

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**AVALIAÇÃO DOS FATORES ERGONÔMICOS E  
AMBIENTAIS EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO DE  
CARVÃO VEGETAL EM VAZANTE, MG**

**CLARISSA MELO LIMA**

**ORIENTADOR: REGINALDO SÉRGIO PEREIRA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL. DM – 213/2013**

**BRASÍLIA/DF: MAIO – 2013**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**CLARISSA MELO LIMA**

**AVALIAÇÃO DOS FATORES ERGONÔMICOS E AMBIENTAIS EM UMA  
UNIDADE DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM VAZANTE, MG**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

**APROVADA POR:**



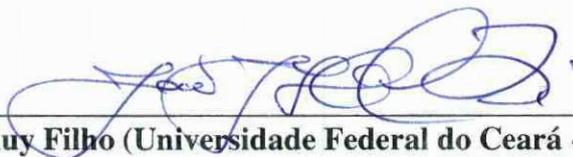
---

**Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);  
(Orientador)**



---

**Prof. Dr. Álvaro Nogueira de Souza (Departamento de Engenharia Florestal,  
UnB);  
(Examinador interno)**



---

**Prof. Dr. João José Hiluy Filho (Universidade Federal do Ceará - UFC);  
(Examinador externo)**

---

**Prof. Dr. Mauro Eloi Nappo (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);  
(Examinador suplente)**

**Brasília, 17 de Maio de 2013**

## FICHA CATALOGRÁFICA

LIMA, CLARISSA MELO

Avaliação dos fatores ergonômicos e ambientais em uma unidade de produção de carvão vegetal em Vazante, MG. xvii, 113 p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Manejo Florestal

2. Fatores ergonômicos

3. Agentes ambientais

4. Carvão Vegetal

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, C. M. (2013). Avaliação dos fatores ergonômicos e ambientais em uma unidade de produção de carvão vegetal em Vazante, MG. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Publicação PPGEFL.DM-213/2013, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 100p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Clarissa Melo Lima.

TÍTULO: Avaliação dos fatores ergonômicos e ambientais em uma unidade de produção de carvão vegetal em Vazante, MG.

GRAU: Mestre ANO: 2013

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Clarissa Melo Lima  
SQN 314 Bloco C apt. 111, Asa Norte.  
70.767-030 Brasília – DF – Brasil.

## DEDICATÓRIA

Dedico, com todo meu amor, este mestrado A DEUS: razão de minha existência;

Aos meus pais, Maria do Socorro Alves Lima e João Batista Melo Lima, pelo estímulo e dedicação ao estudo, sobretudo, com ênfase em almejar sempre um grau maior de sabedoria e cultura.

Mamãe e Papai:

– Tudo em minha. Muito obrigada por intercederem incessantemente a Deus, por mim, em suas orações. Eu amo vocês. Minha eterna gratidão;

Ao meu marido, Tito, pelo apoio, pelas valiosas contribuições e pelo carinho que sempre me dedicou, tornando nossa convivência um lar pleno de amor, paz, compreensão e alegria;

Às minhas irmãs: Diana, Joana e Rayssa, pela amizade incondicional e pelo companheirismo em toda trajetória de preparação dessa nova fase de vida;

À minha saudosa Mãe Bia; e

Ao Divino Espírito Santo, que me concebeu a graça de ser filha primogênita, conduzindo-me sempre pelo caminho da responsabilidade, da determinação e da confiança em todos os momentos da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Reginaldo, pela orientação desta dissertação, pelo profissionalismo, ensinamentos e incentivo durante todo o percurso da realização deste trabalho.

Ao Professor Álvaro, pelo profissionalismo e comentários importantes para melhoria deste estudo.

Ao Professor João Hiluy, pelas contribuições, exemplo de pessoa benevolente e de relevante atuação no âmbito acadêmico como pesquisador e como professor.

À Universidade de Brasília e ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do curso.

Aos funcionários do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, em especial ao Francisco e ao Pedro, pelo atendimento de qualidade nas questões administrativas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

À Unidade de Produção estudada e aos seus colaboradores, por terem me proporcionado boas condições para a realização deste trabalho.

Aos Professores: Joaquim, Anderson, Ildeu, Ailton, Alexandre Fonseca, pelos ensinamentos e dúvidas dirimidas, que contribuíram para a concretização deste trabalho.

Aos colegas dos departamentos: de Engenharia Florestal da UnB, de Engenharia Química da UFC, de Engenharia Elétrica da UFC e de Educação Física da UnB.

A todos que colaboraram para a efetivação deste trabalho, meu afetuoso agradecimento.

## MENSAGEM

Caro leitor,

Esse trabalho é por excelência uma contribuição científica no tocante aos recursos de prevenção e sustentabilidade da vida planetária. Seu referencial maior é proporcionar condições adequadas ao homem dando-lhes suporte estrutural de convivência em locais hostis ou de difícil acessibilidade, haja vista que as limitações físicas e psíquicas são fatores associados à própria condição humana.

O resultado esperado é que o homem possa escrever sua história com uma trajetória de vida mais dignificante e menos insalubre de forma harmoniosa com a natureza.

Vale ressaltar que a primazia desse estudo é fazer que o homem possa repensar suas ações, mediante um mundo que só tem sentido se for para abrigá-lo, fora desse universo nada existe, as coisas estariam aí por estar. Tudo que existe é para o homem e pelo homem. Nada mais justo que reconhecer à necessária, urgente e indispensável recuperação e valorização do meio ambiente uma vez que são fatores recíprocos que só favorecem ao homem uma qualidade de vida melhor; beneficiando principalmente o trabalho humano.

Sendo assim, tornar-se-á relevante o engajamento desse trabalho como uma alerta para beneficiar a relação do homem com o meio ambiente, inserindo um futuro sustentável tanto para o ser humano quanto para a natureza.

Indubitavelmente a construção de um mundo melhor.

Maria do Socorro Alves Lima

Mestre em Filosofia pela Universidade Federal do Ceará.

## RESUMO

### **AVALIAÇÃO DOS FATORES ERGONÔMICOS E AMBIENTAIS EM UMA UNIDADE DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM VAZANTE, MG**

**Autora: Clarissa Melo Lima**

**Orientador: Reginaldo Sérgio Pereira**

**Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal**

**Brasília, maio de 2013.**

Este trabalho avaliou os aspectos ergonômicos e ambientais do sistema de produção do carvão vegetal oriundo de espécies do gênero botânico *Eucalyptus* de florestas plantadas. A pesquisa científica realizou-se na Fazenda Bom Sucesso em unidade florestal de uma Siderurgia, situado no município de Vazante, no Estado de Minas Gerais. O estudo desenvolveu-se com análises das atividades florestais exercidas no viveiro, na silvicultura, na colheita e na unidade de produção de carvão.

Sob o ponto de vista ergonômico, foram realizadas medições antropométricas dos trabalhadores, encontradas as taxas de metabolismo das atividades e feito o levantamento do perfil socioeconômico da população analisada. Sob a ótica dos fatores ambientais foram analisados os riscos provocados pelos agentes físicos, químicos e biológicos a que os trabalhadores estão expostos.

Os resultados obtidos confirmaram a relevância da avaliação ergonômica no ambiente de trabalho. O conhecimento do perfil socioeconômico dos trabalhadores auxiliou o entendimento das suas cognições acerca do ambiente de trabalho. O levantamento antropométrico realizado pode servir de referência para possíveis adaptações em edifícios, máquinas e ferramentas com o objetivo de aumentar o conforto dos trabalhadores. O conhecimento das taxas de metabolismo das atividades referenciadas pode servir, entre outros, para o acompanhamento nutricional dos indivíduos.

Comprovou-se que os trabalhadores florestais estão submetidos a determinados riscos provocados por agentes físicos e, principalmente, constatada a presença dos riscos oriundos de agentes químicos, como os gases. Tais riscos podem ser prejudiciais à saúde dos indivíduos. Para mitigação desses problemas, foram sugeridas ações objetivas a serem tomadas pela empresa.

## **ABSTRACT**

### **ERGONOMIC AND ENVIRONMENTAL EVALUATION FACTORS IN A PRODUCTION UNIT OF VEGETAL COAL IN VAZANTE, MG**

**Author: Clarissa Melo Lima**

**Advisor: Reginaldo Sérgio Pereira**

**Post Graduate Program in Forest Engineering**

**Brasilia, April 2013.**

This study evaluated the ergonomic and environmental aspects of the production system of charcoal from species of the botanical genus *Eucalyptus* of planted forests. The scientific research happened in the Fazenda Bom Sucesso in a forestry unit of a steel mill, situated in the municipality of Vazante in the state of Minas Gerais. The study was carried out with analysis of forestry activities carried out in the nursery, in forestry, in harvesting and charcoal production unit.

Under the ergonomics perspective, were made anthropometric measurements of workers, found the rates of metabolism of activities and made a survey of the socioeconomic profile of the population analyzed. From the viewpoint of environmental factors were analyzed risks caused by physical, chemical and biological agents to which workers are exposed.

The results confirmed the importance of ergonomic assessment in the workplace. Knowledge of the socioeconomic profile of workers aid the understanding of their cognitions, about the workplace. The anthropometric survey conducted may serve as a reference for possible adaptations in buildings, machinery and tools in order to increase the comfort of the workers. Knowledge of the rate of metabolism of the activities referenced can serve, among others, to nutritional counseling of individuals.

Proved that the forestry workers are subject to certain risks arising from physical agents and particularly showed the presence of risks arising from chemical agents such as gases. Such risks can be harmful the health of the individuals. To mitigate the problems were suggested objective actions to be taken by the company.

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1. Importância e caracterização do problema .....                               | 1         |
| 1.2. Objetivos .....  | 2         |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>   | <b>4</b>  |
| 2.1 Ergonomia.....  | 4         |
| 2.2 Avaliação do perfil socioeconômico do trabalhador .....                       | 6         |
| 2.3 Avaliação antropométrica .....  | 7         |
| 2.4 Metabolismo das atividades realizadas .....                                   | 9         |
| 2.5 Avaliação dos fatores ambientais .....  | 11        |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>   | <b>23</b> |
| 3.1 Caracterização do local de estudo .....                                       | 23        |
| 3.2. Caracterização das atividades desenvolvidas na produção do carvão vegetal .. | 23        |
| 3.3. População e amostragem.....  | 32        |
| 3.4 Coleta de dados .....   | 35        |
| 3.4.1 Perfil socioeconômico dos trabalhadores .....                               | 35        |
| 3.4.2 Avaliação Antropométrica.....   | 35        |
| 3.4.3 Metabolismo das atividades realizadas.....                                  | 36        |
| 3.4.4 Fatores ambientais .....  | 37        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>  | <b>40</b> |
| 4.1 Avaliação do perfil socioeconômico do trabalhador.....                        | 40        |
| 4.2 Avaliação antropométrica .....  | 52        |
| 4.3 Índice de Massa Corpórea (IMC).....   | 55        |
| 4.4 Metabolismo das atividades realizadas .....                                   | 56        |
| 4.5 Avaliação dos fatores ambientais.....   | 58        |
| 4.5.1 Exposição dos trabalhadores aos gases e fumaça.....                         | 58        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.5.2     | Avaliação da temperatura no ambiente de trabalho.....   | 69        |
| 4.5.3     | Níveis de iluminância nos postos de trabalho .....  | 72        |
| 4.5.4     | Níveis de ruído no ambiente de trabalho .....   | 77        |
| <b>5.</b> | <b>CONCLUSÕES .....</b>   | <b>81</b> |
| <b>6.</b> | <b>RECOMENDAÇÕES .....</b>  | <b>84</b> |
| <b>7.</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>86</b> |
|           | <b>ANEXOS .....</b>   | <b>95</b> |
| I.        | Fac-símile do questionário de entrevista aplicada aos trabalhadores e levantamento antropométrico ..... | 95        |
| II.       | Tabela de conversão das temperaturas de bulbo úmido e seco em função da umidade relativa do ar. ....    | 97        |
| III.      | Principais equipamentos de medições utilizados .....  | 98        |
| IV.       | Relação entre os gases encontrados .....  | 99        |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 2.1</b> - Classificação do IMC .....  | 9  |
| <b>Tabela 2.2</b> - Classificação de atividades segundo a NR 15 .....                                       | 10 |
| <b>Tabela 2.3</b> - Divisão dos riscos ambientais capazes de caracterizar um ambiente insalubre ..          | 12 |
| <b>Tabela 2.4</b> - Relação entre teor de CO do ar e a formação de Carboxihemoglobina (COHb) no sangue..... | 16 |
| <b>Tabela 2.5</b> - Efeito do Sulfeto de Hidrogênio nos Seres Humanos. ....                                 | 17 |
| <b>Tabela 2.6</b> - Limites de Tolerância de gases em dispersão .....                                       | 18 |
| <b>Tabela 2.7</b> - Fatores de reflexão das diversas cores (reflectância) .....                             | 21 |
| <b>Tabela 3.1</b> - Descrição das atividade e ferramentas utilizadas na área de fornos retangulares         | 31 |
| <b>Tabela 3.2</b> - Quantidade mínima de pontos a serem medidos .....                                       | 33 |
| <b>Tabela 3.3</b> - Amostras e erros amostrais máximos por tipo de análise .....                            | 34 |
| <b>Tabela 3.4</b> - Descrição das variáveis antropométricas avaliadas.....                                  | 36 |
| <b>Tabela 4.1</b> - Distribuição da faixa etária e por sexo .....   | 40 |
| <b>Tabela 4.2</b> - Média das variáveis pesquisadas junto aos trabalhadores .....                           | 40 |
| <b>Tabela 4.3</b> - Valores percentuais de variáveis analisadas.....  | 42 |
| <b>Tabela 4.4</b> - Quantitativo de refeições por trabalhador .....   | 43 |
| <b>Tabela 4.5</b> - Dores corporais relatadas por área .....  | 44 |
| <b>Tabela 4.6</b> - Acidentes ocorridos por área .....  | 45 |
| <b>Tabela 4.7</b> - Máquinas mais perigosas para os trabalhadores da colheita .....                         | 45 |
| <b>Tabela 4.8</b> - Máquinas mais perigosas para os trabalhadores da silvicultura.....                      | 46 |
| <b>Tabela 4.9</b> - Máquinas ou atividades mais perigosas para os trabalhadores da UPC.....                 | 46 |
| <b>Tabela 4.10</b> - Percepção dos trabalhadores quanto aos fatores ambientais .....                        | 48 |
| <b>Tabela 4.11</b> - Percepção dos trabalhadores quanto à importância dos EPIs.....                         | 49 |
| <b>Tabela 4.12</b> - Percepção dos trabalhadores quanto ao conforto dos EPIs .....                          | 49 |
| <b>Tabela 4.13</b> - Sugestões apresentadas pelos trabalhadores da UPC .....                                | 50 |
| <b>Tabela 4.14</b> - Sugestões apresentadas pelos trabalhadores da Colheita .....                           | 50 |
| <b>Tabela 4.15</b> - Sugestões apresentadas pelos trabalhadores da Silvicultura .....                       | 51 |
| <b>Tabela 4.16</b> - Sugestões apresentadas pelos trabalhadores do Viveiro .....                            | 51 |
| <b>Tabela 4.17</b> - Dados estatísticos descritivos das medidas verticais dos trabalhadores.....            | 52 |
| <b>Tabela 4.18</b> - Dados estatísticos descritivos das demais medidas dos trabalhadores.....               | 53 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabela 4.19</b> - Aplicações possíveis das medidas obtidas considerando 95% da população aferida .....                             | 54 |
| <b>Tabela 4.20</b> - Distribuição dos trabalhadores quanto ao peso .....  | 55 |
| <b>Tabela 4.21</b> - Análise Estatística das Taxas de Reserva Cardíaca Percentual.....  | 56 |
| <b>Tabela 4.22</b> - Resultados detalhados das taxa de metabolismo e classificação segundo NR 15. ....                                | 57 |
| <b>Tabela 4.23</b> - Resultados médios das taxas de metabolismo e classificação segundo NR 15.  | 58 |
| <b>Tabela 4.24</b> - Máquinas e veículos analisados .....   | 61 |
| <b>Tabela 4.25</b> - Resultados das medições em máquinas e veículos analisados .....  | 62 |
| <b>Tabela 4.26</b> - Descrição estatística das emissões atmosféricas de monóxido de carbono e de oxigênio presentes no ar da UPC..... | 63 |
| <b>Tabela 4.27</b> - Gases encontrados .....  | 65 |
| <b>Tabela 4.28</b> - Descrição estatística dos dados levantados na carbonização .....   | 66 |
| <b>Tabela 4.29</b> - Resultados das medições de CO seguindo critério da NR 15. ....   | 68 |
| <b>Tabela 4.30</b> - Fator de desvio em função do fator de tolerância.....  | 69 |
| <b>Tabela 4.31</b> - Descrição estatística dos dados levantados na carbonização .....   | 70 |
| <b>Tabela 4.32</b> - Valores máximos de iluminância das garras traçadoras.....  | 73 |
| <b>Tabela 4.33</b> - Valores máximos de iluminância das garras de carga e descarga .....  | 74 |
| <b>Tabela 4.34</b> - Valores máximos de iluminância das garras de carga e descarga .....  | 75 |
| <b>Tabela 4.35</b> - Relação das máquinas com ruídos analisados .....   | 78 |
| <b>Tabela 4.36</b> - Relação das máquinas com ruídos analisados .....   | 79 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 2.1</b> - Modelo Pós-Cognitivo de Cidadania Organizacional. ....                        | 6  |
| <b>Figura 3.1</b> - Processo de produção de mudas .....   | 24 |
| <b>Figura 3.2</b> - Processo de silvicultura. ....  | 26 |
| <b>Figura 3.3</b> - Processo de colheita.....   | 28 |
| <b>Figura 3.4</b> - Fornos cilíndricos parabólicos, modelo JG, em operação. ....                  | 29 |
| <b>Figura 3.5</b> - Fornos retangulares da UPC modelo RAC 220.....                                | 30 |
| <b>Figura 3.6</b> - Descarga de fornos retangulares na UPC modelo RAC 220. ....                   | 31 |
| <b>Figura 3.7</b> - Utilização do multidetector de gás. ....                                      | 37 |
| <b>Figura 4.1</b> - Cartão utilizado para medição de fumaça preta.....                            | 59 |
| <b>Figura 4.2</b> - Selo de conformidade colado nas máquinas aprovadas.....                       | 60 |
| <b>Figura 4.3</b> - Ilustração dos dados levantados na UPC .....                                  | 64 |
| <b>Figura 4.4</b> - Ilustração dos dados levantados na carbonização dos fornos retangulares ..... | 67 |
| <b>Figura 4.5</b> - IBUTG e umidade ao longo dos 24 meses anteriores ao levantamento .....        | 70 |
| <b>Figura 4.6</b> - IBUTG e umidade ao longo dos 24 meses anteriores ao levantamento .....        | 71 |
| <b>Figura 4.7</b> - Medições realizadas nas garras traçadoras .....                               | 72 |
| <b>Figura 4.8</b> - Medições realizadas nas garras de carga e descarga. ....                      | 73 |
| <b>Figura 4.9</b> - Medições realizadas no <i>feller buncher</i> e <i>skidder</i> .....           | 74 |
| <b>Figura 4.10</b> - Disposição dos refletores em um forno retangular. ....                       | 75 |
| <b>Figura 4.11</b> - Localização do forno retangular 8C. ....                                     | 76 |
| <b>Figura 4.12</b> - Medições realizadas no entorno do forno retangular 8C .....                  | 76 |
| <b>Figura 4.13</b> - Medições realizadas na garra Komatsu e garra de carga e descarga .....       | 80 |

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

|                  |  |
|------------------|--|
| %                | Percentual   |
| %LEL             | Lower Explosive Limit Percentual                           |
| Abergo           | Associação Brasileira de Ergonomia                         |
| ABNT             | Associação Brasileira de Normas Técnicas                   |
| ABRAF            | Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas |
| ACGIH            | American Conference of Industrial Hygienists               |
| ACSP             | Associação Comercial do Estado de São Paulo                |
| CENBIO           | Centro Nacional de Referência em Biomassa                  |
| CIE              | International Commission on Illumination                   |
| CISBE            | The Chartered Institution of Building Services Engineers   |
| cm               | Centímetros  |
| CO               | Monóxido de Carbono  |
| Conama           | Conselho Nacional de Meio Ambiente                         |
| Conatran         | Conselho Nacional de Trânsito                              |
| CV               | Coeficiente de Variação                                    |
| dB               | Decibéis   |
| DOD              | Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América       |
| DORT             | Distúrbios Osteomusculares relacionados ao trabalho        |
| EPE              | Empresa de Pesquisa Energética                             |
| EPI              | Equipamento de Proteção Individual                         |
| FAO              | Food and Agriculture Organization of the United Nations    |
| h                | Hora   |
| Fe               | Ferro  |
| g                | grama  |
| H <sub>2</sub> O | Água   |
| H <sub>2</sub> S | Sulfeto de Hidrogênio                                      |
| IBM              | International Business Machines                            |
| IBUTG            | Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo                  |
| IEA              | International Ergonomics Association                       |
| IMC              | Índice de Massa Corporal                                   |
| ISSO             | International Organization for Standardization             |

|                 |   |
|-----------------|---|
| JG              | José Gonçalves  |
| kcal/h          | Quilocalorias por hora  |
| Kg              | Quilo   |
| Lux             | Unidade de iluminância  |
| m <sup>2</sup>  | Metro quadrado  |
| mdc             | Metro de carvão   |
| MG              | Minas Gerais  |
| MSHA            | Mine Safety and Health Administration                         |
| MSA             | Mine Safety Appliances  |
| N               | Número de amostras  |
| NBR             | Normas Brasileiras Regulamentadoras                           |
| NR              | Norma Regulamentadora   |
| O <sub>2</sub>  | Oxigênio  |
| OSHA            | Occupational Safety and Health Administration                 |
| PPM             | Partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado |
| RAC 220         | R=retangular, AC=Acesita, 220 m <sup>3</sup> de capacidade    |
| R\$             | Real  |
| SPSS            | Statistical Package for the Social Sciences                   |
| SO <sub>2</sub> | Dióxido de Enxofre  |
| TRC%            | Taxa de Reserva Cardíaca Percentual                           |
| UPC             | Unidade de Processamento de Carvão                            |
| US\$            | Dólar Americano   |
| UTM             | Universal Transverso de Mercator                              |

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Importância e caracterização do problema

Com 5 milhões de km<sup>2</sup>, o Brasil é detentor de uma das maiores florestas tropicais do mundo e possui, aproximadamente, 6 milhões de hectares de florestas plantadas com pinus e eucalipto, que atendem aos setores de laminado, painéis, madeira serrada, celulose e papel, carvão vegetal e energia (PEREIRA, 2010).

Nesse contexto, as florestas plantadas para fins energéticos apresentam um cenário bastante positivo. Por ser uma fonte renovável, a madeira originária de floresta energética possui a capacidade de contribuir para o crescimento sustentável dos setores industriais consumidores de biomassa florestal (ABRAF, 2012). Soares Et al., (2006) apontaram a biomassa florestal como fonte de energia limpa, renovável, e geradora de empregos.

Para Brito (2007), o Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, tendo a madeira de eucalipto como sua principal matéria-prima. A biomassa florestal do eucalipto apresenta-se como facilmente adaptável a diferentes ecossistemas, altamente produtiva e com madeira de boa densidade. Outra vantagem do eucalipto é a notável capacidade de rebrota, em média de três vezes a cada cerca de 6 a 7 anos (DALLASTRA, 2010).

A produção de carvão vegetal no Brasil é destinada basicamente ao atendimento da demanda da siderurgia e metalurgia, e em menor escala para a utilização residencial urbana e rural. Segundo o último Balanço Energético Nacional (EPE, 2012), no ano base de 2011, a lenha e o carvão vegetal corresponderam a 9,6 % do consumo de todos os energéticos no País, o que equivaleu a  $26.322 \times 10^3$  toneladas equivalentes de petróleo.

O Brasil é o maior produtor mundial de aço produzido com o emprego do carvão vegetal para fins de redução do minério de ferro. Trata-se de um setor solidificado e em expansão, gerador de milhares de postos de trabalho, grande quantidade de impostos e de renda (BRITO, 2007).

Entretanto, as condições de trabalho encontradas nas indústrias de produção de carvão vegetal expõem os trabalhadores a diversos riscos. Exemplo disso são as jornadas exaustivas de trabalho. Alguns riscos podem ser rapidamente detectados e outros não, o que irá depender da complexidade da atividade exercida pelo ser humano e do ambiente de trabalho.

Mengod (2004) mencionou que durante a prática de suas atividades o trabalhador entra em contato com agentes ambientais potencialmente capazes de provocar moléstias

profissionais, sendo possível identificar a inter-relação de três elementos: o agente químico capaz de produzir efeito, o sistema biológico com o qual o agente químico possa interagir para produzir um efeito e o efeito, considerado danoso ao organismo.

Segundo Silva (2003), o fato de alguns danos à saúde dos trabalhadores, nos vários segmentos industriais, somente se manifestarem em longo prazo, como a perda auditiva, faz com que esses trabalhadores não deem a devida importância à proteção aos riscos.

No polo de carvoaria, as atividades são exaustivas e realizadas sob insolação, em ambientes ruidosos, envoltos em fumaça e em poeira, muitas vezes com o uso inadequado de equipamentos e máquinas, devido à carência de informações a respeito das condições sociais, econômicas e ambientais dos trabalhadores. Essa desinformação pode impedir a organização empregadora de obter melhores resultados financeiros.

A crescente exigência de se adquirir matéria-prima originária de florestas plantadas e sistemas menos poluentes e que se utilizam de mão de obra legalizada, tem trazido impactos aos custos operacionais aos produtores de carvão vegetal, uma vez que passam a ser obrigados a atender os apelos de uma produção mais correta sócio-ambientalmente, minimizando as condições precárias de trabalho dos carvoeiros e reduzindo os índices de poluição ao meio ambiente (DALLASTRA, 2010).

## **1.2. Objetivos**

O objetivo geral do trabalho foi avaliar os fatores ergonômicos e ambientais relacionados às operações de implantação e colheita de florestas de eucalipto, e de produção de carvão vegetal, desenvolvidas na Unidade de Produção, em Vazante-MG, com fins de aplicação na melhoria da saúde, do bem estar, da segurança, do conforto e da produtividade dos trabalhadores.

Os objetivos específicos foram:

- a) Realizar o levantamento do perfil socioeconômico dos trabalhadores e das condições de trabalho dos ambientes;
- b) Caracterizar os locais de trabalho por meio de levantamento de fatores ambientais fumaças, gases, temperatura, luz e ruído;
- c) Levantar os dados antropométricos dos trabalhadores visando verificar a adequação dos postos de trabalho;

- d) Mensurar as taxas metabólicas dos trabalhadores durante a execução das atividades, identificando as situações de sobrecarga térmica e acompanhamento nutricional; e
- e) Recomendar ações de melhoria ergonômica e ambiental no trabalho.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Ergonomia

Derivada do grego *ergon* que significa trabalho e *nomos*, que significa regras, leis naturais, a ergonomia tem sido definida como o estudo da adaptação do trabalho ao homem. O trabalho aqui tem uma aceção bastante ampla, abrangendo não apenas aquelas atividades executadas com máquinas e equipamentos, utilizados para transformar os materiais, mas também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e uma atividade produtiva (ILDA, 2005).

Para Wisner (1992), a ergonomia, ou adaptação do trabalho ao homem, utiliza dados antropométricos, fisiológicos e psicológicos (limitados àqueles que provêm da psicologia dita científica) para a concepção e melhoria do dispositivo de trabalho.

Para Villar (2002) a ergonomia aplica-se em diversas áreas do conhecimento com a finalidade de garantir a segurança e a saúde do trabalhador. Como efeito, proporciona a melhoria dos bens produzidos.

Segundo Ilda (2005), a ergonomia parte do conhecimento do homem para fazer o projeto do trabalho, ajustando-o às suas capacidades e limitações. Observa-se que a adaptação sempre ocorre no sentido do trabalho para o homem. Para realizar seu objetivo, estuda diversos aspectos do comportamento humano no trabalho e outros fatores para o projeto de sistemas de trabalho, que são: o homem, a máquina, o ambiente, a informação, a organização, e as consequências do trabalho.

No Brasil, a aceção da Associação Brasileira de Ergonomia é a seguinte:

A ergonomia é o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não-dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas. (ABERGO, 2004, p.2)

Ergonomia ou human factors e ergonomics (fatores humanos e ergonomia), expressões pelas quais é conhecida nos Estados Unidos da América, é a disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema, e também é a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral de um sistema (IEA, 2000).

A Associação Internacional de Ergonomia (IEA, 2000) divide a ergonomia em três

domínios de especialização. São eles:

- Ergonomia Física: está relacionada com a anatomia humana, antropometria, fisiologia e características biomecânicas. Tópicos relevantes incluem manipulação de materiais, arranjo físico de estações de trabalho, demandas do trabalho e fatores tais como repetição, vibração, força e postura estática e lesões musculoesqueléticas relacionadas ao trabalho;
- Ergonomia Cognitiva: está relacionada aos processos mentais. É também conhecida engenharia psicológica. Refere-se a fatores como percepção, atenção, cognição, controle motor e armazenamento e recuperação de memória, como eles afetam as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os principais temas incluem carga mental de trabalho, vigilância, tomada de decisão, desempenho de habilidades, erro humano, interação humano-computador e treinamento;
- Ergonomia Organizacional: está relacionada com a otimização dos sistemas socio técnicos, incluindo sua estrutura organizacional, políticas e processos. Os principais tópicos são a comunicação, o trabalho em turnos, a programação e a satisfação no trabalho, a motivação, a qualidade gerencial, a cultura organizacional e o trabalho em equipe e à distância.

Desta forma, a ergonomia é um conjunto de ciências e tecnologias que procuram melhorar o relacionamento entre o homem e seu trabalho, de forma confortável e produtiva. Basicamente busca adaptar os equipamentos e o ambiente de trabalho às características do trabalhador, com aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos desse relacionamento (COUTO, 1995; IIDA, 2005).

A Norma Regulamentadora nº 15, de 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho estabelece limites toleráveis de ruído, calor e frequência cardíaca.

Segundo Souza (2008), os primeiros estudos em ergonomia florestal datam de 1978, com o lançamento do livro de Hudson Couto: “Fisiologia do trabalho aplicada”, que tratava timidamente da ergonomia do setor. Após este evento, ocorreu em 2002 a primeira defesa de tese sobre ergonomia florestal pelo Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, intitulada “Fatores humanos relacionados com a produtividade do operador de motosserra no corte florestal” (SANT’ANNA, 2002).

## 2.2 Avaliação do perfil socioeconômico do trabalhador

O conhecimento das características socioeconômicas dos trabalhadores é de grande importância para o sucesso de uma organização. Se uma empresa conhece bem seus funcionários, ela tem maiores possibilidades de mantê-los satisfeitos. Empregados felizes trabalham melhor, o que potencializa os lucros e atrai investimentos para os negócios (WAGNER III; HOLLENBECK, 1999). Forma-se, portanto, um ciclo virtuoso, no qual todas as partes se beneficiam.

Siqueira (2003) realizou estudo sobre as ações informais dos trabalhadores que beneficiam a organização, o chamado comportamento de cidadania organizacional. Nesse estudo, a autora concluiu que as cognições sobre troca social entabulada com a organização antecedem os elos de natureza afetiva que o trabalhador estabelece com o seu trabalho e com a organização que o emprega.

A Figura 2.1 relaciona as cognições dos trabalhadores com o seu sentimento de afeto e as ações de cidadania organizacional provocadas.



Fonte: Siqueira (2003).

**Figura 2.1** - Modelo Pós-Cognitivo de Cidadania Organizacional.

Entretanto, não basta simplesmente conhecer a condição social do trabalhador. Faz-se necessário utilizar o conhecimento para minimizar os problemas e maximizar as virtudes percebidas.

Igualmente importante é o ambiente de trabalho. Se a doença é uma manifestação do indivíduo, a situação de saúde é uma manifestação do lugar (BARCELLOS, 2002). Considerando as bases Pubmed, Bireme e Scielo, na última década foram realizados noventa e

cinco estudos teóricos ou práticos relacionados a quaisquer aspectos da promoção da saúde em locais de trabalho (CARVALHO, 2012).

Para o conhecimento da realidade social, econômica e ambiental dos trabalhadores far-se-á uso da técnica de entrevistas estruturadas. Essas são elaboradas mediante questionário totalmente estruturado, ou seja, as perguntas são previamente formuladas e tem-se o cuidado de não fugir delas. O principal motivo deste zelo é a possibilidade de comparação com o mesmo conjunto de perguntas e que as diferenças devem refletir distinções entre os respondentes e não discrepâncias nas perguntas (BONI; QUARESMA, 2005).

A aplicação de questionários é a principal metodologia de levantamento de perfis socioeconômicos (BRAGA Et al., 1996; FISCARELLI; PINHEIRO, 2002). Para se cumprir o objetivo de mitigação de problemas no ambiente de trabalho, pode-se fazer uso de indicadores que detectem os diferenciais de risco à saúde oriundos da diversidade social e ambiental. (AKERMAN Et al., 1994; DI VILLAROSA Et al., 1990).

Estes indicadores devem permitir a identificação de diferentes situações de risco, possibilitando o direcionamento das ações de saúde, de modo mais específico, aos eventos que se pretende prevenir e controlar (SANTOS; NORONHA, 2001).

### **2.3 Avaliação antropométrica**

A antropometria trata das medidas físicas do corpo humano. Essas medidas podem variar com o sexo, idade, etnia, clima, alimentação e de forma intraindividual. Lopes e Silva (2003) definiram a antropometria como o milenar processo ou técnica de mensuração do corpo humano ou de suas várias partes. Sua origem remonta à antiguidade, quando Egípcios e Gregos já observavam e estudavam a relação das diversas partes do corpo (PANERO; ZELNIK, 2006).

Até a década de 1940, as medidas antropométricas resumiam-se a grandezas médias da população. Na idade média, por exemplo, usavam-se medidas únicas para calçados de homens e mulheres. Com o advento da globalização, a precisão das medidas antropométricas passou a ser de extrema importância para a construção de produtos universais.

Uma máquina projetada para acomodar 90% da população masculina dos EUA acomoda também 90% dos alemães. Mas não ofereceria a mesma comodidade para os latinos e orientais. Ela acomodaria apenas 80% dos franceses, 65% dos italianos, 45% dos japoneses, 25% dos tailandeses e 10% dos vietnamitas (BRIDGER, 2003). Com medidas precisas e

padronização é possível adquirir produtos de vestuário na Índia, via internet, estando o consumidor localizado no Chile.

Iida (2005) classificou as medidas antropométricas em estáticas, dinâmicas e funcionais. As medidas antropométricas estáticas se referem à medida das dimensões físicas do corpo humano parado ou com poucos movimentos. As medidas antropométricas dinâmicas se referem aos alcances dos movimentos. Os movimentos de cada parte do corpo são medidos mantendo-se o resto do corpo estático. As medidas antropométricas funcionais relacionam-se com a execução de atividades específicas, com movimentos conjugados de várias partes do corpo.

As aplicações da antropometria demonstram a sua interdisciplinaridade. No caso da ergonomia, uma aplicação direta consiste no dimensionamento do espaço de trabalho e no desenvolvimento de produtos e ferramentas sob medida (SILVA, 2003).

O ideal seria que os indivíduos tivessem ambientes e equipamentos projetados para o seu uso exclusivo. Isso não é possível devido à característica de produção em larga escala de produtos industrializados. O custo de produção de equipamentos com dimensões personalizadas ainda é proibitivo. Dessa forma, o bom conhecimento de padrões de medida de uma população específica é uma alternativa de custo reduzido que pode mitigar o problema.

Segundo Minetti Et al., (2002), o levantamento de dados antropométricos mostra a variabilidade das dimensões de uma população. Por isso, medidas realizadas em uma população não podem ser consideradas por outra.

A antropometria exerce grande importância no diagnóstico da obesidade por ser um dos métodos de avaliação de baixo custo, não invasivo, universalmente aplicável e com boa aceitação pela população. Apesar de a gordura corporal ser de difícil mensuração, sendo possível mensurá-la apenas por medidas de peso e altura, seu aumento é usualmente acompanhado pelo aumento da massa corporal total, assim, índices de peso relativo são comumente utilizados para diagnóstico de obesidade (SOTELO Et. al., 2005). O índice de massa corporal (IMC) é um dos indicadores antropométricos mais utilizados na identificação de indivíduos em risco nutricional (SAMPAIO; FIGUEREDO, 2005).

O IMC é obtido pela razão entre o peso e o quadrado da altura de um indivíduo. Esse índice é bastante utilizado para a avaliação da saúde corporal. IMCs superiores a  $30 \text{ kg/m}^2$  indicam obesidade e caracterizam-se pelo excesso de Gordura Corporal (GC) em relação à massa magra (CORRÊA Et. al., 2003). A Tabela 2.1 apresenta a classificação do IMC sugerida OMS (2013).

**Tabela 2.1** - Classificação do IMC

| IMC (Kg/m <sup>2</sup> ) | Níveis obesidade                        | Problemas de saúde   |
|--------------------------|---|--|
| < 18,5                   | Baixo peso                              | Peso baixo para a altura. Maior probabilidade de anorexia.                               |
| 18,5 ≤ e ≤ 24,9          | Peso Normal                             | Maior probabilidade de ser um indivíduo saudável.  |
| 25 ≤ e ≤ 29,9            | Pré-obesidade                           | Alguma probabilidade de problemas de saúde. Predisposição a tornar-se obeso.             |
| 30 ≤ e ≤ 34,9            | Obesidade Grau I                        | Risco Moderado de diabetes tipo II, hipertensão, colesterol, cardiopatia.                |
| 35 ≤ e ≤ 39,9            | Obesidade Grau II                       | Risco Grave. Aumenta o risco das doenças associadas. O risco de mortalidade aumenta 50%. |
| > 40                     | Obesidade Grau III ou obesidade mórbida | Risco Muito Grave. O risco de doenças associadas assim como a mortalidade aumenta 90%.   |

Fonte: ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (1973).

## 2.4 Metabolismo das atividades realizadas

A taxa de metabolismo representa a quantidade de calor que o sistema termorregulador precisa trocar com o ambiente para que o equilíbrio térmico do corpo possa ser mantido (RUAS, 1999). Os métodos de avaliação da taxa de metabolismo podem dividir-se em dois grandes grupos: os métodos laboratoriais e os métodos de terreno (MONTROYE Et al., 1996).

Os métodos laboratoriais assentam em técnicas de análise fisiológica, calorimetria direta e indireta, com as quais se avalia o dispêndio energético associado às perdas de calor do indivíduo. Podem também ser utilizados métodos biomecânicos (plataformas de força), que medem a atividade muscular, a aceleração e o deslocamento do corpo ou de segmentos do corpo. Estes métodos são objetivos e precisos, mas exigem equipamentos sofisticados e dispendiosos, o que os torna pouco práticos (VIANA, 2009).

Os métodos de terreno são mais simples e práticos do que os laboratoriais e podem ser baseados no preenchimento de entrevistas ou com a utilização de instrumentos de monitorização eletrônica. Dentre esses instrumentos, destacam-se os monitores de frequência cardíaca.

A norma ISO 8996 (2004) prevê a medição do metabolismo através do registro da frequência cardíaca durante o trabalho. Esse método, embora usual, apresenta imperfeições,

haja vista que os valores podem ser afetados por fatores alheios à atividade, tais como: a temperatura, o stress emocional, a desidratação, a umidade, ou o grupo muscular envolvido.

Existem diversos critérios para classificação laboral em função da taxa de metabolismo. Rodahl (1989) sugeriu a utilização da taxa de reserva cardíaca. Kemper Et al., (1990), propuseram a utilização do parâmetro de gasto energético percentual. A FAO (1985) sugeriu o índice energético integrado (IEI). A NR 15 (BRASIL, 1978) apresenta uma classificação das atividades laborais em leve, moderada e pesada, em função das taxas de metabolismo aferidas.

Segundo Anjos e Ferreira (2000) a NR 15 é falha ao não incorporar as características individuais dos trabalhadores, o que pode acarretar o desgaste prematuro de muitos destes, com repercussão importante na sua qualidade e quantidade de vida, além de sobrecarga no sistema público de saúde.

De acordo com a NR 15, tem-se que as atividades metabólicas podem ser classificadas como leves, moderadas e pesadas, conforme apresentado na Tabela 2.2.

**Tabela 2.2** - Classificação de atividades segundo a NR 15

| Classificação | Tipo de atividade  | Taxa de metabolismo (kcal/h) ≤ |
|---------------|--|--------------------------------|
| Leve          | Sentado em repouso   | 100                            |
|               | Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).               | 125                            |
|               | Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir).                    | 150                            |
|               | De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.           | 150                            |
| Moderado      | De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.                 | 175                            |
|               | Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.                                   | 180                            |
|               | De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.             | 220                            |
|               | Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.                             | 300                            |
| Pesado        | Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá). | 440                            |
|               | Trabalho fatigante   | 550                            |

Fonte: BRASIL (1978).

As taxas de reserva cardíacas representam o potencial cardíaco utilizado pelo trabalhador durante a sua atividade e se consiste em um importante índice de capacidade aeróbica do indivíduo (RODAHL, 1989).

O cálculo desse índice é feito utilizando-se a equação (1) a seguir:

$$TRC\% = 100 \times \frac{FC_{tr} - FC_{ds}}{(220 - I) - FC_{ds}} \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

$TRC\%$  - Taxa de reserva cardíaca percentual;

$FC_{tr}$  - Frequência cardíaca durante o trabalho;

$FC_{ds}$  - Frequência cardíaca descansada;

$I$  - Idade do indivíduo.

As taxas de reserva cardíaca e de metabolismo podem ser aferidas por meio do monitoramento eletrônico da frequência cardíaca.

## 2.5 Avaliação dos fatores ambientais

O risco foi definido por Dagnino e Carpi Jr. (2007) como um evento, esperado ou não esperado, que se torna realidade. A ideia de que algo pode vir a ocorrer, já se configura um risco. Para Ittelson (1973) tudo que “circunda, envolve e engole” o trabalhador é classificado como ambiente.

Dessa forma, conforme Veyret e Richemond (2007), os riscos ambientais resultam da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território.

Em ergonomia, o sentido de risco ambiental pode ser restringido para meio físico no qual se efetua as atividades do trabalhador. O ruído, as vibrações, o calor, o frio, a altitude, os produtos tóxicos, quando excedem certos limites podem provocar doenças ou alterar o bem-estar (APUD, 1997).

Para Iida (2005) há uma série de fatores ligados ao projeto de máquinas e equipamentos, ao ambiente físico (iluminação, temperatura, ruídos, vibrações), ao relacionamento humano e diversos fatores organizacionais que podem ter uma forte influência sobre o desempenho do trabalho humano, provocando, inclusive, acidentes.

Della Rosa e Colcaioppo (1993) definiram o risco ambiental como “*uma denominação genérica que se dá aos possíveis agentes de doenças profissionais que podem-se encontrar em uma determinada atividade ou local de trabalho*”. As relações entre os lugares e a produção de doenças resultam de um acúmulo de situações históricas, ambientais e sociais (SANTOS; NORONHA, 2001). Pela NBR 12543 (ABNT, 1999) os agentes químicos ou biológicos presentes em um determinado ambiente que tenham potencial de causar um efeito adverso direto ou indireto a um sistema biológico dependendo de sua concentração no ambiente é definido como contaminante. Portanto, o contaminante ambiental possui propriedades capazes de induzir o surgimento de doenças.

**Tabela 2.3** –Divisão dos riscos ambientais capazes de caracterizar um ambiente insalubre

| Contaminantes de um determinado ambiente | Tipos  |
|--|--|
| Agentes Químicos                         | Aerodispersóides, Gases, Líquidos, Sólidos e Vapores   |
| Agentes Físicos                          | Iluminação, Temperatura, Sobrecarga Térmica, Radiação, Ruído, Vibração e Pressão atmosférica ambiente                                  |
| Agentes Biológicos                       | Atividades de contatos permanentes do indivíduo com micro e macroganismo patogênicos que produza efeito adverso ao metabolismo humano. |
| Agentes ambientais diversos              | Influências nocivas à saúde, de ambientes considerados insalubres ao indivíduo   |

Fonte: Autor (2013), Della Rosa e Colcaioppo (1993), NBR 12543 (ABNT, 1999).

O reconhecimento de um risco a saúde do trabalhador requer o conhecimento detalhado dos métodos de trabalho, processos e operações, matérias-primas e produtos finais ou secundários (Della Rosa; Colcaioppo (1993).

Os gases são substâncias que nas condições normais de temperatura ambiente e pressão de uma atmosfera, se mostram em estado gasoso e não condensam. Entende-se por vapores aqueles gases que podem condensar-se nas mesmas condições (FELLEMBERG, 1980).

Os agentes químicos: neblina, névoa, poeira, fumos e fumaças podem ser diferenciados segundo as definições da NBR 12543 (ABNT, 1999) e de acordo com suas propriedades físicas. A neblina é constituída por partículas líquidas formadas por condensação. A névoa é constituída por partículas líquidas formadas por ruptura mecânica de um líquido. Por sua vez, a neblina e a névoa exibem partículas líquidas com dimensões de 5 a 100 micrometros. A poeira é constituída por partículas sólidas, com dimensões de 0,5 a 10 micrometros, formada por ruptura mecânica de um sólido. Os fumos são partículas sólidas com dimensões que variam de 0,1 a 0,3 micrometros formados pela condensação de vapores de origem orgânica. De acordo com a NBR 12543 (ABNT, 1999), a neblina, a névoa, a poeira e os fumos são aerodispersóides.

Segundo a Fundacentro (2007) as fumaças são aerodispersóides resultantes da combustão incompleta de materiais orgânicos e constituídas por partículas com diâmetro inferior a 1 micrometro. Portanto a acepção de fumaça é complexa, mas pode ser compreendida como uma mistura de sólidos em suspensão, vapores e gases, identificados quando um material sofre o processo de pirólise ou combustão.

O conjunto dos produtos de combustão que escapam por chaminés ou outro meio, aceleram suas próprias transformações físico-químicas, modificando-se e alterando trechos volumosos da atmosfera e em seguida, os seus subprodutos, poluentes secundários e terciários invadem outros meios receptores: as nuvens, as neblinas, as chuvas, o solo, o subsolo, as águas as plantas, os animais e as pessoas (LORA, 2000).

O carvão vegetal é produzido por meio do processo denominado carbonização ou pirólise, no qual a lenha é submetida a temperaturas superiores a 300°C, em média entre 450°C e 550°C em atmosfera pobre em oxigênio CENBIO – Centro Nacional de Referência (BIOMASSA, 2002 APUD DALLASTRA, 2010).

Beltran e Ciscato (1991) realizaram experimentos de carbonização com a madeira. Nesse estudo constatou-se que a queima completa da madeira, tal como a queima da lenha em uma fogueira a céu aberto, produz bastante gás carbônico e água. O resíduo dessa combustão são somente as cinzas, que contêm vários compostos minerais. Os mesmos autores também realizaram experimentos queimando a madeira parcialmente e como resultado encontrou-se o carvão vegetal como um dos produtos sólidos, além dos gases.

A condensação do material volátil produz o alcatrão e o ácido pirolenhoso. Esse segundo é formado por mais de 190 substâncias diferentes e estima-se que sua composição consiste em 5% de gás combustível metano. O metano não reage com a água (AMARAL,

1973). A NR 15 (BRASIL, 1978) em seu anexo n° 11 afirma que o hidrocarboneto metano é um asfixiante simples. O metano liberado é um recurso energético desperdiçado e também o incentivo a coleta de metano é viável originalmente em razão do risco de explosões. (SPIRO e STIGLIANI, 2009). Os gases combustíveis não podem ficar espalhados no ar e devem ser queimados em conversores úteis para a produção (LORA, 2000).

O carvão vegetal é obtido pela carbonização da madeira em fornos através de uma combustão incompleta, o que para Beltran e Ciscato (1991) lhe confere a capacidade adsorvente.

As partículas de fuligem constituem um problema à parte porque são capazes de adsorver substâncias químicas tóxicas em suas superfícies irregulares. As partículas de fuligem predominam no gás de combustão do diesel ou na fumaça da queima da madeira. A queima de carvão libera tanto a fuligem quanto o SO<sub>2</sub>; sob condições de nevoeiro, o aerossol sulfato resultante pode se juntar à fuligem e produzir uma névoa tóxica, com graves consequências à saúde, principalmente aos portadores de doenças respiratórias (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

A NBR 6016 (ABNT, 1986) prescreve o método de avaliação do teor de fuligem no gás de escapamento de motor alternativo de combustão interna, ciclo diesel, de injeção direta ou indireta, com ou sem superalimentação e em qualquer condição usual de trabalho, utilizando a escala de Ringelmann<sup>1</sup> reduzida.

A NR 15 (BRASIL, 1978) em seu anexo n°7 apresenta os tipos de radiação não ionizante: micro-ondas, ultravioletas e laser. Foi revogado o anexo n°4 que citava as radiações ionizantes. Algumas moléculas são mais suscetíveis do que outras aos efeitos da radiação ionizante. Em níveis elevados, a radiação danifica todas as células, principalmente aquelas que se dividem rapidamente, acarretando uma variedade de sintomas, coletivamente designados como doença da radiação. Há correlação comprovada entre a exposição à radiação e a incidência de câncer (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

A NR 15 (BRASIL, 1978) em seu anexo n° 14 menciona a relação das atividades que envolvem os agentes biológicos. Essa norma caracteriza a insalubridade pela avaliação qualitativa através do trabalho ou operações em contato permanente com os agentes biológicos. De acordo com a NR 15 o trabalho ou operações em contato permanente com

---

<sup>1</sup> Escala impressa, constituída de seis campos de densidade colorimétrica, 0, 20, 40, 60, 80 e 100%, determinados por reticulados de 1 cm de linhas negras e de espessura definidas, sobre fundo branco fosco e que devem ser observados a uma distância que permita a visualização das tonalidades de modo uniforme (ABNT, 1986).

paciente em isolamento por doenças infectocontagiosas, com lixo urbano (coleta e industrialização), esgotos (galerias e tanques), resíduos de animais deteriorados, contato em laboratórios com animais destinados ao preparo de soro, vacina e outras formas de contato citados pela norma caracterizam um ambiente possuidor de insalubridade de grau máximo ou de grau médio.

A NR 7 ( BRASIL, 1978) estabelece a obrigatoriedade do programa de controle médico de saúde ocupacional, com o objetivo de promoção e preservação da saúde dos trabalhadores.

Faria Et al. (2006) estudaram as condições ambientais do trabalho rural, em especial a exposição às poeiras orgânicas e minerais. Esse trabalho abrangeu 1.397 trabalhadores e concluiu que o trabalho agrícola envolve com frequência grande exposição a vários tipos de poeiras orgânicas e minerais. Os agricultores que trabalhavam em ambientes com maior concentração de poeiras, em especial os avicultores, tinham mais sintomas respiratórios de asma e de doença respiratória crônica.

Ferreira Et al. (2012) estudaram os efeitos auditivos da exposição combinada do monóxido de carbono (CO) e o ruído. Efeitos auditivos significantes foram identificados na audição dos trabalhadores expostos ao CO àqueles expostos somente ao ruído.

Presente nos processos industriais como alto-forno, emissões veiculares, caldeiras e carvoarias, o CO é membro da categoria dos asfixiantes químicos, pois impede a obtenção do oxigênio do ar atmosférica e bloqueia a utilização do oxigênio para os tecidos mesmo que haja concentração suficiente de oxigênio presente no ar. Segundo Lee (1996) o monóxido de carbono é um gás perigoso, incolor, inodoro e tóxico. Forma-se na combustão de carbono em quantidade limitada de ar. É produzido pela combustão incompleta de matérias carbonáceas orgânicas, como o carbono, a madeira, o papel, o óleo, o gás e a gasolina (WHO, 1979; NIOSH, 1981; IPCS, 1999; PENNEY, 2000; APUD LACERDA Et al., 2005).

A existência de uma intoxicação crônica ao CO resultante de uma exposição prolongada a baixas concentrações pode ocasionar efeitos tóxicos cumulativos como insônia, cefaleia, fadiga, diminuição da capacidade física, tonturas, vertigens, náuseas, vômitos, distúrbios visuais, alterações auditivas, doenças respiratórias, anorexia, síndrome de Parkinson, isquemia cardíaca, cardiopatias e arteriosclerose (IPCS, 1999; PENNEY, 2000; MARTINS Et al., 2002; BAKONYI Et al., 2004; FREITAS Et al., 2004; APUD LACERDA Et al., 2005 ).

A Tabela 2.4 relaciona os sintomas clínicos relacionados à concentração de COHb no sangue.

**Tabela 2.4** – Relação entre teor de CO do ar e a formação de Carboxihemoglobina (COHb) no sangue.

| Concentração de CO no ar  | Proporção de COHb no sangue | Sintomas Clínicos   |
|---------------------------|-----------------------------|---|
| 60 ppm ou 0,006% em vol.  | 10%                         | Indícios de dificuldade visual, dor de cabeça leve.   |
| 130 ppm ou 0,013% em vol. | 20%                         | Dores abdominais e de cabeça, cansaço, primeiras manifestações de perda de sentidos.                |
| 200 ppm ou 0,020% em vol. | 30%                         | Desmaio, paralisia, primeiros distúrbios respiratórios, às vezes colapso das funções respiratórias. |
| 660 ppm ou 0,066% em vol. | 50%                         | Coma, paralisia, bloqueio das funções respiratórias.  |

Fonte: Fellemborg (1980).

De acordo com a Tabela 2.4: presente no ar, o monóxido de carbono e uma vez inalado, promoverá no processo respiratório do indivíduo uma disputa entre CO e O<sub>2</sub> para formarem ligações com as moléculas de hemoglobina. No entanto, as moléculas de hemoglobina reagem muito fortemente ao CO do que com o O<sub>2</sub>. Em suma, as moléculas de hemoglobina perdem sua função de transporte de oxigênio no sistema circulatório.

O sítio ativo com Fe na hemoglobina liga-se com CO 320 vezes mais firmemente do que com o O<sub>2</sub> (SPIRO; STIGLIANI, 2009). A reação do CO com a hemoglobina segue a lei de ação das massas, constitui-se uma reação de equilíbrio químico  $CO_{ar} \leftrightarrow CO - Hb$ .

Pela tabela quando a concentração ambiente de CO atinge 130 ppm, a ocupação percentual da carboxihemoglobina nos sítios de ligação de hemoglobina no sangue do indivíduo se eleva para 20%.

Assim, os valores de CO-Hb da Tabela 2.4 só serão atingidos se uma pessoa em repouso estiver exposta as correspondentes concentrações de CO durante 10 horas. Com crescente intensidade de respiração, este equilíbrio se estabelece mais rapidamente. Como regra aproximada pode-se admitir que o dobro da frequência respiratória seja atingido na metade do tempo; com o triplo da frequência, em um terço do tempo (FELLEMBERG, 1980). A NR 7 (BRASIL, 1978) estabelece a análise de carboxihemoglobina através da coleta do sangue do indivíduo para controle biológico da exposição ocupacional ao agente químico monóxido de carbono.

Lee (1996) afirma que a consequência da deficiência do oxigênio leva a inconsciência e finalmente a morte. O CO é pouco solúvel em água e é um óxido neutro. O CO é um importante combustível, porque libera uma quantidade considerável de calor quando queimado em presença de ar.



Além do CO, existem outros gases potencialmente perigosos, como é o caso do sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S). O H<sub>2</sub>S é um gás incolor, de cheiro desagradável característico que devido a sua toxidez é capaz de irritar os olhos e/ou atuar no sistema nervoso e respiratório podendo matar, de acordo com a concentração, um ser humano em questão de minutos. É bastante inflamável e sua temperatura de autoignição é de 260°C, enquanto o limite de baixa explosividade é da ordem de 4,3% no ar em volume (MAINIER; ROCHA, 2003). O composto H<sub>2</sub>S possui ponto de fusão e ponto de ebulição de -86°C e -60°C respectivamente (LEE, 1996).

**Tabela 2.5** - Efeito do Sulfeto de Hidrogênio nos Seres Humanos.

| Concentração H <sub>2</sub> S (ppm) | Tempo de Exposição | Efeito nos Seres Humanos                 |
|-------------------------------------|--------------------|--|
| 0,05 – 5                            | 1 min              | Detecção do odor característico          |
| 10 – 30                             | 6 – 8h             | Irritação dos olhos                      |
| 50 – 100                            | 30 min – 1h        | Conjuntivite, dificuldades de respiração |
| 150 – 200                           | 2 – 15 min         | Perda de olfato                          |
| 250 – 350                           | 2 – 15 min         | Irritação dos olhos                      |
| 350 – 450                           | 2 – 15 min         | Inconsciência, convulsão.                |
| 500 - 600                           | 2 – 15 min         | Distúrbios respiratórios e circulatórios |
| 700 - 1500                          | 0 – 2 min          | Colapso, morte                           |

Fonte: Goodman e Gilman (1987) APUD Mainier e Rocha (2003).

Quando se respira, o H<sub>2</sub>S penetra pelos pulmões e chega a corrente sanguínea. O sistema de proteção do organismo oxida o H<sub>2</sub>S, transformando-o em um produto inócuo. Mas se H<sub>2</sub>S reagir com enzimas que contêm elementos metálicos, como o cobre, o zinco e o ferro formando sulfetos metálicos, e, conseqüentemente, acarretando a perda de sensibilidades importantes ao indivíduo. O excesso de H<sub>2</sub>S age no centro nervoso do cérebro que comanda a

respiração, resultando na paralisação do sistema respiratório. Os pulmões param de trabalhar e a pessoa se asfixia e acaba morrendo (MAINIER ; ROCHA, 2003).

Segundo Santiago (2002), a pirólise da madeira produz pequenas quantidades de sulfeto de hidrogênio. Freitas (1995) fez estudo sobre acidentes envolvendo substâncias perigosas nas atividades de transporte, armazenamento e produção industrial de produtos químicos. Nesse estudo o sulfeto de hidrogênio foi classificado como um gás extremamente perigoso para a saúde humana.

A literatura relata ainda que a medição de gases CO, H<sub>2</sub>S e combustíveis geralmente vem acompanhada de outros gases, conforme exposto no Anexo III. Estudos anteriores relatam amplamente as situações de risco ambiental por exposição a agentes químicos, em especial ao monóxido de carbono, em carvoarias.

A NR 15 (BRASIL, 1978), Anexo XI, traz os limites de tolerâncias para exposição a agentes químicos no ambiente de trabalho. Dependendo da concentração de gases, a norma estabelece um fator de desvio. O valor máximo admissível para o gás dado pela equação (2) a seguir:

$$\text{Valor máximo} = LT \times FD \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

*LT* – Limite de Tolerância para o agente químico

*FD* – Fator de desvio para o agente químico

No nosso estudo, foram analisadas as concentrações de monóxido de carbono e sulfeto de hidrogênio. Os valores máximos estabelecidos pela NR 15 estão dispostos na Tabela 2.5.

**Tabela 2.6** - Limites de Tolerância de gases em dispersão

| Gás                   | Concentração até 48h/semana (ppm) | Grau de insalubridade em caso de caracterização |
|-----------------------|-----------------------------------|---|
| Monóxido de carbono   | 39                                | Máximo  |
| Sulfeto de hidrogênio | 8                                 | Máximo  |

Fonte: NR 15, Anexo XI, Quadro I. Brasil (1978).

A NR 15 (BRASIL, 1978) em seu anexo nº 11, no quadro nº 1, traz todos os valores fixados dos agentes químicos como “Asfixiantes Simples” determinam que nos ambientes de trabalho, em presença dessas substâncias, o nível mínimo de concentração de oxigênio no ar

deverá ser de 18% em volume. As situações nas quais a concentração de oxigênio estiver abaixo desse valor serão consideradas de risco grave e iminente.

O desconforto térmico no local de trabalho ocasiona perda de rendimento do trabalhador em função de indisposição e fadiga. No extremo, pode inclusive ocasionar acidentes (GRANDJEAN, 1997). Para Iida (2003), os postos de trabalho devem conter termostato, sendo a temperatura ajustável ao esforço físico do trabalhador.

A sobrecarga térmica é a situação em que o organismo está ganhando determinada quantidade de calor, devido ao metabolismo ou as condições ambientais desfavoráveis, tendo que utilizar a evaporação para perder esse calor (SOUZA Et. al., 2008).

A NR 17 (BRASIL, 1978) estabeleceu que índice de temperatura efetiva nos locais de trabalho deve estar entre 20 e 23°C, o limite máximo de velocidade do ar de 0,75 m/s, e limite mínimo de umidade relativa de 50%. Já Grandjean (1997) sugeriu que a temperatura de trabalho mais confortável seria 24°C.

A NR 15 (BRASIL, 1978), em seu Anexo IX, afirma que as atividades ou operações executadas no interior de câmaras frigoríficas ou em locais que apresentam condições similares, expõem os trabalhadores ao frio. Também em seu Anexo X, faz alusão à umidade, mostrando que as atividades ou operações executadas em locais alagados ou encharcados, com umidade excessiva, capazes de produzir danos à saúde dos trabalhadores, são consideradas insalubres.

A NR 15 (BRASIL, 1978) trouxe ainda o conceito de exposição ao calor. Segundo a norma, a exposição ao calor deve ser avaliada através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo": IBUTG. De acordo com as medições, as atividades devem ser classificadas em leves, moderadas e pesadas.

Os aparelhos que devem ser usados nesta avaliação são: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum.

O IBUTG é calculado por meio das equações 3 e 4 que se seguem (ATLAS, 2000):

- Ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$IBUTG = 0,7 \times tbn + 0,3 \times tg \quad (\text{equação 3})$$

- Ambientes externos com carga solar:

$$IBUTG = 0,7 \times tbn + 0,2 \times tg + 0,2 \times tbs \quad (\text{equação 4})$$

Onde:

*tbn* - temperatura de bulbo úmido natural

*tg* - temperatura de globo

*tbs* - temperatura de bulbo seco.

A temperatura de globo é aquela medida por um termômetro convencional de mercúrio cujo bulbo encontra-se seco e protegido por uma esfera oca pintada externamente de preto fosco. Essa medida não considera a radiação e a velocidade do vento.

A temperatura de bulbo seco é similar a de globo, salvo pela ausência de proteção do termômetro. Nessa medição são consideradas a influência da radiação e do vento.

A temperatura de bulbo úmido é aquela medida com um termômetro de mercúrio convencional, com o bulbo envolto por um pano umedecido. A temperatura de bulbo úmido é a que se sente quando a pele está molhada e está exposta a movimentação de ar. Ao contrário da temperatura de bulbo seco, a temperatura de bulbo úmido é uma indicação da quantidade de umidade no ar. Quanto menor a umidade relativa do ar, maior o resfriamento.

A iluminância ou intensidade de iluminação pode ser entendida como a relação entre o fluxo luminoso incidente sobre uma superfície e área desta. O Inmetro denomina essa grandeza de iluminamento. A unidade de iluminância é o lux (lx), definido como a iluminância de uma superfície de 1 m<sup>2</sup> recebendo uma fonte puntiforme, na direção normal, um fluxo luminoso de 1 lúmen uniformemente distribuído (NISKIER; MACINTYRE, 2000).

$$E \text{ (lux)} = \frac{\Phi \text{ (lúmen)}}{S \text{ (metro quadrado)}} \quad \text{(equação 5)}$$

De acordo com a NBR 5413 (ABNT, 1992), uma boa iluminância para ambiente de trabalho interno é de aproximadamente 1.000 lux. Como referência, um dia ensolarado de verão em local aberto tem iluminância de 100.000 lux.

Souza et. al. (2008) ponderaram que a iluminância ideal para as diferentes atividades florestais deve se enquadrar na faixa de 100 a 300 lux. Por outro lado, a NBR 5101 (ABNT, 2012) estabelece que vias com baixa movimentação devem ter iluminação de 3 a 5 lux, dependendo da existência ou não de tráfego de veículos. A iluminância depende ainda das cores das paredes, do piso e do teto. A Tabela 2.6 apresenta os fatores de reflexão de diversas cores.

**Tabela 2.7** - Fatores de reflexão das diversas cores (reflectância)

| Cor           | Reflectância (%) |
|---------------|------------------|
| Branco        | 75 a 85          |
| Marfim        | 63 a 80          |
| Creme         | 56 a 72          |
| Amarelo Claro | 65 a 75          |
| Marrom        | 17 a 41          |
| Verde Claro   | 50 a 65          |
| Verde Escuro  | 10 a 22          |
| Azul Claro    | 50 a 60          |
| Rosa          | 50 a 58          |
| Vermelho      | 10 a 20          |
| Cinzentos     | 40 a 50          |

Fonte: Niskier e Macintyre (2000)

Seguindo a NBR 15215-4 (ABNT, 2004), as medições de iluminância podem ser realizadas em ambientes reais ou em modelos físicos executados em escala reduzida.

Melo (2003) aferiu que os trabalhadores do setor de distribuição de energia elétrica percebiam a deficiência da iluminação como uma das principais ameaças a realização de um trabalho seguro. Minette Et al., (2007) constatou que as principais máquinas de colheita florestal possuíam iluminação interna. Aferiu ainda que, no caso do *feller buncher* (trator florestal derrubador, acumulador e embandeirador), a plataforma e os degraus de acesso à cabine não possuíam iluminação.

Souza Et al., (2010) afirmaram que na colheita florestal é comum encontrar locais de trabalho e máquinas incorretamente iluminados, que podem contribuir para o aumento da fadiga visual, erros e acidentes, além de uma influência psicológica negativa sobre os trabalhadores e, conseqüentemente, na produtividade das máquinas.

No Brasil, não existe qualquer norma técnica que trate de iluminação por faróis em máquinas agrícolas. A Resolução 692/88 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) trata do tema ‘farol veicular’, com enfoque nos veículos automotores.

A exposição continuada a elevados níveis de pressão sonora pode ocasionar uma perda auditiva induzida por ruído e, conseqüentemente, provocar efeitos na qualidade de vida do indivíduo. A conseqüência decorrente de uma perda auditiva é uma alteração psicossocial

caracterizada por isolamento, estresse, dificuldades nas relações familiares, ansiedade, dificuldade de sono, diminuição de autoestima e depressão (HOLANDA Et al., 2011).

A perda auditiva ocupacional representa um importante problema de saúde pública devido à alta prevalência nos mais diversos segmentos industriais (ALVES, 2012). Grandjean (1997) afirmou que a partir dos 50 anos, os indivíduos homens apresentam perdas auditivas consideráveis.

Cunha Et al., (2012) comparou ruídos produzidos por tratores não cabinados, com diferentes tempo de uso. Seu estudo concluiu que ambos os tratores produziam ruídos acima do limite de 85 dB para 8 horas de exposição diárias. Servilha e Delatti (2011) investigaram a correlação entre ruído no ambiente de trabalho e sintomas auditivos e extra-auditivos. O estudo concluiu que o ambiente universitário era ruidoso, porém não houve associação com doenças extra-auditivas.

A NR 15 (BRASIL, 1978) aborda os limites de ruído permitidos em função do tempo de exposição do trabalhador. Além disso, estabelece que os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A", circuito de resposta lenta (SLOW) e com as leituras capturadas próximas ao ouvido do trabalhador.

O anexo I da NR 15 relata que não é permitida a exposição a níveis de ruído acima de 115 dB para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. De acordo ainda com o anexo I as atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB, sem proteção adequada, oferecerão riscos grave e iminente. Também no anexo I são estabelecidas as normas para o ruído de que não seja de impacto. A mesma norma, em seu anexo II estabelece que o ruído de impacto apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 (um) segundo a intervalos superiores a 1 (um) segundo e ainda conforme o anexo II o limite de tolerância para ruído de impacto será de 130 dB que pode ser feito com a leitura de resposta rápida (FAST) e ultrapassados esse limite o risco é grave e iminente.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização do local de estudo**

Responsável pela produção de 225 mil m<sup>3</sup> de carvão por ano, a unidade de produção é constituída por quatro fazendas de plantio de eucalipto: Bom Sucesso, Riacho, Santa Cecília e Santa Rita, localizadas nos municípios de Vazante, Paracatu e João Pinheiro, em Minas Gerais.

Juntas, totalizam uma área de 82,5 mil hectares, dos quais cerca de 50% são destinados ao plantio de eucalipto. O restante é formado por reservas naturais, áreas de preservação permanente (34%) e por vilas residenciais, estradas, construções, rios, lagoas (16%). O polo carvoeiro em estudo situa-se na Fazenda Bom Sucesso (Vazante/MG), que possui cerca de 50 mil hectares, referenciada geograficamente no formato UTM em E 365504 e N 8089757.

A Fazenda está sobre solos arenoargilosos e arenosos. A altitude média é de 530 metros acima do nível do mar. Considerando os aspectos climáticos, o local do empreendimento é classificado como Tropical Úmido de Cerrado com Inverno Seco, ou seja, com estações definidas de chuva e seca. A temperatura média anual é de 22,5°C, variando entre 15°C e 32°C, e precipitação média anual em torno de 1.100mm, com frequência de chuvas de Novembro a Março.

#### **3.2. Caracterização das atividades desenvolvidas na produção do carvão vegetal**

O viveiro de mudas é definido de forma clara e simples como um local onde as mudas são produzidas. A empresa possui seu próprio viveiro de mudas que desenvolve as variações do gênero *Eucalyptus* destinadas à produção de carvão vegetal.

As mudas são produzidas em tubetes e com volume interno de 53cm<sup>3</sup>. Os tubetes são esterilizados antes da sua utilização, quando então são colocados em uma bandeja. Na Figura 3.1 encontram-se a sequência de operações realizadas no viveiro florestal.

Na sequência é preparado um substrato. Na fazenda o substrato é composto por: um saco de fibra de coco 107kg, dois sacos de premix, 1,2 kg de super fosfato simples, 600g de osmocoti (adubo) e 84 litros de água. Isso tudo será misturado com o auxílio de uma betoneira. Em seguida, tal mistura ficando pronta é retirada com uma pá e colocada em cima

do equipamento mesa vibratória, onde as bandejas com tubetes vazios são previamente posicionados. A mesa vibratória é apropriada para o enchimento de tubetes.

Após as atividades realizadas com betoneira e mesa vibratória, as bandejas com os tubetes preenchidos com o adubo seguem para o suporte de plantio de estacas. Nesse suporte é plantada a muda dentro dos tubetes e que, em seguida, são transportados para a casa de vegetação.



**Figura 3.1** - Processo de produção de mudas: (a) esterilização de tubetes de mudas; (b) tubetes posicionados sobre a mesa vibratória com substrato e betoneira ao fundo; (c) plantio das mudas nos tubetes; (d) casa de vegetação; (e) muda enraizada após período na casa de vegetação.

Na casa de vegetação os tubetes ficam por mais 20 a 30 dias para enraizar. Nesse período as mudas são irrigadas somente com água. Concluído o processo, as mudas são transportadas para a área de plantio, passando para a responsabilidade do setor de silvicultura.

Na fazenda a silvicultura divide-se nas etapas de combate a formigas, gradagem, subsolagem, plantio de mudas, irrigação e aplicação de herbicidas. A Figura 3.2 ilustra o processo.

O combate a formigas inicia o processo da silvicultura e serve para prevenir a ocorrência de pragas na área a ser plantada. O processo realiza-se nos primeiros quinze dias do período de plantio. Nesse intervalo a mesma área é tratada duas vezes. O processo é todo manual. Faz-se aplicação de isca granulada de forma sistemática e localizada. Segundo informações coletadas dentro da empresa ocorre no período de maio a outubro.

Em seguida é executada a operação de gradagem para incorporação do calcário ao solo. No caso da fazenda em estudo, o processo tem duração de cinco a dez dias. Imediatamente depois de concluída a gradagem, para não se perder o efeito do adubo, realiza-se a subsolagem. Segundo Lanças (2002) a subsolagem deve ser compatível com a faixa compactada do solo.

Por conseguinte tem-se a realização do plantio acompanhado dos processos de irrigações. O plantio é realizado com auxílio de artefato denominado plantadeira manual, que posiciona as mudas na posição vertical e na profundidade sob o solo desejada.

Em período úmido tem no interior da fazenda um tipo de irrigação controlada por aplicação de produto com capacidade de captar e reter a umidade no solo. Quando não há umidade, praticamente não se aplica nenhum tipo de herbicida sobre as plantações desta fazenda. Deste modo, é preferível plantar no período seco em que a irrigação é monitorada, pois em período chuvoso ocorrem inundações tornando mais difícil o controle.

Após 1 a 3 anos, a área plantada recebe o sobrevoo de avião monomotor para aplicação de herbicida. O avião é adaptado para a função e utiliza aspersores sob as asas para lançamento do produto. Usa-se uma mistura à base de boro líquido, ureia e nitrogênio. O serviço é terceirizado e aplica a tecnologia de georreferenciamento por satélite.



**Figura 3.2** - Processo de silvicultura: (a) combate a formigas; (b) gradagem; (c) trator com implemento subsolador; (d) plantio de muda; (e) irrigação da área plantada com o uso de trator e implemento de irrigação; (f) avião monomotor adaptado para lançamento aéreo de herbicida.

A colheita florestal específica da empresa é introduzida no processo quando o setor de planejamento libera o corte. Só então são traçados planos efetivos e passos a serem seguidos dentro da empresa para a realização das atividades. A Figura 3.3 ilustra o processo. A colheita inicia-se com a derrubada ou corte das árvores. Para tanto a empresa utiliza de duas máquinas *feller buncher*. Uma máquina é da própria empresa e outra máquina terceirizada. Contudo, na fase inicial deste trabalho somente uma máquina *feller buncher* se encontrava em operação.

Concluída a derrubada, faz-se necessário organizar a área, por meio de arraste. Esse procedimento é efetuado pelo *skidder*, que puxa a madeira do interior para as extremidades dos talhões. A empresa possui duas máquinas desse tipo, uma própria e outra terceirizada. Contudo, no período inicial deste trabalho somente uma máquina *skidder* se encontrava em operação.

Na sequência as toras derrubadas são beneficiadas por meio de corte nas bitolas comerciais. Esse procedimento é denominado traçamento ou desdobramento, sendo executado com uma garra traçadora. A empresa possui seis garras traçadoras. A atividade deve ser antecipadamente planejada pelo operador de máquina da garra traçadora com o propósito de atender as especificações e necessidades exigidas pela Unidade de Produção de Carvão (UPC), cliente do processo.

As toras ficam secando ao ar livre no mínimo de 90 dias e no máximo de 150 dias. O tempo médio de traçamento ou desdobramento executado com uma garra traçadora em uma gleba gira em torno de 110 dias. Concluída a secagem, as toras beneficiadas são colocadas em um caminhão para abastecimento da UPC.

Na UPC, as toras são descarregadas em áreas pré-determinadas. Só então se considera concluída a etapa da Colheita. A unidade de produção de carvão é a área da empresa responsável por transformar a madeira beneficiada em carvão. Assim, em alusão ao processo de produção, utiliza-se o forno tipo cilíndrico parabólico e o forno tipo retangular. Ambos os fornos funcionam com aquecimento interno por combustão controlada de matéria prima (BARROSO, 2007).



**Figura 3.3** - Processo de colheita: (a) *feller buncher* colhendo árvores; (b) *skidder* organizando as árvores derrubadas; (c) garra traçadora para beneficiamento de toras; (d) garra carregando caminhões; (e) garra descarregando caminhões na UPC.

O forno tipo cilíndrico parabólico é construído na carvoaria com tijolos, massas, água, cal e terra argilosa, em uma bateria de 124 fornos e capacidade produtiva em torno de 5.000 mdc/mês (Figura 3.4).



**Figura 3.4** - Fornos cilíndricos parabólicos, modelo JG, em operação no interior da empresa.

Os fornos tipo cilíndrico parabólico, modelo JG, regime em batelada, tem formato da base circular com raio de 2,7 metros, altura 3,50 metros e topo parabólico. Nesses fornos utilizam-se toras de madeiras de, no máximo, 3 metros. A tecnologia utilizada nestes fornos é primitiva, portanto predomina o trabalho manual, cada forno tipo cilíndrico parabólico produz cerca de 17 mdc em ciclos de 15 dias.

A unidade de produção da carvoaria é formada por uma bateria de 84 fornos em tipo retangular de modelo RAC 220, operando em regime de batelada, (Figura 3.5). Os fornos tem dimensão de 4,0 metros de largura, 4,8 metros de altura e 26 metros de comprimento. São abastecidos com toras de 3 a 6 metros.

Os fornos retangulares são confeccionados em alvenaria de tijolos maciços e refratários, com uma estrutura armada de concreto de pilares e vigas. São rebocados para reforçar a estrutura. Lima (1993) realizou estudo sobre: Cais pozolânicos, caracterização e desempenho mecânico das argamassas. De acordo com os resultados analisados, verificou-se que o traço de 1:3 obteve-se um desempenho mecânico mais resistente para a constituição de alvenarias. A capacidade dos fornos retangulares é de 25.200 mdc/mês. Cada forno produz até 120 mdc em ciclos de 13 dias.



**Figura 3.5** - Fornos retangulares da UPC modelo RAC 220.

A tecnologia empregada em forno tipo retangular, na parte do trabalho de carga e descarga de fornos, é realizada com o auxílio de máquinas. As atividades manuais complementam os trabalhos realizados pelas máquinas.

As etapas de produção do carvão vegetal com a utilização dos fornos tipo retangular são resumidas na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1** - Descrição das atividades e ferramentas utilizadas na área de fornos retangulares

| Macro atividades             | Descrição  | Ferramentas ou máquinas utilizadas  |
|------------------------------|--|---|
| Preparação do forno          | Consiste na limpeza do forno descarregado, com desobstrução das tomadas de ar.           | Pás, garfos, conchinhas, cavadeiras retas e articuladas metálicas, colher de pedreiro, enxada, marreta, carrinho de mão, mangueira. |
| Carga de fornos              | Consiste na carga de fornos com toras de madeira.  | Trator com implemento garra   |
| Fechamento de fornos         | Atividade de fechamento das portas e vedação de fornos.                                  | Cavalete mecânico, martelo, balde, chibanca, carrinho de mão  |
| Ignição do forno             | Atividade de acendimento de chama e combustão de carvão, restos de carvão e subprodutos. | Recipiente com querosene, isqueiro e fósforo  |
| Carbonização do forno        | A lenha é submetida à ação de calor transformando-se em carvão vegetal.                  |   |
| Resfriamento ou barrelamento | Resfriamento do forno para controle de sua temperatura com o auxílio de argila e água.   | Trator com implemento pipa e betoneira  |
| Descarga do forno            | Abertura das portas e descarga do carvão produzido e separação de subprodutos.           | Haste metálica, Martelo, escada de 3 metros, trator com implemento caçamba, caminhão com implemento pipa, mangueira                 |

A Figura 3.6 ilustra o momento da descarga do forno retangular com a utilização de trator e implemento do tipo caçamba.



**Figura 3.6** - Descarga de fornos retangulares na UPC modelo RAC 220.

O monitoramento da qualidade do carvão é realizado em um espaço denominado pela empresa de laboratório. As análises são desenvolvidas pelos respectivos responsáveis técnicos que trabalham no laboratório. A primeira análise consiste no controle da avaliação imediata das toras de madeira segundo os parâmetros: tipo de madeira, tamanho e densidade média. A segunda análise engloba o controle da qualidade. O laboratório faz a aferição das amostras coletadas durante a expedição do carvão através dos parâmetros: granulometria, material volátil (%), umidade (%), teor de cinzas (%) e carbono fixo (%).

O peso do metro cúbico e o teor de carbono fixo do carvão obtido são também influenciados pela temperatura do processo de carbonização, uma vez que altas temperaturas produzirão carvão com muito carbono fixo, mais frágil e miúdo, inadequado para ser utilizado nos altos fornos (DALLASTRA, 2010).

Segundo o estudo do mapa térmico do ciclo dos fornos retangulares realizado por Oliveira Et al., (2009), para produzir carvão de qualidade é necessário a instrumentação térmica do forno, ou seja, deve-se ter o controle da temperatura em todas as zonas da carbonização. Ainda segundo os autores do trabalho intitulado “Um comparativo térmico de três fornos utilizados no processo de carvão vegetal”, só assim será possível aumentar significativamente a lucratividade das empresas e garantir que o carvão produzido esteja em conformidade com o padrão definido pelas siderurgias nacionais.

### **3.3. População e amostragem**

Para a avaliação do perfil socioeconômico, obtenção de dados antropométricos e metabolismo das atividades dos trabalhadores foi realizado um levantamento junto a 192 trabalhadores distribuídos nas áreas de viveiro de mudas, silvicultura, colheita e unidade de produção de carvão (UPC) da fazenda, localizada em Vazante, MG. Foram captados indicadores abrangendo dados pessoais, sociais, hábitos alimentares, saúde e de percepção do ambiente e da segurança no trabalho.

Os dados de fatores ambientais foram obtidos da seguinte forma:

(a) Gases, Fumaça - foram realizadas 1.238 capturas de gases em 16 pontos de trabalho diferentes, abrangendo as áreas de silvicultura, colheita e UPC. As medições não abrangeram a área do viveiro devido à inexistência de exposição dos trabalhadores aos gases, fumaça ou poeira;

(b) Temperatura - foram obtidos dados diários de temperatura máxima, de temperatura mínima, umidade relativa do ar e pluviometria entre os anos de 1988 e 2012. Os dados foram coletados dos últimos 24 anos, mas só foram referenciados, neste estudo, os dados efetivamente coletados nos últimos dois anos;

(c) Iluminação - a avaliação da iluminância foi realizada considerando-se os grupos homogêneos de risco definidos de acordo com os setores. Para avaliação da iluminância em postos de trabalho, foram realizadas medições em uma quantidade de pontos suficiente para caracterizar adequadamente tal plano. O número mínimo de pontos necessários para verificação do nível de iluminação natural com erro inferior a 10% foi obtido por meio da determinação do índice do local (K) pela equação (6) e pela Tabela 3.2.

$$K = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C + L)} \quad (\text{equação 6})$$

Onde:

$L$  é a largura do ambiente, em metros;

$C$  é o comprimento do ambiente, em metros;

$H_m$  é a distância vertical, em metros, entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros.

**Tabela 3.2** - Quantidade mínima de pontos a serem medidos

| K              | No de Pontos |
|----------------|--------------|
| $K < 1$        | 9            |
| $1 \leq K < 2$ | 16           |
| $2 \leq K < 3$ | 25           |
| $K \geq 3$     | 36           |

Fonte: CIBSE (1994)

Este índice caracteriza um número mínimo de pontos a serem medidos e que este deve ser aumentado para que se consiga simetria nas medições e sempre que se desejar melhor caracterização da iluminância do ambiente. Nesse sentido, foram realizadas 662 pontos de medições abrangendo o universo de trabalhadores que efetuam atividades noturnas nas máquinas da colheita e em fornos da UPC. Foram avaliadas a iluminância em dez máquinas e em um forno da UPC. Dividindo-se 662 por 11 áreas de medições, tem-se 60 pontos de

medições por área. Enquanto que a quantidade mínima (no caso mais crítico, isto é, para  $k \geq 3$ , conforme Tabela 3.2) de pontos de medições para cada área deveria ser 36 pontos de medições. Deste modo, foram avaliados mais que 36 pontos de medições, portanto atendido o critério CIBSE;

(d) Níveis de Ruído - a avaliação da exposição a ruídos foi realizada considerando-se os grupos homogêneos de risco definidos de acordo com os setores. No total foram realizadas 8280 pontos de medições em 24 diferentes atividades.

A Tabela 3.3 resume as amostras e os erros amostrais máximos utilizados nesse trabalho. Os erros amostrais máximos de cada uma das análises foram calculados conforme a equação 7 a seguir:

$$Erro = \sqrt{\frac{Z^2 \cdot 0,25}{n}} \quad (\text{equação 7})$$

Onde 'Z' é igual a 1,96 e representa o intervalo de confiança de 95%; e 'n' é o número de amostras.

**Tabela 3.3** – Amostras e erros amostrais máximos por tipo de análise

| Análise                                      | Erro máximo | Amostra |
|--|-------------|---------|
| Questionários socioeconômico e antropometria | 7,07%       | 192     |
| Taxas de metabolismo                         | 12,06%      | 66      |
| Gases e fumaça                               | 2,79%       | 1238    |
| Temperatura                                  | 3,65%       | 720     |
| Iluminação                                   | 3,81%       | 662     |
| Ruído  | 1,08%       | 8280    |

O uso da equação 7 representa o pior caso das populações: quantidade infinita de indivíduos e proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria que estamos interessados em estudar igual a proporção de indivíduos que não temos interesse ( $p=q=0,5$ ; portanto:  $p \cdot q=0,25$ ).

Demonstrado o pior caso das populações, pode-se afirmar que os erros encontrados na Tabela 3.3 são máximos.

### **3.4 Coleta de dados**

#### **3.4.1 Perfil socioeconômico dos trabalhadores**

Os dados do perfil socioeconômico dos trabalhadores foram coletados por meio de entrevistas individuais estruturadas com o auxílio de um questionário padronizado. As perguntas foram feitas de maneira idêntica para todos os trabalhadores e seguiram o questionário do ANEXO I desta dissertação.

As entrevistas foram realizadas por uma única pessoa durante os meses de julho e agosto de 2012. Os questionamentos ocorreram no local de trabalho dos entrevistados onde foi possível conhecer de perto as atividades realizadas e vivenciar as condições ambientais a que eles estavam submetidos.

#### **3.4.2 Avaliação Antropométrica**

Os dados para a avaliação antropométrica foram coletados por meio de medidas diretas do corpo dos trabalhadores. Assim, os trabalhadores foram posicionados de maneira ereta, descalços e com os calcanhares juntos. Junto a uma parede onde foi fixada uma trena graduada de 1mm de precisão para medição da altura e dos demais dados verticais. Foi utilizada uma segunda trena para medidas horizontais. Todos os trabalhadores foram pesados em balança antropométrica.

Os dados foram analisados estatisticamente com o uso do software IBM SPSS<sup>®</sup>, onde foram selecionadas como saídas as variáveis estatísticas média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, valores máximos e mínimos e percentis (MENDENHALL; SINCICH, 1995). Na análise, foram utilizados percentis de 5%, 20%, 40%, 60%, 80% e 95%.

A Tabela 3.4 a seguir descreve cada uma das medidas antropométricas realizadas.

**Tabela 3.4** - Descrição das variáveis antropométricas avaliadas

| Medidas                        | Descrição   |
|--------------------------------|---|
| Estatura                       | Distância vertical do vértice ao solo.  |
| Altura dos olhos               | Distância vertical do chão até o ponto mais lateral do olho na inserção da pálpebra superior e inferior.  |
| Altura do ombro                | Distância vertical do ombro, no acrômio, ao solo.   |
| Altura do cotovelo             | Distância vertical da ponta do cotovelo, estando o antebraço flexionado em 90° com o braço, ao solo.  |
| Altura da mão                  | Distância vertical da extremidade pulpar do dedo médio, estando o braço pendido ao longo do eixo longitudinal do corpo, ao solo.  |
| Comprimento do membro superior | Comprimento do membro superior, entre o ombro, no acrômio, e a ponta do dedo médio. Medida obtida pela diferença entre a altura do ombro e o alcance inferior máximo.                           |
| Comprimento do braço           | Comprimento do braço, entre o ombro, no acrômio, e o cotovelo, estando o antebraço flexionado em 90 ° com o braço. Medida obtida pela diferença entre a altura do ombro e a altura do cotovelo. |
| Comprimento do antebraço       | Comprimento do antebraço, entre o cotovelo e a ponta do dedo médio. Medida obtida pela diferença entre o comprimento do membro superior e o comprimento do braço.                               |
| Altura do umbigo               | Distância vertical do umbigo ao solo.   |
| Altura do joelho               | Distância vertical da parte central do joelho ao solo.  |
| Largura da mão                 | Largura da palma da mão, com a mão aberta.  |
| Diâmetro da mão fechada        | Diâmetro da mão fechado em forma de soco  |
| Cilindro de pega máxima        | Diâmetro da mão com a ponta do dedo indicador e dedão se tocando.   |
| Peso                           | Peso do trabalhador em posição ereta.   |

Fonte: Silva (2003)

### 3.4.3 Metabolismo das atividades realizadas

Para a definição das taxas de metabolismo, os dados foram coletados utilizando um medidor de frequência cardíaca eletrônico e portátil, modelo Polar FT 7. O equipamento forneceu o consumo energético da atividade física desejada. O aparelho captou medições por 118 horas em 18 diferentes trabalhadores das áreas da Silvicultura, Colheita e Unidade de Processamento de Carvão (UPC).

Para as medições de taxa de reserva cardíaca percentual foi utilizado um medidor de pulso digital. O equipamento forneceu medidas instantâneas de frequência cardíaca e pressão

arterial. Neste caso foram realizadas 92 medições instantâneas em 64 trabalhadores da Silvicultura, Colheita e Unidade de Processamento de Carvão (UPC), sendo uma medição em repouso e outra medição durante a atividade laboral.

### 3.4.4 Fatores ambientais

A avaliação da exposição profissional a uma substância química é composta de duas fases distintas: inicialmente realiza-se uma medição instrumental e a seguir compara-se o resultado com os limites de exposição (DELLA ROSA; COLCAIOPPO, 1993).

Foram coletados dados de concentração de oxigênio, monóxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, além de outros gases explosivos. Os dados foram capturados com o uso do equipamento multidetector de gás ALTAIR 4X<sup>®</sup> (MSA, 2011). O equipamento funcionou com um *datalogger* acoplado a um sensor de concentração de gases e uma bomba de ar que captura os gases em dispersão na área de análise (MSA, 2004).

Foram realizadas medições em trajetos aleatórios dentro da unidade de produção de carvão e nos escapamentos de diversas máquinas utilizadas nos processos avaliadas (Figura 3.7). A escolha do local das medições ocorreu em áreas representativas de determinados grupos de trabalhadores expostos aos gases. Além disso, foram selecionados trabalhadores que permaneceram durante toda a jornada de serviço com o equipamento multidetector de gases.



**Figura 3.7** - Utilização do multidetector de gás: (a) na UPC; (b) no escapamento de um trator.

Os dados foram analisados estatisticamente com o uso do software IBM SPSS<sup>®</sup>, onde foram selecionadas como saídas as variáveis estatísticas média, mediana, desvio padrão, coeficiente de variação, valores máximos e mínimos e percentis (MENDENHALL; SINCICH, 1995).

Os dados de temperatura foram coletados na estação meteorológica localizada dentro da Fazenda Bom Sucesso. No histórico do posto meteorológico da empresa foi fornecida mês a mês a temperatura máxima, a temperatura mínima, o índice pluviométrico e a % da umidade relativa do ar. Por meio de uma tabela de conversão (NEVES, 2012) foram calculados os índices IBUTG regulamentado pela NR 15. A tabela de conversão encontra-se no anexo II. Os dados foram consolidados em valores médios mensais.

Para uma avaliação precisa dos níveis de iluminação, foram observados os procedimentos seguintes para as medidas:

- a) Considerou-se a quantidade de luz no ponto e no plano onde a tarefa for executada, seja horizontal, vertical ou em qualquer outro ângulo;
- b) Manteve-se o sensor foi mantido paralelo à superfície avaliada, aproximadamente a 60 centímetros do solo, ou seja, com o aparelho na horizontal;
- c) Nivelou-se a fotocélula foi nivelada da fotocélula na mão da pessoa que realizou as medições, evitando pequenas diferenças na posição entre as medições;
- d) Evitou-se sombras sobre a fotocélula, acarretadas pela posição de pessoas em relação a ela;
- e) A fotocélula ficou exposta à luz por aproximadamente 5 minutos antes da primeira leitura, evitando-se sua exposição a fontes luminosas muito intensas, como, por exemplo, raios solares; e
- f) Realizaram-se medidas a cada meio metro contadas a partir dos faróis das máquinas.

Para os passos de “a” a “f” utilizou-se um luxímetro Minipa MLM-1011 com precisão básica de 4% da leitura, com mudança de faixa manual, resposta espectral fotópica CIE,

sensor tipo foto diodo<sup>2</sup> de silício e valor corrigido pela regra do cosseno. O equipamento realizou medidas de iluminação ambiente em lux nas faixas de 2000/20000/100000 lux (MINIPA, 2007).

As medições de ruídos foram efetuadas junto à zona auditiva do colaborador à altura do plano horizontal que contém o canal auditivo. O medidor profissional de Nível de Pressão Sonora Noise Dosimeter de fabricação da Extech instruments foi usado para medições considerando intervalos de tempos regulares a cada minuto. A cada minuto o aparelho captou um ponto de medição, ou seja, a cada minuto o aparelho captou a média dos pontos daquele minuto. A partir da média dos pontos detectadas foi identificado o valor máximo dentro de cada conjunto de medições.

O equipamento medidor de ruído funcionou de acordo com os padrões OSHA, MSHA, DOD, ACGIH, e ISO. O medidor pode também ser usado em modo de SLM (medição de nível de som) onde os níveis de pressão de som são monitorados de 70 a 140 dB. O modo SLM (medição de nível de som) possui uma função de registro de dados que pode registrar até 8800 leituras que podem ser descarregadas em um computador para serem analisadas (EXTECH, 2003).

Realizaram-se 8280 medições de ruído ao longo de 138 horas, abrangendo 24 equipamentos ou atividades diferentes. As áreas de silvicultura, colheita e UPC da Fazenda Bom Sucesso foram analisadas considerando os grupos homogêneos de risco identificados. O viveiro não fez parte da análise por não ser considerado um ambiente ruidoso.

Foi utilizado o método qualitativo de avaliação previsto no Anexo I da Norma Regulamentadora nº 15, de 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho. Segundo a norma, os ruídos devem ser medidos com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (SLOW). Em regime contínuo não devem exceder 85 dB e em condição instantânea não podem exceder 115 dB.

---

<sup>2</sup> Se uma junção pn (silício tipo p e silício tipo n) reversamente polarizada é iluminada, isto é, exposta a luz incidente, o impacto de fótons sobre a junção causa a quebra de ligações covalentes e, portanto, gera pares elétron-lacuna na camada de depleção. O campo elétrico na camada de depleção atrai elétrons livres para o lado n e as lacunas para o lado p, levando a uma corrente reversa através da junção. Esta corrente, conhecida por foto corrente, é proporcional à intensidade de luz incidente. Tal diodo, conhecido por foto diodo, pode ser usado para converter sinais luminosos em corrente (SEDRA e SMITH, 2000).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação do perfil socioeconômico do trabalhador

Os trabalhadores da unidade de produção avaliada possuíam idade média de 34,8 anos e eram, em sua maioria, 73,7%, do sexo masculino. A Tabela 4.1 apresenta a faixa etária dos trabalhadores entrevistados divididos por sexo.

**Tabela 4.1** - Distribuição da faixa etária e por sexo

| Faixa etária dos trabalhadores<br>(anos) | Sexo         |               | Total geral<br>(%) |
|--|--------------|---------------|--------------------|
|  | Feminino (%) | Masculino (%) |                    |
| 18-20                                    | 0,6          | 4,2           | 4,8                |
| 21-30                                    | 8,4          | 22,2          | 30,5               |
| 31-40                                    | 11,4         | 26,9          | 38,3               |
| 41-50                                    | 6,0          | 15,0          | 21,0               |
| 51-60                                    | 0,0          | 4,2           | 4,2                |
| 61-62                                    | 0,0          | 1,2           | 1,2                |

Percebe-se que houve incidência maior de funcionários entre 31 e 40 anos, 38,3%, seguidos daqueles com idade entre 21 e 30 anos, 30,5%. A distribuição foi similar para ambos os sexos. A Tabela 4.2 apresenta informações de idade, número de filhos e dependentes, tempo de empresa e profissão, bem como a renda média dos trabalhadores. Os resultados são apresentados por área de trabalho.

**Tabela 4.2** - Média das variáveis pesquisadas junto aos trabalhadores

| Variável analisada        | Média por área |              |      |         | Média Geral |
|---------------------------|----------------|--------------|------|---------|-------------|
|                           | Colheita       | Silvicultura | UPC  | Viveiro |             |
| Idade (anos)              | 37,5           | 34,0         | 32,8 | 35,4    | 34,8        |
| Número de Filhos          | 2,1            | 2,2          | 2,0  | 2,6     | 2,1         |
| Número de Dependentes     | 3,1            | 2,8          | 2,5  | 3,2     | 2,8         |
| Tempo de Profissão (anos) | 8,3            | 8,8          | 12,2 | 4,1     | 9,2         |
| Tempo na Empresa (anos)   | 8,0            | 6,0          | 8,7  | 5,0     | 7,4         |
| Renda (salários mínimos)  | 1,9            | 1,1          | 1,3  | 1,1     | 1,4         |

Comparativamente com outros estudos sobre ergonomia (SILVA, 2003), os trabalhadores da unidade produtiva demonstraram possuir elevada experiência com a

atividade que desempenham, em média 9,2 anos. O tempo de permanência na empresa, 7,4 anos de média, também pode ser considerado alto. Analisando-se os trabalhadores divididos pelos quatro grupos de atividades, pode-se afirmar que aqueles envolvidos com a UPC são os que possuem maior tempo médio de atividade, 12,2 anos, e também maior tempo médio de vínculo com a empresa, 8,7 anos.

A taxa de natalidade dos trabalhadores foi de 2,1 filhos. Esse número foi superior a taxa de natalidade média dos brasileiros de 1,9 filhos por mulher (OCDE, 2012). Comparando as diferentes áreas, a maior taxa de natalidade foi observada nos trabalhadores do viveiro, 2,6 filhos; e a menor nos trabalhadores da UPC, 2 filhos.

Referente à renda média, percebe-se significativa diferença entre as diversas atividades analisadas. A maior renda foi declarada pelos trabalhadores da colheita, 1,9 salários mínimos em média. A segunda maior renda foi declarada pelos trabalhadores da UPC, 1,4 salários mínimos em média. As demais áreas declararam rendimento similar: em torno de 1,1 salários mínimos. No período de realização das entrevistas, um salário mínimo vigente era de R\$ 622,00 (BRASIL, 2011), o equivalente a US\$ 371,34, considerando um câmbio médio anual de 1,675 R\$/US\$ (ACSP, 2012).

A maior renda dos trabalhadores da colheita pode ser explicada pela especialização do trabalho executado, que envolve máquinas de grande porte e com elevado nível tecnológico. Essa diferença significativa de renda média dos trabalhadores da UPC em relação aos trabalhadores da silvicultura e viveiro pode ser explicada pelo pagamento de adicional de insalubridade ao primeiro grupo. O ambiente de trabalho na UPC é consideravelmente o mais severo de toda a cadeia produtiva do carvão.

Na Tabela 4.3 encontram-se informações percentuais de sexo, escolaridade, lateralidade, origem, estado civil, posse de casa própria e vícios. Os resultados são apresentados por área de trabalho para efeito de comparação.

**Tabela 4.3** - Valores percentuais de variáveis analisadas

| Variável analisada |                       | Valores percentuais por área |              |      |         |       |      |
|--------------------|-----------------------|------------------------------|--------------|------|---------|-------|------|
|                    |                       | Colheita                     | Silvicultura | UPC  | Viveiro | Total |      |
| Sexo               | Feminino              | 0,0                          | 70,9         | 6,3  | 75,0    | 25,5  |      |
|                    | Masculino             | 100,0                        | 29,1         | 93,8 | 25,0    | 74,5  |      |
| Lateralidade       | Canhoto               | 9,3                          | 8,0          | 5,1  | 14,3    | 7,6   |      |
|                    | Destro                | 90,7                         | 92,0         | 94,9 | 85,7    | 92,4  |      |
| Estado civil       | Amasiado              | 21,7                         | 25,5         | 27,4 | 25,0    | 24,9  |      |
|                    | Casado                | 58,3                         | 43,1         | 41,9 | 62,5    | 48,6  |      |
|                    | Separado              | 0,0                          | 2,0          | 1,6  | 0,0     | 1,1   |      |
|                    | Solteiro              | 20,0                         | 27,5         | 29,0 | 12,5    | 24,9  |      |
|                    | Viúvo                 | 0,0                          | 2,0          | 0,0  | 0,0     | 0,6   |      |
| Escolaridade       | Apenas escreve o nome | 0,0                          | 0,0          | 1,6  | 0,0     | 0,6   |      |
|                    | Primário              | incompleto                   | 8,8          | 8,0  | 13,1    | 0,0   | 9,7  |
|                    |                       | completo                     | 15,8         | 12,0 | 8,2     | 0,0   | 11,4 |
|                    | Fundamental           | incompleto                   | 17,5         | 28,0 | 29,5    | 12,5  | 24,4 |
|                    |                       | completo                     | 8,8          | 6,0  | 16,4    | 25,0  | 11,4 |
|                    | Médio                 | incompleto                   | 10,5         | 20,0 | 8,2     | 12,5  | 12,5 |
|                    |                       | completo                     | 38,6         | 26,0 | 23,0    | 50,0  | 30,1 |
|                    | Origem                | Rural                        | 68,4         | 78,0 | 47,5    | 66,7  | 64,0 |
| Urbano             |                       | 31,6                         | 22,0         | 52,5 | 33,3    | 36,0  |      |
| Casa própria       |                       | 52,6                         | 50,0         | 57,7 | 12,5    | 51,5  |      |
| Vício              |                       | 51,6                         | 34,6         | 56,3 | 12,5    | 46,8  |      |

Referente à lateralidade, o percentual de destros foi aferido em 92,4%. O número foi compatível ao encontrado por Fiedler (2000) e Sant'Anna e Malinovski (2002) em estudo sobre condições de trabalho em colheitas florestais. Referente ao estado civil observou-se uma predominância de casados e amasiados, que juntos perfazem 73,5% do total. Os solteiros ou separados respondem a 26% do total.

Quanto à escolaridade, observou-se que apenas 30% dos funcionários possuíam o ensino médio completo. Comparando a escolaridade com o rendimento dos trabalhadores, não se observou correlação entre as variáveis.

Referente à origem dos trabalhadores, 64% declaram ser de origem rural e 36% de origem urbana. Quanto à habitação, 51,5% dos trabalhadores declararam possuir casa própria. Os demais, em sua maioria, residem em imóveis localizados no interior da fazenda.

No que tange a algum tipo de vício, 46,8% dos trabalhadores declaram possuir algum tipo: bebidas, fumo e jogos de azar. Analisando isoladamente os homens, 55% declaram possuir algum tipo de vício. Entre as mulheres o número de pessoas com algum tipo de vício cai para 21,7%.

Os números de trabalhadores que declaram possuir algum tipo de vício é elevado. Preocupam, em especial, os dependentes do fumo. Estima-se que mais de mil substâncias diferentes estão presentes na absorção da fumaça do cigarro. Dentre elas, a nicotina, o monóxido de carbono, benzopireno e derivados, bem como o alcatrão e fuligem. A nicotina provoca no sistema nervoso um desprendimento de aminas próprias de ação euforizante que são responsáveis pelo vício (FELLEMBER, 1980).

Os trabalhadores da unidade de produção dispõem de alimentação fornecida pela própria empresa. Dependendo da atividade e do turno de trabalho, podem ser fornecidos café da manhã, almoço, lanche da tarde, jantar e lanche da noite. Entretanto, nas entrevistas, foi questionado ao trabalhador qual a quantidade de refeições feitas por dia, no local de trabalho. Na Tabela 4.4 são apresentados os quantitativos de refeições realizadas por área e por trabalhador.

**Tabela 4.4** - Quantitativo de refeições por trabalhador

| Quantidade<br>Refeições | Valores percentuais por área |              |      |         |       |
|-------------------------|------------------------------|--------------|------|---------|-------|
|                         | Colheita                     | Silvicultura | UPC  | Viveiro | Total |
| Uma                     | 1,7                          | 6,1          | 0,0  | 0,0     | 2,4   |
| Duas                    | 16,9                         | 79,6         | 3,8  | 71,4    | 33,3  |
| Três                    | 27,1                         | 12,2         | 66,0 | 14,3    | 34,5  |
| Quatro                  | 44,1                         | 2,0          | 28,3 | 14,3    | 25,6  |
| Cinco                   | 10,2                         | 0,0          | 1,9  | 0,0     | 4,2   |

Em sua maioria, 34,5%, dos trabalhadores realizam três refeições diárias. Em seguida, a maior proporção, é de trabalhadores que realizam duas refeições diárias, 33,3%. Nesse perfil, destacam-se os trabalhadores da silvicultura e do viveiro com percentuais de 79,6% e 71,4% respectivamente.

Com relação à saúde, os trabalhadores foram questionados acerca da incidência de dores corporais ao final da jornada de trabalho. Como resultado do levantamento, 67,2% dos

trabalhadores relataram dores. A seguir é exibida a Tabela 4.5 com as principais queixas, considerando o conjunto de trabalhadores que relataram dores.

As dores de colunas lideraram as queixas dos trabalhadores, 30%; seguido de dores nas pernas, 23,4%; e dores nos braços, 18,2%. Quando se analisam as dores por áreas, percebe-se grande reclamação de dores nas pernas relatadas por trabalhadores do viveiro, 62,5%. Isso ocorre, provavelmente, pelo fato de atividades laborais naquela área serem realizadas em pé pelo trabalhador.

**Tabela 4.5** - Dores corporais relatadas por área

| Local da dor | Valores percentuais por área |              |      |         |       |
|--------------|------------------------------|--------------|------|---------|-------|
|              | Colheita                     | Silvicultura | UPC  | Viveiro | Total |
| Cabeça       | 9,2                          | 27,3         | 10,9 | 0,0     | 14,6  |
| Ombros       | 13,8                         | 27,3         | 4,7  | 12,5    | 14,6  |
| Coluna       | 26,0                         | 41,8         | 25,0 | 25,0    | 30,2  |
| Braços       | 6,2                          | 41,8         | 10,9 | 12,5    | 18,2  |
| Pernas       | 1,5                          | 45,5         | 21,9 | 62,5    | 23,4  |
| Pés          | 0,0                          | 30,9         | 4,7  | 12,5    | 10,9  |
| Peito        | 1,5                          | 0,0          | 1,6  | 12,5    | 1,6   |
| Abdômen      | 3,1                          | 1,8          | 1,6  | 0,0     | 2,1   |
| Pescoço      | 1,5                          | 18,2         | 3,1  | 0,0     | 6,8   |

Outro destaque negativo é o setor de silvicultura, onde as lombalgias nas pernas, braços e colunas foram frequentemente relatadas. Nesse caso, a baixa mecanização dos trabalhos pode explicar os altos percentuais observados. É importante destacar que as atividades do viveiro e silvicultura são executadas majoritariamente por mulheres.

Os trabalhadores foram questionados acerca da ocorrência de acidentes do trabalho durante suas carreiras profissionais, inclusive com a descrição do evento. Foi perguntado ainda qual máquina ou ferramenta oferece mais risco as suas atividades. A Tabela 4.6 a seguir mostra os quantitativos de acidentados por área.

**Tabela 4.6** - Acidentes ocorridos por área

| Acidente | Valores percentuais por área |              |     |         | Total |
|----------|------------------------------|--------------|-----|---------|-------|
|          | Colheita                     | Silvicultura | UPC | Viveiro |       |
| Não      | 69                           | 92           | 94  | 100     | 85    |
| Sim      | 31                           | 8            | 6   | 0       | 15    |

Em geral, 15% dos trabalhadores relataram já terem sofrido algum tipo de acidente do trabalho. A colheita é a área com maior índice de acidentados, 31%. Por outro lado, nenhum trabalhador do viveiro relatou qualquer ocorrência. Entre os trabalhadores da colheita que alegaram já terem sofrido acidente, 52,9% apontaram o descuido como a causa do evento. A pressão da chefia foi apontada como causa por 11,7% dos acidentados. A falta de manutenção das máquinas foi citada por 5,9%.

Entre os trabalhadores da silvicultura, os acidentados apontaram os fatores naturais e transporte como causa dos acidentes, 50% em cada um dos casos. Para os acidentados da UPC, a pressão da chefia foi a causadora de 67% dos acidentes e a falta de manutenção de máquinas ou ferramentas respondeu por 33% das ocorrências. Na sequência, a Tabela 4.7 mostra as máquinas citadas como mais perigosas pelos trabalhadores da colheita.

**Tabela 4.7** - Máquinas mais perigosas para os trabalhadores da colheita

| Máquina                    | Percentual |
|----------------------------|------------|
| <i>feller buncher</i>      | 41,2       |
| Caminhão                   | 21,6       |
| Todas as máquinas          | 19,6       |
| Garra de carga ou descarga | 13,7       |
| Garra traçadeira           | 2,0        |
| <i>skidder</i>             | 2,0        |

A máquina mais perigosa, na opinião dos trabalhadores da colheita, é o *feller buncher*, citado por 41,2% dos entrevistados. Entretanto, nenhum trabalhador relatou ter sofrido acidente de trabalho relacionado com essa máquina. Também não se constatou nenhum registro de acidente com o *feller buncher* no histórico da empresa. A inexistência de acidentes pode ser explicada pela percepção de risco em si, provocando uma reação de cautela por parte dos trabalhadores para com o equipamento.

O *feller buncher* possui como implemento frontal cabeçotes de discos, basicamente formado por motor hidráulico que faz girar um disco de metal com dentes no seu perímetro. Esse disco tem espessura de aproximadamente 50mm, pesa em torno de 1000kg, gira a 1500 rpm e é capaz de tocar uma árvore com um simples toque. (SANT'ANNA, 2008)

Os caminhões de transporte foram o segundo mais citado, 21,6%, seguido da resposta 'Todas as máquinas', 19,6%; garra de carga ou descarga, 13,7%; e garra traçadeira e *skidder*, ambas com 2%.

Podem-se citar três razões para que os acidentes com os caminhões sejam o segundo maior citado pelos entrevistados: precariedade das sinalizações encontradas nas estradas florestais no interior da fazenda, a dificuldade da visibilidade da estrada provocada pela poeira e a presença de animais no interior da propriedade.

A seguir, a Tabela 4.8 mostra as máquinas citadas como mais perigosas pelos trabalhadores da silvicultura. A máquina mais perigosa, na opinião dos trabalhadores da silvicultura, é a roçadeira, citado por 33,3% dos entrevistados. A garra foi citada por 22,2% dos entrevistados, seguido do trator e do *feller buncher*, 16,7% cada, e caminhão e ônibus, 5,6% cada. É importante destacar que o *feller buncher* foi bastante citado pelos trabalhadores da silvicultura mesmo não sendo uma máquina do seu uso.

**Tabela 4.8** - Máquinas mais perigosas para os trabalhadores da silvicultura

| Máquina               | Percentual |
|-----------------------|------------|
| Roçadeira             | 33,3       |
| Garra                 | 22,2       |
| Trator                | 16,7       |
| <i>feller buncher</i> | 16,7       |
| Caminhão              | 5,6        |
| Ônibus                | 5,6        |

A Tabela 4.9 mostra as máquinas ou atividades citadas como mais perigosas pelos trabalhadores da UPC.

**Tabela 4.9** - Máquinas ou atividades mais perigosas para os trabalhadores da UPC

| Máquina                           | Percentual |
|-----------------------------------|------------|
| Carga e descarga de fornos        | 33,3       |
| Descarga de madeira dos caminhões | 23,3       |
| Fechamento dos fornos             | 16,7       |
| Todos                             | 16,7       |
| Trator 924                        | 10,0       |

A atividade mais perigosa, na opinião dos trabalhadores da UPC, é a carga e descarga de fornos, citado por 33,3% dos entrevistados. O processo de carga e descarga de fornos ocorre em um ambiente envolto de fumaça e depende fundamentalmente do auxílio manual dos trabalhadores, portanto tem-se um momento de risco de acidentes.

A descarga de madeira dos caminhões foi citada por 23,3% dos entrevistados, seguido da atividade de fechamento de fornos e 'Todos', 16,7% cada; e Trator 924, citado por 10% dos funcionários.

A descarga de madeira dos caminhões envolve a movimentação de grandes quantidades de toras em altura. O desprendimento de uma dessas toras do implemento garra pode provocar consequências indesejáveis se atingir trabalhadores em solo.

Os trabalhadores do viveiro não apontaram nenhuma máquina como perigosa. Houve apenas menção à atividade de carregamento de bandejas, que, segundo 13% dos entrevistados, oferece risco de queda ao trabalhador, caso exista algum obstáculo de percurso.

Foi avaliada a percepção dos trabalhadores quanto às condições ambientais no seu trabalho e a sua percepção quanto ao conforto e à importância dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) utilizados. No que concerne às condições ambientais, foi solicitado aos trabalhadores que avaliassem a temperatura, o ruído, a quantidade de poeira, a ventilação e a iluminação do seu ambiente de trabalho. A Tabela 4.10 mostra os resultados para cada um dos fatores ambientais analisados.

Os maiores níveis de reclamação dos trabalhadores relacionaram-se ao excesso de poeira no ambiente de trabalho, 91,5% de citações. Na sequência, as maiores queixas foram quanto ao excesso de ruído, com 71,8% de reclamações. Os fatores iluminação, ventilação e temperatura foram classificados como ideais pela maioria dos trabalhadores.

**Tabela 4.10** - Percepção dos trabalhadores quanto aos fatores ambientais

| Fator Ambiental | Classificação       | Valores percentuais por área |              |      |         |       |
|-----------------|---------------------|------------------------------|--------------|------|---------|-------|
|                 |                     | Colheita                     | Silvicultura | UPC  | Viveiro | Total |
| Iluminação      | ideal               | 77,1                         | 100,0        | 50,0 | 100,0   | 79,7  |
|                 | deficiente          | 22,9                         | 0,0          | 50,0 | 0,0     | 20,3  |
| Ventilação      | ideal               | 66,7                         | 87,5         | 39,6 | 100,0   | 66,2  |
|                 | deficiente          | 33,3                         | 12,5         | 60,4 | 0,0     | 33,8  |
| Temperatura     | ideal               | 77,1                         | 71,4         | 42,0 | 80,0    | 63,8  |
|                 | muito alta          | 20,8                         | 24,5         | 40,0 | 20,0    | 28,3  |
|                 | excessivamente alta | 2,1                          | 4,1          | 18,0 | 0,0     | 7,9   |
| Ruído           | ideal               | 30,8                         | 26,7         | 26,7 | 33,3    | 28,2  |
|                 | excessivo           | 69,2                         | 73,3         | 73,3 | 66,7    | 71,8  |
| Poeira          | ideal               | 19,5                         | 2,6          | 4,3  | 0,0     | 8,5   |
|                 | excessiva           | 80,5                         | 97,4         | 95,7 | 100,0   | 91,5  |

A maioria dos trabalhadores do viveiro indicou a área de circulação de pessoas próximas ao escritório responsável pela atividade da silvicultura e a área de estacionamento de veículos como as principais origens da poeira excessivamente percebida por eles. As duas áreas citadas estão localizadas no interior do espaço destinado à produção de mudas.

Os trabalhadores da UPC foram os que pior avaliaram o ambiente de trabalho. Todos os itens foram classificados negativamente. A insalubridade do trabalho nas carvoarias é compensada pela empresa por meio do pagamento de adicional de insalubridade.

As Tabelas 4.11 e 4.12 tratam da percepção dos trabalhadores quanto ao conforto e à importância dos EPIs. No que pertine à importância dos EPIs, 75% dos trabalhadores afirmaram que todos são importantes, enquanto 8,3% não consideram nenhum dos equipamentos importantes. Especificamente, as máscaras foram os equipamentos citados como os mais importantes, 5,2%. O resultado mostra sintonia com os resultados ambientais, nos quais a poeira foi citada como o principal item de desconforto no ambiente de trabalho.

**Tabela 4.11** - Percepção dos trabalhadores quanto à importância dos EPIs

| EPI mais importante | Valores percentuais por área |              |      |         |       |
|---------------------|------------------------------|--------------|------|---------|-------|
|                     | Colheita                     | Silvicultura | UPC  | Viveiro | Total |
| Todos               | 83,1                         | 78,6         | 60,9 | 100,0   | 75,0  |
| Nenhum              | 10,8                         | 7,1          | 7,8  | 0,0     | 8,3   |
| Protetor auricular  | 0,0                          | 1,8          | 0,0  | 0,0     | 0,5   |
| Máscara             | 0,0                          | 7,1          | 9,4  | 0,0     | 5,2   |
| Botas               | 3,1                          | 1,8          | 1,6  | 0,0     | 2,1   |
| Óculos de proteção  | 1,5                          | 0,0          | 6,3  | 0,0     | 2,6   |
| Outros              | 1,5                          | 3,6          | 14,1 | 0,0     | 6,3   |

Segundo a tabela 4.12, em relação ao conforto dos EPIs, 52,2% dos trabalhadores afirmaram que nenhum dos equipamentos era desconfortável. Por outro lado, 34,9% citaram as máscaras como os equipamentos mais desconfortáveis.

**Tabela 4.12** - Percepção dos trabalhadores quanto ao conforto dos EPIs

| EPI mais desconfortável | Valores percentuais por área |              |      |         |       |
|-------------------------|------------------------------|--------------|------|---------|-------|
|                         | Colheita                     | Silvicultura | UPC  | Viveiro | Total |
| Nenhum                  | 64,6                         | 52,7         | 33,9 | 85,7    | 52,2  |
| Protetor auricular      | 3,1                          | 1,8          | 3,4  | 0,0     | 2,7   |
| Máscara                 | 24,6                         | 43,6         | 40,7 | 14,3    | 34,9  |
| Botas                   | 0,0                          | 1,8          | 3,4  | 0,0     | 1,6   |
| Óculos de proteção      | 4,6                          | 0,0          | 8,5  | 0,0     | 4,3   |
| Outros                  | 3,1                          | 0,0          | 10,2 | 0,0     | 4,3   |

Os trabalhadores foram estimulados a sugerir melhorias no seu ambiente de trabalho. Esse questionamento foi feito de maneira aberta, de modo que cada área indicou diferentes necessidades. A temática da liberdade constitui-se as bases conceituais da ontologia sartreana em que o sujeito é erguido de sua subjetividade para se engajar de forma responsável e comprometida, nas situações e entrecruzamentos que sua liberdade confere. É sobretudo na existência que a consciência de liberdade, proporciona o homem a determinação de escolher seu próprio destino (LIMA, 2005). As Tabelas 4.13 a 4.16 demonstram os resultados obtidos.

**Tabela 4.13** - Sugestões apresentadas pelos trabalhadores da UPC

| Sugestões                                   | Quantidade (%) |
|---|----------------|
| Nenhuma sugestão                            | 32,8           |
| Controle de poeira e fumaça                 | 21,3           |
| Melhoria salarial                           | 21,3           |
| Melhoria da iluminação                      | 6,6            |
| Melhoria da fiscalização de segurança       | 4,9            |
| Construção de vestiário                     | 1,6            |
| Posicionar a lenha na vertical              | 1,6            |
| Revisão do horário de trabalho              | 1,6            |
| Disponibilização de protetor solar          | 1,6            |
| Disponibilização de protetor de muriçoca    | 1,6            |
| Construção de banheiro feminino             | 1,6            |
| Melhorar a máscara                          | 1,6            |
| Trator cabinado para barrelamento de fornos | 1,6            |

Entre os trabalhadores da UPC, 32,8% não apresentaram qualquer sugestão. Entre os demais, 21,3% sugeriram medidas de controle da poeira e fumaça no seu local de trabalho, mesmo percentual daqueles que sugeriram melhorias salariais. Houve, ainda, sugestões de melhoria na iluminação, 6,6%; e melhoria da fiscalização de segurança, 4,9%. Ocorreram também diversas outras sugestões conforme são expostas na Tabela 4.13.

**Tabela 4.14** - Sugestões apresentadas pelos trabalhadores da Colheita

| Sugestões                                | Quantidade (%) |
|--|----------------|
| Nenhuma sugestão                         | 35,4           |
| União entre as equipes de trabalho       | 12,3           |
| Renovação das máquinas                   | 10,8           |
| Melhoria do ar condicionado das máquinas | 10,8           |
| Melhoria salarial                        | 7,7            |
| Isonomia salarial                        | 6,2            |
| Melhoria da manutenção de equipamentos   | 6,2            |
| Melhoria dos veículos de troca de turnos | 6,2            |
| Melhoria da qualidade das refeições      | 4,6            |

Entre os trabalhadores da Colheita, 35,4% não apresentaram qualquer sugestão. Entre os demais, 12,3% sugeriram medidas de incentivo à união entre as equipes; 10,8% sugeriram a renovação das máquinas; outros 10,8% sugeriram melhoria do sistema de ar condicionado das máquinas; e 7,7% sugeriram melhorias salariais. Houve, ainda, sugestões de isonomia

salarial, melhora de transporte da troca de turno e melhoria da iluminação dos veículos, com 6,2% cada item. Por fim, a melhoria da qualidade das refeições foi citada por 4,6%.

**Tabela 4.15** - Sugestões apresentadas pelos trabalhadores da Silvicultura

| Sugestões                          | Quantidade (%) |
|------------------------------------|----------------|
| Nenhuma sugestão                   | 62,7           |
| Melhoria do planejamento           | 13,7           |
| Melhoria dos equipamentos          | 5,9            |
| União entre as equipes de trabalho | 3,9            |
| Melhoria salarial                  | 2,0            |
| Disponibilização de protetor solar | 2,0            |
| Melhoria do transporte             | 2,0            |
| Banheiro mais próximo              | 2,0            |
| Implantação do lanche da tarde     | 2,0            |
| Melhoria do local de almoço        | 2,0            |
| Liberdade de expressão             | 2,0            |

Entre os trabalhadores da Silvicultura, 62,7% não apresentaram qualquer sugestão, maior índice de todas as áreas pesquisadas. Entre os demais, 13,7% sugeriram a melhoria do planejamento de atividades; 5,9% sugeriram a melhoria dos equipamentos; e 3,9% sugeriram medidas de estímulo à união das equipes de trabalho. Houve, ainda, citações diversas, conforme descrito na Tabela 4.15.

**Tabela 4.16** - Sugestões apresentadas pelos trabalhadores do Viveiro

| Sugestões  | Quantidade (%) |
|--|----------------|
| Nenhuma sugestão                                 | 62,5           |
| Carrinho para carregar bandejas                  | 12,5           |
| Isonomia no trato com as pessoas                 | 12,5           |
| Melhoria da tecnologia de plantio de mini estaca | 12,5           |

Entre os trabalhadores da Silvicultura, 62,5% não apresentaram qualquer sugestão. Entre os demais, houve sugestões para implantação de carrinho para carregamento de bandejas, melhoria da tecnologia de plantio de mini-estacas e tratamento isonômico dos funcionários, todos com 12,5% de citações.

## 4.2 Avaliação antropométrica

As Tabelas 4.17 e 4.18 descrevem os resultados estatísticos obtidos. Salvo a variável peso da Tabela 4.18, todas as demais variáveis têm atributos dados em centímetros.

A análise estatística dos resultados demonstrou que as diferentes variáveis medidas geraram diferentes graus de dispersão. Enquanto obteve-se um Coeficiente de Variação (CV) para a estatura de 4,7%, foi observado para o peso 18,7%. Um alto valor coeficiente de variação indica que a média não pode ser considerada uma boa descritora da população (FIELD, 2009).

Segundo Bussacos (1997), um coeficiente de variação de até 10% representa baixa dispersão dos dados. Valores ente 10% e 30% indicam média dispersão, e valores acima de 30% indicam elevada dispersão. Considerando esse critério, podemos afirmar que as análises demonstraram variáveis com baixa e média dispersão, indicando que a média pode ser considerada uma boa previsora da população analisada.

**Tabela 4.17** - Dados estatísticos descritivos das medidas verticais dos trabalhadores

| Descritivo    | Estatura | Altura dos Olhos | Altura do Ombro | Altura do Cotovelo | Altura da Mão | Altura do Umbigo | Altura do Joelho |      |
|---------------|----------|------------------|-----------------|--------------------|---------------|------------------|------------------|------|
| Média         | 168,5    | 156,4            | 140,9           | 106,7              | 64,7          | 96,7             | 48,2             |      |
| Desvio Padrão | 7,9      | 8,2              | 8,1             | 5,9                | 5,0           | 16,8             | 7,3              |      |
| CV (%)        | 4,7      | 5,3              | 5,7             | 5,5                | 7,7           | 17,4             | 15,2             |      |
| Mínimo        | 150,5    | 136,0            | 105,0           | 94,0               | 52,2          | 1,0              | 35,5             |      |
| Máximo        | 192,0    | 179,0            | 160,5           | 124,0              | 77,3          | 121,5            | 105,5            |      |
|               | 5        | 153,4            | 142,0           | 128,0              | 96,9          | 57,0             | 65,8             | 42,4 |
|               | 20       | 161,0            | 149,0           | 133,5              | 102,0         | 60,5             | 93,5             | 44,9 |
| Percentis (%) | 40       | 167,0            | 154,0           | 139,0              | 105,0         | 63,5             | 97,3             | 46,0 |
|               | 60       | 171,1            | 159,0           | 143,0              | 107,0         | 65,0             | 101,7            | 48,0 |
|               | 80       | 174,8            | 163,6           | 147,5              | 112,0         | 69,0             | 106,0            | 50,5 |
|               | 95       | 179,1            | 169,4           | 153,1              | 118,0         | 73,5             | 110,1            | 54,3 |

Os resultados de percentis demonstram a distribuição de medidas dos trabalhadores. Tomando como exemplo a largura da mão, pode-se afirmar que 95% dos trabalhadores têm mãos com largura superior a 8cm. No outro extremo, pode-se afirmar que apenas 5% dos trabalhadores têm largura da mão superior a 10,2cm. As demais variáveis podem ser analisadas analogamente ao exemplo da largura da mão.

**Tabela 4.18** - Dados estatísticos descritivos das demais medidas dos trabalhadores

| Descritivo    | Membro Superior | Braço | Antebraço | Largura da Mão | Diâmetro da mão fechada | Cilindro de pega máxima | Peso (kg) |
|---------------|-----------------|-------|-----------|----------------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| Média         | 71,6            | 26,7  | 45,2      | 9,2            | 7,4                     | 7,9                     | 78,5      |
| Mediana       | 72,0            | 26,0  | 46,0      | 9,0            | 7,5                     | 8,0                     | 76,8      |
| Desvio Padrão | 4,7             | 3,6   | 4,7       | 0,8            | 0,8                     | 0,9                     | 14,7      |
| CV (%)        | 6,5             | 13,5  | 10,5      | 8,3            | 11,0                    | 10,8                    | 18,7      |
| Mínimo        | 56,0            | 20,0  | 15,0      | 6,5            | 4,8                     | 4,4                     | 48,7      |
| Máximo        | 85,2            | 51,5  | 54,0      | 13,0           | 9,5                     | 10,5                    | 129,0     |
| Percentis (%) | 5               | 63,0  | 21,0      | 37,0           | 8,0                     | 6,7                     | 57,8      |
|               | 20              | 68,0  | 24,5      | 42,5           | 8,6                     | 7,3                     | 66,1      |
|               | 40              | 71,0  | 26,0      | 44,5           | 9,0                     | 7,9                     | 73,6      |
|               | 60              | 73,0  | 27,0      | 46,2           | 9,4                     | 8,0                     | 80,3      |
|               | 80              | 75,0  | 28,0      | 49,0           | 10,0                    | 8,6                     | 90,1      |
|               | 95              | 79,0  | 31,5      | 51,0           | 10,2                    | 9,2                     | 107,7     |

Ao se utilizar percentis, obtiveram-se intervalos de medidas predominantes entre os grupos estudados não havendo prejuízo quanto à dispersão dos dados. As medidas estatísticas aferidas podem ser utilizadas para dimensionar ferramentas, alturas de bancadas e assentos e, até mesmo, orientar a compra de fardamentos e EPIs de maneira otimizada. A Tabela 4.19 indica as possíveis aplicações das medidas obtidas e os limites superior ou inferior aferidos.

As sugestões de medidas máxima ou mínima citadas na Tabela 4.19 utilizaram como base a análise dos percentis 95% e 5%. Por exemplo, uma aplicabilidade da variável estatura: para determinar a altura mínima para portas e passagens, o limite maior que 179cm atende 95% da amostra analisada. A linha de visão dos trabalhadores foi determinada pela altura dos olhos, e foi estabelecido que os painéis de máquinas devem estar entre 142cm e 163cm para atender 90% da população.

A altura do ombro indica o centro de rotação dos membros superiores na posição em pé. Pode ser útil, por exemplo, para determinar a altura de armazenamento de ferramentas. No caso em análise, ferramentas posicionadas em alturas menores que 153cm atendem 95% da população.

**Tabela 4.19** - Aplicações possíveis das medidas obtidas considerando 95% da população aferida

| Variável                       | Utilização  | Limites aferidos (cm) |
|--------------------------------|---|-----------------------|
| Estatura                       | Determinar altura mínima para portas e passagens                                      | > 179                 |
| Altura dos olhos               | Determinação da linha de visão, para estabelecer alturas de painéis de máquinas, etc. | > 142 e < 163,6       |
| Altura do ombro                | Determinar a altura de alcance na posição em pé                                       | < 153                 |
| Altura do cotovelo             | Determinar altura de bancadas de trabalho   | > 96                  |
| Altura da mão                  | Determinar alcance inferior máximo  | > 57                  |
| Comprimento do membro superior | Determinar distância de alcance   | < 79                  |
| Comprimento do braço           | Determinar distância de alcance   | < 31                  |
| Comprimento do antebraço       | Determinar distância de alcance   | < 51                  |
| Altura do umbigo               | Determinar altura de bancadas de trabalho   | > 65                  |
| Altura do joelho               | Determinar altura de obstruções ao nível do joelho e tamanho de perneiras             | > 42 e < 54           |
| Largura da mão                 | Determinar comprimento mínimo de cabo de ferramenta e ajuste de máquinas              | > 8                   |
| Diâmetro da mão fechada        | Determinar empunhadura de cabo de ferramentas   | > 6                   |
| Diâmetro de pega máxima        | Determinar diâmetro de cabo de ferramenta e ajuste de máquinas                        | > 7                   |

Fonte: SILVA (2003).

A altura do cotovelo pode ser útil para a determinação da superfície de trabalho. No caso em análise, 95% dos trabalhadores estariam atendidos com superfícies em altura superior a 97cm. A altura da mão foi útil para determinar que 95% dos indivíduos alcançariam um objeto que esteja a mais de 57cm de distância vertical do solo sem flexionar os joelhos.

O comprimento do membro superior, braço e antebraço, definem os alcances máximos dos membros superiores em diversas situações, por exemplo, comandos de maquinários. No caso pesquisado, os comandos devem estar a distância máxima de 79cm para atender a 95% da população. Já no caso da determinação da altura das bancadas, tendo com referência a

altura do umbigo dos trabalhadores, conclui-se que 95% da população estaria atendida caso a altura fosse maior que 65cm.

A altura do joelho é uma medida indicativa da altura máxima de obstruções à circulação. No caso em análise, 95% da população estaria atendida caso as obstruções se limitassem a 42cm. A largura da mão indica o comprimento mínimo de cabo de ferramentas. Para os trabalhadores estudados, 95% têm largura da mão superior a 8cm. Por fim, o diâmetro de pega máxima indica o diâmetro mínimo das ferramentas. No caso em análise, medidas superiores a 7cm atendem a 95% da população.

As medidas antropométricas atendem as especificações de um grupo e podem não estar nas especificações de outro grupo. Segundo a NR 17 (BRASIL, 1978), as condições de trabalho, incluindo o acesso às instalações, mobiliário, equipamentos, condições ambientais, organização do trabalho, capacitação, condições sanitárias, programas de prevenção e cuidados para segurança pessoal devem levar em conta as necessidades dos trabalhadores com deficiência e aquelas pessoas cujas medidas antropométricas não sejam atendidas, e devem estar disponíveis ajudas técnicas necessárias em seu respectivo posto de trabalho para facilitar sua integração ao trabalho, levando em consideração as repercussões sobre a saúde destes trabalhadores.

### 4.3 Índice de Massa Corpórea (IMC)

Com as medidas de peso e altura, foram calculados os IMCs de cada um dos trabalhadores. Na Tabela 4.20 são descritos os resultados obtidos. Considerando-se o IMC, percebe-se uma predominância de pessoas acima do peso, 45%, ou com obesidade I e II, 26,1%. Os funcionários com peso considerado normal representaram apenas 28,2%, enquanto aqueles abaixo do peso representam somente 0,7%.

**Tabela 4.20** - Distribuição dos trabalhadores quanto ao peso

| Referência     | Percentual |
|----------------|------------|
| Abaixo do peso | 0,7        |
| Peso normal    | 28,2       |
| Acima do peso  | 45,0       |
| Obesidade I    | 22,1       |
| Obesidade II   | 4,0        |

A empresa fornece refeições diárias aos seus funcionários. Portanto, a empresa tem recursos para melhorar o quadro exposto por meio de um acompanhamento nutricional dos trabalhadores, inclusive considerando o gasto energético associado às diferentes atividades.

#### 4.4 Metabolismo das atividades realizadas

Os trabalhadores tiveram sua frequência cardíaca aferida antes e durante a atividade de trabalho. A Tabela 4.21 descreve a análise estatística das Taxas de Reserva Cardíaca Percentual (TRC%) consolidadas e por área.

**Tabela 4.21** - Análise Estatística das Taxas de Reserva Cardíaca Percentual

| Variável Estatística | TRC % Geral | TRC %<br>Colheita | TRC % UPC | TRC %<br>Silvicultura |
|----------------------|-------------|-------------------|-----------|-----------------------|
| Média                | 13,0        | 10,3              | 12,9      | 20,4                  |
| Desvio Padrão        | 10,2        | 9,9               | 10,2      | 9,7                   |
| C.V. (%)             | 78,7        | 96,1              | 78,8      | 47,8                  |
| Mínimo               | 0,8         | 1,0               | 0,8       | 11,8                  |
| Máximo               | 38,3        | 28,3              | 38,3      | 30,9                  |
|                      | 5           | 0,9               | 1,0       | 11,8                  |
|                      | 20          | 3,3               | 2,5       | 11,8                  |
| Percentis (%)        | 50          | 9,6               | 6,7       | 19,4                  |
|                      | 75          | 20,6              | 19,0      | 29,8                  |
|                      | 95          | 33,1              | 35,9      |                       |

Por intermédio dos dados, percebe-se que 50% dos trabalhadores obtiveram TRC% maior que 9,6%. Comparando as áreas, nota-se que 50% dos trabalhadores da Colheita tiveram TRC superior a 6,7%, enquanto na UPC em 50% dos trabalhadores foram encontrados TRC superior a 9,6%. Isso indica que o esforço cardíaco dos trabalhadores da UPC é superior ao esforço cardíaco dos trabalhadores da colheita.

Analisando-se os dados da silvicultura, pode-se aferir que 50% dos trabalhadores mantiveram TRC% superior a 19,4%, indicando o maior esforço cardíaco de todas as atividades. Este grupo é formado majoritariamente por mulheres.

A análise da taxa de metabolismo foi feita por atividade e por área. Os resultados detalhados bem como as classificações das atividades conforme preconiza a NR15 encontram-

se dispostos na Tabela 4.22. Os resultados mostram que, para a colheita, todas as atividades foram consideradas leves, com taxa de metabolismo variando de 84 a 166 kcal/h. Isso ocorre porque a maioria das atividades da colheita é realizada na posição sentada, geralmente pilotando uma máquina.

**Tabela 4.22** - Resultados detalhados das taxa de metabolismo e classificação segundo NR 15.

| Área         | Função                            | Período (horas) | Taxa de metabolismo (kcal/h) | Classificação                  |
|--------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------------|--------------------------------|
| Colheita     | Mecânico                          | 11:04           | 148,19                       | Leve sentado (braços e pernas) |
|              | Motorista de caminhão             | 09:00           | 166,44                       | Leve de pé                     |
|              | Operador de <i>feller buncher</i> | 10:48           | 131,85                       | Leve sentado (braços e pernas) |
|              | Operador de traçadora             | 09:30           | 144,21                       | Leve sentado (braços e pernas) |
|              | Operador de traçadora             | 02:55           | 84,00                        | Sentado em repouso             |
|              | Supervisor de colheita            | 06:40           | 156,75                       | Leve de pé                     |
| Silvicultura | Auxiliar de silvicultura          | 03:36           | 341,39                       | Pesado intermitente            |
|              | Combate à formiga                 | 01:06           | 342,73                       | Pesado intermitente            |
|              | Irigador                          | 02:14           | 180,90                       | Moderado sentado               |
|              | Piloto de avião                   | 01:40           | 119,40                       | Leve sentado (braços e tronco) |
|              | Plantio de mudas                  | 07:55           | 415,58                       | Pesado intermitente            |
|              | Plantio de mudas                  | 01:30           | 245,33                       | Moderado de pé                 |
| UPC          | Barrelador                        | 08:24           | 795,00                       | Pesado fatigante               |
|              | Barrelador                        | 09:15           | 168,43                       | Leve de pé                     |
|              | Carbonizador                      | 11:00           | 364,91                       | Pesado intermitente            |
|              | Carbonizador                      | 09:00           | 280,78                       | Moderado em movimento          |
|              | Carregador de forno               | 06:35           | 389,16                       | Pesado intermitente            |
|              | Descarregador de forno            | 05:38           | 458,34                       | Pesado fatigante               |

Para a Silvicultura, foram reconhecidas atividades leves, moderadas e pesadas. No entanto, as atividades pesadas foram majoritárias. O resultado pode ser explicado pelo fato de as atividades da silvicultura serem predominantemente manuais, realizadas de pé e sob o sol.

Na UPC, foi localizado o maior número de atividades pesadas. Inclusive, as atividades realizadas pelo barrelador e descarregador de fornos são as atividades mais pesadas de todas as monitoradas, com medições de 795 e 458 kcal/h, respectivamente.

A característica das atividades na UPC pode explicar os resultados encontrados. Além da existência de diversas atividades manuais e realizadas sob o sol, existe ainda o desconforto térmico provocado pelo calor emanado dos fornos e a existência de grande quantidade de gases e fumaça em dispersão, o que exige maior capacidade aeróbica dos trabalhadores.

A seguir, a Tabela 4.23 ordena as taxas médias de metabolismo consolidadas por área. Na média, as atividades mais pesadas são as realizadas na UPC, 409 kcal/h, seguidas das atividades da Silvicultura, 274 kcal/h, e as atividades da Colheita, 138 kcal/h.

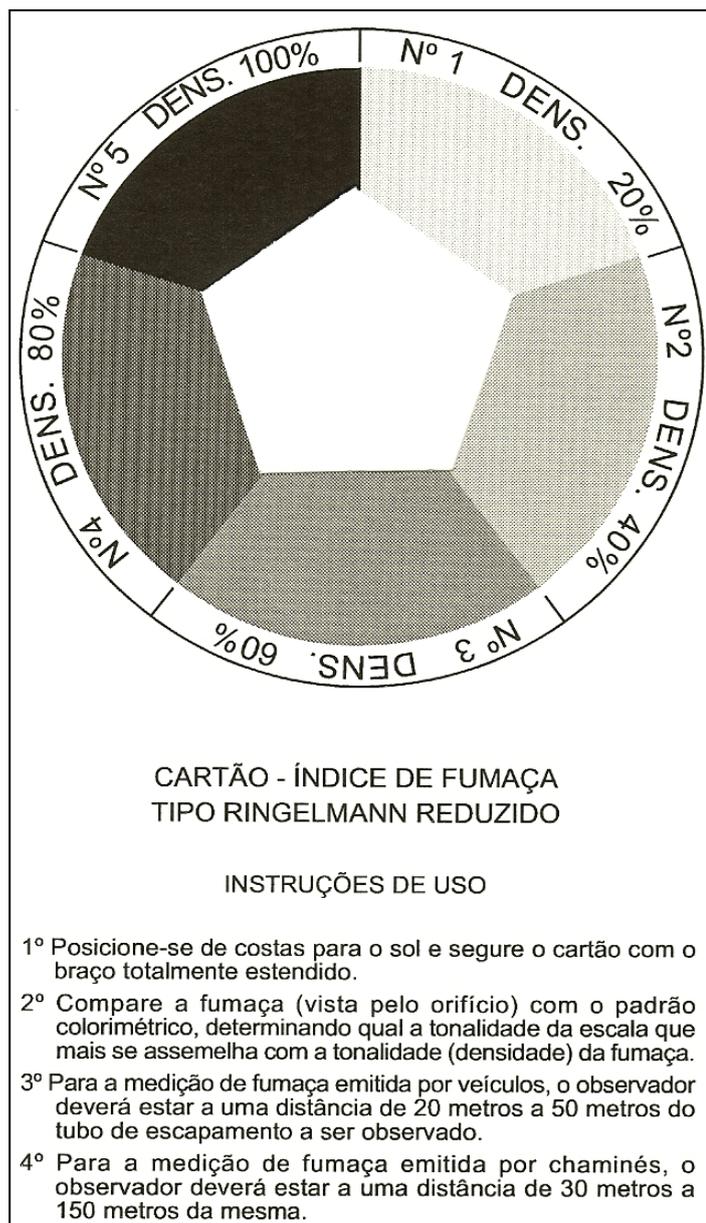
**Tabela 4.23** - Resultados médios das taxas de metabolismo e classificação segundo NR 15.

| Área         | Taxa de metabolismo (kcal/h) | Tipo de atividade |
|--------------|------------------------------|-------------------|
| Colheita     | 138,6                        | Leve              |
| Silvicultura | 274,2                        | Moderada          |
| UPC          | 409,4                        | Pesada            |

## 4.5 Avaliação dos fatores ambientais

### 4.5.1 Exposição dos trabalhadores aos gases e fumaça

A área de segurança da empresa controla regularmente os níveis de fumaça emitidos pelos veículos e máquinas utilizados. Esse monitoramento é feito com um cartão de medição de densidade de fumaça preta conforme o exemplo da Figura 4.1. Usa-se o método da Escala de Ringelmann. A aplicação deste método é normatizada na legislação ambiental brasileira. Essa escala é normalmente adequada para avaliação em campo conforme a NBR 6016 de 1986. Tem-se um dos primeiros métodos para aferição de fumaça.



Fonte: CETESB (2013)

**Figura 4.1** - Cartão utilizado para medição de fumaça preta

No Brasil, segundo a Resolução nº 510 do Conselho Nacional de Trânsito (BRASIL, 1977), a escala de Ringelmann foi usada para o controle de fumaça preta dos ônibus em circulação. No entanto, a Resolução nº 427 do Conselho Nacional de Trânsito (BRASIL, 2012) revogou, em 7 de junho de 2013, a Resolução nº 510 e ainda referenciou os padrões de emissão de fumaças e poluentes por veículos automotores a Resolução Resolução Conama nº 418 (BRASIL, 2009).

Nas vistorias, o motorista, após uma aceleração para “descontaminar” o motor e o escapamento, deve realizar mais três operações de aceleração e desaceleração com o cartão de

fumaça, ilustrado na Figura 4.1. O observador deve segurar a escala de Ringelmann com o braço esticado e olhando através da abertura deste cartão de papelão, com um orifício ao centro, no qual forma um pentagrama composto por uma escala de cinco variações de cor, que vão de cinza claro até preto. Caso a cor da fumaça emitida pelos veículos ou máquinas tenha densidade inferior a 40%, o equipamento é aprovado e selado conforme a Figura 4.2. Caso contrário, a máquina é enviada para manutenção. Todas as máquinas em operação na empresa estavam seladas, indicando níveis aceitáveis de emissão de fumaça preta.



**Figura 4.2** - Selo de conformidade colado nas máquinas aprovadas

Necessita-se que o observador seja experiente para medição do teor de fuligem por intermédio de uma análise subjetiva da tonalidade do gás emitido com a semelhança de um padrão colorimétrico da escala de Ringelmann. Neste estudo, usou-se o aparelho multidetector de gases para o monitoramento da qualidade do ar. Avaliou-se o teor de fuligem oriundo da fonte de emissão do gás das máquinas.

Foram realizadas medições nos tubos dos escapamentos de 13 máquinas utilizadas na colheita, UPC e silvicultura. A Tabela 4.24 a seguir indica as máquinas analisadas considerando sua função e seu tempo de utilização (horímetro). Foram analisados os gases

combustíveis, monóxido de carbono (CO), sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e concentração percentual de oxigênio no ar (O<sub>2</sub>) emitidos pelo escapamento das máquinas. O resultado médio das medições é apresentado na Tabela 4.25.

Conforme os resultados, a máquina com maior emissão de CO foi o Trator Valtra BM 125 (195,4 ppm em média), seguido do Trator Valtra 785 ( 149,6 ppm em média), e da Garra traçadora Hyundai 210 LC7 H26 ( 132,7 ppm em média). Os tratores com maiores emissões de monóxido de carbono são utilizados na silvicultura e são máquinas com mais de 40 mil horas de utilização.

A concentração ambiente de CO de 100 ppm pode ser encontrada em tráfego pesado em espaços fechados como túneis e garagens de estacionamento. Pode causar dores de cabeça e falta de ar (SPIRO e STIGLIANI, 2009). Os valores encontrados para as concentrações de CO das máquinas avaliadas ficaram abaixo de 200 ppm. Nessa concentração de CO, de acordo com a Tabela 2.4, espera-se a manifestação dos sintomas clínicos: desmaio, paralisia e distúrbios respiratórios.

**Tabela 4.24** -Máquinas e veículos analisados

| Área       | Função                     | Equipamento                            | Horímetro<br>(horas) |
|------------|----------------------------|--|----------------------|
| Colheita   | <i>Feller buncher</i>      | <i>Feller buncher</i> Caterpillar 320C | 28.356               |
|            | Descarga de toras          | Caterpillar 2348                       | 16.821               |
|            |                            | Caterpillar EH 208                     | 2.597                |
|            |                            | Doosan 210 EH 28                       | 4.325                |
|            | Garra traçadora            | Doosan H27                             | 6.663                |
|            |                            | Hyundai 210 LC7 H25                    | 4.170                |
|            |                            | Hyundai 210 LC7 H26                    | 4.586                |
|            | Skider                     | Skider Caterpillar 545 C               | 5.206                |
|            | Transporte de toras        | Caminhão Volvo FH 210                  | 103.103*             |
|            | Silvicultura               | Gradear a terra                        | Trator Valtra 785    |
| Irrigação  |                            | Trator Valtra BM 125                   | 46.326               |
| Subsolador |                            | Trator Valtra BH 125                   | 1.780                |
| UPC        | Carga e descarga de fornos | Retroescavadeira JCB 3C Plus           | 1.444                |

\*Medida em quilômetros

Quanto à emissão de sulfeto de hidrogênio, apenas duas máquinas apresentaram algum tipo de registro: *feller buncher* Caterpillar 320C e *skidder* Caterpillar 545C. Os níveis encontrados, até 6ppm no caso do *feller*, são inofensivos ao corpo humano (RAMASAMY, 2006).

Não foram observadas concentrações de oxigênio abaixo de 18% em volume, mesmo considerando-se que as medições foram feitas nos tubos dos escapamentos das máquinas. Todos os valores encontrados para concentração de oxigênio exposto na Tabela 4.25 atendem a concentração mínima estabelecida pela NR 15.

A Resolução Conama nº 418 (BRASIL, 2009) não trouxe em seu escopo os limites de toxicidade toleráveis de gases emitidos por veículos automotores. Dessa forma, não houve discussão considerando esse regulamento.

**Tabela 4.25** - Resultados das medições em máquinas e veículos analisados

| Equipamento                            | Médias             |          |                        |            |
|--|--------------------|----------|------------------------|------------|
|  | O <sub>2</sub> (%) | CO (ppm) | H <sub>2</sub> S (ppm) | Temp. (°C) |
| Caminhão Volvo FH 210                  | 20,2               | 44,7     | 0,0                    | 28,7       |
| Caterpillar 2348                       | 20,8               | 97,8     | 0,9                    | 27,0       |
| Caterpillar EH 208                     | 19,4               | 80,4     | 0,0                    | 26,0       |
| Doosan 210 EH 28                       | 20,0               | 113,1    | 0,0                    | 32,0       |
| Doosan H27                             | 19,3               | 90,5     | 0,0                    | 25,0       |
| <i>Feller buncher</i> Caterpillar 320C | 19,3               | 129,0    | 6,0                    | 24,0       |
| Hyundai 210 LC7 H25                    | 19,4               | 96,3     | 0,0                    | 25,0       |
| Hyundai 210 LC7 H26                    | 18,8               | 132,7    | 0,0                    | 26,0       |
| Retroescavadeira JCB 3C Plus           | 19,2               | 80,5     | 0,0                    | 32,0       |
| Trator Valtra 785                      | 20,1               | 149,6    | 0,0                    | 27,0       |
| Trator Valtra BM 125                   | 19,7               | 195,4    | 0,0                    | 29,0       |
| Trator Valtra BH 125                   | 20,0               | 109,6    | 0,0                    | 28,0       |
| Skidder Caterpillar 545C               | 20,4               | 27,5     | 0,2                    | 28,0       |

A Unidade de Produção de Carvão (UPC) é uma área especialmente crítica tratando-se de gases, fumaça e poeira. Isso ocorre devido à grande concentração de diferentes tipos de fornos destinados à produção do carvão. Nesse ambiente, foram realizadas medições da qualidade do ar e monitorados os gases combustíveis, monóxido de carbono (CO), sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S) e concentração percentual em volume de oxigênio.

A UPC foi dividida em duas grandes áreas: área de fornos tipo retangulares e área de fornos tipo circulares parabólicos. Os fornos retangulares são fornos com maiores dimensões e que possuem chaminés posicionadas a cerca de 5 metros de altura do solo. Nessa região da UPC, foram realizadas medições em 369 pontos distintos a uma altura variável de 1,4 a 1,6 metros.

As medições realizadas nessa área detectaram a presença de sulfeto de hidrogênio em apenas 8 pontos, com concentração máxima de 17 ppm. Não foram identificados sinais de gases combustíveis. Os fornos circulares são menores que os retangulares e possuem chaminés posicionadas a cerca de 2 metros de altura do solo. Nessa região da UPC, foram realizadas medições em 123 pontos distintos, também a uma altura variável de 1,4 a 1,6 metros.

As medições realizadas nessa área encontraram sulfeto de hidrogênio em 18 pontos, com concentração máxima de 32 ppm. Não foram identificados sinais de outros gases combustíveis. Os níveis de oxigênio e monóxido de carbono encontrados no ar atmosférico estão demonstrados na Tabela 4.26.

**Tabela 4.26** - Descrição estatística das emissões atmosféricas de monóxido de carbono e de oxigênio presentes no ar da UPC

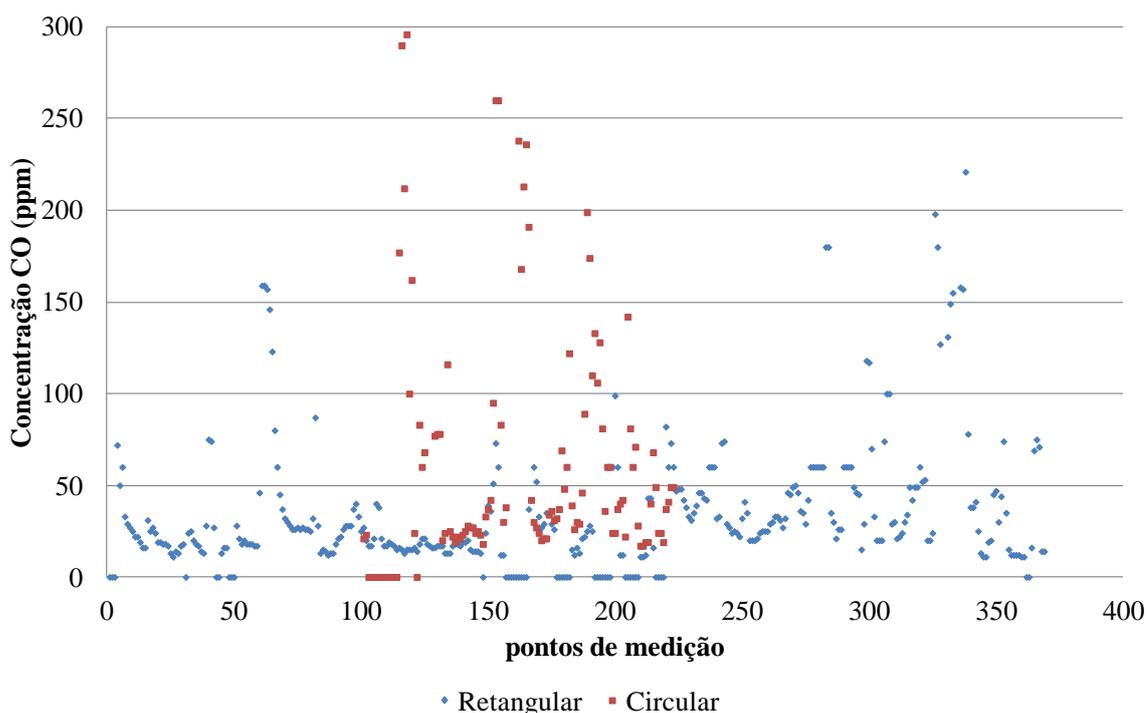
| Variável Estatística | Circular           |         | Retangular         |         |
|----------------------|--------------------|---------|--------------------|---------|
|                      | O <sub>2</sub> (%) | CO(ppm) | O <sub>2</sub> (%) | CO(ppm) |
| N                    | 123                | 123     | 369                | 369     |
| Média                | 20,73              | 96,51   | 20,74              | 38,37   |
| Desvio Padrão        | 0,15               | 166,39  | 0,30               | 56,49   |
| C.V. (%)             | 0,7                | 172,4   | 1,4                | 147,2   |
| Mínimo               | 20,1               | 0       | 18,2               | 0       |
| Máximo               | 20,8               | 999     | 20,8               | 642     |
|                      | 5                  | 20,5    | 0,0                | 20,5    |
|                      | 20                 | 20,8    | 21,0               | 20,8    |
| Percentil (%)        | 50                 | 20,8    | 37,0               | 20,8    |
|                      | 70                 | 20,8    | 77,8               | 20,8    |
|                      | 95                 | 20,8    | 352,2              | 20,8    |

A concentração de oxigênio apresentou média de 20,7% em volume no setor da UPC nas áreas dos fornos circulares e retangulares. A concentração de monóxido de carbono,

entretanto, não pode ser analisada pelos valores médios, em função dos altos coeficientes de variação encontrados.

Tomando por base a análise de percentis, pode-se afirmar que 30% dos pontos analisados na área de fornos circulares apresentaram concentração de monóxido de carbono superior a 77 ppm. No setor de fornos retangulares, 30% dos pontos revelaram concentração de CO acima de 37 ppm. Isso significa que a presença de CO na área de fornos circulares é mais de duas vezes superior à área de fornos retangulares.

Na Figura 4.3, encontram-se os resultados das medições ponto a ponto de monóxido de carbono para os fornos retangulares e circulares. Cada ponto azul representa uma medição de monóxido de carbono do forno retangular; e os pontos vermelhos, as medições nos fornos circulares. A abscissa representa o número de pontos medidos, e a ordenada representa a concentração de CO em ppm.



**Figura 4.3** - Ilustração dos dados levantados na UPC

Com o objetivo de melhor analisar o ambiente da UPC, foram realizadas medições em pontos específicos relacionados a atividades consideradas mais críticas: barrelamento e carbonização. No barrelamento, o trabalhador é o responsável por vedar os fornos retangulares de possíveis brechas ou fissuras na argamassa ou portas dos fornos. Nessa atividade, é possível inalar quantidade substancialmente grande de gases tóxicos. Isso ocorre

porque o trabalhador permanece junto a pequenos orifícios por onde escapam gases em elevado teor de concentração de monóxido de carbono.

Dessa forma, analisaram-se os gases próximos a essas frestas dos portões, com o objetivo de aferir sua toxicidade. O resultado dessa análise está discriminado na Tabela 4.27. Foram identificados elevados níveis de monóxido de carbono, além de média de sulfeto de hidrogênio superior aos picos encontrados em todas as outras medições. O índice de CO encontrado excedeu a capacidade de medição do equipamento utilizado; entretanto, foi possível aferir que os valores excedem em muito os 750 ppm, índice a partir do qual a inalação do gás pode levar à morte.

A gravidade dos efeitos depende da duração da exposição e do nível de esforço, porque leva algum tempo para o CO inalado se equilibrar com o sangue em circulação. Em concentrações superiores a 750 ppm (0,1% das moléculas de ar), perda de consciência e morte ocorrem rapidamente. Em níveis inferiores, os efeitos são revertidos pela inalação de ar não contaminado, que permite que O<sub>2</sub> substitua o CO na ligação com as moléculas de hemoglobina (SPIRO e STIGLIANI, 2009).

Os valores negativos da Tabela 4.27 encontrados para os gases combustíveis residuais não possuem significados físicos. O gás combustível coletado e analisado, contendo tanto metano quanto diversas outras substâncias químicas, conforme o anexo III, não oferece risco de explosões ao ambiente de trabalho.

A concentração de sulfeto de hidrogênio foi de 36,15 ppm. Um indivíduo exposto a essa concentração de 6 a 8 horas pode sofrer irritação dos olhos e dificuldades de respiração.

**Tabela 4.27** - Gases encontrados

| Gás                          | Valores médios encontrados |
|------------------------------|----------------------------|
| H <sub>2</sub> S (ppm)       | 36,15                      |
| CO (ppm)                     | 999*                       |
| O <sub>2</sub> (%) em volume | 20,3                       |
| Gás combustível (%)LEL       | -4,3                       |

\*Valor fora da escala do equipamento

A atividade de carbonização é aquela na qual o trabalhador é o responsável por manter acesos os fornos, além de efetuar a abertura ou fechamento de saídas de gases localizadas na parte superior lateral dos fornos retangulares. Nessa atividade, verificou-se que é possível a inalação de uma quantidade substancialmente grande de gases tóxicos em função de o trabalhador permanecer junto às janelas de respiração dos fornos ou próximo das cavidades

em que é alimentado o fogo. Adicionalmente, esse trabalho é feito durante a noite, período em que as fumaças e os gases da UPC tendem a ficar mais baixos, em função da natural queda de temperatura observada.

Para análise da atividade de carbonização, deixou-se o equipamento multidetector de gás junto a um trabalhador durante todo o seu turno de trabalho (23h-6h). Nessa análise, foram capturados 435 pontos de medição com integralização de 1 minuto cada. Não foram detectados sinais de H<sub>2</sub>S durante toda a medição. Os níveis de concentração de oxigênio ficaram estáveis em 20,8% em volume, valor esse idêntico ao encontrado ao ar livre em toda a fazenda. Os resultados encontrados para os demais gases estão dispostos na Tabela 4.28 e na Figura 4.4.

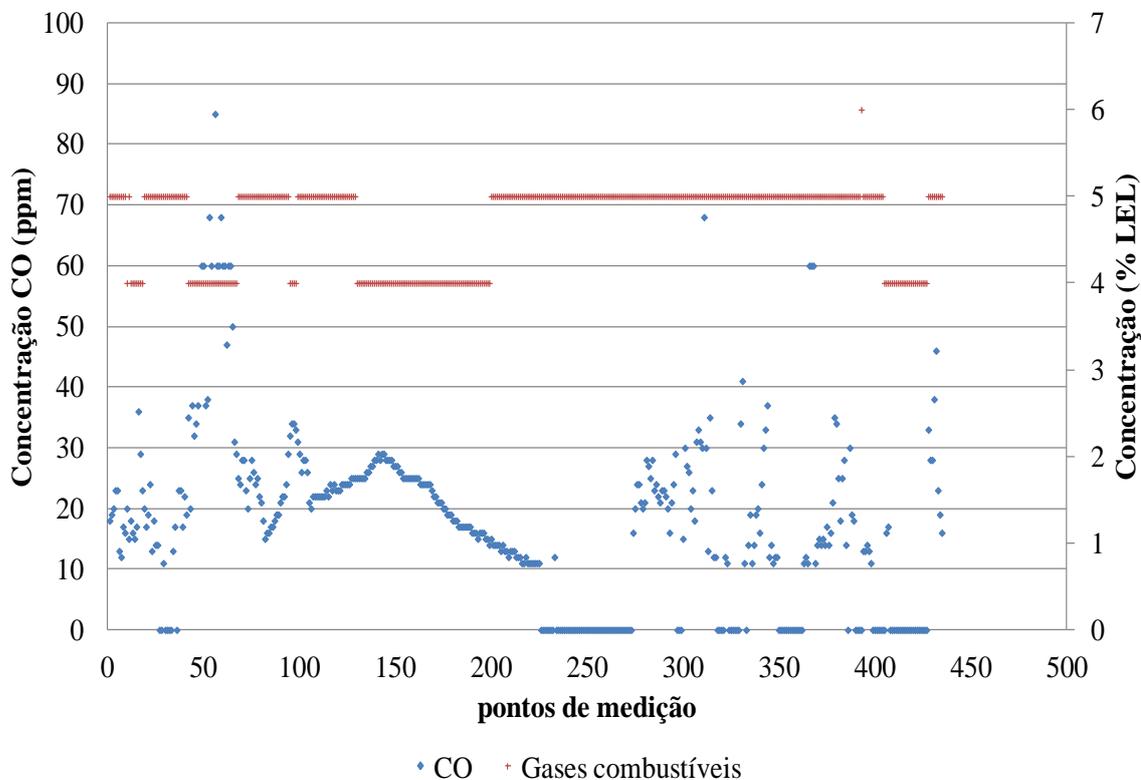
A atividade de carbonização para a realização da combustão incompleta visa à regulação da quantidade de ar. Inúmeras reações químicas são provocadas pela decomposição térmica da madeira, que resultam em carvão, substâncias líquidas voláteis e gases fuliginosos ou inflamáveis. Os gases inflamáveis são avaliados conforme o teor presente em porcentagem LEL. Os resultados mostram que, em 80% dos pontos, foi identificada uma concentração de gases combustíveis superiores a 4% LEL. Em 50% dos pontos, foi identificada concentração de CO superior a 18 ppm.

**Tabela 4.28** - Descrição estatística dos dados levantados na carbonização

| Variável Estatística | Gases    |                     |
|----------------------|----------|---------------------|
|                      | CO (ppm) | Combustível (%) LEL |
| N                    | 435      | 435                 |
| Média                | 18,77    | 4,62                |
| Desvio Padrão        | 27,85    | 0,51                |
| C.V. (%)             | 148,3    | 11,1                |
| Mínimo               | 0        | 2                   |
| Máximo               | 505      | 5                   |
| Percentil            | 5        | 0,0                 |
|                      | 20       | 0,0                 |
|                      | 50       | 18,0                |
|                      | 70       | 24,0                |
|                      | 95       | 42,0                |

Na figura 4.4, tem-se que cada ponto azul representa uma medição de monóxido de carbono do forno retangular; e os pontos vermelhos, as medições dos gases combustíveis desse forno. A abscissa representa o número de pontos medidos, a ordenada principal

representa a concentração de CO em ppm e a ordenada secundária (esquerda) representa a concentração percentual de gases combustíveis encontrados.



**Figura 4.4** - Ilustração dos dados levantados na carbonização dos fornos retangulares

Os níveis de gases combustíveis encontrados estão abaixo dos limites aceitáveis, 25% LEL. Por outro lado, os níveis de monóxido de carbono encontrados demandam atenção, principalmente pela regularidade das medidas encontradas durante todo o turno de trabalho.

Para o oxigênio, a concentração mínima identificada foi 18,2% em volume na área de fornos retangulares, valor superior ao limite mínimo, 18% em volume, preconizado pela NR 15, Anexo XI (BRASIL, 1978c). Para análise das concentrações de monóxido de carbono, foram calculadas as médias dos dados coletados por minuto de forma a obter um valor a cada 20 minutos, conforme estabelece a NR 15. O resultado do procedimento está disposto na Tabela 4.29. Para o conhecimento da transgressão ou não do limite de monóxido de carbono disperso no ar é necessário conhecer o fator de desvio dado pela Tabela 4.30.

**Tabela 4.29** - Resultados das medições de CO seguindo critério da NR 15.

| Amostra | Tempo (min.) | Resultados CO (ppm) |                   |              |
|---------|--------------|---------------------|-------------------|--------------|
|         |              | Fornos Retangulares | Fornos Circulares | Carbonizador |
| 1       | 20           | 26                  | 64                | 64           |
| 2       | 40           | 20                  | 172               | 172          |
| 3       | 60           | 18                  | 118               | 118          |
| 4       | 80           | 63                  | 112               | 112          |
| 5       | 100          | 27                  | 79                | 79           |
| 6       | 120          | 20                  | 43                | 43           |
| 7       | 140          | 17                  | -                 | 29           |
| 8       | 160          | 21                  | -                 | 17           |
| 9       | 180          | 20                  | -                 | 20           |
| 10      | 200          | 17                  | -                 | 63           |
| 11      | 220          | 15                  | -                 | 26           |
| 12      | 240          | 47                  | -                 | 22           |
| 13      | 260          | 31                  | -                 | 16           |
| 14      | 280          | 42                  | -                 | 24           |
| 15      | 300          | 64                  | -                 | 20           |
| 16      | 320          | 44                  | -                 | 9            |
| 17      | 340          | 178                 | -                 | 19           |
| 18      | 360          | 26                  | -                 | 44           |
| 19      | 380          | -                   | -                 | 35           |
| 20      | 400          | -                   | -                 | 36           |
| 21      | 420          | -                   | -                 | 60           |
| 22      | 440          | -                   | -                 | 49           |
| 23      | 460          | -                   | -                 | 169          |
| 24      | 480          | -                   | -                 | 41           |

O limite de tolerância do monóxido de carbono é 39 ppm conforme Tabela 2.5. Pela Tabela 4.30, para esse limite de tolerância, o fator de desvio é de 1,5. Dessa forma, tem-se o seguinte valor máximo

$$\text{Valor máximo} = 39 \times 1,5$$

$$\text{Valor máximo} = 58,5 \text{ ppm}$$

**Tabela 4.30** - Fator de desvio em função do fator de tolerância

| Limite de Tolerância (LT)<br>(ppm) | Fator de Desvio (FD) |
|------------------------------------|----------------------|
| 0 a 1                              | 3                    |
| 1 a 10                             | 2                    |
| 10 a 100                           | 1,5                  |
| 100 a 1000                         | 1,25                 |
| Acima de 1000                      | 1,1                  |

Fonte: BRASIL (1978c), Anexo XI, Quadro I.

Considerando o valor máximo permitido com os valores aferidos, constatou-se que houve extrapolação dos limites de monóxido de carbono em dispersão no ar, tornando-se, portanto, o ambiente insalubre. A área de fornos retangulares superou o limite de CO disperso no ar em 3 de 18 amostras, sendo no pior caso aferida a concentração de 178 ppm. A área de fornos circulares apresentou superação do CO disperso no ar em 5 de 6 amostras, sendo no pior caso, aferida a concentração de 172 ppm.

A medição feita junto ao carbonizador revelou a transgressão do limite de CO disperso no ar em 8 de 24 amostras, sendo no pior caso aferida a concentração de 172 ppm. A comparação entre as medições revelou que a área de fornos circulares apresentou maior regularidade de transgressões dos limites de CO em dispersão, 83% das amostras. Já o pior resultado em termos absolutos foi identificado na área de fornos retangulares, 178 ppm.

#### **4.5.2 Avaliação da temperatura no ambiente de trabalho**

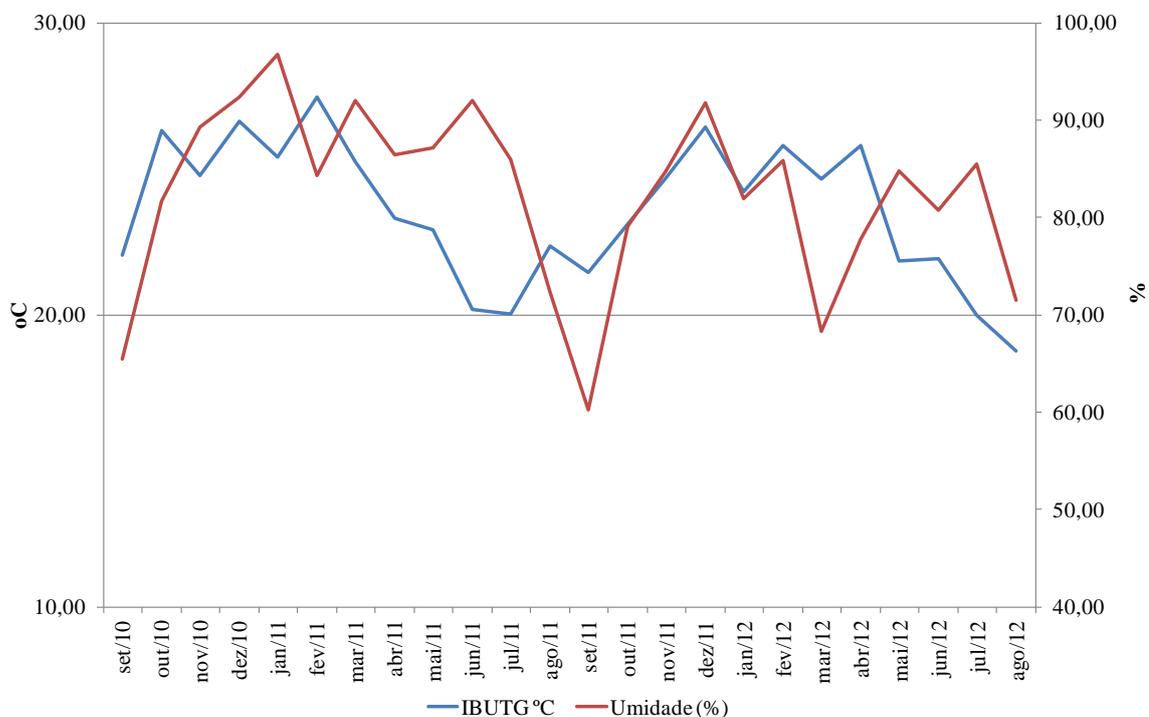
Foram analisados os dados metrológicos disponíveis nos últimos 24 meses anteriores à realização da pesquisa em campo. Os dados de temperatura e umidade foram processados de forma a se obter o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo: IBUTG. Os valores foram calculados em termos médios mensais e estão dispostos na Tabela 4.31 e na Figura 4.5.

**Tabela 4.31** - Descrição estatística dos dados levantados na carbonização

| Variável Estatística | IBUTG |
|----------------------|-------|
| N                    | 24    |
| Média                | 23,6  |
| Desvio Padrão        | 2,4   |
| C.V. (%)             | 10,3  |
| Mínimo               | 18,8  |
| Máximo               | 27,5  |
|                      | 5     |
|                      | 19,1  |
| Percentil            | 30    |
|                      | 22,0  |
|                      | 70    |
|                      | 25,3  |
|                      | 95    |
|                      | 27,3  |

Considerando o baixo coeficiente de variação, 10,3%, pode-se aceitar a média estatística como uma boa previsora de valores. Isso significa que o IBUTG médio de 23,6 pode ser considerado como um bom valor de referência para todo o período analisado.

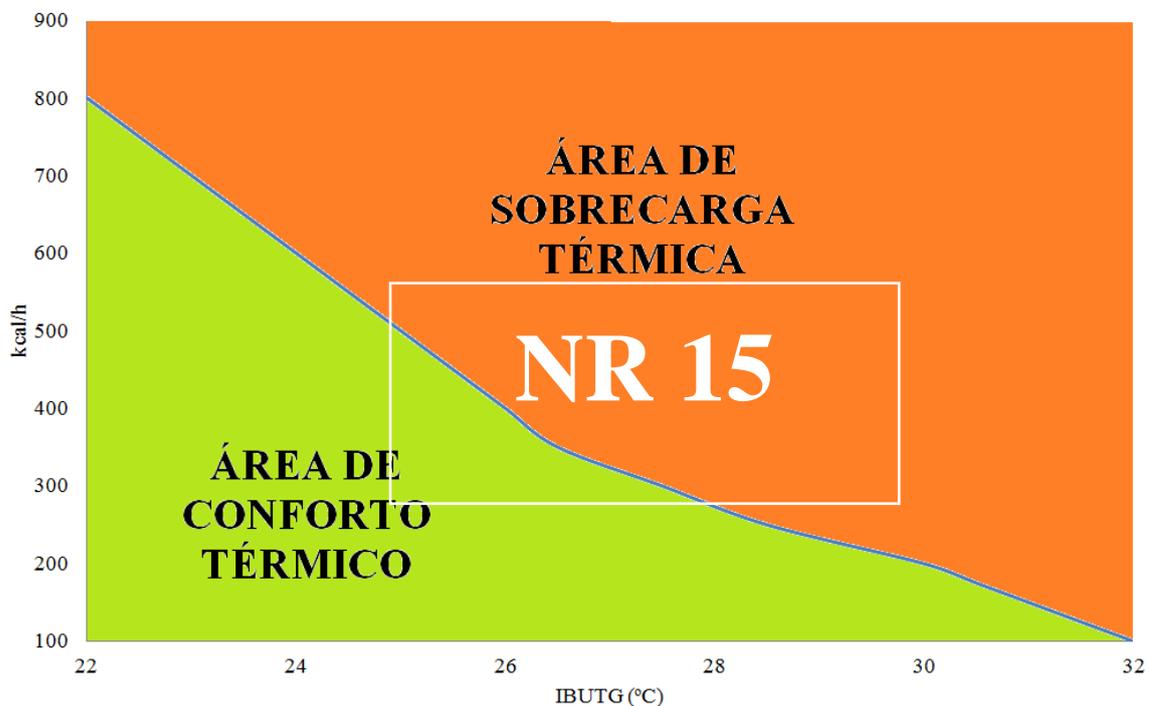
De posse do resultado do IBUTG, o valor encontrado foi de 23,6; portanto, abaixo do valor de 25 citado pela NR 15, Anexo III, quadro I. Assim, mesmo para as atividades consideradas pesadas, podem ser efetuadas continuamente no período de uma hora.



**Figura 4.5** - IBUTG e umidade ao longo dos 24 meses anteriores ao levantamento

Seguindo a orientação da NR 15 (Brasil, 1978), para o índice de IBUTG de até 25, são permitidos trabalhos contínuos sem restrição pelo período de uma hora. No caso em análise, o índice aferido foi inferior ao limite estabelecido pela norma. Ou seja, mesmo as atividades pesadas podem ser executadas por uma hora em regime contínuo.

As taxas de metabolismo (kcal/h) citadas pela NR 15, Anexo III, Quadro II, relacionam o gasto calórico de cada atividade com o IBUTG máximo permitido. A norma prevê a sobrecarga térmica para o IBUTG superior a 25 e até 30,5 e taxas de metabolismo entre 175 e 500 kcal/h, conforme ilustra a Figura 4.6.



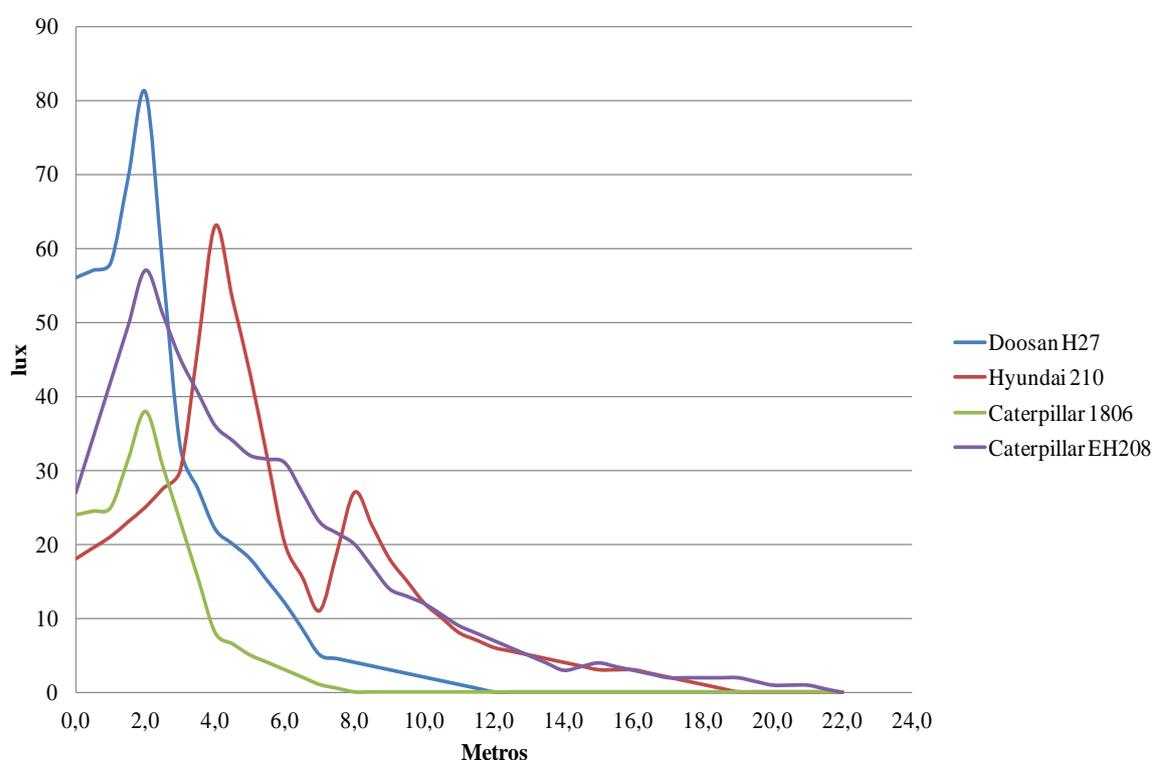
**Figura 4.6** - IBUTG e umidade ao longo dos 24 meses anteriores ao levantamento

Neste trabalho, o IBUTG aferido foi de 23,6; e a taxas de metabolismo encontradas, conforme a Tabela 4.31, variaram entre 84 e 795 kcal/h. Considerando o IBUTG, não se observou sobrecarga térmica. Logo, os trabalhos não estão submetidos ao desconforto térmico.

O IBUTG é uma grandeza contínua que varia ao longo do dia em função da temperatura, umidade relativa do ar e ventilação. Apesar dos resultados estatísticos demonstrarem a possibilidade de trabalhos continuados, cabe à área de segurança da empresa manter estado de atenção em dias mais quentes, fazendo cumprir os ciclos de trabalho e descanso preconizados pela legislação.

### 4.5.3 Níveis de iluminância nos postos de trabalho

Foram realizadas 540 medições de iluminância em 10 máquinas de operação noturna na área da colheita, totalizando 54 medições por máquina. As medições foram realizadas em linha reta a partir dos faróis, em intervalos regulares de 50 centímetros. As máquinas analisadas foram as garras traçadoras, *feller buncher*, *skidders* e as garras de carga e descarga. Para efeito de análise, as máquinas foram divididas em três grupos distintos: 4 garras traçadoras; 3 garras de carga e descarga; 1 *feller buncher* e 2 *skidder*.



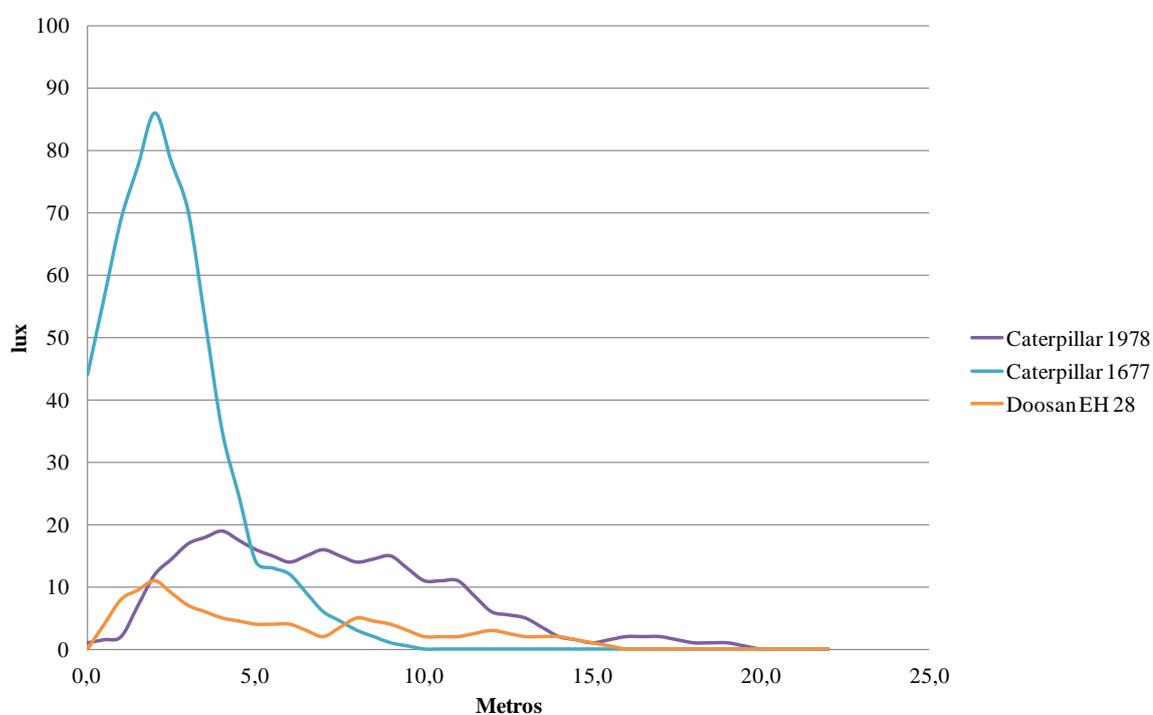
**Figura 4.7** - Medições realizadas nas garras traçadoras

A Figura 4.7 apresenta os resultados das medições realizadas nas garras traçadoras. É exibida a iluminância (lux) em função da distância do sensor fotocélula a dos faróis. Percebe-se que as 3 garras traçadoras atingiram valores máximos de iluminância a 2 metros de distância dos faróis. A máquina Hyundai 210 maximizou a iluminação a 4 metros de distância dos faróis. Nesse caso, observou-se, ainda, um segundo pico de 8 metros, provavelmente provocado por algum dos faróis mal regulados.

**Tabela 4.32** - Valores máximos de iluminância das garras traçadoras

| Garra Carga e Descarga | Máximo (lux) | Distância (m) |
|------------------------|--------------|---------------|
| Caterpillar1806        | 38           | 2,0           |
| Caterpillar EH 208     | 57           | 2,0           |
| Doosan H27             | 81           | 2,0           |
| Hyundai 210 LC7        | 63           | 4,0           |

A Tabela 4.32 indica os valores máximos das medições de iluminação e a distância do farol que o valor máximo ocorreu. Recomenda-se uma revisão dos faróis das garras traçadoras Caterpillar e um alinhamento dos faróis da garra traçadora Hyundai.



**Figura 4.8** - Medições realizadas nas garras de carga e descarga.

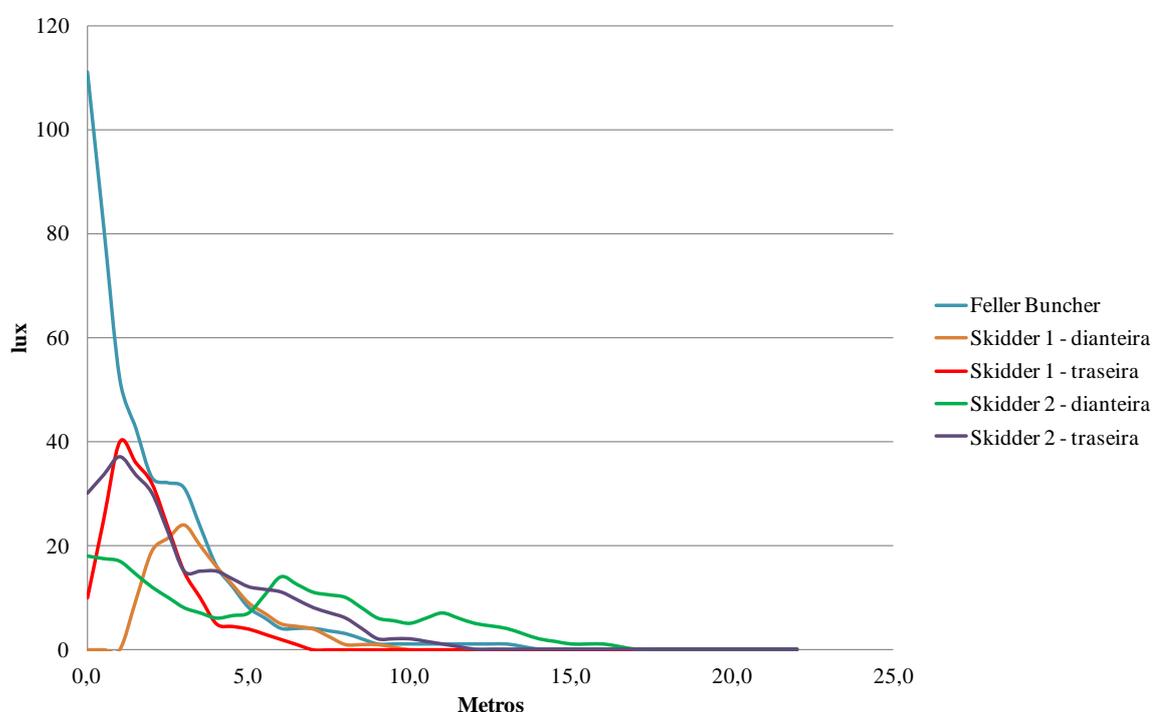
Na Figura 4.8, são apresentados os resultados das medições realizadas nas garras de carga e descarga. Notou-se que a garra de carga e descarga Caterpillar 1677 obteve desempenho muito superior ao das demais.

Na Tabela 4.33, são indicados os valores máximos das medições e a distância do farol que o valor máximo ocorreu. A diferença de iluminância entre as máquinas superou 400%. As máquinas Caterpillar 1978 e Doosan EH28 necessitam de revisão completa dos faróis.

**Tabela 4.33** - Valores máximos de iluminância das garras de carga e descarga

| Garra Carga e Descarga | Máximo (lux) | Distância (m) |
|------------------------|--------------|---------------|
| Caterpillar 1978       | 19           | 4,0           |
| Caterpillar 1677       | 86           | 2,0           |
| Doosan EH28            | 11           | 2,0           |

A Figura 4.9 ilustra os resultados das medições realizadas no *feller buncher* e em dois *skidders*. No caso dos *skidders*, em função da sua característica construtiva e operacional, foram realizadas medições frontais e traseiras.



**Figura 4.9** - Medições realizadas no *feller buncher* e *skidder*

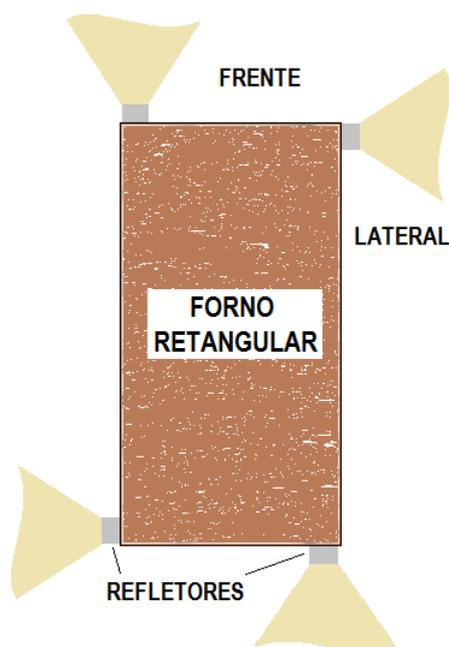
Evidenciou-se uma diferença significativa entre o foco de iluminação do *feller buncher* em relação aos *skidders*. O *feller* possui um foco de iluminação mais curto, atingindo valor máximo a menos de um metro dos faróis. Isso ocorre em função da característica da máquina, que possui implemento muito próximo às engrenagens de movimentação. No caso dos *skidders*, observou-se uma despadronização entre as máquinas e entre os faróis traseiros e dianteiros. A Tabela 4.34 indica os valores máximos das medições e a distância do farol que o valor máximo ocorreu. Recomenda-se uma revisão de foco dos faróis dos *skidders*.

**Tabela 4.34** - Valores máximos de iluminância das garras de carga e descarga

| Garra Traçadora             | Máximo (lux) | Distância (m) |
|-----------------------------|--------------|---------------|
| <i>feller buncher</i>       | 111          | 0,0           |
| <i>skidder</i> 1: dianteira | 24           | 3,0           |
| <i>skidder</i> 1: traseira  | 40           | 1,0           |
| <i>skidder</i> 2: dianteira | 18           | 0,0           |
| <i>skidder</i> 2: traseira  | 37           | 1,0           |

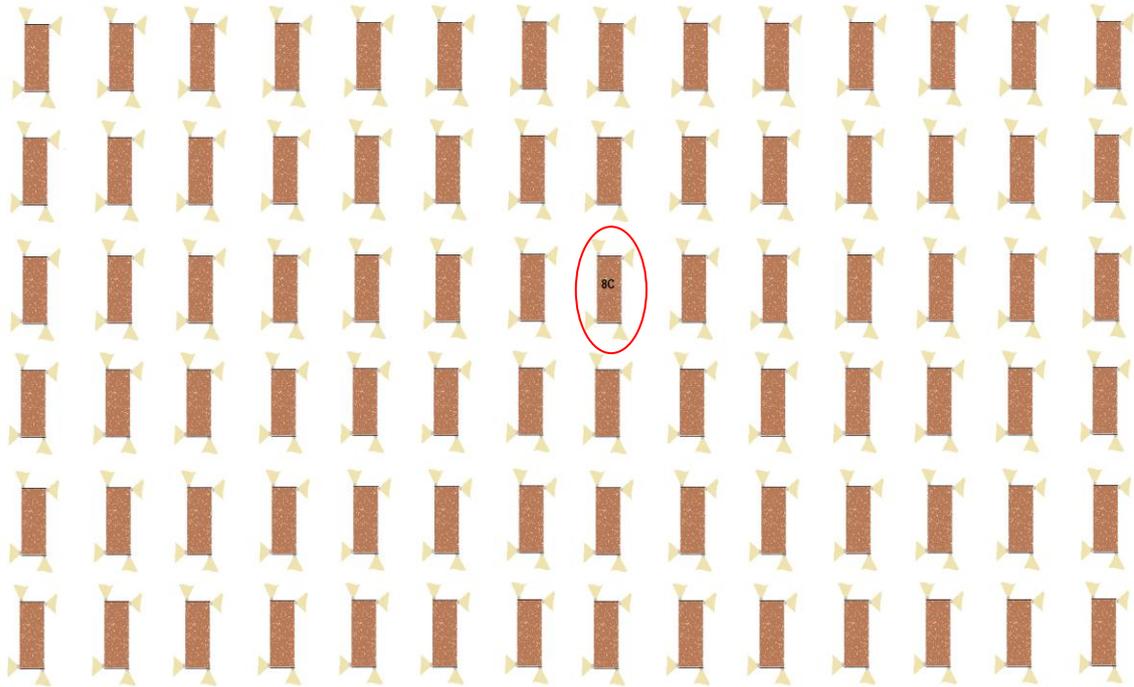
Deste modo, considerando todas as máquinas analisadas e referenciadas nas Tabelas anteriores 4.32, 4.33 e 4.34, somente o *feller buncher* alcançou iluminância mínima de 100 lx, conforme recomendado por Souza, Minette e Silva (2008). Dessa forma, todas as demais máquinas necessitam de revisão dos faróis de iluminação.

Na área da UPC, são realizadas atividades noturnas. A área possui precária iluminação devido à insuficiência de refletores e à elevada quantidade de fumaça em dispersão. Nessa área, foram realizadas 122 medições de iluminância produzida pelos fornos retangulares. Os fornos retangulares possuem refletores de iluminação padronizados nas áreas: frontal e lateral, conforme Figura 4.10. Os fornos circulares não possuem iluminação.



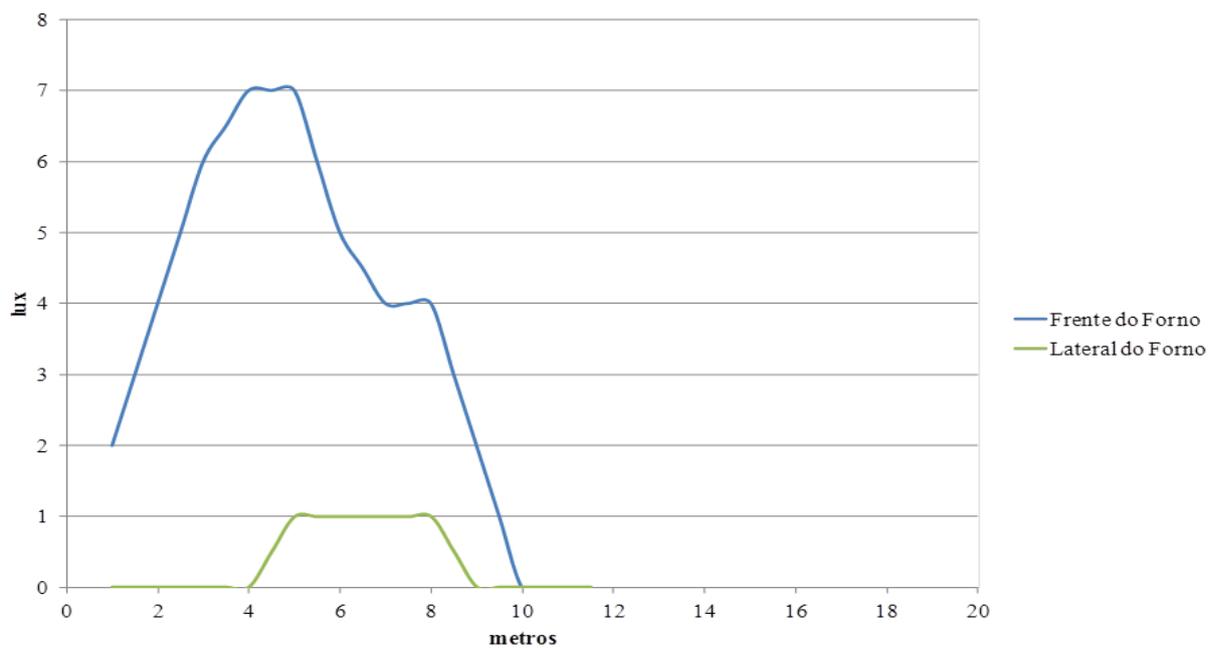
**Figura 4.10** - Disposição dos refletores em um forno retangular.

As medições foram realizadas nas áreas frontal e lateral do forno retangular 8C, localizado conforme Figura 4.11.



**Figura 4.11** - Localização do forno retangular 8C.

As colunas de fornos são numeradas de 1 a 14, enquanto as linhas recebem os algarismos indicadores de 'A' a 'F'. Portanto, um forno localizado na 3ª coluna e 2ª linha recebe o nome de 3B.



**Figura 4.12** - Medições realizadas no entorno do forno retangular 8C

A medida máxima na área frontal foi de 7 lux e aferida próximo de 4 metros de distância horizontal do refletor. Nessa área, foram observadas medidas acima de 2 lux na área localizada entre 1 e 9 metros a frente dos fornos. Na área lateral, o sensor do luxímetro só detectou iluminância após 4 metros de distância horizontal do refletor. A percepção da luz pelo sensor do luxímetro permaneceu até 9 metros; porém, com índice de apenas 1 lux.

A NBR 5101 (ABNT, 2012) traz valores de referência para iluminação pública. Apesar de não ser o caso da análise, na falta de norma específica, utilizou-se essa norma como orientação. De acordo com essa Norma, para vias de baixo movimento de pedestres, a norma estabelece iluminância mínima de 3 lux. Em caso de tráfego de veículos, a exigência aumenta para 5 lux.

Comparando os valores de referência da NBR 5101 com os valores medidos, conclui-se que as áreas frontais aos fornos possuem iluminação adequada. Contudo, as áreas laterais aos fornos estão com iluminância abaixo dos níveis mínimos recomendáveis.

#### **4.5.4 Níveis de ruído no ambiente de trabalho**

As máquinas ou equipamentos analisados estão dispostos na Tabela 4.35. Foram analisadas 11 máquinas na colheita, todas com cabine fechada; 4 máquinas na silvicultura, sendo 2 com cabine fechada; e 9 máquinas na UPC, sendo 3 com cabine fechada.

**Tabela 4.35** - Relação das máquinas com ruídos analisados

| Cód. | Setor        | Função                          | Marca       | Modelo | Implemento                  | Cabine  |
|------|--------------|---------------------------------|-------------|--------|-----------------------------|---------|
| C.1  |              | Derrubada de árvore             | Caterpillar | 320C   | <i>feller buncher</i>       | fechada |
| C.2  |              | Arrasto de árvores derrubadas   | Caterpillar | 545C   | <i>skidder</i>              | fechada |
| C.3  |              | Corte dos troncos               | Doosan      | 225    | Garra Traçadora             | fechada |
| C.4  |              | Corte dos troncos               | Caterpillar | 320    | Garra Traçadora             | fechada |
| C.5  |              | Corte dos troncos               | Hyundai     |        | Garra Traçadora             | fechada |
| C.6  |              | Carga de caminhões              | Komatsu     |        | Carga e Descarga            | fechada |
| C.7  | Colheita     | Transporte de madeira           | Volvo       | FH 210 | Bi Trem                     | fechada |
| C.8  |              | Arrasto de árvores derrubadas   | Caterpillar | 545C   | <i>skidder</i>              | fechada |
| C.9  |              | Carga de caminhões              | Doosan      | EH 28  | Carga e Descarga            | fechada |
| C.10 |              | Motorista Bi Trem               | Volvo       | S20    | Transporte de Toras         | fechada |
| C.11 |              | Mecânico                        | Fiat        | Strada | Ferramentas de mecânico     | fechada |
| S.1  |              | Operador de Irrigação           | Ford        | 6610   | Pipa                        | aberta  |
| S.2  | Silvicultura | Piloto de avião                 | Ipanema     | Alcool | Lançamento de fertilizantes | fechada |
| S.3  |              | Operador de Irrigação           | Valtra      |        | Pipa                        | aberta  |
| S.4  |              | Transporte de mudas             | Valtra      |        | Carretão                    | fechada |
| U.1  |              | Descarga de forno retangular    | Caterpillar | 924G   | Caçamba                     | fechada |
| U.2  |              | Descarga de forno circular      | Caterpillar | 924G   | Caçamba                     | fechada |
| U.3  |              | Descarga de forno retangular    | Caterpillar | 924G   | Caçamba                     | fechada |
| U.4  |              | Descarga de forno circular      | Massey      | MF4275 | Caçamba                     | aberta  |
| U.5  | UPC          | Abertura de fornos retangulares | Massey      | MF4275 | Carro pipa                  | aberta  |
| U.6  |              | Barrelamento                    | Massey      |        | Pipa                        | aberta  |
| U.7  |              | Barrelamento                    |             |        | Betoneira                   | aberta  |
| U.8  |              | Agitador                        |             |        | Agitador                    | aberta  |
| U.9  |              | Laboratório UPC                 |             |        | Outros                      | aberta  |

No caso da colheita, onde todas as máquinas operam com cabines fechadas, não houve registro de ruído médio acima de 85 dB. A máquina mais ruidosa foi o *skidder*, com média de ruído de 79 dB. Considerando os valores máximos medidos, também não houve superação do limite de 115 dB para resposta lenta. Nesse caso a máquina mais ruidosa foi um pick-up strada, utilizada pelos mecânicos de apoio com pico de 105,4 dB. O resultado das medições está disposto na Tabela 4.36.

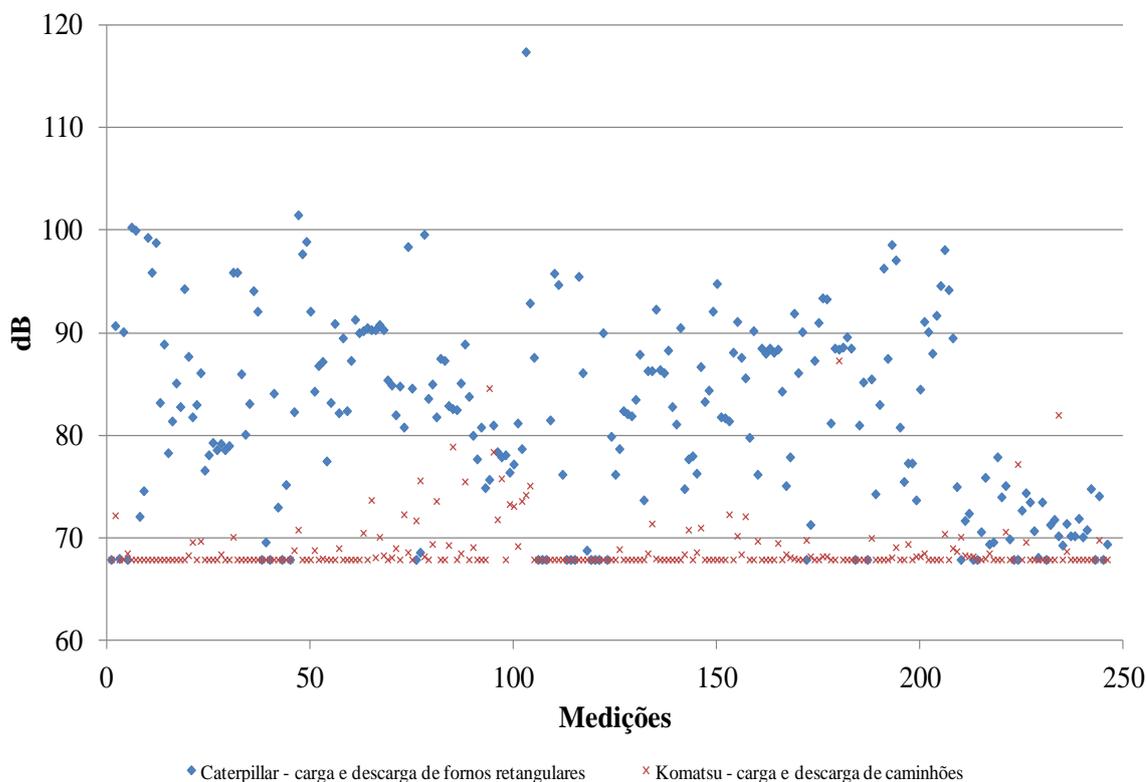
No caso da silvicultura, duas máquinas operam com cabine aberta e duas com cabine fechada. Foram registrados ruídos médios acima de 85 dB em duas máquinas: avião lançador de fertilizantes e trator pipa. O trator pipa com cabine aberta registrou ruídos médios de 91,5 dB. O avião, com cabine fechada, utilizado para lançamento de defensivos produziu ruídos médios de 89,9 dB. Considerando os valores máximos, não houve ultrapassagem do limite de 115 dB para resposta lenta em nenhuma das máquinas utilizada na silvicultura.

**Tabela 4.36** - Relação das máquinas com ruídos analisados

| Cód. | Setor        | Cabine  | Medições | Média<br>dB | Máximo<br>dB | Desv. Pad. | CV (%) |
|------|--------------|---------|----------|-------------|--------------|------------|--------|
| C.1  |              | fechada | 283      | 75,5        | 92,8         | 3,0        | 4,0%   |
| C.2  |              | fechada | 845      | 72,5        | 100,2        | 6,1        | 8,4%   |
| C.3  |              | fechada | 286      | 71,6        | 91,7         | 3,9        | 5,4%   |
| C.4  |              | fechada | 741      | 72,8        | 91,8         | 4,8        | 6,6%   |
| C.5  |              | fechada | 665      | 72,8        | 95,6         | 5,8        | 7,9%   |
| C.6  | Colheita     | fechada | 386      | 68,7        | 87,3         | 2,2        | 3,1%   |
| C.7  |              | fechada | 286      | 75,2        | 100,3        | 6,6        | 8,7%   |
| C.8  |              | fechada | 458      | 79,0        | 93,4         | 3,4        | 4,3%   |
| C.9  |              | fechada | 717      | 73,0        | 93,7         | 5,3        | 7,3%   |
| C.10 |              | fechada | 184      | 68,8        | 80,0         | 2,4        | 3,5%   |
| C.11 |              | fechada | 605      | 76,6        | 105,4        | 9,1        | 11,9%  |
| S.1  | Silvicultura | aberta  | 95       | 79,8        | 96,8         | 8,4        | 10,6%  |
| S.2  |              | fechada | 56       | 89,9        | 102,3        | 11,3       | 12,6%  |
| S.3  |              | aberta  | 79       | 91,5        | 101,6        | 6,7        | 7,4%   |
| S.4  |              | fechada | 186      | 73,8        | 93,0         | 6,4        | 8,7%   |
| U.1  | UPC          | fechada | 246      | 81,8        | 117,4        | 9,3        | 11,4%  |
| U.2  |              | fechada | 155      | 75,1        | 94,8         | 6,3        | 8,4%   |
| U.3  |              | fechada | 223      | 75,1        | 99,5         | 7,5        | 10,0%  |
| U.4  |              | aberta  | 256      | 71,6        | 96,5         | 5,3        | 7,4%   |
| U.5  |              | aberta  | 308      | 80,4        | 103,7        | 9,4        | 11,6%  |
| U.6  |              | aberta  | 630      | 79,4        | 100,7        | 10,6       | 13,4%  |
| U.7  |              | aberta  | 4        | 73,5        | 76,7         | 4,1        | 5,5%   |
| U.8  |              | aberta  | 4        | 73,9        | 91,8         | 12,0       | 16,2%  |
| U.9  |              | aberta  | 436      | 71,3        | 101,7        | 6,7        | 9,4%   |

A análise da UPC não revelou transgressão do limite médio de ruído de 85 dB em nenhuma das máquinas. Considerando os valores máximos, houve ultrapassagem do limite de 115 dB para a máquina de descarga de forno retangular Caterpillar 924G com implemento caçamba e cabine fechada.

A Figura 4.13 ilustra os resultados ponto a ponto de dois equipamentos: garra Komatsu de carga e descarga de caminhões com cabine fechada, considerada silenciosa; e máquina de descarga de forno retangular Caterpillar 924G com implemento caçamba e cabine fechada, considerada ruidosa.



**Figura 4.13** - Medições realizadas na garra Komatsu e garra de carga e descarga

Cada ponto azul representa uma medição sonora em dB da máquina de carga e descarga Caterpillar; e os pontos vermelhos, as medições máquina de carga e descarga Komatsu. A abscissa representa o número de pontos medidos, e a ordenada representa o nível de pressão sonora em dB. O objetivo da figura é ilustrar a elevada dispersão de dados da medição da máquina Caterpillar em relação à máquina Komatsu.

Apesar dos resultados encontrados fora da faixa, não houve registro de medições que superassem em 20% o limite médio máximo estabelecido pela NR 15. Dessa forma, o uso de protetor auricular para as máquinas identificadas como ruidosas, constitui em medida suficiente para proteção da saúde auditiva dos trabalhadores.

## 5. CONCLUSÕES

Os trabalhadores tiveram seu perfil econômico e social descrito e puderam manifestar suas opiniões quanto às condições ambientais do local de trabalho. Trata-se, na sua maioria, de homens de meia idade com renda mensal de 1,4 salários mínimos. A taxa de natalidade desses trabalhadores está um pouco acima da média nacional.

Ficou caracterizada uma diferença salarial importante entre as áreas analisadas. Contudo, dentro de uma mesma área, não existe grande variação salarial, mesmo entre trabalhadores com diferenças de escolaridade. Isso pode ser percebido pelos trabalhadores como desincentivo à capacitação.

Observou-se elevado número de trabalhadores que declaram possuir algum tipo de vício. Esses casos merecem atenção especial da organização. Referente à habitação, percebeu-se que a empresa possui diversas residências alugadas para os trabalhadores. Talvez por isso tenha-se chegado ao baixo percentual de funcionários residindo em casa própria.

Quanto à alimentação, observou-se grande heterogeneidade de hábitos nutricionais. Os hábitos alimentares incorretos podem gerar problemas de saúde relacionados à obesidade. A maioria dos trabalhadores reclamou de algum tipo de dor ao fim do dia de trabalho. A principal reclamação foi dor na coluna.

Alguns trabalhadores alegaram já terem sido vítimas de algum tipo de acidente do trabalho. A máquina com maior percepção de risco foi a *feller buncher*, citada inclusive por trabalhadores de áreas distintas da colheita. Apesar de ser a mais citada, não existem registros de acidentes com a *feller buncher* na unidade produtiva.

Os trabalhadores apresentaram sua percepção quanto ao ambiente de trabalho e quanto aos equipamentos de segurança utilizados. A absoluta maioria das reclamações diz respeito ao excesso de poeira e fumaça. O equipamento de proteção mais incômodo foi a máscara de proteção, exatamente o EPI que protege os trabalhadores da poeira e da fumaça. Por fim, os trabalhadores puderam explanar livremente sobre sugestões de melhorias do ambiente de trabalho. Nesse ponto, foram apresentadas as mais variadas sugestões. Observou-se, entretanto, uma diferença significativa de necessidades entre as áreas.

No que se refere ao levantamento antropométrico, constatou-se que os dados estudados apresentaram baixa dispersão para a maioria das variáveis encontradas. As variáveis peso, altura do umbigo e altura do joelho, apresentaram dispersão média. Nenhuma

variável apresentou alta dispersão. Para as variáveis com baixa dispersão, conclui-se que a média pode ser considerada uma boa previsora da população.

Em relação ao índice de massa corporal, conclui-se que a maioria da população apresentava-se acima do peso ou obesa. O quadro é preocupante e pode trazer consequências negativas de médio e longo prazo tanto para a empresa como para os funcionários.

No que pertine ao metabolismo dos trabalhadores, foi possível aferir e classificar as atividades realizadas nas fazendas da empresa. Constatou-se que as atividades mais pesadas são realizadas na UPC e na silvicultura, sendo a atividade de barrelamento de fornos a mais extenuante.

Constatou-se que os trabalhadores da silvicultura são os que realizam os maiores esforços cardíacos. Isso pode ser explicado pelo fato de as atividades da silvicultura serem realizadas majoritariamente por mulheres. Os resultados podem estar associados também aos diferentes condicionamentos físicos dos trabalhadores avaliados.

Foi possível identificar riscos químicos e físicos a que estão submetidos os trabalhadores. Quanto ao controle de fumaças, foi possível constatar que a empresa periodicamente analisa seus equipamentos e os certifica para operação.

Quanto aos gases em dispersão, observou-se que, na área da UPC, existem atividades com elevado risco de intoxicação. Na atividade de 'barrelamento', existe o risco de o trabalhador inalar gases com elevados níveis de monóxido de carbono. Nessa atividade, também foi detectada a maior possibilidade de inalação de sulfeto de hidrogênio em quantidades significativas. Na atividade de carbonização, observou-se a presença crônica de monóxido de carbono e de gases combustíveis. Constatou-se, ainda, que a concentração de gases tóxicos na área de fornos circulares chega a ser o dobro da concentração encontrada na área de fornos retangulares. Esse fato decorre, provavelmente, da diferença de altura das chaminés dos fornos.

A análise de temperatura no trabalho revelou índices de conforto térmico compatíveis com o trabalho contínuo, mesmo para trabalhos extenuantes. Entretanto, convém observar que em dias de elevada temperatura cabe ao setor da área de segurança da empresa analisar a necessidade de adoção de regimes de trabalho/descanso diferenciados.

A avaliação de iluminação revelou problemas em algumas máquinas utilizadas na colheita. As medidas corretivas serão indicadas nas recomendações deste capítulo. Na área da UPC, foi identificada deficiência de iluminação nas áreas laterais dos fornos retangulares. Nesse caso, também se apresentaram sugestões de resolução do problema.

O trabalho identificou algumas máquinas ruidosas nas áreas da UPC e da silvicultura. Entretanto, todos os impactos de ruídos encontrados podem ser facilmente neutralizados com uso de equipamentos de proteção individual.

Com relação aos riscos biológicos, concluiu-se que em nenhuma atividade estudada foram encontrados riscos oferecidos pelos agentes biológicos referenciados no Anexo XIV da NR 15. Vale salientar que a empresa, conforme estabelece a NR 7, faz o monitoramento dos indicadores biológicos, com periodicidade admissional e anual, do funcionário envolvido em todas as etapas do sistema de produção de carvão vegetal através de exames clínicos tais como: raio X, hemograma completo, contagem de plaquetas, carboxihemoglobina, espirometria, urina entre outros.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista os dados levantados e as observações realizadas, sugere-se a adoção de medidas mitigadoras dos problemas encontrados. As recomendações são divididas, por temas conforme descritas nos parágrafos subsequentes.

Referente à avaliação do perfil socioeconômico do trabalhador:

- Adoção de medidas de incentivo ao aumento da escolaridade, inclusive com diferenciação financeira intrassetorial;
- Apoio especial aos trabalhadores com algum tipo de vício. Muito embora os casos não tenham sido nominalmente citados nesta dissertação, os dados estarão à disposição da empresa;
- Avaliação médica dos trabalhadores que relataram algum tipo de dor;
- Realização de campanhas de esclarecimentos quanto ao uso de métodos contraceptivos e ao planejamento familiar;
- Realização de estudos específicos para mitigação da poeira e da fumaça, principalmente na área da UPC; e
- Análise pormenorizada e setorizada das sugestões apresentadas pelos trabalhadores.

Referente à avaliação antropométrica do trabalhador:

- Revisão dos pedidos de compra de ferramentas, equipamentos de proteção e fardamentos, considerando as medidas antropométricas realizadas;
- Melhoria do acompanhamento nutricional dos funcionários com obesidade e sobrepeso; e
- Incentivo à prática de atividades físicas regulares.

Referente às taxas de metabolismos das atividades realizadas:

- Revisão nutricional das refeições tendo em vista os tipos de trabalhos realizados;
- Melhoria do acompanhamento nutricional dos funcionários com obesidade e sobrepeso;
- Solicitação de apoio de profissionais da saúde em especial de um cardiologista; e
- Criação de um cadastro específico dentro da empresa para análise dos trabalhadores que precisam de acompanhamento das taxas de metabolismo.

Referente à avaliação dos fatores ambientais:

- Acompanhamento das máquinas da colheita com emissão superior a 100 ppm de CO pelo escapamento;
- Para às atividades dos processos barrelamento e carbonização da UPC, indica-se a adoção de máscaras diferenciadas, com filtros químicos capazes de proteger o trabalhador dos gases monóxido de carbono, dióxido de carbono e gases combustíveis;
- Melhoria da sinalização da área da UPC e do seu entorno com a utilização de placas reflexivas;
- Lavagem periódica dos refletores e das luminárias dos fornos retangulares com o objetivo de melhorar a iluminação da UPC;
- Uso de recirculadores e queimadores de gás para captação dos agentes químicos voláteis presentes na fumaça expelida pela carbonização da madeira em fornos. Tem-se como finalidade a melhoria dos ganhos na produção e a redução da poluição ambiental;
- Manutenção nos faróis das máquinas da colheita, conforme indicado no texto deste capítulo;
- Adoção de sinalizadores luminosos no topo das máquinas da colheita para facilitar a sua visualização por parte dos supervisores plantonistas e equipes de apoio;
- Adoção de protetor auricular para todas as máquinas com cabine aberta e para as máquinas com cabine fechada consideradas ruidosas; e
- Realização de exames audiométricos de referência e sequenciais, no mínimo, para todos os trabalhadores que exerçam ou exercerão suas atividades em ambientes cujos níveis de pressão sonora ultrapassaram os limites de tolerância estabelecidos nos anexos 1 e 2 da NR 15 da Portaria 3.214 do Ministério do Trabalho, independentemente do uso de protetor auditivo conforme preconiza a NR 7.

Além disso, observou-se o excesso de paradas das máquinas ‘garras traçadoras’ para manutenção de correntes e outras peças. As máquinas foram adaptadas para o trabalho pela oficina da fazenda. Sendo assim, sugere-se avaliação tecnológica de outra solução para essa atividade;

## 7. REFERÊNCIAS

ABERGO – Associação Brasileira de Ergonomia. **Estatuto da Abergo**. Fortaleza: ABERGO, 2004.

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico da ABRAF 2009, ano base 2008**. Brasília: ABRAF, 2009.

\_\_\_\_\_. **Anuário estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011**. Brasília: ABRAF, 2012.

ABRAHÃO, J. I. Reestruturação produtiva e variabilidade do trabalho: uma abordagem da ergonomia. **Psic.: Teor. e Pesq.**, v. 16, n. 1, p. 49-54, abr. 2000.

ACSP – Associação Comercial de São Paulo. **Indicadores ACSP**. São Paulo: ACSP, c2013. Disponível em: <[http://www.acsp.com.br/indicadores/IEGV/IEGV\\_DOLAR.HTM](http://www.acsp.com.br/indicadores/IEGV/IEGV_DOLAR.HTM)>. Acesso em: 21 dez. 2012.

AKERMAN, M. Et al. Saúde e meio ambiente: uma análise de diferenciais intra-urbanos enfocando o município de São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 28, p. 320-325, 1994.

ALVES, J. U. Et al. Avaliação biomecânica de atividades de produção de mudas de eucalyptus ssp. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 331-335, 2006.

AMARAL, L. **Química geral e inorgânica**. 11. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 1973. 1 v.

ANJOS, L. A.; Ferreira, J. A. A avaliação da carga fisiológica de trabalho na legislação brasileira deve ser revista! O caso da coleta de lixo domiciliar no Rio de Janeiro. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 785-790, jul.-set. 2000.

APUD, E. **Guide-lines on ergonomics study in forestry**. Genebra: ILO, 1989.

\_\_\_\_\_. Temas de ergonomia aplicados al aumento de la productividad de la mano de obra en cosecha florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1997, Vitória. **Anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6016**: Gás de escapamento de motor diesel. Avaliação de teor de fuligem com a escala de Ringelmann. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

\_\_\_\_\_. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12543**: Equipamentos de proteção respiratória – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

\_\_\_\_\_. **NBR 105220:** Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

\_\_\_\_\_. **NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15215-4:** Iluminação natural: Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações: Método de medição. Rio de Janeiro: ABNT, 2004b.

\_\_\_\_\_. **NBR 5101:** Iluminação Pública: Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ATLAS. **Manual de legislação atlas de segurança e medicina do trabalho.** 68. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

BAKONYI, S. M. C.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.; MARTINS, L. C. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba/PR. **Rev. Saúde Pública**, v. 38, n. 5, p. 695-700, 2004.

BARBARINI, F. Et al. **Vibrações e acelerômetros.** Campinas, SP: Prominp, 2007.

BARCELOS, C. C. Et al. Análise espacial da saúde e qualidade de vida. **Informe Epidemiológico do SUS**, Rio de Janeiro, p. 129-138, 2002.

BARROSO, R. C. **Redução do teor de cinzas dos finos de carvão vegetal por concentração gravítica a seco.** 2007, 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2007.

BONI, V.; QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, v. 2, n. 1, p. 68-80, jan.-jul. 2005.

BRAGA, M. M.; PINTO, C. M.; CARDEAL, Z. L. **Perfil sócio-econômico dos alunos, repetência e evasão no curso de Química da UFMG.** São Paulo: Núcleo de Pesquisas sobre Ensino Superior da Universidade de São Paulo, 1996.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 510, de 15 de fevereiro de 1977. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 fev. 1977.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 7, de 8 de junho de 1978. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 jun. 1978a.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 9, de 8 de junho de 1978. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 jun. 1978b.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 15, de 8 de junho de 1978. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 jun. 1978c.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora nº 17, de 8 de junho de 1978. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 jun. 1978d.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 418, de 8 de junho de 1978. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 nov. 2009.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 7.655, de 23 de dezembro de 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 dez. 2011.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Trânsito. Resolução nº 427, de 5 de dezembro de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 dez. 2012.

BRIDGER, R. S. **Introduction to ergonomics**. 2. ed. Londres: Taylor e Francis, 2003.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, Piracicaba, v. 21, n. 59, 2007.

\_\_\_\_\_. **Produção de carvão vegetal utilizando madeira de florestas plantadas de eucalipto**. [S.I.: s.n.], c2011-2014. Disponível em: <<http://www.eucalyptus.com.br/>>. Acesso em: 12 out. 2011.

BUSSACOS, M. A. **Estatística aplicada à saúde ocupacional**. São Paulo, SP: Fundacentro, 1997.

CARVALHO, A. F. S.; DIAS, E. C. Promoção da saúde no local de trabalho: revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Promoção Saúde**, Fortaleza, v. 25, n. 1, p. 116-126, jan./mar. 2012.

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. Carvão Vegetal: aspectos técnicos, sociais, ambientais e econômicos. **Nota Técnica X**, IEE/USP, São Paulo, 2007.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Fumaça Preta**. São Paulo: CETESB, c1996-2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/emissao-veicular/14-fumaca-preta>>. Acesso em: 20 mar. 2013.

CIBSE – Code for Interior Lighting. **The chartered institution of building services engineers**. London: CIBSE, 1994.

CORRÊA, F. H. S. Et al. Influência da gordura corporal no controle clínico e metabólico de pacientes com diabetes mellitus tipo 2. **Arq. Bras. Endocrinol. Metab.**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 1, fev. 2003.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**, Belo Horizonte: [s.n.], 1995.

COUTO, H. A. **Fisiologia do trabalho aplicada**. Belo Horizonte: Ibrica, 1978.

CUNHA, J. P. A. R.; DUARTE, M. A. V.; SOUZA, C. M. A. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. **IDESIA**, Chile, v. 30, n. 1, p. 25-34, jan./abr. 2012.

DAGNINO, R. S.; CARPI JR., S. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, n. 2, jul./dez. 2007.

DELLA ROSA, H. V.; COLCAIOPPO, S. A contribuição da higiene e da toxicologia ocupacional. In: ROCHA, Lys Esther Et. al. (Org.). **Isto é trabalho de gente?: vida, doença e trabalho no Brasil**. São Paulo: Vozes, 1993. cap. 14, p. 232-270.

DI VILLAROSA, F. N.; TASCA, R.; FERNANDES, R. V. Análise da situação sócio-sanitária, microlocalização e participação no distrito sanitário de Pau da Lima, Salvador. **Revista Bahiana de Saúde Pública**, v. 17, p. 7-14, 1990.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**, Relatório Final. Rio de Janeiro: EPE, 2012.

FAO – Food and Agriculture Organization / WHO – World Health Organization / UNU – United Nations University. **Energy and protein requirements**. Geneva: WHO Technical Report Series 724, 1985.

FARIA, N. M. X. Et al. Trabalho rural, exposição a poeiras e sintomas respiratórios entre agricultores. **Revista Saúde Pública**, Pelotas, v. 40, n. 5, p. 827-836, 2006.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas de poluição ambiental**. São Paulo: USP, 1980.

FERNANDES, H. C. Et al. Vibração em tratores agrícolas: caracterização das faixas de frequência no assento do operador. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 11, n. 1-4, jan./dez. 2003.

FERREIRA, D. G. Et al. Efeitos auditivos da exposição combinada: interação entre monóxido de carbono, ruído e tabagismo. **Revista Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 405-411, 2012.

FIALHO, F.; SANTOS, N. **Manual de análise ergonômica do trabalho**. Curitiba: Gênese, 1995.

FIELD, A. **Descobrendo a estatística com o SPSS**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FIELDLER, N. C. Et al. Avaliação da carga de trabalho físico exigido em operações de produção de mudas ornamentais no Distrito Federal: estudo de caso. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 4, p. 703-708, 2007.

FIELDLER, N. C. Análise de fatores humanos e condições de trabalho em operações de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 135-142, abr./jun. 2000.

FISCARELLI, A. G.; PINHEIRO, M. A. A. Perfil sócio-econômico e conhecimento etnobiológico do catador de caranguejo-uça, *ucidescordatus* (linnaeus, 1763), nos manguezais de Iguape (24° 41' S), SP, Brasil. **Actual. Biol.**, Medellin, v. 24, n. 77, p. 39-52, 2002.

FREITAS, C. M.; PORTE, M. F. S.; GOMEZ, C. M. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 503-514, 1995.

FREITAS, C.; BREMNER, S. A.; GOUVEIA, N. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 38, n. 6, p. 751-757, 2004.

FUNDACENTRO – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Norma de higiene ocupacional NHO 08**. Procedimento técnico: coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho. São Paulo: Fundacentro, 2007.

GRANDJEAN, E. **Fitting the task to the man**. London: Taylor & Francis, 1988.

\_\_\_\_\_. **Fitting the task to the man: an ergonomic approach**. 5. ed. London: Taylor & Francis, 1997.

HOLANDA, W. T., LIMA, M. L. de, FIGUEIROA, J. N. Transcultural adaptation of an instrument to evaluate hearing handicap in workers with noise-induced hearing loss, *Cien. Saúde Colet.*, v. 16, n. 1, p. 755-767, 2011.

IIDA, I. **Ergonomia projeto e produção**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

IEA – INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **Definition of ergonomics**, Council of the IEA in 2000. [S.I.: s.n.], c2013. Disponível em: <<http://www.iea.cc>>. Acesso em: 31 maio 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8996 – Determination of metabolic rate**. Geneva: International Standart, 2004.

IPCS. International program on chemical safety. **Environmental health criteria 213. Carbon monoxide**. Inter-organization programme for the sound-management of chemicals. 2. ed. Geneva: WHO, 1999.

ITTELSON, W. H. Environmental perception and contemporary perceptual theory. In: \_\_\_\_\_. (Org.). **Environment and cognition**. Nova York: Seminar Press, 1973. p. 1-19.

KEMPER, H. C. G. Et al. The physical and physiological workload of refuse collectors. **Ergonomics**, v. 33, p. 1471-1486, 1990.

LACERDA, A.; LEROUX, T.; MORATA, T. C. Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão. **Pró-Fono**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 403-412, 2005.

- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Técnicas de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- LANÇAS, K. P. Subsolagem ou escarificação. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 14, set./out. 2012.
- LEE, J. D. **Química inorgânica concisa**. Tradução da 4ª edição inglesa. São Paulo: Edgar Blücher, 1996.
- LIMA, J. B. M. **Cais pozolânicos, caracterização e desempenho mecânico**. 1993. 127f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, 1993.
- LIMA, M. S. A. **A liberdade em 'O Ser e o Nada' de Jean Paul Sartre**. 2005. 130f. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade Federal do Ceará, 2005.
- LODI, J. B. **A entrevista: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1974.
- LOPES, J. A.; SILVA, S. S. **Antropometria. Sobre o homem como parte integrante dos fatores ambientais. Sua funcionalidade, alcance e uso**. São Paulo: [s.n.], 2003. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.042/642>>. Acesso em: 21 fev. 2013.
- MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S. **Colheita Florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008.
- MAINIER, F. B.; ROCHA, A. A. H<sub>2</sub>S: novas rotas de remoção química e recuperação de enxofre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 2., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 2003.
- MANFIO, E. F. **Estudo de parâmetros antropométricos e biomecânicos do pé humano para a fabricação de calçados segundo critérios de conforto, saúde e segurança**. 1995, f. 178, Tese Doutorado em Ciência do Movimento Humano) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1995.
- MARTINS, L. C. Et al. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, n. 1, p. 88-94, 2002.
- MELO, L. A. Et al. Segurança nos serviços emergenciais em redes elétricas: os fatores ambientais. **Revista Produção**, v. 13, n. 2, 2003.
- MENDENHALL, W.; SINCICH, T. L. **Statistics for engineering and the sciences**. 4. ed. London: Prentice-Hall, 1995.
- MENGOD, M. O. A. **Apostila de toxicologia e higiene industrial**. São Paulo: [s.n.], 2004. Disponível em: <[http://pt.scribd.com/doc/588959\\_83/2/Propriedades-gerais-usos-e-fontes-de-exposicao](http://pt.scribd.com/doc/588959_83/2/Propriedades-gerais-usos-e-fontes-de-exposicao)>. Acesso em: 8 abr. 2013.
- MINETTI, L. J. Et al. Estudo antropométrico de operadores de motosserra. **R. Brasileira Eng. Agríc. Ambiental**, v. 6, n. 1, p.166-170, abr. 2002.
- MINIPA Indústria e Comércio Ltda. **Luxímetro Digital MLM-1011. Manual de Instruções**. São Paulo: [s.n.], 2007.

MONTOYE, H. Et al. Measuring physical activity and energy expenditure. **Human Kinetics Publishers**. Illinois: Champaign, 1996.

MORATA, T. C. Chemical exposure as a risk factor for hearing loss. **J Occup Environ Med.**, v. 45, n. 7, p. 676-682, 2003.

MSA – Mine Safety Appliances Company. **Universal pump probe: operating manual**. [s.n.] Pittsburgh: 2004.

\_\_\_\_\_. AUER GmbH. **Operating manual ALTAIR® 4X Multigas Detector**. [s.n.] Berlin:, 2011.

NEVES, U. **Como é medida a umidade relativa do ar?** [s.n.] Guarulhos, 2012. Disponível em: <<http://www.professorbira.com/2010/09/como-e-medida-umidade-relativa-do-ar.html>>. Acesso em: 22 jan. 2013.

NIOSH – National institute for occupational safety and health. Occupational health guidelines for carbon monoxide, **Occupational health guidelines for chemical hazards**, v. 1, p. 1-4, 1981.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações elétricas**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.  
OCDE – Organisation for economic co-operation and development. **Country statistical profile: Brazil**. Paris: OCDE, 2012.

OLIVEIRA, R. L. M.; FIGUEIRA JÚNIOR, E. A.; MULINA, B. H. O. Um comparativo térmico de três fornos utilizados no processo de carvão vegetal. In: SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. World Health Organization (WHO/OMS). **BMI Classification** Geneva , 2006. Disponível em: <[http://www.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://www.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)>. Acesso em: 21 fev. 2013.

PANERO, J.; ZELNIK, M. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.L., 2006.

PARSONS, K. **The estimation of metabolic heat for use in the assessment of thermal Comfort**. Loughborough University, Network for Comfort and Energy Use in Buildings. Windsor Conference 2001 , paper 21. Leicestershire, pp. 301-309. Disponível em: <[http://nceub.commoncense.info/uploads/Paper27\\_Parsons.pdf](http://nceub.commoncense.info/uploads/Paper27_Parsons.pdf)>. Acesso em: 2 mar. 2013.

PENNEY, D. G. Chronic carbon monoxide poisoning. In: PENNEY, D. G. **Carbon monoxide toxicity**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2000. cap. 18, p. 394-420.

PEREIRA, D. Et al. **Fatos florestais da Amazônia**. Belém: IMAZON, 2010.

PEREIRA, J. C. D. Et al. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000.

RAMASAMY, S. Et al. Sulfide-detoxifying enzymes in the human colon are decreased in cancer and up regulated in differentiation. **Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol**, v. 291, n. 2, p. G288–G296, 2006.

REVISTA DA MADEIRA. **O eucalipto na indústria de carvão vegetal**. n. 75, ago. 2003. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=395&subje](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=395&subje)>. Acesso em: 22 fev. 2013.

RODAHL, K. **The physiology of work**. London, New York: Taylor & Francis, 1989.

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto térmico**: contribuição à aplicação prática das normas internacionais. 1999. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Campinas, Campinas, 1999.

SAMPAIO, L. R.; FIGUEIREDO, V. C. Correlação entre o índice de massa corporal e os indicadores antropométricos de distribuição de gordura corporal em adultos e idosos. **Revista Nutrição**, Campinas, p. 53-61, jan./fev. 2005.

SANT'ANNA, C. M.; MALINOVSKI, J. R. Análise de fatores humanos e condições de trabalho de operadores de motosserra de Minas Gerais. **CERNE**, v. 8, n. 1, p. 115-121, 2002.

SANTIAGO, B. H. S. Et al. Conservação e cogeração de energia com produção de biocombustíveis derivados da lenha. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2002.

SANTOS, S. M.; NORONHA, C. P. Padrões espaciais de mortalidade e diferenciais socioeconômicos na cidade do Rio de Janeiro. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17 n. 5, p.1099-1110, set./out. 2001.

SARDELA, A. **Curso completo de Química**. São Paulo: Ática, 1998.

SEDRA, A.; SMITH, K. C. **Microeletrônica**. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

SILVA, K. R. **Análise de fatores ergonômicos em indústrias do pólo moveleiro de Ubá**. 2003. 123f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SIQUEIRA, M. M. M. Proposição e análise de um modelo para comportamentos de cidadania organizacional. **Revista Administração Contemporânea**, Edição Especial, p. 165-184, 2003.

SOARES, T. S. Et al. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Viçosa, ano V, n.8, 2006.

SOTELO, Y. O. M.; COLUGNATI, F. A. B.; TADDEI, J. A. A. C. Diagnóstico de obesidade por medidas antropométricas em um estudo longitudinal com crianças de seis a oito anos. **Revista Ciências Médias**, Campinas, p. 129-137, mar./abr. 2005.

SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J.; SILVA, E. N. **Colheita florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2008.

SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J.; SILVA, E. N. Ergonomia aplicada ao trabalho. In: MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2010.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química ambiental**. 2. ed. São Paulo: Peason Prentice Hall, 2009.

VEYRET, Y.; MESCHINET DE RICHEMOND, N. O risco, os riscos. In: VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. p. 23-79.

VIANA, P. S. S. **Implicações da prática de videogames de nova geração na actividade física de crianças**. 2009. 96f. Dissertação. (Mestrado em Estudos da Criança) – Universidade do Minho, 2009.

VILLAR, R. M. S. **Produção do conhecimento em ergonomia na enfermagem**. 2002. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

WAGNER III, J. A.; HOLLENBECK, J. R. **Comportamento organizacional**: criando vantagem competitiva. São Paulo: Saraiva, 1999.

WISNER, A. A antropotecnologia. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 6, n. 16, set./dez. 1992.

## ANEXOS

### I. Fac-símile do questionário de entrevista aplicada aos trabalhadores e levantamento antropométrico

|   |  |          |
|---|--|----------|
| Nome:   | Idade:   |          |
| Estado civil: <input type="radio"/> Casado <input type="radio"/> Amasiado <input type="radio"/> Solteiro  | Número de Filhos:  |          |
| Lateralidade: <input type="radio"/> Destro <input type="radio"/> Canhoto  | Número de dependentes:   |          |
| Tempo na profissão:   | Tempo na empresa:  | Salário: |
| Escolaridade: <input type="radio"/> Apenas escreve o nome <input type="radio"/> Primário incompleto <input type="radio"/> Primário completo<br><input type="radio"/> Fundamental incompleto <input type="radio"/> Fundamental completo <input type="radio"/> Médio incompleto <input type="radio"/> Médio completo                      |  |          |
| Origem: <input type="radio"/> Rural <input type="radio"/> Urbano  | Casa Própria: <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não      |          |
| Vício: <input type="radio"/> Fumo <input type="radio"/> Bebida <input type="radio"/> Jogos  | Carteira Assinada: <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não |          |
| Refeições: <input type="radio"/> Café da manhã <input type="radio"/> Almoço <input type="radio"/> Lanche Tarde <input type="radio"/> Jantar <input type="radio"/> Lanche Noite  |  |          |
| Dores no fim da jornada de trabalho: <input type="radio"/> Cabeça <input type="radio"/> Ombros <input type="radio"/> Coluna <input type="radio"/> Braços <input type="radio"/> Pernas <input type="radio"/> Pés<br><input type="radio"/> Peito <input type="radio"/> Abdômem <input type="radio"/> Pescoço <input type="radio"/> Nenhum |  |          |
| Você já sofreu algum acidente de trabalho? <input type="radio"/> Não <input type="radio"/> Sim (descreva)   |  |          |
| Máquina: _____  |  |          |
| Lesão: <input type="radio"/> Corte <input type="radio"/> Queimadura <input type="radio"/> Prensagem <input type="radio"/> Outros  |  |          |
| Motivo: <input type="radio"/> Descuido <input type="radio"/> Pressão da chefia <input type="radio"/> Falta de EPis <input type="radio"/> Máquina sem manutenção   |  |          |
| Em sua opinião, qual a máquina com maior risco de acidente?   |  |          |
| Fatores Ambientais  |  |          |
| Iluminação: <input type="radio"/> Ideal <input type="radio"/> Deficiente  | Ruído: <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não             |          |
| Ventilação: <input type="radio"/> Ideal <input type="radio"/> Deficiente <input type="radio"/> Não há   | Poeira: <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não            |          |
| Temperatura: <input type="radio"/> Ideal <input type="radio"/> Muito alta <input type="radio"/> Excessivamente alta   |  |          |
| Qual equipamento de proteção você considera mais importante?  |  |          |
| <input type="radio"/> Todos <input type="radio"/> Protetores auriculares <input type="radio"/> Máscaras <input type="radio"/> Botas <input type="radio"/> Óculos proteção   |  |          |
| Qual equipamento de proteção você considera mais incômodo?  |  |          |
| <input type="radio"/> Nenhum <input type="radio"/> Protetores auriculares <input type="radio"/> Máscaras <input type="radio"/> Botas <input type="radio"/> Óculos proteção  |  |          |
| O que você sugere para melhoria do ambiente de trabalho?  |  |          |

| Valor (cm) | Medidas                        | Descrição   |
|------------|--------------------------------|---|
|            | Estatuta                       | Distância vertical do vértice ao solo   |
|            | Altura dos olhos               | Distância vertical do chão até o ponto mais lateral do olho na inserção da pálpebra superior e inferior.  |
|            | Altura do ombro                | Distância vertical do ombro, no acrômio, ao solo  |
|            | Altura do cotovelo             | Distância vertical da ponta do cotovelo, estando o antebraço flexionado em 90º com o braço, ao solo   |
|            | Altura da mão                  | Distância vertical da extremidade pulpar do dedo médio, estando o braço pendido ao longo do eixo longitudinal do corpo, ao solo   |
|            | Comprimento do membro superior | Comprimento do membro superior, entre o ombro, no acrômio, e a ponta do dedo médio. Medida obtida pela diferença entre a altura do ombro e o alcance inferior máximo                          |
|            | Comprimento do braço           | Comprimento do braço, entre o ombro, no acrômio, e o cotovelo, estando o antebraço flexionado em 90º com o braço. Medida obtida pela diferença entre a altura do ombro e a altura do cotovelo |
|            | Comprimento do antebraço       | Comprimento do antebraço, entre o cotovelo e a ponta do dedo médio. Medida obtida pela diferença entre o comprimento do membro superior e o comprimento do braço                              |
|            | Altura do umbigo               | Distância vertical do umbigo ao solo  |
|            | Altura do joelho               | Distância vertical da parte central do joelho ao solo   |
|            | Largura da mão                 | Largura da palma da mão, com a mão aberta   |
|            | Diâmetro da mão fechada        | Diâmetro da mão fechado em forma de soco  |
|            | Cilindro de pega máxima        | Diâmetro da mão com a ponta dos dedos indicador e dedão se tocando  |

II. Tabela de conversão das temperaturas de bulbo úmido e seco em função da umidade relativa do ar.

| Ts | Diferença de temperaturas |    |     |    |     |    |     |    |     |    |    |    |    |    |    |
|----|---------------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
|    | 0,5                       | 1  | 1,5 | 2  | 2,5 | 3  | 3,5 | 4  | 4,5 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
| 3  | 92                        | 84 | 76  | 69 | 62  | 54 | 47  | 40 | 32  | 25 | 12 | -  | -  | -  | -  |
| 4  | 93                        | 85 | 77  | 70 | 63  | 56 | 49  | 43 | 35  | 29 | 16 | -  | -  | -  | -  |
| 5  | 93                        | 86 | 78  | 72 | 65  | 58 | 51  | 45 | 36  | 32 | 30 | -  | -  | -  | -  |
| 6  | 94                        | 87 | 80  | 73 | 66  | 60 | 54  | 47 | 41  | 35 | 23 | 11 | -  | -  | -  |
| 7  | 94                        | 87 | 81  | 74 | 67  | 62 | 54  | 49 | 43  | 38 | 26 | 15 | -  | -  | -  |
| 8  | 94                        | 88 | 82  | 75 | 69  | 64 | 56  | 51 | 46  | 40 | 29 | 19 | -  | -  | -  |
| 9  | 94                        | 88 | 82  | 76 | 70  | 65 | 59  | 53 | 48  | 42 | 32 | 22 | 12 | -  | -  |
| 10 | 94                        | 89 | 83  | 77 | 71  | 66 | 61  | 56 | 51  | 45 | 35 | 26 | 17 | -  | -  |
| 11 | 94                        | 89 | 83  | 78 | 72  | 67 | 66  | 57 | 52  | 47 | 37 | 28 | 19 | -  | -  |
| 12 | 94                        | 89 | 84  | 78 | 73  | 68 | 63  | 58 | 53  | 48 | 38 | 30 | 21 | -  | -  |
| 13 | 95                        | 89 | 84  | 79 | 74  | 69 | 64  | 60 | 55  | 50 | 40 | 32 | 24 | 15 | -  |
| 14 | 95                        | 90 | 85  | 79 | 75  | 70 | 65  | 61 | 57  | 52 | 48 | 34 | 26 | 18 | -  |
| 15 | 95                        | 90 | 85  | 80 | 76  | 71 | 66  | 62 | 58  | 53 | 44 | 36 | 28 | 20 | 13 |
| 16 | 95                        | 90 | 85  | 80 | 77  | 72 | 67  | 63 | 59  | 55 | 46 | 38 | 31 | 23 | 16 |
| 17 | 95                        | 90 | 86  | 81 | 77  | 72 | 68  | 64 | 60  | 56 | 48 | 40 | 35 | 25 | 18 |
| 18 | 95                        | 90 | 86  | 82 | 78  | 73 | 69  | 65 | 61  | 57 | 49 | 42 | 36 | 27 | 20 |
| 19 | 95                        | 91 | 87  | 82 | 78  | 74 | 70  | 66 | 62  | 58 | 51 | 45 | 37 | 29 | 22 |
| 20 | 96                        | 91 | 87  | 83 | 79  | 74 | 71  | 66 | 63  | 59 | 53 | 45 | 38 | 31 | 24 |
| 21 | 96                        | 91 | 87  | 83 | 79  | 75 | 71  | 67 | 64  | 60 | 53 | 45 | 39 | 32 | 26 |
| 22 | 96                        | 91 | 88  | 84 | 80  | 76 | 72  | 68 | 64  | 61 | 54 | 47 | 41 | 34 | 28 |
| 23 | 96                        | 92 | 88  | 84 | 80  | 77 | 73  | 69 | 65  | 62 | 54 | 48 | 42 | 36 | 30 |
| 24 | 96                        | 92 | 88  | 85 | 81  | 77 | 74  | 70 | 66  | 63 | 55 | 49 | 43 | 37 | 31 |
| 25 | 96                        | 92 | 88  | 85 | 81  | 78 | 75  | 71 | 67  | 64 | 56 | 51 | 45 | 39 | 35 |
| 26 | 96                        | 92 | 89  | 85 | 81  | 78 | 75  | 71 | 67  | 64 | 58 | 52 | 46 | 40 | 36 |
| 27 | 96                        | 93 | 90  | 86 | 82  | 79 | 76  | 72 | 69  | 65 | 59 | 53 | 47 | 41 | 36 |
| 28 | 96                        | 93 | 90  | 86 | 82  | 79 | 76  | 72 | 69  | 66 | 60 | 54 | 48 | 42 | 37 |
| 29 | 96                        | 93 | 90  | 86 | 82  | 79 | 76  | 73 | 70  | 66 | 61 | 55 | 49 | 43 | 38 |
| 30 | 96                        | 93 | 90  | 86 | 82  | 79 | 76  | 73 | 70  | 66 | 61 | 55 | 50 | 44 | 39 |
| 31 | 96                        | 93 | 90  | 86 | 82  | 80 | 77  | 73 | 70  | 67 | 61 | 56 | 51 | 45 | 40 |
| 32 | 96                        | 93 | 90  | 86 | 83  | 80 | 77  | 73 | 71  | 68 | 62 | 57 | 52 | 46 | 41 |
| 33 | 96                        | 93 | 90  | 86 | 83  | 80 | 77  | 74 | 71  | 68 | 63 | 57 | 52 | 47 | 42 |
| 34 | 96                        | 93 | 90  | 87 | 83  | 80 | 77  | 74 | 71  | 69 | 63 | 58 | 52 | 48 | 43 |
| 35 | 97                        | 93 | 90  | 87 | 84  | 81 | 78  | 74 | 72  | 69 | 64 | 59 | 53 | 49 | 44 |
| 36 | 97                        | 93 | 90  | 87 | 84  | 81 | 78  | 75 | 72  | 70 | 64 | 59 | 54 | 50 | 45 |
| 37 | 97                        | 93 | 90  | 87 | 84  | 81 | 78  | 75 | 73  | 70 | 65 | 60 | 54 | 51 | 46 |
| 38 | 97                        | 93 | 91  | 88 | 85  | 82 | 79  | 75 | 73  | 70 | 66 | 61 | 55 | 51 | 46 |
| 39 | 97                        | 94 | 91  | 88 | 85  | 82 | 79  | 76 | 74  | 71 | 66 | 61 | 56 | 52 | 46 |
| 40 | 97                        | 94 | 91  | 88 | 86  | 82 | 79  | 76 | 74  | 71 | 66 | 61 | 56 | 52 | 47 |
| 41 | 97                        | 94 | 91  | 88 | 86  | 83 | 80  | 76 | 75  | 71 | 67 | 62 | 57 | 53 | 47 |
| 42 | 97                        | 94 | 91  | 88 | 86  | 83 | 80  | 77 | 75  | 72 | 67 | 62 | 57 | 53 | 48 |
| 43 | 97                        | 94 | 91  | 89 | 87  | 83 | 80  | 77 | 76  | 72 | 67 | 62 | 58 | 54 | 48 |
| 44 | 97                        | 94 | 91  | 89 | 87  | 84 | 81  | 77 | 76  | 72 | 68 | 63 | 58 | 54 | 48 |
| 45 | 97                        | 94 | 91  | 89 | 87  | 84 | 81  | 78 | 76  | 73 | 68 | 63 | 59 | 55 | 49 |

III. Principais equipamentos de medições utilizados

| Equipamento   | Foto  |
|---|---|
| <p>Multidetector de gás ALTAIR® 4X MSA<br/>                     AUER GmbH<br/>                     (Função: análise de gases)</p>                       |    |
| <p>Bomba sonda universal de gases MSA<br/>                     Instrument Division<br/>                     (Função: captura de gases)</p>              |     |
| <p>Luxímetro Minipa MLM-1011<br/>                     (Função: medição de iluínância)</p>   |   |
| <p>Medidor de ruído 407355 Extech<br/>                     Instruments<br/>                     (Função: medição de ruídos)</p>                         |  |
| <p>Medidor de pulso Polar FT 7<br/>                     (Função: medição de gasto energético)</p>   |  |
| <p>Multidetector pressão e frequência cardíaca<br/>                     Geratherm®<br/>                     (Função: aferição instantânea de pulso)</p> |   |
| <p>Balança antropométrica<br/>                     (Função: medição de peso e altura)</p>   |  |

#### IV. Relação entre os gases encontrados

##### Gases Combustíveis

Tabela 1 – Gases combustíveis lidos pelo equipamento

| <b>Teste de Gás Aplicado</b> | <b>%LEL lido multiplicado por:</b> |
|------------------------------|------------------------------------|
| Acetona                      | 1,09                               |
| Acetileno                    | 1,07                               |
| n-Butano                     | 1,37                               |
| Ciclohexano                  | 1,94                               |
| Dietílico                    | 1,43                               |
| Etano                        | 1,27                               |
| Etanol                       | 1,16                               |
| Etileno                      | 1,09                               |
| Gasolina                     | 1,63                               |
| n-Hexano                     | 1,86                               |
| Álcool Isopropil             | 1,55                               |
| Metano                       | 1,00                               |
| Metanol                      | 0,93                               |
| Metil etil cetona            | 1,69                               |
| Nonano                       | 4,48                               |
| Pentano                      | 1,75                               |
| Propano                      | 1,39                               |
| Tolueno                      | 2,09                               |
| o-Xileno                     | 4,83                               |
| Isobutano                    | 1,63                               |
| Propileno                    | 1,14                               |

\*Teste aplicado considerando 33% LEL de Metano e 4.4% Vol = 100% LEL. Fonte: MSA (2011)

## Sulfeto de Hidrogênio

Tabela 2 – Leitura percentual do canal H<sub>2</sub>S a partir da captura dos diferentes tipos de gases

| <b>Teste de Gás Aplicado</b>             | <b>Concentração aplicada (ppm)</b> | <b>Canal H<sub>2</sub>S % de Sensibilidade cruzada</b> |
|--|------------------------------------|--|
| Sulfeto de Hidrogênio [H <sub>2</sub> S] | 40                                 | 100  |
| Monóxido de Carbono [CO]                 | 100                                | 1  |
| Óxido Nítrico [NO]                       | 50                                 | 25   |
| Dióxido de nitrogênio [NO <sub>2</sub> ] | 11                                 | -1   |
| Dióxido de Enxofre [SO <sub>2</sub> ]    | 9                                  | -14  |
| Cloro [Cl <sub>2</sub> ]                 | 10                                 | -14  |
| Cianeto de Hidrogênio [HCN]              | 30                                 | -3   |
| Amônia [NH <sub>3</sub> ]                | 25                                 | -1   |
| Tolueno                                  | 53                                 | 0  |
| Isopropanol                              | 100                                | -3   |
| Hidrogênio [H <sub>2</sub> ]             | 100                                | 0  |

Fonte: MSA (2011)

## Monóxido de Carbono

Tabela 3 – Leitura percentual do canal CO a partir da captura dos diferentes tipos de gases

| <b>Teste de Gás Aplicado</b>             | <b>Concentração aplicada (ppm)</b> | <b>Canal CO % de Sensibilidade cruzada</b> |
|--|------------------------------------|--|
| Sulfeto de Hidrogênio [H <sub>2</sub> S] | 40                                 | 0  |
| Monóxido de Carbono [CO]                 | 100                                | 100  |
| Óxido Nítrico [NO]                       | 50                                 | 84   |
| Dióxido de nitrogênio [NO <sub>2</sub> ] | 11                                 | 0  |
| Dióxido de Enxofre [SO <sub>2</sub> ]    | 9                                  | -4   |
| Cloro [Cl <sub>2</sub> ]                 | 10                                 | 0  |
| Cianeto de Hidrogênio [HCN]              | 30                                 | -5   |
| Amônia [NH <sub>3</sub> ]                | 25                                 | 0  |
| Tolueno                                  | 53                                 | 0  |
| Isopropanol                              | 100                                | -8   |
| Hidrogênio [H <sub>2</sub> ]             | 100                                | 48   |

Fonte: MSA (2011)