UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

RENAN PEREIRA BARBOSA

CONCENTRAÇÃO E DIMENSÃO DE PARTICULADOS DISPERSOS NO AR EM AMBIENTES DE MARCENARIAS

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
OUTUBRO – 2014

RENAN PEREIRA BARBOSA

CONCENTRAÇÃO E DIMENSÃO DE PARTICULADOS DISPERSOS NO AR EM AMBIENTES DE MARCENARIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração em Recursos Florestais e Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler
Coorientador: Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
OUTUBRO – 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

CONCENTRAÇÃO E DIMENSÃO DE PARTICULADOS DISPERSOS NO AR EM AMBIENTES DE MARCENARIAS

RENAN PEREIRA BARBOSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração em Ciências Florestais.

Banca Examinadora:

_____
Prof. Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça
DCFM- UFES

_____
Prof. Dr. Juarez Benigno Paes
DCFM-UFES

_____
Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva
DCF-UFLA (coorientador)

_____
Prof. Dr. Nilton César Fiedler
DCFM-UFES (orientador)

JERÔNIMO MONTEIRO – ES
OUTUBRO – 2014

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A minha família pela total dedicação e apoio em todos os momentos.

A Universidade Federal do Espírito Santo, em especial ao programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e ao Laboratório de Colheita, Ergonomia e Logística Florestal (LABCELF), pela estrutura e pelos equipamentos oferecidos.

Ao Professor Nilton Cesar Fiedler pelos ensinamentos, dedicação, orientação e auxílio desde a época de graduação.

Ao Professor José Reinaldo Moreira da Silva pelas instruções no desenvolver da pesquisa.

Aos Professores Adriano Ribeiro de Mendonça e Juarez Benigno Paes por se disponibilizarem a fazer parte da banca examinadora e pelas contribuições de melhoria da pesquisa.

A todos os professores que me capacitaram em minha formação profissional com um ensino de imensa qualidade.

Ao Flávio Cipriano de Assis do Carmo pela ajuda em todas as pesquisas e trabalhos.

A FAPES e ao CNPq pelos apoios financeiros ao laboratório que possibilitaram a aquisição dos equipamentos utilizados na pesquisa.

Aos amigos pela convivência durante toda essa etapa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa do estado do Espírito Santo, em que: 1: Jerônimo Monteiro; 2: Rio Novo do Sul; 3: Iconha 07
Figura 2: Termo-higrômetro utilizado para coleta de dados 09
Figura 3: Coletores e bomba gravimétrica 12
Figura 4: Exemplo de calibração da bomba gravimétrica 13
Figura 5: Coleta de dados da concentração de particulados suspensos em situação real de trabalho 14
Figura 6: Análise das lâminas e captura de fotografias 15
Figura 7: Mensuração das partículas por meio do programa computacional Image-Pró Plus versão 4.5.0.29 16
Figura 8: Local de deposição das partículas no trato respiratório 16
Figura 9: Concentração média de particulados dispersos no ar por empresa 22
Figura 10: Concentração média de particulados suspensos no ar, por máquina 23
Figura 11: Medição das fibras de madeira de *Eucalyptus spp.* através do programa computacional Image-Pró Plus 28
Figura 12: Concentração e dimensionamento médio dos particulados por máquina 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Máquinas avaliadas durante o processo de usinagem da madeira . 08
Tabela 2: Percentuais das percepções dos trabalhadores para análise das condições ambientais nos ambientes de trabalho 19
Tabela 3: Temperaturas média, mínima e máxima por empresa 20
Tabela 4: Umidades relativas média, mínima e máxima por empresa 21
Tabela 5: Concentração de particulados, em $mg.m^{-3}$, por máquina e por empresa 23
Tabela 6: Dimensão média por máquina e por empresa das partículas de madeira suspensas no ar 24
Tabela 7: Dimensões média, máxima e mínima das partículas de acordo com a máquina avaliada 25
Tabela 8: Local de deposição das partículas no trato respiratório do operador por máquina 26

SUMÁRIO

RESUMO ..... Erro! Indicador não definido.
1. INTRODUÇÃO **1**
1.1 OBJETIVOS 2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **4**
2.1 SAÚDE E SEGURANÇA NO TRABALHO 4
2.2 ERGONOMIA 4
2.3 PROCESSAMENTO MECÂNICO DA MADEIRA 5
2.4 POEIRA OCUPACIONAL 6
3. MATERIAL E MÉTODOS **7**
3.1 DESCRIÇÃO GERAL DO ESTUDO 7
3.2 LEVANTAMENTO DOS FATORES HUMANOS 10
3.3 AVALIAÇÃO DA POEIRA 10
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA 17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO **18**
4.1 CONDIÇÕES DO AMBIENTE DE TRABALHO 18
4.1.1 Temperatura **20**
4.1.2 Umidade relativa **21**
4.2 CONCENTRAÇÃO DE PARTICULADOS DISPERSOS NO AR 22
4.3 MENSURAÇÃO DOS PARTICULADOS 24
5. CONCLUSÕES **30**
6. RECOMENDAÇÕES **31**
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **33**

RESUMO

BARBOSA, Renan Pereira. **CONCENTRAÇÃO E DIMENSÃO DE PARTICULADOS DISPERSOS NO AR EM AMBIENTES DE MARCENARIAS**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES. Orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler. Coorientador: Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva.

Objetivou-se com esta pesquisa caracterizar as partículas de madeira de *Eucalyptus spp.* suspensas no ar em marcenarias. A coleta de dados foi realizada por meio de uma avaliação qualitativa dos riscos ambientais com entrevistas aos trabalhadores. A análise da concentração foi desenvolvida pela utilização de uma bomba gravimétrica e coletores com filtros. Para o tamanho das partículas suspensas no ar usaram-se lâminas, microscópio e fotografias. Foram analisadas as máquinas lixadeira, serra circular e serra fita. O estudo avaliou cinco marcenarias de características semelhantes no estado do Espírito Santo. Por meio da mensuração das partículas, pôde-se inferir sobre o local de deposição das mesmas no trato respiratório do trabalhador. De acordo com os resultados das entrevistas, 76,7 % dos trabalhadores avaliaram como muito alta e 23,3 % como média a concentração de poeira no ambiente. A lixadeira apresentou as maiores concentrações de partículas suspensas no ar (3,65 $mg.m^{-3}$), seguido da serra circular (2,1 $mg.m^{-3}$) e serra fita (0,4 $mg.m^{-3}$). A máquina que gerou partículas com maior tamanho médio foi, em ordem, a serra circular (29,67 µm), serra fita (25,55 µm) e lixadeira (18,57 µm). Conclui-se que os particulados mais danosos à saúde humana são provenientes da lixadeira, pois alcançaram os maiores resultados de concentração de partículas suspensas no ar e as menores médias do tamanho de partículas, facilitando a deposição nas partes mais prejudiciais ao trato respiratório humano. Desse modo, verifica-se a necessidade imprescindível de alterações no ambiente de trabalho, como a implantação de Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva, diminuindo, assim, o risco de exposição dos trabalhadores.

Palavras-chave: Ergonomia florestal, Segurança do trabalho, Marcenaria.

ABSTRACT

BARBOSA, Renan Pereira. **CONCENTRATION AND SIZE OF STRAY PARTICULATE IN AIR IN ENVIRONMENTS WOODWORK**. 2014. Dissertation (Master of Forest Science) - Federal University of Espírito Santo, Jeronimo Monteiro-ES. Advisor: Dr. Nilton Cesar Fiedler. Co-adviser: Dr. José Reinaldo Moreira da Silva.

The objective of this research was to characterize the particles of Eucalyptus spp. suspended in air in Cabinetmaking. Data collection was conducted through a qualitative environmental risk assessment interviews with workers. The analysis was carried out by concentration using a gravimetric pump and collectors with filters. For the size of airborne particles is used blades microscope and photographs. The sanding machines, circular saw and band saw were analyzed. The study evaluated five Cabinetmaking similar characteristics in the state of Espirito Santo. By measuring the particle, one could infer the site of deposition in the respiratory tract of the same worker. According to the interview results, 76,7% of employees rated as very high and 23,3% as an average concentration of dust in the atmosphere. The sander had the highest concentrations of airborne particles (3.65 $mg.m^{-3}$), followed by the circular saw (2.1 $mg.m^{-3}$) and band saw (0.4 $mg.m^{-3}$). The machine that generated particles with larger average size was in order, the circular saw (29.67 µm) band saw (25.55 µm) and sander (18.57 µm). We conclude that the most damaging to human health are particulates from sanding, since achieved the greatest results of concentration of particles suspended in the air and the lowest average particle size, facilitating the deposition on the most damaging parts of the human respiratory tract. Thus, there is a crucial need for change in the workplace, such as the deployment of Personal Protective Equipment and Collective, thus reducing the risk of exposure of workers.

Keywords: Forest ergonomics, Occupational safety, Joinery.

1. INTRODUÇÃO

A saúde e segurança no trabalho são elementos primordiais para as empresas. A exposição do trabalhador a ambientes precários pode resultar em danos irreversíveis à saúde, sendo possível o surgimento de doenças ocupacionais no futuro. A minimização ou eliminação, quando possível, desses danos oriundos de longas jornadas de trabalho em ambientes impróprios devem ser buscadas.

No setor moveleiro, essas exposições a condições inadequadas de trabalho são frequentes, principalmente em pequenas empresas, onde geralmente há uma estrutura deficiente com relação à aquisição de máquinas e ferramentas com bons projetos ergonômicos, seguras e com elevados níveis tecnológicos.

Segundo Silva (2002), a vida social e o relacionamento familiar são diretamente afetados pela qualidade de vida no trabalho. As más condições de trabalho, o cansaço e a fadiga podem alterar o comportamento do trabalhador, resultando em queda de produção ou até mesmo na qualidade dos serviços prestados.

No ambiente de trabalho existem muitos tipos de partículas e, algumas dessas, podem ser prejudiciais ao trabalhador. A variedade de partículas às quais os trabalhadores estão expostos é muito grande.

Segundo a Fundação Jorge Duprat e Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO (1994), em ambientes de trabalho com elevadas concentrações de poeira deve ser implantado um programa de proteção respiratória para os trabalhadores.

Os riscos ocupacionais que as poeiras podem originar variam desde um simples incômodo inicial até doenças mais graves como pneumoconiose e câncer. Na indústria madeireira, há diversas espécies de florestais responsáveis por queimaduras, anemias e faringites, gerando problemas de saúde coletiva no ambiente de trabalho (MOURA et al., 1993).

A exposição excessiva ao pó de madeira tem sido interligada ao surgimento de alguns tipos de doenças respiratórias não malignas, como a

obstrução das vias aéreas inferiores e a doença reativa das vias respiratórias superiores (ENARSON; CHAN- YEUNG, 1990).

Pode-se definir poeira como toda partícula sólida suspensa no ar produzida a partir da ruptura física de um material sólido ocasionado por alguma operação mecânica (SALIBA, 2000).

A inalação é a forma mais comum de entrada das poeiras no organismo. A inalação excessiva das poeiras pode causar diversos efeitos no organismo humano, pois sobrecarrega os sistemas de proteção e limpeza do organismo. Tais efeitos são determinados por diversos elementos como os componentes químicos presentes, a sua concentração no ar, o local de deposição no sistema respiratório e o tempo de exposição do trabalhador (SANTOS, 2001).

Segundo a Fundacentro (2007), são três as classificações de maior relevância dentro da higiene ocupacional quanto ao tamanho das partículas e sua relação com o local de deposição: inaláveis (menores que 100 µm: penetram pelo nariz e boca), torácicas (menores que 25 µm: penetram além da laringe) e respiráveis (menores que 10 µm: penetram na região alveolar). Partículas depositadas nas vias aéreas superiores ou no pulmão, possuem maior potencial para causar danos à saúde.

Partindo do pressuposto de que os particulados podem se depositar em diferentes locais do trato respiratório, as poeiras depositadas na região dos pulmões, podem induzir hiperprodução de muco e hipertrofia das células de secreção de muco, recrutamento de macrófagos, proliferação crônica ou reação inflamatória, fibrose e até mesmo câncer (BOM; SANTOS, 2003).

Do exposto, essa pesquisa buscou a avaliação dos riscos ocupacionais ocasionados pelas partículas de madeira suspensas no ar, por meio do conhecimento das concentrações e das faixas de tamanhos das partículas que se depositam no trato respiratório para que, assim, minimize-se a inalação das partículas prejudiciais ao trabalhador evitando doenças respiratórias futuras.

1.1 OBJETIVOS

Esta pesquisa objetivou caracterizar as partículas de madeira de *Eucalyptus spp.* suspensas no ar em marcenarias no sul do Espírito Santo.

Os objetivos específicos foram:

- Realizar um levantamento do ambiente de trabalho, do perfil dos operadores e uma análise de percepção de riscos;
- Quantificar as partículas de eucalipto suspensas no ar, provenientes do seu processamento mecânico na lixadeira, na serra circular e na serra fita;
- Mensurar a dimensão dos particulados de madeira para que seja possível identificar onde essas partículas estão sendo depositadas no trato respiratório;
- Comparar a poeira de *Eucalyptus spp.* oriunda do processamento na lixadeira, na serra circular e na serra fita, bem como determinar qual é mais prejudicial à saúde do trabalhador; e
- Propor correções no ambiente de trabalho que contribuam com a diminuição da quantidade de poeira em suspensão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SAÚDE E SEGURANÇA NO TRABALHO

Os riscos de acidentes são frequentes em ambientes de trabalho como as marcenarias. A Norma Regulamentadora 4, da Portaria nº 3.214/1978 do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 1978), contém a relação da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), com correspondente Grau de Risco (GR), que possui variação entre 1 e 4. O setor moveleiro, no processo de fabricação de móveis de madeira, é classificado com GR igual a 3, sendo considerando nível de risco elevado.

O Ministério do Trabalho e Emprego tem normatizado em todo o país índices que possibilitam executar o trabalho com maior conforto e segurança. As sanções para as empresas que não se adequam as normas vão desde a interdição ou embargo até ao fechamento da empresa, além da aplicação de multas simples ou diárias por cada índice em desacordo com a legislação. Essas medidas geram resultados positivos, pois propiciam maior saúde, satisfação, qualidade e eficiência ao trabalhador. (Brasil, 1998, citado por VENTUROLI, 2003).

Constata-se que, em muitos casos, existem diversas inadequações perante as Normas Regulamentadoras no ambiente de trabalho de marcenarias, podendo afetar a saúde e segurança do trabalhador. Como principais causas da falta de adequação às normas têm-se a falta de informação dos funcionários e principalmente dos proprietários, as necessidades constantes de aumento de produtividade e de redução de custos e as constantes mudanças na Legislação (SILVA, 1999).

2.2 ERGONOMIA

O termo ergonomia define-se como ajuste e adaptação das ferramentas e do ambiente de trabalho ao homem (FIEDLER, 2010). Para executar qualquer tarefa com maior eficiência, o ser humano geralmente recorre a

máquinas propriamente ditas ou quaisquer objetos ou ferramentas auxiliares, devendo estes estarem ergonomicamente ajustados ao homem (SOUZA, 2008).

Segundo Iida (2005), a ergonomia estuda os diversos fatores que influem no desempenho do sistema produtivo e procura reduzir as suas consequências nocivas sobre o trabalhador. Assim, ela procura reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores, durante o seu relacionamento com esse sistema produtivo.

Mudanças nas condições e no ambiente de trabalho devem ocorrer mediante prévio estudo ergonômico. Assim, máquinas e equipamentos podem ser aprimorados e adaptados ao ser humano, conforme a individualidade do trabalhador, suas características psicológicas e físicas, obtendo maior eficiência no alcance de saúde, segurança e conforto durante a execução do trabalho (SILVA, 2002).

2.3 PROCESSAMENTO MECÂNICO DA MADEIRA

Atividades exercidas em indústrias de processamento mecânico de madeira exigem que as tarefas sejam realizadas em posições desconfortáveis durante toda extensão da jornada de trabalho. Além do posicionamento dificultoso, ambientes de marcenaria demandam trabalhos com o manuseio de cargas elevadas e máquinas e ferramentas perigosas (BARBOSA, 2014).

Segundo Fiedler (2003), as empresas que exercem trabalhos de processamento mecânico da madeira, devido às necessidades e periculosidade existente no setor, têm buscado a constante evolução e melhoria das condições de trabalho. O resultado da aplicação dessas melhorias é o aumento de produtividade e qualidade no trabalho, sendo refletidos no resultado final dos produtos e qualidade de vida dos trabalhadores.

Nota-se que o trabalho na maioria das marcenarias é realizado sob condições inadequadas, oferecendo riscos à saúde e a segurança dos trabalhadores. A afirmativa é comprovada ao analisar a porcentagem do

registro de acidentes com afastamento maior que 15 dias e perda ou lesão grave nos membros superiores: 55,2 e 41,4 % respectivamente (HEGEDUS, 2011).

A análise prévia dos possíveis riscos presentes nas marcenarias auxilia na prevenção do surgimento de doenças ocupacionais oriundas das mais diversas fontes no ambiente de trabalho, como a poeira e a excessiva carga térmica, pois define critérios para a redução das emissões, diminuindo a exposição do trabalhador a tais condições de risco.

2.4 POEIRA OCUPACIONAL

Segundo Nunes (2009), o processamento mecânico da madeira tem como resultado final, além do produto, a produção de uma grande quantidade de particulados, em diversas granulometrias, que ficam em suspensão no ambiente de trabalho ou se depositam nas máquinas, chão e paredes.

Com o objetivo de reduzir a concentração de particulados de madeira, empresas de médio e grande porte, por possuírem melhores recursos tecnológicos e financeiros, implementam e utilizam sistemas de exaustão na fonte, ou seja, aspiração da poeira gerada no instante em que ocorre o processamento do painel. Contudo, microempreendedores e empresas de pequeno porte, com recursos tecnológicos mais escassos, acumulam esse material residual na empresa e realizam a limpeza e o descarte desse material em aproximadamente quinze dias (NUNES, 2009).

De acordo com a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO), aerodispersóide sólido é a partícula formada a partir da ruptura mecânica de um material sólido seco, seja por corte, quebra, usinagem, fricção ou fundição, capaz de se manter suspensa no ar por determinado tempo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO GERAL DO ESTUDO

A pesquisa foi realizada em cinco marcenarias, localizadas no sul do estado do Espírito Santo. Os municípios onde foram realizadas as coletas de dados foram Jerônimo Monteiro, Rio Novo do Sul e Iconha (Figura 1).

As cinco marcenarias possuem características semelhantes quanto ao modelo de equipamento, acessório das máquinas, tempo de funcionamento, processo produtivo e ausência de exaustor.

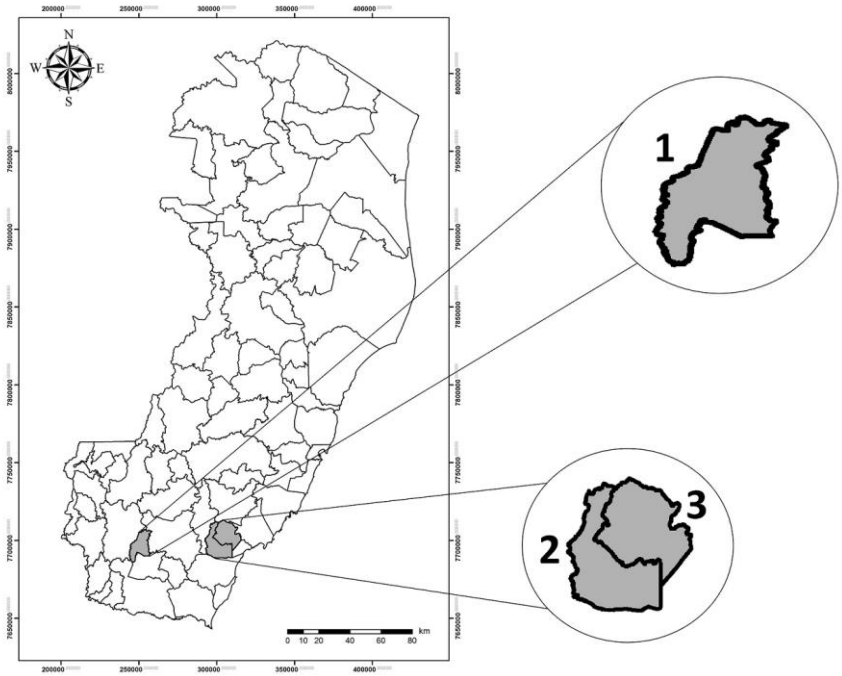

Figura 1. Mapa do estado do Espírito Santo, em que: 1: Jerônimo Monteiro; 2: Rio Novo do Sul; 3: Iconha.

Jerônimo Monteiro possui altitudes variando de 120 m (sede) até 900 m. A temperatura mínima é de 10° C, a média de 23° C e a máxima de 35° C, precipitação pluviométrica de 1.200 mm.ano^{-1} e clima quente e úmido. Para o município de Rio Novo do Sul, o clima é quente com uma temperatura média anual de 23° C e precipitação pluviométrica média anual de 1.425 mm, sendo que a maior ocorrência de chuvas é nos meses de outubro a janeiro. A altitude média da sede é de 65 m (INCAPER, 2011). O município de Iconha, tem relevo

predominante planalto. A sede do município encontra-se a 15 m de altitude e existem comunidades que estão a 1000 m, tornando-se atrativos turísticos para a região. O clima é tropical com temperatura média anual em torno de 23° C. A maior ocorrência de chuvas é de outubro a janeiro, com a densidade pluviométrica anual em torno de 1200 mm.

O experimento foi desenvolvido seguindo preceitos básicos definidos pelas Normas Regulamentadoras NR 9, NR 15 e NR 17 (BRASIL, 1978), Normas de Higiene Ocupacional da FUNDACENTRO, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) e American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Foram analisados os aerodispersóides presentes nas marcenarias, buscando caracterizar, quantificar e mensurar o tamanho das partículas e, também, inferir um comparativo entre as partículas oriundas do processamento na lixadeira, na serra circular e na serra fita, conforme descrição na Tabela 1.

Tabela 1. Máquinas avaliadas durante o processo de usinagem da madeira.

	Serra circular de bancada: máquina de corte composta por um disco dentado utilizada para serrar a madeira.
	Serra fita de bancada: máquina de corte, cuja ferramenta é composta de uma serra fixa, montado num eixo que lhe transmite movimentos rotativos, sendo o conjunto acionado por um motor elétrico.
	Lixadeira: utilizada para dar tratamento as superfícies da madeira, fornecendo um acabamento liso.

A coleta dos dados foi realizada em situação real de trabalho, sem qualquer interferência durante as atividades habituais do trabalhador. É importante ressaltar que todas as máquinas avaliadas possuíam características semelhantes, evitando ao máximo a diferenciação entre as marcenarias avaliadas.

A coleta de dados foi realizada entre os meses de janeiro e maio de 2014. O horário de coleta variou entre 9h00 e 16h00. A temperatura, ventilação e a umidade foram aferidas durante todas as coletas, garantindo que as mesmas fossem realizadas em condições semelhantes. O aparelho utilizado para realizar o levantamento de temperatura e umidade no ambiente de trabalho foi o termo-higrômetro, conforme Figura 2. Foram utilizados formulários de anotações para o registro dos índices de temperatura e umidade relativa durante toda a coleta de dados nas empresas.

Figura 2. Termo-higrômetro utilizado para coleta de dados.

Por se tratar de uma pesquisa envolvendo seres humanos, foi aplicado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) a todos os trabalhadores que colaboraram com o desenvolvimento da pesquisa, mantendo total sigilo das informações coletadas. O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), registrado sob o número CAAE – 20923213.8.0000.5060.

3.2 LEVANTAMENTO DOS FATORES HUMANOS

Foi aplicado aos operadores e responsáveis pelas empresas, questionários estruturados com o intuito de caracterizar os trabalhadores, o ambiente de trabalho e, também, realizar uma prévia avaliação de percepção de riscos nas marcenarias (Anexos I e II).

Para evitar erros na interpretação das perguntas, os questionários foram aplicados individualmente pelo pesquisador, deixando o entrevistado a vontade para responde-los. Os dados levantados versaram sobre análise de riscos, uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), indicadores de saúde do trabalhador, tempo de função, sexo e idade.

3.3 AVALIAÇÃO DA POEIRA

A avaliação da concentração de poeiras dispersas no ar consistiu na coleta de particulados presentes no ambiente de trabalho, no momento de execução das tarefas habituais realizadas pelos operários. Para essa avaliação foram utilizadas as Normas de Higiene Ocupacional (NHO) da Fundacentro. Nesta pesquisa foram utilizadas a NHO 03 (FUNDACENTRO, 2001) e a NHO 08 (FUNDACENTRO, 2007). Para complementar essa avaliação, também foram utilizados parâmetros de calibração e tempo de coleta definidos pelo NIOSH.

Para a saúde e segurança do trabalho, a Legislação Brasileira (BRASIL, 1978) não apresenta valores de limite de tolerância para poeira de madeira nos ambientes de trabalho. Conforme Teixeira (2013), para fins prevencionistas, a NR 9, no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), indica que, na ausência de valores limites para agentes de riscos não contemplados na NR 15, serão adotados os limites previstos pela ACGIH.

A ACGIH (2012) adota, para o limite de exposição o valor de 1,0 $mg.m^{-3}$ para todas as espécies de madeira, com exceção do Cedro Vermelho do Oeste (0,5 $mg.m^{-3}$). Esse valor é referente a exposição durante uma jornada de trabalho de 40 horas semanais. Como a jornada de trabalho semanal no Brasil é de 44 horas, houve a necessidade de realizar a correção. Para isto, foi aplicada a Equação 1, proposta por Brief e Scala (1975).

$$FR = \frac{40}{h} \times \frac{168 - h}{128} \quad (1)$$

Em que:

FR = Fator de redução; e

h = Jornada de trabalho (semanal) em horas.

Portanto, após a aplicação da Equação 1, o limite de exposição para uma jornada de trabalho de 44 horas semanais encontrado foi de 0,88 $mg.m^{-3}$.

3.3.1 Coleta de amostras de poeira

Para a coleta de amostras de poeira, utilizou-se bomba gravimétrica digital (Figura 3 B). O ar contaminado é sugado pela bomba gravimétrica. O procedimento consistiu na filtragem do ar contaminado, em que as partículas presentes no ambiente ficaram retidas em filtro para posterior análise. As partículas de material sólido, sugadas pela bomba gravimétrica, ficam retidas em filtro de membrana de cloreto de polivinila – PVC. As massas dos filtros de membrana de PVC foram mensuradas, em balança de precisão, antes e após a coleta dos particulados e, pela diferença entre as duas, foi obtida a massa final do material retido no filtro. Com o valor da massa final, foram calculadas as concentrações médias.

As análises foram realizadas no laboratório da empresa Solutech de Análises Químicas. A empresa possui Laboratório de análises químicas acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) – Cgcre – de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR ISO/IEC 17025/2005. A micro balança digital utilizada foi da marca Mettler Toledo, certificado nº LAB13214061, calibrada em 06/03/2013. O termo-higrômetro digital utilizado foi da marca Visomes, certificado nº LV35676-13-R0, calibrado em 11/09/2013. A análise foi realizada por gravimetria, conforme método NIOSH 0600.

Foram utilizados coletores do tipo filtro de membrana de PVC para coleta da poeira de madeira nas empresas (Figura 3 A). Estes recipientes ou

porta filtro foram previamente pesados pelo laboratório contratado para realizar a análise do material. O laboratório garantiu a preservação das mesmas condições de umidade para os coletores por meio do correto acondicionamento, eliminando as chances de possíveis interferências da umidade nos resultados obtidos.

Antes de realizar a coleta, foi necessária a calibração da bomba gravimétrica. Essa calibração foi realizada conforme NIOSH (2010). O tempo de cada coleta foi definido em função da calibração da bomba gravimétrica digital e calculado pela Equação 2. A vazão (Q) utilizada na pesquisa foi de 1,7 $L.min^{-1}$, conforme padrões estabelecidos pela NIOSH 500 (2010).

$$T = \frac{V}{Q} \qquad (2)$$

Em que:

T = Tempo de coleta, em minutos;

Q = Vazão, em $L.min^{-1}$; e

V = Volume de ar coletado, em Litros.

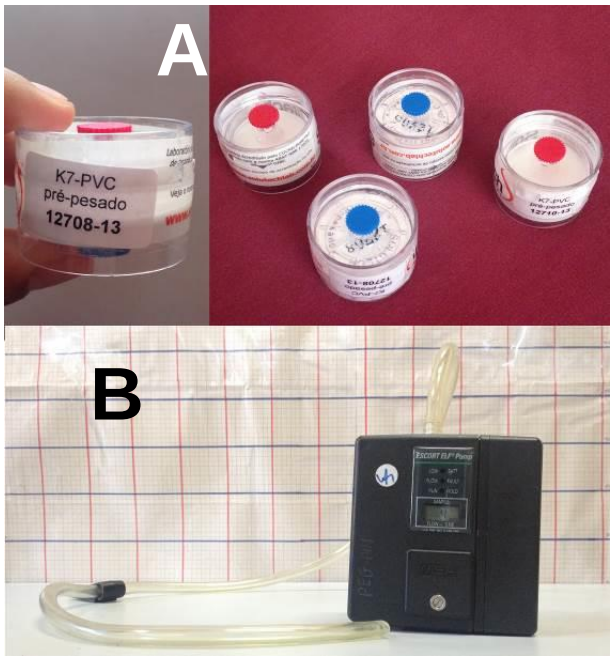

Figura 3. Coletores e bomba gravimétrica. A: Coletor com filtro de membrana; B: Bomba gravimétrica.

Na Figura 4 pode-se observar uma etapa do procedimento para calibração da bomba gravimétrica. Os filtros com as membranas foram conectados a bomba de vazão para serem calibrados com calibrador de vazão. Esses equipamentos de calibração foram disponibilizados pelo Serviço Social da Indústria (SESI-ES) e seus equipamentos foram calibrados pela empresa Almont Lab, empresa com calibração acreditado pelo INMETRO.

A vazão da bomba foi calibrada para uma sucção média de ar de 1,7 $L.min^{-1}$. O tempo de coleta médio para cada porta filtro foi de 15 minutos.

Figura 4. Exemplo de calibração da bomba gravimétrica.
Fonte: Adaptado de Teixeira (2013).

Após os procedimentos de calibração, os coletores (cassetes), foram acondicionados em recipientes próprios para o transporte, evitando transferência de umidade. Esses cassetes foram levados para as empresas, juntamente com os equipamentos, para que pudessem ser realizadas as coletas dos particulados de madeira.

O tipo de coleta nas empresas ocorreu de forma individual, conforme a NHO 03 (FUNDACENTRO, 2001), em que a bomba gravimétrica digital e o conjunto porta filtro com filtro de membrana de PVC foram posicionados no trabalhador no momento que ele realizava as operações de corte de madeira de eucalipto na lixadeira, na serra circular e na serra fita. Na Figura 5 é demonstrado o procedimento de coleta no ambiente de trabalho, onde o trabalhador teve o equipamento acoplado na vestimenta.

Figura 5. Coleta de dados da concentração de particulados suspensos em situação real de trabalho.

Durante a coleta, não houve interferência nas condições reais de trabalho. O trabalhador seguiu os procedimentos normais. Foram coletadas três amostras por empresa, totalizando quinze amostras para concentração de partículas suspensas no ar.

Em todas as coletas houve medição prévia da temperatura e umidade, somente sendo coletadas amostras em dias com características semelhantes. Após a coleta das partículas nas empresas, os filtros de membranas e seus respectivos suportes foram enviados para o laboratório, o qual realizou os procedimentos para o cálculo da concentração de partículas de madeira suspensas no ar.

De posse dos dados referente às massas dos materiais retidos nos filtros de membranas e volumes de ar coletados, foi calculado a concentração individual de cada amostra e a concentração da poeira de madeira suspensa no ar, conforme a Equação 3.

$$C = \frac{m}{V} \qquad (3)$$

Em que:

C = Concentração da amostra, em $mg.m^{-3}$;

m = Massa da amostra, em mg; e

V = Volume de ar amostrado, em m^3.

3.3.2 Avaliação das dimensões das partículas de poeiras dispersas no ar

Para a análise dos tipos de partículas e medições da sua dimensão, foram realizadas medições dos resíduos retidos nas mesmas membranas em que foram avaliadas as concentrações de particulados suspensos no ar.

Para a avaliação das dimensões das partículas coletadas utilizou-se o método proposto por Teixeira (2013), no qual as partículas coletadas e retidas nas membranas foram depositadas em lâminas de vidro com glicerina e água 1:1.

Os procedimentos de mensuração e dimensionamento dos particulados foram executados no Laboratório de Ciência da Madeira da UFES, localizado no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Jerônimo Monteiro.

Para cada máquina avaliada, foram coletadas três lâminas por empresa, totalizando 45 lâminas. Cada lâmina foi fotografada cinco vezes, gerando um total de 225 fotografias.

Posteriormente, as fotografias foram analisadas e medidas em microscópio acoplado ao sistema de captura de imagens, conforme pode-se observar na Figura 6. Utilizou-se a objetiva de 40 vezes para captura das imagens.

Figura 6. Análise das lâminas e captura de imagens.

As imagens foram analisadas por meio do software Image–Pró Plus, em aumento de 40 vezes. Em cada fotografia, foram medidas 10 (dez) partículas

de madeira, escolhidas aleatoriamente. Com esse sistema, foi possível mensurar o tamanho dos particulados e predizer possível local para sua deposição no organismo. Na Figura 7 pode ser observado o procedimento para mensuração das partículas de madeira.

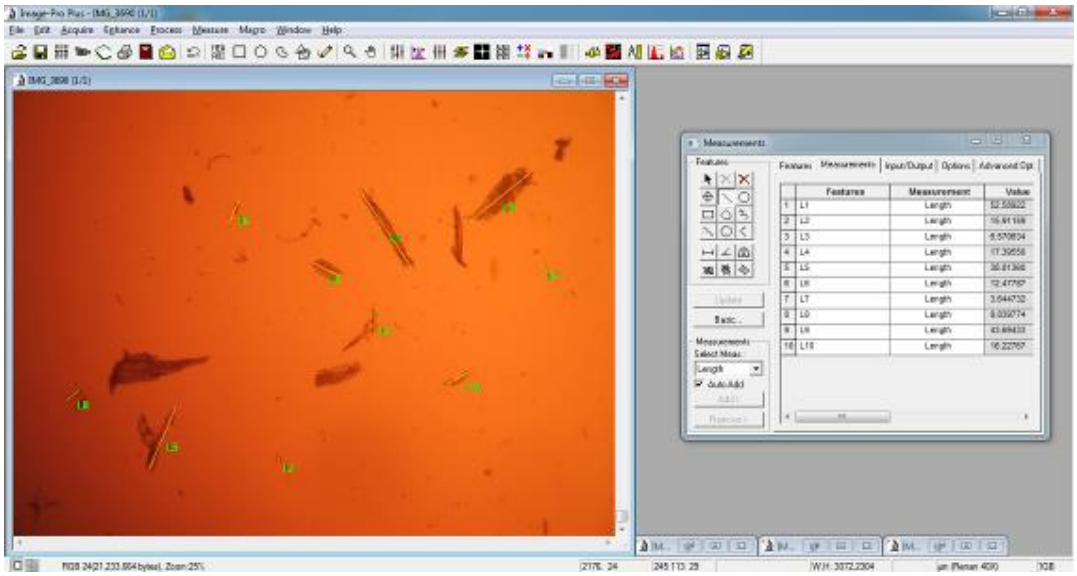

Figura 7. Mensuração das partículas por meio do programa computacional Image-Pró Plus versão 4.5.0.29.

É ilustrado na Figura 8 as frações de particulados e as respectivas regiões de deposição no trato respiratório.

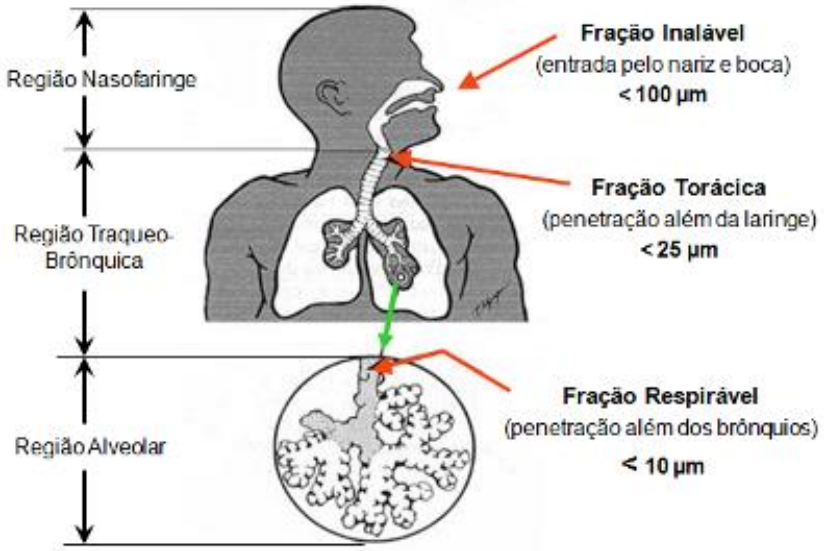

Figura 8. Local de deposição das partículas no trato respiratório.
Fonte: LIPPMANN (1999), adaptado pelo autor.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram coletados em cinco empresas de mesmas características e para três tipos de máquinas: lixadeira, serra circular e serra fita de mesmo modelo.

Tomou-se o cuidado de realizar as coletas em dias em que a umidade e a temperatura tinham valores dentro de uma faixa selecionada, evitando que esses fatores influenciassem na pesquisa.

Os resultados referentes a concentração e a mensuração das partículas de madeira suspensas no ar foram analisados considerando como um delineamento inteiramente casualizado. Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa computacional SASM-Agri, Sistema para Análise e Separação de Médias em Experimentos Agrícolas, versão 8.2.

Para a avaliação estatística da concentração e mensuração foi aplicado um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos e cinco repetições, em que o primeiro representou as máquinas e o segundo as empresas.

Os dados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância. Onde houve resultados significativos, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. O nível de significância adotado foi de 5 %.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CONDIÇÕES DO AMBIENTE DE TRABALHO

Pela aplicação dos formulários desenvolvidos e apresentados nos Anexos I e II, pôde-se inferir previamente sobre as condições básicas do ambiente de trabalho.

As empresas avaliadas neste estudo possuíam características comuns entre si, como a ausência de sistema exaustor. Identificou-se a presença de pó de madeira em todos os ambientes de trabalho depositadas em locais como piso, paredes e nos equipamentos, gerando aspecto de local sem manutenção e mal conservado.

Notou-se que a limpeza das máquinas é realizada rotineiramente. Entretanto, há a necessidade de elaboração e implantação de um gerenciamento dos resíduos, em que a limpeza das máquinas, piso e paredes seja efetuada sempre após a utilização das máquinas. Observou-se que máquinas pouco utilizadas nas empresas tinham menor atenção sobre uma limpeza e conservação adequada.

Quanto ao layout, foi identificado problemas no posicionamento das máquinas frente ao ambiente de trabalho. Algumas máquinas pouco utilizadas localizam-se entre máquinas frequentemente utilizadas e, muitas vezes, estão nos locais onde há maior circulação de funcionários. Tal fato compromete a segurança ao transitar e pode favorecer a ocorrência de eventuais acidentes durante a locomoção dentro das empresas.

É preciso também adequar a ordem das máquinas, gerenciando-as de acordo com as etapas de processamento e com a emissão de poeira em cada máquina, criando um ambiente logisticamente correto onde haja uma sequência lógica entre máquinas e também agrupando as máquinas que emitem maior quantitativo de particulados em um local mais arejado e com sistema de ventilação e exaustão.

Foram entrevistados 25 operadores e 5 responsáveis pelas empresas. De acordo com as informações fornecidas pelos entrevistados verificaram-se os principais riscos presentes no setor de usinagem da madeira (Tabela 2).

Tabela 2. Percentuais das percepções dos trabalhadores para análise das condições ambientais nos ambientes de trabalho.

Fator	Muito Baixa	Baixa	Média	Elevada	Muito elevada
Temperatura	0%	0%	23,3%	50%	26,7%
Ventilação	0%	0%	73,3%	0%	26,7%
Ruído	0%	0%	0%	0%	100%
Iluminação	0%	33%	33%	33%	0%
Poeira	0%	0%	0%	23,3%	76,7%
Manuseio de carga	0%	0%	23,3%	76,7%	0%

Fonte: o autor.

Pela análise da Tabela 2 conclui-se que há grande preocupação com relação aos fatores temperatura, ruído, poeira e manuseio de carga.

A maioria dos entrevistados avaliou os níveis de poeira e ruído como muito elevado, o que demonstra a urgente necessidade de adequações no ambiente de trabalho.

A iluminação foi considerada razoável, avaliando que as respostas variaram entre baixa, média e alta igualitariamente.

Para a temperatura e para o manuseio de cargas, percebe-se que há um pequeno desconforto por parte dos funcionários, devendo ser implantadas medidas de controle da temperatura e treinamento sobre ergonomia aplicada ao levantamento de cargas. Em cargas muito elevadas, orienta-se a utilização de ferramentas e máquinas adequadas para exercer tal atividade com segurança, evitando danos à saúde do operador.

A média de idade dos trabalhadores foi de 31 anos. Com relação ao tempo de serviço na atividade de usinagem da madeira, a média foi de 12 anos e 6 meses. Observou-se ainda que 73,33 % dos funcionários entrevistados já sofreram algum tipo de acidente de trabalho, desde pequenas lesões a amputações de parte da mão. A porcentagem encontrada ratifica o alto grau de risco de acidentes nas operações de usinagem, necessitando frequentemente

de treinamento e implantação de metodologias que reduzam os riscos de acidentes no trabalho, garantindo maior saúde e segurança aos trabalhadores.

4.1.1 Temperatura

Pode-se observar na Tabela 3 os valores referentes as temperaturas média, mínima e máxima de cada empresa. A temperatura média nas empresas foi de 33,40 °C.

Tabela 3. Temperatura média, mínima e máxima por empresa.

Empresa	Temperatura (°C)			Desvio Padrão (°C)
	Média	Mínima	Máxima	
A	30,48	28,75	32,28	1,20
B	32,41	28,22	35,84	2,80
C	34,74	33,70	35,88	0,76
D	35,19	34,96	35,43	0,16
E	34,18	31,87	35,98	1,54

Fonte: o autor.

A Norma Regulamentadora 17 (BRASIL, 2014) trata sobre condições ambientais de conforto nos locais de trabalho. Em seu item 17.5.2 está estabelecido que o índice de umidade relativa não deve ser menor que 40 % e que a temperatura efetiva deve estar entre 20 e 23 °C.

Verifica-se que a temperatura média em todas as empresas ultrapassa os valores definidos pela NR 17, gerando excesso de carga térmica. São necessárias correções no ambiente de trabalho com o objetivo de satisfazer o quesito conforto térmico.

A empresa D foi a empresa que apresentou a maior temperatura média, com um valor de 35,19 °C e a empresa A a menor temperatura média, 30,48 °C.

É importante observar que houve pouca alteração nos valores de temperatura entre as empresas e nas empresas individualmente. Por empresa, a maior variação de temperatura ocorreu na B, sendo 28,22 e 35,84 °C, ou

seja, uma variação de 7,62 °C. Entre empresas, a variação mais significativa foi entre as empresas A e D, cujo valor foi de 4,71 °C.

4.1.2 Umidade relativa

A Tabela 4 se refere aos resultados obtidos na coleta de dados de umidade relativa do ar média nas empresas. A média foi de 45,36 %.

Tabela 4. Umidade relativa do ar média, mínima e máxima por empresa.

Empresa	Umidade Relativa do ar (%)			Desvio Padrão
	Média	Mínima	Máxima	(%)
A	58,35	57,01	59,80	0,97
B	47,61	37,42	60,57	8,64
C	39,85	36,56	42,73	2,19
D	39,39	38,26	40,37	0,75
E	41,60	38,86	46,42	3,21

Fonte: o autor.

Conforme citado anteriormente, a NR 17 estabelece que a umidade relativa do ar não deve ser menor que 40 %. Os resultados mostraram que, durante a coleta de dados, a umidade relativa média nas empresas C e D estavam abaixo do mínimo estabelecido pela legislação brasileira. Devem ser tomadas medidas de correção. As empresas A, B e E estavam com valores aceitáveis.

A empresa D foi a empresa que obteve a menor umidade relativa média (39,39 %) e a empresa A apresentou a maior umidade relativa média (58,35 %).

Houve variação de 18,96 % entre as médias da umidade relativa nas empresas A e D. Por empresa, a maior variação foi de 23,15 % ocorrida na empresa B.

4.2 CONCENTRAÇÃO DE PARTICULADOS DISPERSOS NO AR

A Figura 9 se refere às concentrações dos aerodispersóides suspensos no ar para cada empresa avaliada e os valores de referência.

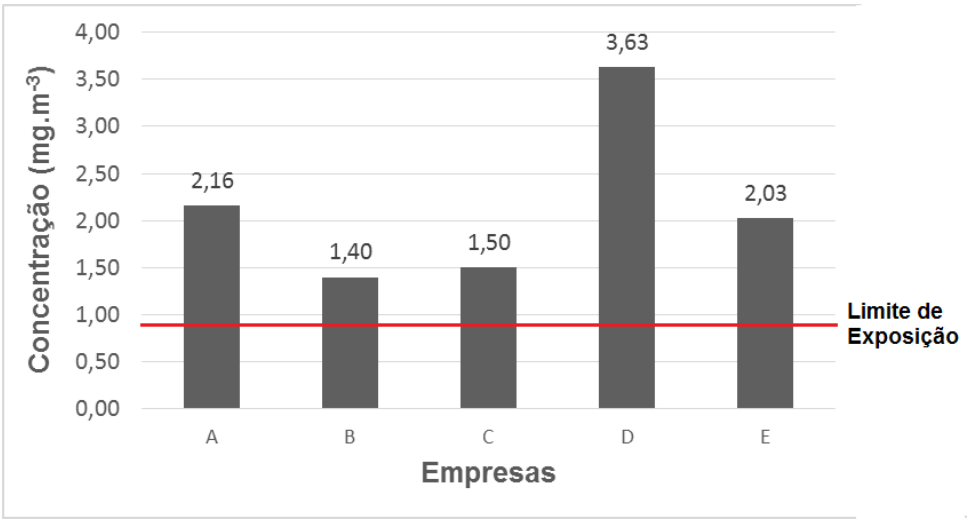

Figura 9. Concentração média de particulados dispersos no ar por empresa.

Considerando os limites de tolerância indicados pela ACGIH (2012), todas as empresas apresentaram valores superiores ao permitido (0,88 $mg.m^{-3}$), expondo os trabalhadores a riscos ocupacionais e propensos a adquirir doenças respiratórias. A empresa D obteve a maior média de concentração de poeira de madeira, com valor de 3,63 $mg*m^{-3}$. A empresa com menor valor de concentração foi a empresa B, 1,40 $mg*m^{-3}$. A utilização de sistemas exaustores poderia diminuir esses valores, haja vista que nenhuma empresa avaliada possuía sistema de exaustão.

Percentualmente, a empresa D apresentou valores acima de 300 % além do valor permitido. A empresa A, E e C, respectivamente, apresentaram valores 145,5 %, 130,7 % e 70,5 % acima do limite definido. Mesmo com o menor valor encontrado, a empresa B está quase 60 % acima do limite de exposição estipulado pela ACGIH.

Na Figura 10 estão apresentadas as concentrações dos particulados por cada máquina avaliada.

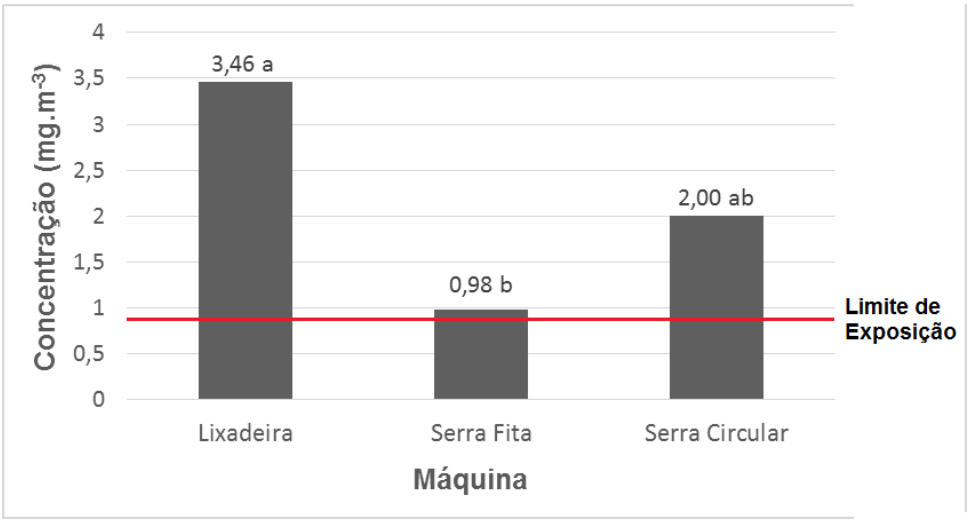

Figura 10. Concentração média de particulados suspensos no ar, por máquina.

Verifica-se que a máquina que apresentou maior liberação de particulados foi a lixadeira, com concentração média de 3,46 $mg.m^{-3}$, seguido da serra circular (2,00 $mg.m^{-3}$) e serra fita, com 0,98 $mg.m^{-3}$ de concentração média. Todas as médias por máquina apresentaram valores superiores ao limite de tolerância definido pela ACGIH (2012), 0,88 $mg*m^{-3}$.

Estatisticamente, utilizando o teste de Tukey, as concentrações médias da lixadeira e da serra circular não diferem entre si a nível de 5 % de probabilidade. A serra circular e a serra fita, a 90 % de probabilidade, também apresentaram médias estatisticamente iguais. Ao comparar a lixadeira e a serra fita, há diferenciação entre suas médias de concentração.

A Tabela 5 apresenta resumo dos valores obtidos para concentração de particulados de *Eucalyptus spp.* suspensos no ar por máquina e por empresa.

Tabela 5. Concentração de particulados, em $mg.m^{-3}$, por máquina e por empresa.

Empresa	**Máquina**			**Média**
	Lixadeira	Serra Fita	Serra Circular	
A	5,7	0,2	0,6	2,16
B	3,7	0,4	0,1	1,40
C	0,5	0,5	3,5	1,50
D	3,6	3,6	3,7	3,63

E	3,8	0,2	2,1	2,03
Média	3,46 a	0,98 b	2,00 ab	2,14

Fonte: o autor.

Observando os resultados apresentados na Tabela 5, observa-se que a empresa que apresentou maior concentração média de particulados foi a empresa D, seguida pela A, E, C e B respectivamente. É relevante salientar que todas as empresas ultrapassaram os limites de tolerância definidos pela ACGIH quando considerado a média das concentrações.

A serra fita foi a máquina que apresentou menores valores de concentração de poeira de *Eucalyptus sp* suspensas no ar, possuindo valores satisfatórios para as empresas A, B, C e E.

4.3 MENSURAÇÃO DOS PARTICULADOS

Os resultados encontrados na mensuração das partículas foram plotados em dois segmentos: dimensionamento médio e local de deposição no trato respiratório em função do tamanho da partícula.

O dimensionamento médio dos aerodispersóides estão representados na Tabela 6. Foram analisadas amostras por máquina e por empresa.

Tabela 6. Dimensão média por máquina e por empresa das partículas de madeira suspensas no ar.

Máquina	Empresa	Amostras (µm)			Média (µm)
		1	2	3	
Lixadeira	A	16,3500	18,1465	15,9140	16,80 b
	B	17,5841	20,5471	18,5687	18,90 ab
	C	25,3025	28,8282	25,0130	26,38 a
	D	21,8712	14,4465	16,5106	17,61 ab
	E	17,0455	20,7782	23,4734	20,43 ab
Serra Circular	A	27,3879	33,3985	29,6744	30,15 a
	B	22,7186	34,6534	40,1165	32,50 a
	C	33,2461	28,2228	35,8266	32,43 a

	D	28,5581	24,4623	30,2969	27,77 a
	E	31,6730	28,9192	28,6274	29,74 a
Serra fita	A	21,5456	23,9638	20,7546	22,08 b
	B	26,8773	25,5481	22,3163	24,91 b
	C	35,6398	39,8121	34,8269	36,76 a
	D	31,4761	34,8632	33,1274	33,16 a
	E	20,0331	21,6928	21,9122	21,21 b

Fonte: o autor.

Para a lixadeira houve diferença estatística somente entre as empresas A e C. A empresa A apresentou a menor média do tamanho dos particulados e a empresa C a menor média, com valores de 16,80 e 26,38 µm respectivamente.

Ao analisar as médias do tamanho das partículas encontradas nas empresas para o trabalho com a serra circular, observa-se que não houve diferença estatística entre as médias. Os valores encontrados ficaram em um intervalo de 27,77 µm (empresa D) e 32,50 µm (empresa B).

Durante avaliação das médias obtidas nas amostras da serra fita, pode-se evidenciar que as médias das empresas C e D não diferenciaram-se estatisticamente. As empresas A, B e E também apresentaram resultados iguais estatisticamente. O menor valor de média foi identificado na empresa E e a maior média ocorreu na empresa C.

Na Tabela 7 estão apresentadas as dimensões média, máxima e mínima obtidos durante a análise das fotografias das lâminas amostradas. Os valores estão dispostos por tipo de máquina.

Tabela 7. Dimensões média, máxima e mínima das partículas de acordo com a máquina avaliada.

Máquina	Média (µm)	Máximo (µm)	Mínimo (µm)
Lixadeira	18,5687	144,2678	1,3977
Serra Circular	29,6744	211,5090	1,8972
Serra Fita	25,5481	152,9779	1,2501

Fonte: o autor.

Conforme exposto na Tabela 7, a lixadeira apresentou a menor média de tamanho dos particulados, sendo considerada a máquina que gera as partículas mais danosas a saúde humana. A serra fita apresentou uma média de 25,5481 µm e a serra circular 29,6744 µm. A maior partícula mensurada durante a pesquisa foi encontrada nas amostras da serra circular, com valor de 211,5090 µm.

O tamanho das partículas interfere diretamente sobre onde estas se depositam no trato respiratório. É sabível que quanto menor a partícula, mais prejudicial ao sistema respiratório, pois podem chegar a depositar-se nos alvéolos pulmonares. A deposição excessiva destas partículas podem induzir o desenvolvimento de algumas doenças ocupacionais, como a Infecção das Vias Aéreas Superiores – IVAS – dentre outras.

Estão sintetizados na Tabela 8 os locais de deposição das partículas no trato respiratório do trabalhador exposto ao ambiente de trabalho de processamento e usinagem de madeira. Os dados foram agrupados por máquina.

Tabela 8. Local de deposição das partículas no trato respiratório do operador por máquina.

Partículas	Lixadeira	Serra Circular	Serra Fita
Respirável < 10 µm			
Encontrado (%)	31,43	18,57	22,71
Acumulado (%)	31,43	18,57	22,71
Torácica < 25 µm			
Encontrado (%)	27,71	21,14	24,29
Acumulado (%)	59,14	39,71	47,00
Inalável < 100 µm			
Encontrado (%)	38,71	55,86	51,00
Acumulado (%)	97,86	95,57	98,00
Não inalável > 100 µm			
Encontrado (%)	2,14	4,43	2,00
Acumulado (%)	100,00	100,00	100,00

As partículas com tamanho inferior a 10 µm são classificadas como partículas respiráveis. Ao avaliar as três máquinas, a maior geradora desse tipo de particulado é a lixadeira, seguida pela serra fita e serra circular. 31,43 % das partículas oriundas do processamento do *Eucalyptus spp.* com a lixadeira possuem tamanho inferior a 10 µm, estando estas aptas, caso sejam inaladas, a depositarem-se nos alvéolos pulmonares.

Partículas Torácicas possuem tamanho entre 10 e 25 µm. A máquina com maior geração desse tipo de particulado é a lixadeira, com valor de 27,71 % do total de partículas geradas. A serra fita gera 24,29 % de suas partículas com dimensionamento neste intervalo e a serra circular cerca de 21,14 %.

Pode-se inferir que aproximadamente 60% das partículas totais geradas pelo processamento da madeira na lixadeira são menores que 25 µm. O valor é preocupante, uma vez que são as partículas com maior risco ao sistema respiratório dos operadores. Para a serra fita esse valor é reduzido a 47,00 % e para a serra circular há um valor inferior a 40,00 %.

O intervalo entre 25 e 100 µm estão as partículas classificadas como inaláveis. A máquina com maior produção desse tipo de partícula é a serra circular. A serra fita apresenta 51,00 % e a lixadeira aproximadamente 39 %. Ao analisar a Tabela 8 verifica-se que, para todas as três máquinas, cerca de 97 % das partículas encontram-se com tamanho inferior a 100 µm.

As partículas não inaláveis ou com tamanho superior a 100 µm são minoria, apresentando o maior valor ao avaliar a serra circular (4,43 %). Na análise desse tipo de partícula para serra fita e lixadeira os valores totais ficaram em torno de 2,00 %.

Foi verificado, durante a visualização no microscópio e análise das fotografias, a grande variação da forma e do tamanho das partículas de madeira de *Eucalyptus sp*. É notório que não existe um padrão definido do tamanho e forma das partículas que ficam suspensas no ar após o processamento da madeira. A Figura 11 exemplifica a variabilidade de tamanhos e formas encontradas durante as análises das amostras. Identificou-se fibras inteiras e até mesmo pedaços de fibras.

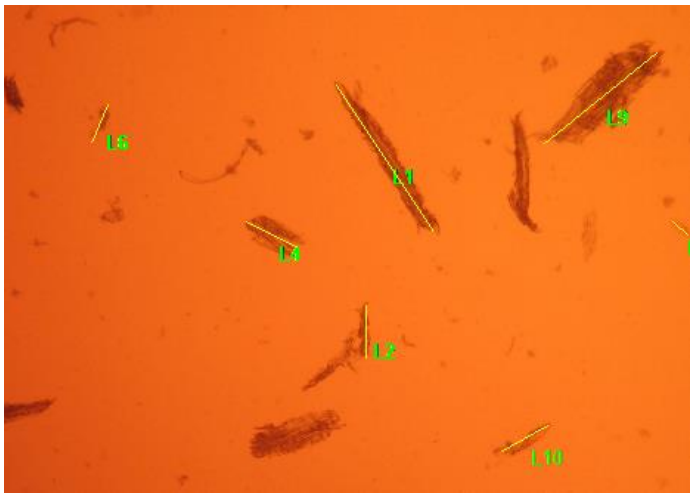

Figura 11. Medição das fibras de madeira de *Eucalyptus spp.* através do programa computacional Image-Pró Plus.

Para uma comparação detalhada por máquina, agrupou-se os valores obtidos de concentração e tamanho médio das partículas de *Eucalyptus spp.* suspensas no ar. Na Figura 12 pode ser visualizado o comparativo entre a concentração e a dimensão das partículas analisadas por cada máquina.

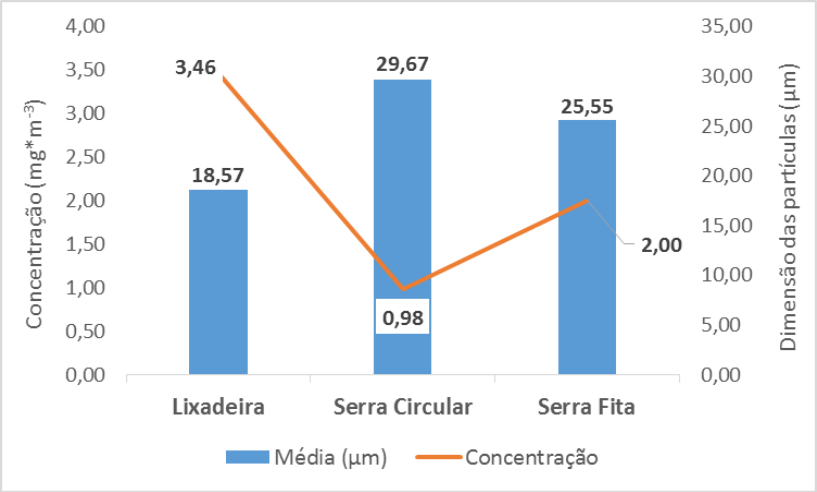

Figura 12. Concentração e dimensão média dos particulados por máquina.

Realizando um comparativo entre as máquinas, verificou-se que a lixadeira apresentou os piores resultados, seguido da serra fita e serra circular respectivamente.

A lixadeira obteve maior concentração e menor tamanho médio das partículas, estando o trabalhador que opera esta máquina exposto a um alto nível de resíduos perigosos.

Na serra fita houve um aumento do tamanho das partículas e uma diminuição da concentração de partículas no ar. O fato é justificado pois quanto maior o tamanho das partículas, menor será o tempo o qual essa ficará em suspensão no ar.

A concentração resultante da análise das amostras na serra circular foi a menor dentre as três máquinas avaliadas. O valor da concentração está próximo de um limite aceitável de exposição, conforme normas internacionais. Quanto ao dimensionamento, a serra circular apresentou o maior tamanho médio de particulados, justificando o baixo valor de concentração obtido.

Quanto maior o tamanho dos aerodispersóides, menor será seu tempo de permanência em suspensão, tornando-se um ponto positivo no que se refere a exposição do trabalhador aos riscos ocupacionais para o sistema respiratório.

5. CONCLUSÕES

- Nenhuma empresa analisada atendeu aos critérios mínimos de temperatura efetiva, podendo afetar diretamente o rendimento operacional dos trabalhadores.
- Através da análise prévia de risco, verificou-se que houve unanimidade no descontentamento dos níveis das emissões de ruídos dentro do setor de usinagem de madeira.
- Ao comparar os resultados obtidos com a norma norte americana de saúde ocupacional (ACGIH), que define 0,88 $mg.m^{-3}$ para a jornada de trabalho brasileira, todos os índices de concentração encontrados nas máquinas e nas empresas ultrapassaram este valor. Para a lixadeira foi encontrado o valor de 3,46 $mg.m^{-3}$; na serra circular 2,00 $mg.m^{-3}$ e na serra fita 0,98 $mg.m^{-3}$ de concentração média.
- Identificou-se que há grande variabilidade do tamanho e forma das partículas de madeira de *Eucalyptus spp.* que ficam suspensas no ar após o seu processamento mecânico. Pôde-se verificar valores em um intervalo de tamanho variando entre 1,2501 µm e 211,5090 µm.
- A máquina com maior quantidade de partículas perigosas ou inaláveis (< 10 µm) foi a lixadeira, apresentando 31,43 % das partículas mensuradas. A serra circular apresentou 18,57 % e a serra fita 22,71 % de partículas inaláveis.
- A lixadeira é a máquina mais prejudicial à saúde do trabalhador quando considerado a inalação de partículas. Apresentou as maiores concentrações médias e as maiores porcentagens de partículas perigosas.

6. RECOMENDAÇÕES

- Nas empresas que foram avaliadas, o layout inadequado muitas vezes acaba expondo trabalhadores que estão realizando atividades que não são fonte de poeira por estarem próximos a fonte geradora de tais resíduos. É aconselhável que haja a adequação de layout das marcenarias de modo que as máquinas e atividades geradoras de aerodispersóides estejam distantes da maioria dos funcionários.
- Todas as empresas avaliadas não possuíam sistema de exaustão. A implantação desse sistema, de forma adequada, pode favorecer na diminuição das partículas suspensas no ar no ambiente de trabalho.
- Ajustar logisticamente os trabalhadores que executam as máquinas causadoras de maior emissão de poeira no ar, de modo que haja pausas no trabalho e que estes trabalhem intercalando turnos. A exposição excessiva a tal tipo de resíduo pode ser prejudicial à saúde do operador.
- Realizar a limpeza constante das máquinas e do ambiente de trabalho. Os resíduos depositados nas máquinas e no piso do posto de trabalho podem voltar a suspensão devido a algum fator externo, como ventilação. A limpeza e coleta desse material evita nova exposição do trabalhador a esse material.
- Orientar todos os trabalhadores a utilizarem a máscara de proteção, inclusive os que não estão operando as fontes causadoras de poeira mas que estão próximos e expostos a tal resíduo.
- A legislação brasileira não define limite de tolerância para concentração de poeiras de madeira suspensas no ar. Recomenda-se que seja determinado um valor de limite de tolerância para a concentração da poeira de madeira no ar em tais ambientes de trabalho nas normas regulamentadoras brasileiras. Segundo a norma norte americana de saúde ocupacional – ACGIH – e literatura consultada, um valor aceitável estaria entre 0,5 a 1,0 $mg.m^{-3}$.
- Realizar a análise química dessas partículas de madeira e sua real toxicidade ao organismo humano. É necessário realizar estudos sobre a

relação entre a inalação dessas partículas ao longo do tempo e o aparecimento de doenças respiratórias nos trabalhadores, bem como a carcinogenicidade de cada espécie utilizada no setor de usinagem de madeira.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH. **2012 TLVs and BEIs – Handbook**. Cincinnati: ACGIH, 2012, 43p.

BARBOSA, R. P.; et al. Análise de posturas na colheita florestal semimecanizada em áreas declivosas. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 4, 2014. p. 733-738.

BON, A.M.T.; SANTOS, A.M.A. Sílica. São Paulo: Fundacentro, 2003.

BRASIL. **Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978**. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BE96DD3225597/p_19780608_3214.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2013.

BRIEF, R. S.; SCALA, R. A. Occupational exposure limits for novel work schedules". Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 36:467 (1975).

ENARSON D.A.; CHAN-YEUNG M. Characterization of health effects of wood dust exposures. Am J IndMed; 17: 33-8, 1990.

FIEDLER, N. C.; et al. Análise das vibrações transmitidas aos trabalhadores em marcenarias no sul do Espírito Santo. **Rev. Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, 2010. p. 235-242.

FIEDLER, N. C.; et al. Avaliação biomecânica dos trabalhadores em marcenarias no distrito federal. **Rev. Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, 2003. p. 99-109.

FUNDACENTRO. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma de Higiene Ocupacional 03 – Método de ensaio. **Análise gravimétrica de**

aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membranas. São Paulo, 2001.

FUNDACENTRO. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma de Higiene Ocupacional 08 – Procedimento Técnico. **Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho**. São Paulo, 2007.

FUNDACENTRO. Ministério do Trabalho e Emprego. **Programa de proteção respiratória:** recomendações, seleção e uso de respiradores. São Paulo, 1994.

HEGEDUS, C. E.; MAZIERO, R.; TINTI, V. P.; DEMUNER, W. P. O Uso de Dispositivos de Segurança Alternativos para Reduzir Acidentes de Trabalho na Operação com Serras nas Indústrias Madeireiras. **Rev. Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, 2011. p. 60-68.

INCAPER, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Programa de assistência técnica e extensão rural – PROATER – 2011- 2013**. 2011.

LEIDEL, N. A., BUSH, K.A., LYNCH, J. R. Occupational exposure sampling strategy manual. Cincinnati: NIOSH, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service Centers for Disease Control, 1977. 132 p.

LIPPMANN, M. Size-selective health hazard samplig. In: Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants. American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH, 1999.

MOURA, C. O.; WOLTER FILHO, W.; ABSY, M. L. Alergias causadas por algumas espécies madeireiras da Amazônia. In: FERREIRA, E. J.; SANTOS, G. M.; LEÃO, E. L. M.; OLIVEIRA, L. A. (Ed). Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia. Manaus: INPA, 1993. p. 89-106.

National Institute for Occupational Safety and Health – NIOSH. **Manual of analytical methods No. 0500 – Particulates not otherwise regulated, total**. Disponível em: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0500.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2013.

NUNES, E. L. S.; MORESCHI, J. C. Análise dos aerodispersóides sólidos produzidos na industrialização da madeira. **Rev. Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 4, 2009. p. 765-772.

SALIBA, T. M. **Manual prático de avaliação e controle de poeira e outros particulados**. São Paulo, LTR, 2000, 110p.

SANTOS, A.M.A. O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho. São Paulo: FUNDACENTRO, 2001.

SILVA, K.R. Análise de fatores ergonômicos em marcenarias do município de Viçosa - MG. Viçosa: UFV, 1999. 97p. Dissertação Mestrado.

SILVA, K. R.; SOUZA, A. P. DE; MINETTI, L. J. Avaliação do perfil de trabalhadores e das condições de trabalho em marcenarias no município de Viçosa-MG. **Rev. Árvore,** Viçosa, v. 26, n. 6, Nov. 2002.

TEIXEIRA, R. L. Fatores do ambiente de trabalho durante o corte de painéis de fibras de média densidade (MDF) em indústrias moveleiras. 2013. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira), Universidade Federal de Lavras, 2013.

VENTUROLI, F.; FIEDLER, N. C.; MINETTI, L. J.; MARTINS, I. S. Avaliação do nível de ruído em marcenarias no Distrito Federal, Brasil. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, 2003. p. 547-551.

ANEXO I - Caracterização do local de trabalho

1- Identificação do local
Razão social:
Localização:
Contato:
Número de funcionários:
2- Características gerais
Máquinas, equipamentos e ferramentas:
Temperatura interna média:
Umidade interna média:
Observações importantes:
3- Controle ou programa existente
Mapa de risco: ( ) Sim ( ) Não
PPRA: ( ) Sim ( ) Não
PCMSO: ( ) Sim ( ) Não
Outro:
4- Medidas preventivas
Uso de EPC:
Uso de EPI:
5- Caracterização das máquinas e equipamentos

Máquina/equip.	Marca	Modelo	Ano	Tempo de utilização	Limpeza	Manutenção

6- Resíduos					
	Queimado	Lixo público	Vendido	Doado	Outro
a) Serragem	( )	( )	( )	( )	( )
b) Cavacos	( )	( )	( )	( )	( )
c) Pó	( )	( )	( )	( )	( )
d) Sobras de solventes, colas e vernizes	( )	( )	( )	( )	( )
e) Embalagens de produtos	( )	( )	( )	( )	( )
f) Pontas de peças	( )	( )	( )	( )	( )

ANEXO II – Dados relativos aos funcionários da empresa e análise de percepção de riscos

1- Dados individuais					
Nome:				Idade:	
Cargo/Função:			Sexo:		
Qualificação/Treinamento:					
Tempo de serviço na atividade:					
Atividade desenvolvida:					
2- Análise de risco de acordo com a percepção dos trabalhadores					
a) Temperatura:	( ) Muito baixa	( ) Baixa	( ) Média	( ) Alta	( ) Muito Alta
b) Ventilação:	( ) Muito baixa	( ) Baixa	( ) Média	( ) Alta	( ) Muito Alta
c) Ruído/Som/Barulho:	( ) Muito baixa	( ) Baixa	( ) Média	( ) Alta	( ) Muito Alta
d) Iluminação:	( ) Muito baixa	( ) Baixa	( ) Média	( ) Alta	( ) Muito Alta
e) Poeira:	( ) Muito baixa	( ) Baixa	( ) Média	( ) Alta	( ) Muito Alta
f) Postura no trabalho:	( ) Muito baixa	( ) Baixa	( ) Média	( ) Alta	( ) Muito Alta
g) Levantamento de peso:	( ) Muito baixa	( ) Baixa	( ) Média	( ) Alta	( ) Muito Alta
3- Equipamentos de Proteção Individual					
Quais equipamentos utilizados:					
4- Indicadores de saúde					
a) Queixas do posicionamento de trabalho:					
b) Já sofreu algum tipo de acidente de trabalho? Se sim, comente.					
c) Causas mais frequentes de ausência no trabalho:					