indicou também a carga limite de compressão superior no disco (CLCS), que é da ordem de 6.363,1 N. Os valores da CLCS iguais ou superiores podem causar sérios danos ao sistema osteomuscular, inclusive ruptura do disco intervertebral. Os valores entre 3.426,3 N e 6.363,1 N apresentam riscos para a saúde do trabalhador, devendo assim serem evitados.

Os resultados obtidos na análise biomecânica da operação de descarga na fase de enchimento da rede de carvão, nos relatou que a carga limite recomendada para as articulações do disco L5-S1 da coluna, do quadris, dos joelhos e tornozelos, não seria suportada pela maioria dos indivíduos da população, isto é, a porcentagem de capazes de indivíduos da população que suportaria essa carga foi abaixo do valor de 99,0 (%) da população. Observou-se também que poderia não haver risco de compressão do disco da coluna L5-S1 durante a fase de enchimento da rede de carvão na operação de descarga, pois o valor da carga imposta está abaixo do limite permitido.

Na operação de descarga na fase de levantamento da rede contendo carvão, notou-se que a carga limite recomendada para as articulações do quadris e tornozelos não seria suportada pela maioria dos indivíduos da população de operadores de fornos de carbonização do tipo Rabo-Quente, por

que o percentual de capazes foi abaixo do valor de 99,0 (%) de indivíduos da população. Podendo não haver risco de compressão do disco da coluna L5-S1 durante essa fase na operação de descarga por que o valor da carga imposta, que foi de 2.031,00 N, estava abaixo do valor estipulado pela carga limite de compressão do disco, que é de 3.426,3 N que é o limite permitido.

Na análise da operação de carga na fase de levantamento da tora, verificou-se que a carga imposta às articulações do disco L5-S1 97,0 (%) e do quadril 89,0 (%), não seria suportada pela maioria dos indivíduos da população, por que estes valores correspondentes à percentagem de indivíduos capazes da população foram abaixo de 99,0 (%) de indivíduos da população. Podendo haver risco de lesão no disco L5-S1 da coluna vertebral durante essa fase na operação de carga, pois o esforço imposto no mesmo é de 3.871,0 N, valor maior que 3.426,3 N, o qual corresponde à carga limite de compressão do disco que é o valor máximo permitido.

Através dos resultados encontrados na análise biomecânica de acordo com o modelo da Universidade de Michigan para predição de posturas e forças estáticas para a operação de carga na fase de remoção da tora, notou-se que o esforço imposto às articulações do ombro, dos cotovelos, do disco L5-S1, do quadril, e dos joelhos não seria suportado pela maioria dos indivíduos da população pois o percentual de capazes foi abaixo de 99,0 (%) de indivíduos da população e só a carga imposta ao tornozelo seria suportada pela maioria da população, pois o percentual de capazes é igual ou superior a 99,0 (%) de indivíduos da população.

Verificou-se que poderia haver risco de lesão do disco L5-S1 nessa fase durante a operação de carga, por que o valor encontrado foi de 3.635,0 N, valor que é superior ao valor da carga limite de compressão do disco que é de 3.426,3 N, magnitude que a maioria dos trabalhadores em perfeitas condições físicas ao trabalho suportaria sem houvesse danos a saúde dos mesmos.

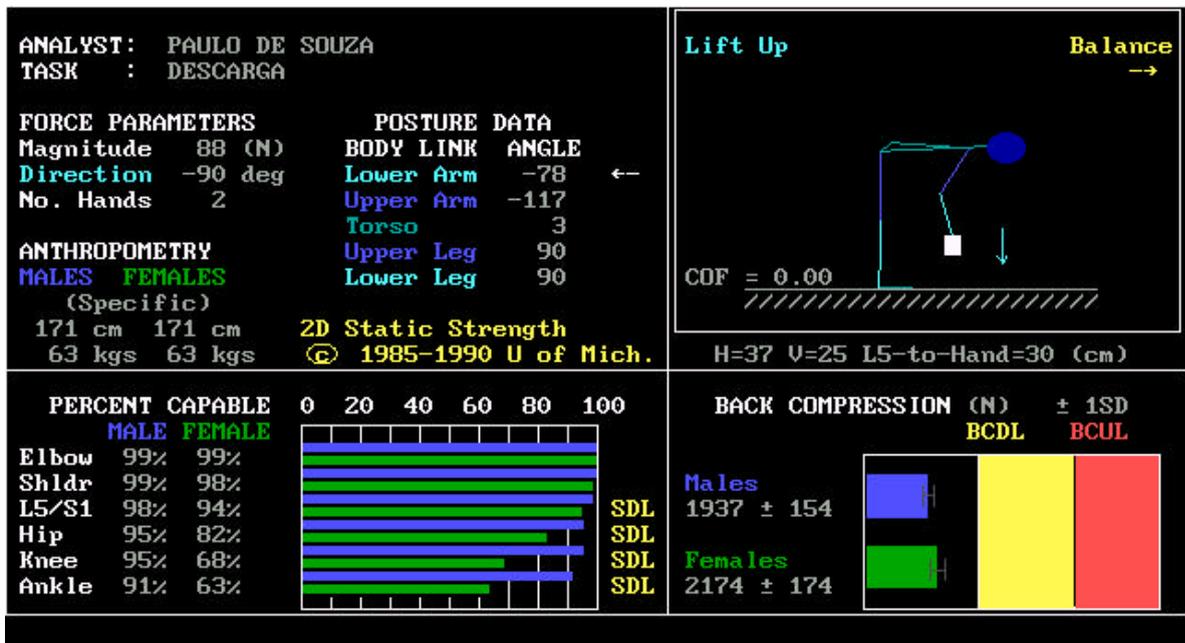


Figura 15 - Resultado da análise biomecânica da operação de descarga (fase de enchimento da rede)

5. CONCLUSÕES

- O estudo das condições de trabalho foi importante para essa pesquisa que proporcionou analisar as características geográfica-edafoclimáticas do local, o sistema de trabalho, a rotina diária e dados relacionados com o operador; pôde-se perceber que as condições eram adequadas para que o operador de fornos de carbonização desenvolva bem sua atividade laboral.
- O estudo das características do operador de fornos de carbonização proporcionou analisar o perfil do mesmo, observou-se que é um indivíduo jovem, mestiço, casado, com poucos dependentes financeiros, baixo nível de escolaridade, estatura média de 171,40 cm e média de peso corporal de 68,40 kg. Dos entrevistados, 20% disseram ser analfabetos; constatou-se origem predominantemente rural e religião católica.
- Registrou-se que os valores do índice de bulbo úmido – termômetro de globo (IBUTG) encontrados nos locais onde se desenvolveram as operações na atividade de carbonização estão dentro dos limites estipulados pela Legislação Brasileira (NR15 – anexo 3), www.mte.gov.br (2003). Constatou-se que no período em que se desenvolveu a pesquisa não houve registro de sobrecarga térmica no local onde se desenvolvia a atividade de carbonização.

- A análise da capacidade aeróbica através do batimento cardíaco proporcionou a avaliação das condições aeróbicas e capacidade física da população de operadores de fornos de carbonização do tipo rabo- quente. Essa análise é importante economicamente para a atividade de carbonização porque permite fazer uma previsão do dispêndio energético máximo da carga máxima de trabalho da atividade e da aptidão física da população de trabalhadores. Pelos resultados encontrados no teste do banco de Astrand, pôde-se concluir que o operador de fornos de carbonização do tipo rabo quente, possuía capacidade aeróbica adequada, e, conseqüentemente, estaria em boas condições de saúde e com boa capacidade física, estando apto a desenvolver suas funções.
- A partir dos resultados, pôde-se classificar que a atividade de carbonização é moderadamente pesada, pois a freqüência média da jornada foi de 111,6 bpm. O menor valor da capacidade cardiovascular foi encontrado para a operação de barrelamento (9,70%), e o maior valor, para as operações de carga/descarga (53,97%). Nestas últimas, há necessidade de repouso, calculado em 59,57 minutos por jornada. Pelos resultados encontrados nas análises e pela confrontação desses valores com a tabela do Ministério do Trabalho e Emprego (2003), que determina a carga máxima de trabalho físico com base na freqüência cardíaca durante a jornada de trabalho; pôde-se classificar que as operações na atividade de carbonização em relação à carga de trabalho físico como: carga e descarga - moderadamente pesadas; limpeza - moderadamente pesada; carbonização - moderadamente pesada; barrelamento e expedição - moderadamente pesadas; vedação – leve.
- Através da análise do tempo consumido em cada operação, foi possível calcular o tempo gasto pelos operadores de fornos de carbonização do tipo rabo-quente para executar cada operação. Essa análise é importante para essa pesquisa porque fornece subsídios necessários para melhora na organização do tempo e trabalho em uma bateria de

fornos de carbonização do tipo rabo-quente. Por meio da análise dos resultados encontrados nessa pesquisa, certificou-se que a operação de descarga é a que consumiu menor tempo, o que corresponde a 41,00% do tempo total da jornada; a operação de carga consumiu 60,00% do total; a operação de limpeza consumiu 60,00% do total; a operação de vedação consumiu 61,60% da jornada do dia, que é de 6 horas.

- A análise biomecânica nas operações de carbonização demonstrou-nos que na operação de descarga, na fase de enchimento da rede poderia não haver lesão no disco L5-S1, pois não haveria excesso de compressão neste, mas o limite de carga recomendado nas articulações disco da coluna, coxofemural, joelho e tornozelo não é suportado por 99% dos indivíduos. Na fase de levantamento da rede, não haveria risco de lesão L5-S1, pois, quanto à carga limite recomendada, apenas as cargas no coxofemural e tornozelo não seriam suportadas por 99% dos indivíduos. Na fase de transporte da rede, não foi detectado risco de lesão no disco L5-S1, e apenas a carga no joelho não seria suportada por 99% dos indivíduos. Demonstrou-nos também que na operação de carga, na fase de levantamento da tora, poderia haver risco de lesão no disco L5-S1, pois a carga ultrapassa o limite de compressão do disco, já que a carga encontrada foi de 3.589 N; nas articulações, a carga limite no disco lombar L5-S1 seria suportada por 97% dos indivíduos, e no coxofemural, por 89% dos mesmos. Na fase de deslocamento da tora, poderia haver risco de lesão no disco L5-S1, já que a carga encontrada foi de 3.394 N; a carga nas articulações não é recomendada para 99% dos indivíduos; isto é, a carga não seria suportada pela maioria dos indivíduos da população porque o percentual de capazes foi abaixo de 99% da população de trabalhadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. U. **Análise ergonômica das atividades de propagação vegetativa de *eucalyptus* spp.** Em viveiros –UFV. Viçosa MG. 2001, 94 p. Tese MS.

APUD, E. **Guidelines on ergonomics study in forestry.** Genebra: ILO, 1989. 241 p.

ASTRAND, P.; RODAHL, K. **Trabalho de fisiologia do exercício.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1987. 616 p.

ATLAS. **Manuais de legislação Atlas** – Ministério do Trabalho e Emprego (segurança e medicina do trabalho). São Paulo vol. 16 39º ed. Atlas 1998. 584 p. www.mte.gov.br. 2002.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos:** projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 635 p.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho.** O manual técnico da máquina humana. Vol 1. Belo Horizonte: Ergo Editora, 1995, 353 p.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho.** O manual técnico da máquina humana. Vol 2. Belo Horizonte: Ergo Editora, 1996, 383 p.

DUARTE, M. F. S. Avaliação da potência aeróbica. In: MATSUDO, V. K. R. **Testes em ciências do esporte.** São Caetano do Sul: Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física, 1982, p. 39-55.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática.** São Paulo: Edgard Blucher, 1995. 147 p.

HARSTELA, P. Introduction to ergonomics. In: Seminar on ergonomics applied to logging (1983: Dehra Dun, India). **Proceedings...** Helsinki, FTP/Finnida, 1987b, p. 39-62. 1998.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 1990. 465 p.

KANTOLA, M. **Manual de tecnologia apropriada às operações florestais em países em desenvolvimento**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1986.

LAMBERTS, R.; DUTRA L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores. 1997. 192 p.

MALINOVSKI, J. R. **Análise de tempos, movimentos e esforços físicos em algumas atividades de corte e extração de *eucalyptus grandis***. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1993. 134 p.

MARRI, A. OLIVEIRA, J. B. de. MENDES, M. G. GOMES, Paulo Aguinélio. 1982. **Manual de construção e operação de fornos de carbonização**. Fundo Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. Belo Horizonte, 55 p.

MINETTI, L. J. **Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra**. Viçosa, UFV, 1996. 211 p. (Tese D.S.).

REBELATTO, J. R.; COTEGIL, H. J.; ADAMS, N. L. Avaliação comparativa do modelo OWAS (Ovako Work Postures Analyses System) e modelo biomecânico em situações ocupacionais envolvendo movimentos de tronco e manuseio de cargas. In: Seminário Brasileiro de Ergonomia, 4, 1989, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABERGO/FGV, 1989, p. 375-386.

SANT'ANNA, C. M. **Análise de fatores ergonômicos no corte de eucalipto com motosserra em região montanhosa**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. 156 p. (Tese D.S.)

SICONOLFI, S. F.; GARBER, C. E.; LASATER, T. M.; CARLETON, R. A. A simple, valid step test for estimating maximal oxygen uptake in epidemiologic studies. **American Journal of Epidemiology** 121(3):382-390. 1985.

SOUZA, A. P. O uso de técnicas ergonômicas nas atividades de colheita de madeira. In: Congresso Florestal Panamericano, 1; Congresso Florestal Brasileiro, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993, p. 343-346.

STÖHR, G. W. D. Importância e aplicação do estudo do trabalho. In: Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal (2, 1978: Curitiba). **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1978, p. 49-66.

APÊNDICE

Quadro 1A - Lista de unidades

Lista de Unidades

cm – centímetro	kcal/min – quilocaloria por minuto
m – metro	N – Newton
m ² – metro quadrado	°C – grau centígrados
ml – mililitros	St – estéreos
l – litros	MDC – metros cúbicos de carvão
h – horas	St/MDC – estéreos de lenha por metro cúbico de carvão
kg – kilogramas	MDC/hxd – metros cúbicos de carvão por homem vezes dias
lbs – libras	MDC/f – metros cúbicos de carvão por forno
% - percentagem	
bpm – batimento por minuto	
l/m – litro por metro	
ml/kg/min – mililitro por quilograma por minuto	
l/min – litro por minuto	
Kcal – quilocaloria	

Quadro 2A - Lista de siglas

SO – solteiro	PI – primeiro grau incompleto	FCB – frequência cardíaca do banco
CA – casado	NH – nenhuma escolaridade	FCM – frequência cardíaca máxima
AM – outras relações	SI – segundo grau incompleto	FCT – frequência cardíaca do trabalho
CT – católico	OP – operador	CMO – consumo máximo de O ₂ em l/min
EG – evangélico	OPÇ – operação	CKO – consumo máximo de O ₂ ml/kg/min
OU – outras religiões	I – idade	MET – unidade metabólica basal
MP – mestiça	P – peso	QMO – consumo de O ₂ em kcal/min
BR – branca	E – estatura	DE – dispêndio energético
NG – negra	D – diâmetro	CMT – carga máxima de trabalho
RR – rural	A – altura	CCV – capacidade cardiovascular
UB – urbana	Ri – raio interno	CA – capacidade aeróbica
PP – Pirapora-MG	Tg – termômetro de bubo	CCL – capacidade cardiovascular limite
BT – Buritizero-MG	Tbs – termômetro de bubo seco	Tr – tempo de repouso
CT – Catulé-BA	Tbn – termômetro de bubo natural	HT – tempo de trabalho
CC – Cocos-BA	Tbu – termômetro natural de bubo úmido	Tj – tempo de joranda
SF – São Francisco-MG	ITE – índice de temperatura efetiva	CLR – carga limite recomendada
BG – Bom Jesus do Galho-MG	IBUTG – índice de bubo úmido e termômetro de globo	CLS – carga limite superior
SR – São Romão-MG	NR – norma regulamentadora	L5-S1 – disco da coluna vertebral lobar 5 e sacro 1
IR – Iramáia-BA	Lve – Latossolo vermelho	CLCD – carga limite de compressão do disco
PE – Pompeu-MG	Lvea – latossolo vermelho amarelo	CLCS – carga limite com pressão superior do disco
DS – Destro	O ₂ – oxigênio	
CH – canhoto	FCR – frequência cardíaca do repouso	

Quadro 3A - Lista de fórmulas

$$\text{IBUTG} = 0,7T_{bm} + 0,3 \text{ tg}$$

$$\text{IBUTG} = 0,7 T_{bm} + 0,1 T_{bs} + 0,2 \text{ tg}$$

$$\text{FCM} = 220 - \text{idade}$$

$$\text{VO}_2 \text{ trab} = (\text{H} \cdot \text{N} \cdot \text{Fd} \cdot \text{Fs}) + (\text{Fh} \cdot \text{N})$$

$$\text{CMO} = \text{VO}_2 \text{ trab} \cdot p/1000$$

$$\text{CKO} = \text{CMO} \cdot 1000/p$$

$$\text{DE} = \text{CMO} \cdot \text{QMO}$$

$$\text{QMO} = 5,05 \text{ cal/min}$$

$$\text{CMT} = \text{DE}/3$$

$$\text{CMT} = \text{CKO}/3$$

$$\text{CCV} = \text{FCT} - \text{FCR}/\text{FCM} - \text{FCR} \cdot 100$$

$$\text{CCL} = 0,40 \cdot (\text{FCM} - \text{FCR}) + \text{FCR}$$

$$\text{Tr} = \text{Ht} (\text{FCT} - \text{CCL}/\text{FCT} - \text{FCR})$$

$$\text{Ht} = \text{Tj} \cdot 60$$

$$\text{CMT} = \text{FCR} + 35$$

Lista de Fórmulas

Temperatura em ambientes internos sem carga solar

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg}$$

Temperatura em ambientes externos com carga solar

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2$$

Frequência Cardíaca Máxima

$$\text{FCM} = 220 - \text{Idade}$$

Consumo de O_2 no exercício do Banco de Astrand

$$\text{VO}_2 \text{ trab} = (\text{H} \cdot \text{N} \cdot \text{Fd} \cdot \text{Fs}) + (\text{Fh} \cdot \text{N})$$

Quadro 4A - Características geográfico-edafoclimáticas do ambiente de trabalho

Latitude	17°27'
Longitude	45°11'
Altitude	872 m
Solo	Lve/lvea silte-arenoso
Clima	Subequatorial seco
Relevo	Plano/chapadão
Vegetação	Cerrado
Vento	Leste-oeste
Temperatura média anual	23,4°C
Mês mais frio (média)	Julho - 20,4°C
Mês mais quente (média)	Fevereiro - 24,9°C
Índice pluviométrico	1.200 mm/ano
Precipitação média anual	1.045,4 mm/ano
Precipitação média	Dezembro - 249,8 mm
Precipitação média	Agosto - 0,4 mm
Estação chuvosa	Dezembro a março
Estação sem chuva	Abril a novembro

Quadro 5A - Horário de cada atividade realizada ao longo da rotina diária pelo operador de fornos de carbonização do tipo Rabo-Quente; com base nas informações obtidas a partir do acompanhamento diária e de entrevista direta.

Atividade	Horário (h)
1. Despertar	5:00
2. Café da manhã	5:30
3. Saída de casa	5:45
4. Embarque ônibus	6:00
5. Lanche da manhã	6:45
6. Início da jornada	7:00
7. Pausa para almoço	13:00
8. Final da jornada	14:00
9. Pausa para embarque	14:15
10. Embarque ônibus	15:00
11. Desembarque	15:40
12. Retorno em casa	15:55
13. Lanche da tarde	16:30
14. Jantar	19:00
15. Descanso	22:00

Quadro 6A - Características técnicas do sistema de carbonização

Número de fornos	315
Arranjo	5 fileiras com 63 fornos 1,2 m entre fornos 30,0 m entre fileiras Box - 1,20 m x 400 m Pátio - 27,5 m x 400 m Área total - 73.850 m ² (175 x 422 m) Praça de lenha - 10,0 m x 50 m (500 m ²)
Produção mensal	6.732,0 MDC
Consumo mensal de lenha	12.500 St
Rendimento volumétrico	1,8 x 1 (St/MDC)
Teor de carbono fixo	78,0%
Número de trabalhadores	31
Produção	10 MDC x h x d
Duração do ciclo de carbonização	12 dias (1 carga/descarga, 5 carbonizando, 6 esfriando) (13 abertura)
Descrição do forno	Tipo - rabo quente Dimensões – D = 3,8 m, H = 2,5, R ₁ = 1,70 m Produção - 9,5 MDC/forno Conversão - 1,8 MDC (volumétrica)
Tipo de lenha	Lenha era própria Espécie - Pinus Idade do plantio (corte) - 32 anos Comprimento de lenha - 1,2 m Diâmetro médio - entre 0,16 m e 0,40 m
Finalidade do carvão	Metalurgia - silício metálico
Ferramentas	Garfo, pá, raspel, balde, porrete, enxada, rede, carrinho, João-de-Barro
Equipamentos de proteção individual	Capacete, luva, máscara, botina, calça, camisa, cinto de segurança, capa de chuva

Quadro 7A - Valores encontrados para os dados referentes da experiência profissional dos operadores de fornos de carbonização, obtidos a partir de entrevista direta

Operador	Tempo que trabalha com carbonização (anos)	Tempo de sindicalização (anos)	Treinamento (dias)	Idade em que ingressou no 1.º trabalho (anos)	Tempo de trabalho em outra empresa (anos)	Tempo de trabalho nessa empresa (anos)
1	2	7	2	9	5	2
2	10	6	2	13	4	2
3	21	9	4	8	6	3
4	0,5	12	0	7	12	0,5
5	0,5	4	0	14	3,5	0,5
6	13	9	0	12	6,5	2,5
7	6	1	0	13	10	0,1
8	7,5	7	1	16	6,5	1
9	2	2	3	10	8	2,5
10	35	7	0	8	5	3
11	8	9	0	16	8,5	2
12	0,5	1	0	14	2	0,5
13	25	23	2	12	30	2,5
14	2	2	0	15	3	2
15	20	1	0	12	15	1
16	25	15	2	12	4	1
17	7	7	3	13	9,5	2
18	10	12	0	20	9	1
19	20	18	4	8	2,5	2
20	1	1	2	19	0	1,6
Média	10,8	7,65	1,25	12,55	7,5	1,64

Quadro 8A - Características profissionais do operador de fornos de carbonização do tipo rabo quente

Dados profissionais	Percentagem da amostra
Passou por treinamento na admissão	45
Precisa de treinamento atualmente	55
Experiência anterior na atividade de carbonização	40
Experiência anterior na atividade florestal	80
Experiência anterior em outra atividade	95
Escolheu a profissão pelo salário melhor	40
Escolheu a profissão por falta de oportunidade	90
Deseja mudar de profissão	50

Quadro 9A - Experiência de trabalho anterior em atividade florestal, do operador de fornos de carbonização do tipo rabo quente

Atividade	Percentagem da amostra
Implantação	20
Tratos culturais	30
Proteção	10
Colheita	15
Transporte	20

Quadro 10A - Experiência de trabalho anterior em outra atividade, do operador de fornos de carbonização do tipo rabo quente

Atividade	Percentagem da amostra
Agrícola	30
Siderúrgica	20
Metalúrgica	15
Transporte	20
Construção civil	10

Quadro 11A - Percentual de operadores que na época da pesquisa sentiam alguma dor no copo. Dados obtidos a partir de entrevista direta

Dados de saúde dos operadores	Percentagem da amostra
Sentiam dores em alguma parte do corpo	40
Sentiam dores na coluna	25
Sentiam muito cansaço físico após a jornada	30
Sentiam dores Cabeça	5
Sentiam dores nos Braços	5
Sentiam dores nas Pernas	5
Outras partes	5

Quadro 12A - Dados referentes à análise para hábitos e costumes do operador de fornos de carbonização do tipo Rabo-Quente. Informações obtidas através da entrevista direta

Operador	Café consumido durante a jornada (nº de vezes)	Água consumida durante a jornada (litros)	Repouso diário (horas)	Consumo diário de cigarro (unidade)	Consumo de bebida alcoólica durante a semana (nº de vezes)
1	3	3	6	20	3
2	4	3	6	0	0
3	2	3	8	0	0
4	3	4	7	0	0
5	4	3	7	6	2
6	3	4	7	0	0
7	1	3	7	4	3
8	0	4	6	0	0
9	2	3	7	0	0
10	4	3	6	12	0
11	5	5	8	0	0
12	4	4	8	0	0
13	5	5	5	6	0
14	0	3	7	0	0
15	3	3	8	0	0
16	2	5	6	0	0
17	3	5	6	0	0
18	4	4	9	0	0
19	6	3	7	0	4
20	3	5	7	0	3
Média	3,05	3,75	6,9	2,1	0,75

Quadro 13A - Hábitos e costumes do operador de fornos de carbonização do tipo rabo quente - consumo de água, café, bebida alcóolica e cigarro

Substância/produto consumido	Porcentagem da amostra
Água durante a jornada	100
Café durante a jornada	85
Bebida durante a semana	35
Cigarro durante o dia	25

Quadro 14A - Características econômicas do operador de fornos de carbonização do tipo rabo quente

Eletrodomésticos	Nº de indivíduos que possuem	Preço unitário (R\$)
Geladeira	16	840,00
Televisão	12	620,00
Som aparelho	16	700,00
Liquidificador	15	45,00
Ferro elétrico	14	35,00
Tanquinho	7	220,00
Rádio	5	210,00
Telefone	5	100,00
Ventilador	3	40,00
Vídeo	2	500,00
Máquina de lavar	1	1.000,00
Batedeira	2	80,00

Quadro 15 A - Características pessoais do operador de fornos de carbonização do tipo rabo quente, informações obtidas a partir de entrevista direta e medições.

Operador	Idade	Estatura	Peso	Nº de filhos	Nº de dependentes	Nº de eletrodomésticos
1	44	177,0	70,5	3	4	4
2	33	168,0	72,3	2	4	5
3	33	162,0	63,5	5	6	2
4	29	165,0	58,0	2	3	4
5	23	171,0	59,6	0	0	8
6	28	163,0	60,7	3	4	5
7	24	177,0	67,4	0	2	3
8	32	187,0	78,0	3	4	5
9	29	172,0	64,8	3	4	4
10	43	171,0	60,2	3	5	3
11	25	175,0	68,0	1	2	7
12	23	173,0	73,0	0	0	5
13	52	175,0	58,5	7	8	7
14	21	180,0	86,0	1	2	3
15	34	165,0	64,8	4	5	5
16	37	180,0	71,2	1	2	6
17	27	166,0	65,5	1	2	2
18	45	170,0	85,4	7	6	6
19	37	157,0	67,8	3	4	6
20	23	174,0	67,5	0	0	10
Média	32	171,4	68,4	2,45	3,35	5

Quadro 16A - Características dos operadores de fornos de carbonização do tipo rabo quente: estado civil, religião, cor, origem, naturalidade, lateralidade e escolaridade

Operador	Estado civil	Religião	Cor	Origem	Naturalidade	Lateralidade	Escolaridade	
1	AR	SO	CT	MP	RR	PP	DS	PI
2	AM	CA	CT	BR	RR	BT	DS	PI
3	AR	AM	CT	MP	RR	CC	DS	PI
4	EF	AM	EG	MP	UB	PP	DS	PI
5	EP	SO	CT	MP	UB	PP	CH	PI
6	ER	CA	EG	MP	RR	BT	DS	PI
7	ES	SO	OU	MP	UB	PP	DS	PI
8	FG	CA	EG	BR	RR	SF	DS	PI
9	GS	CA	EG	MP	RR	BT	DS	PI
10	GL	SO	CT	MP	RR	BG	DS	NH
11	GR	CA	CT	NG	UB	BT	DS	PI
12	MR	SO	CT	BR	UB	SR	DS	PI
13	JG	AM	CT	NG	UB	PP	DS	PI
14	JS	CA	EG	MP	UB	PP	DS	PI
15	LR	CA	EG	MP	RR	CT	DS	NH
16	JM	CA	EG	MP	RR	SF	DS	NH
17	MS	CA	EG	MP	RR	BT	DS	PI
18	OS	AM	CT	BR	RR	IR	DS	NH
19	RD	CA	CT	BR	RR	PE	DS	PI
20	WS	SO	CT	MP	UB	PP	DS	SI

Quadro 17A - Formulário para coleta de dados. Capacidade aeróbica – teste de Banco de Astrand

Local:	Data:	Hora:
Operação:	Operador:	Altura:
Idade:	Peso:	Obs.:
Clima:	Temperatura ambiente:	

Tempo	Frequência Cardíaca	Observações
Repouso		
1 min		
2 min		
3 min		
4 min		
5 min		

Consumo de O₂ no trabalho de banco:
 Valor da capacidade aeróbica sem correção:
 Fator de correção para idade – Tabela:

Resultados Finais

Capacidade aeróbica (captação máxima de O₂):
 Capacidade aeróbica (captação máx. de O₂ por kg):
 Dispendio energético máximo (captação máx. de O₂ x 5.05):
 Possibilidade de aumento do metabolismo (mets):
 Carga máxima de trabalho (1/3 dos Disp. Energ. ou 1/3 da cap. aeróbica):

Tabela de dados

18,00 - 1,05	28,00 - 0,96	38,00 - 0,87	48,00 - 0,78
19,00 - 1,04	28,00 - 0,95	39,00 - 0,86	49,00 - 0,77
20,00 - 1,03	30,00 - 0,94	40,00 - 0,83	50,00 - 0,75
21,00 - 1,02	31,00 - 0,93	41,00 - 0,83	51,00 - 0,75
22,00 - 1,01	32,00 - 0,92	42,00 - 0,83	52,00 - 0,74
23,00 - 1	33,00 - 0,91	43,00 - 0,82	53,00 - 0,73
24,00 - 1	34,00 - 0,90	44,00 - 0,81	54,00 - 0,72
25,00 - 1	35,00 - 0,87	45,00 - 0,71	55,00 - 0,71
26,00 - 0,98	36,00 - 0,87	46,00 - 0,78	56,00 - 0,70
27,00 - 0,97	37,00 - 0,87	47,00 - 0,78	57,00 - 0,69

Quadro 18 A - Valores médios encontrados para capacidade cardiovascular durante a jornada de trabalho, obtidos a partir do batimento cardíaco em cada operação da atividade de carbonização

Operação	FCR (bpm)	FCT (bpm)	FCM (bpm)	CCV (%)	FCL (bpm)	Tr (min)
Carga-descarga	69,9	112,4	104,3	44,5	91,7	59,57
Limpeza	73,0	102,3	108,0	26,0	118,8	
Carbonização	81,5	102,0	176,3	20,9	119,4	
Vedação	64,0	95,0	187,0	27,9	108,4	
Barrelamento	94,0	104,0	175,0	9,7	124,2	
Expedição	82,0	100,0	197,0	15,1	124,0	

Legendas: FCR – frequência cardíaca do repouso (bpm); FCT – frequência cardíaca do trabalho (bpm); FCM – frequência cardíaca máxima (bpm); CCV – capacidade cardiovascular (%); FCL – frequência cardiovascular limite (bpm); Tr – tempo de repouso (min).

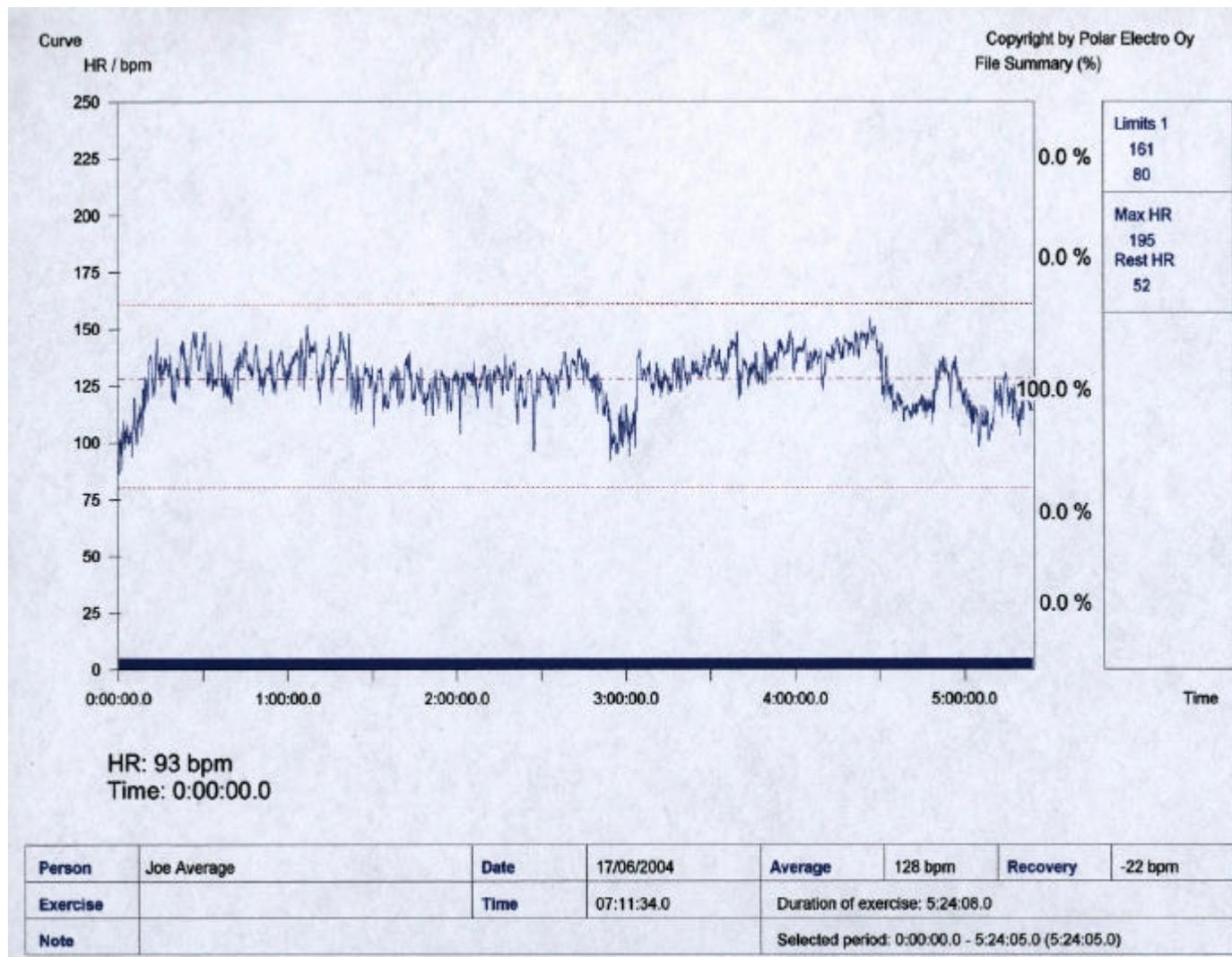


Figura 1A - Gráfico correspondente ao batimento cardíaco durante a jornada de trabalho do operador de fornos de carbonização do tipo rabo-quente para a operação de carga-descarga, obtido com o auxílio do sistema Polar Eletro Oy da Finlândia.

Quadro 19 A - Tempo consumido para a execução da operação de carga-descarga

Operador	Tempo consumido na operação de descarga (horas e minutos)	Tempo consumido na operação de carga (horas e minutos)
1	2:30	2:55
2	2:25	3:35
3	2:50	3:05
4	2:35	3:30
5	2:30	4:05
6	3:15	4:00
Média	2:30	3:40

Quadro 20 A - Interpretação da figura do resultado da análise biomecânica

Janela 2	Janela 1
Janela 3	Janela 4

Legendas:

Janela 1 - Modelo esquemático do corpo humano

- Esquema da postura; peso das mãos; direção da força.
- H = distância horizontal entre a carga e a coluna vertebral
- V = distância vertical do peso até a posição das mãos
- To hand = distância horizontal do disco L₅-S₁ até a posição das mãos

Janela 2 - Dados da operação analisada

- Parâmetros da força: magnitude, direção e número de mãos
- Dados da postura: articulações do corpo (antebraço, braço, tronco, coxa, perna), ângulo das articulações com a horizontal.
- Dados antropométricos: altura e peso para homens e mulheres.

Janela 3 - Percentagem de capazes

- percentagem de pessoas capazes de suportar a carga de acordo com as articulações (cotovelo, ombro, disco L₅-S₁, coxofemorais, joelho e tornozelo.

SDL = carga limite recomendada (CLR)

SUL = carga limite superior (CLS)

Janela 4 - Compressão no disco L₅-S₁ da coluna

BCDL = carga limite de compressão do disco L₅-S₁ (CLCD), equivalente a 3426,3 N.

BCUL = carga limite de compressão superior do disco L₅-S₁ (CLCS), equivalente a 6363,1 N.

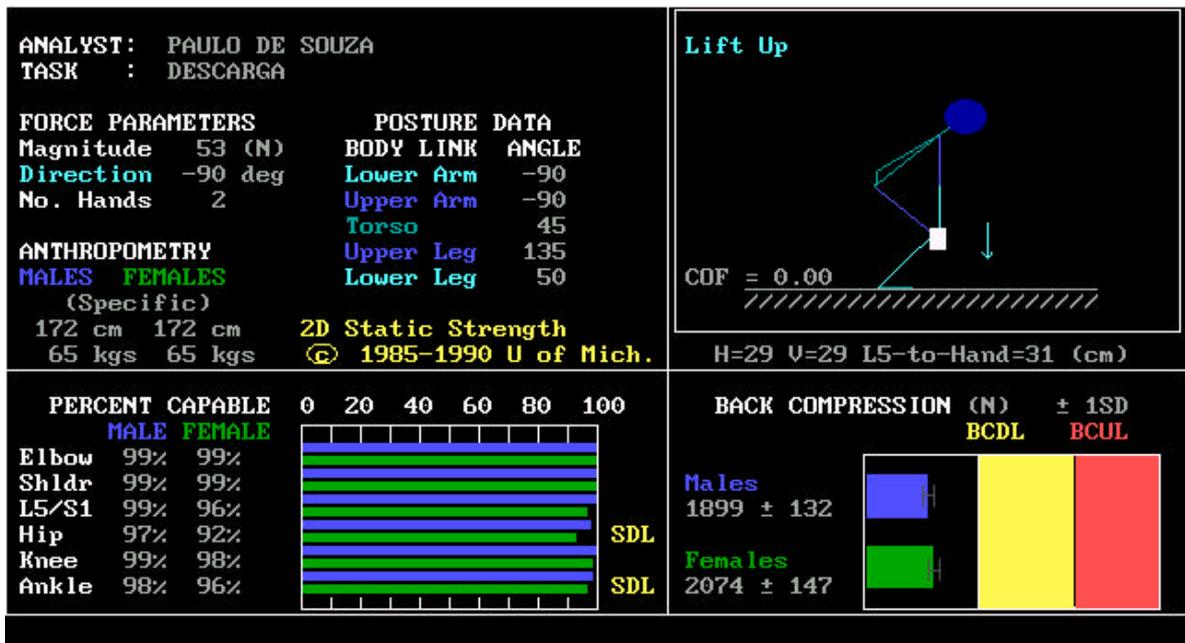


Figura 2A - Quadro explicativo para a análise biomecânica da operação de descarga (fase de levantamento da rede)

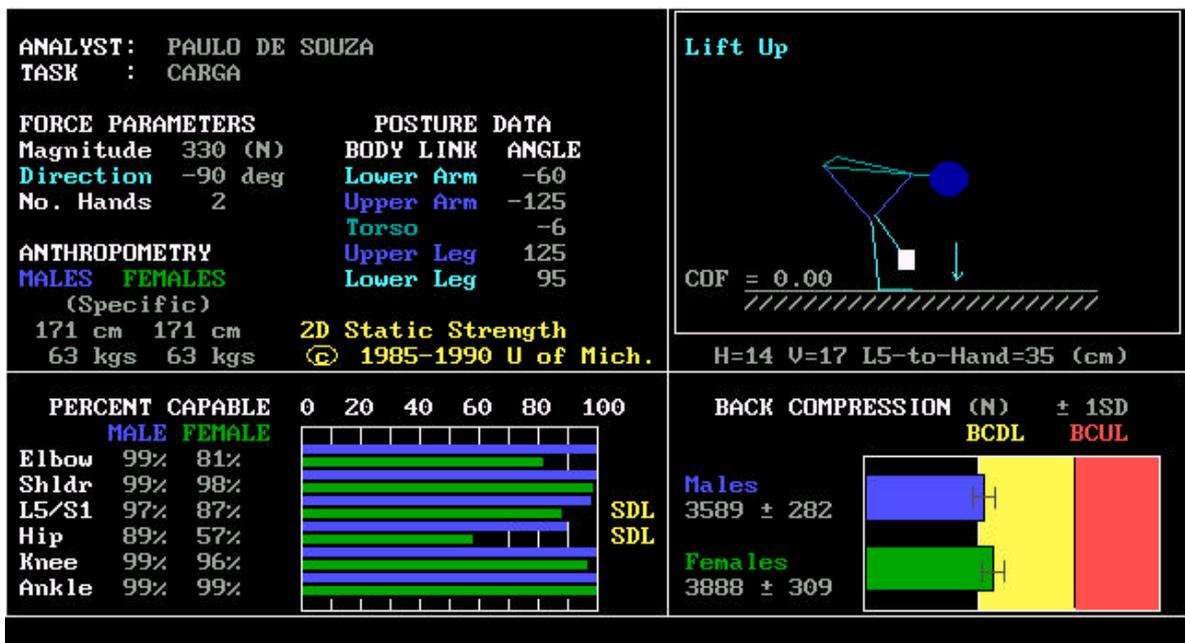


Figura 3A - Quadro explicativo para a análise biomecânica da operação de carga (fase de levantamento da tora)

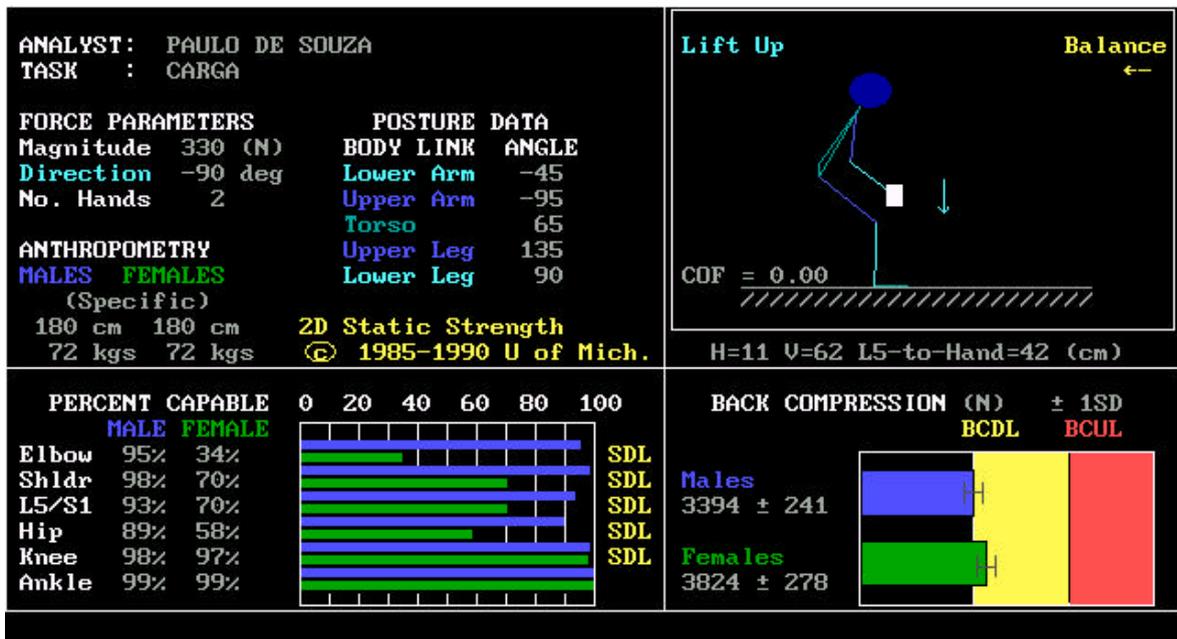


Figura 4A - Quadro explicativo para a análise biomecânica da operação de carga (fase de remoção da tora)