

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

HEITOR BROETTO MARIN

ANÁLISE DA VIBRAÇÃO TRANSMITIDA AO TRABALHADOR NO  
PROCESSAMENTO SECUNDÁRIO DE MADEIRAS COM  
DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS APARENTES

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO  
2010

HEITOR BROETTO MARIN

ANÁLISE DA VIBRAÇÃO TRANSMITIDA AO TRABALHADOR NO  
PROCESSAMENTO SECUNDÁRIO DE MADEIRAS COM  
DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS APARENTES

Monografia apresentada ao  
Departamento de Engenharia  
Florestal da Universidade Federal  
do Espírito Santo, como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO  
2010

HEITOR BROETTO MARIN

ANÁLISE DA VIBRAÇÃO TRANSMITIDA AO TRABALHADOR NO  
PROCESSAMENTO SECUNDÁRIO DE MADEIRAS COM  
DIFERENTES MASSAS ESPECÍFICAS APARENTES

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Florestal.

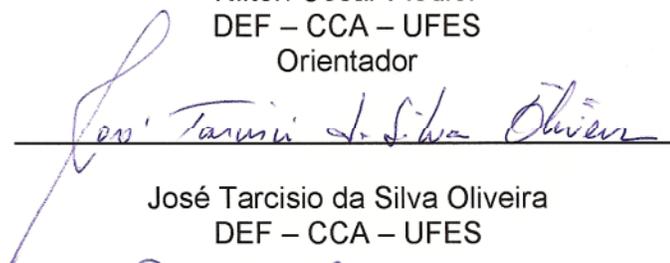
Aprovada em 31 de maio de 2010.

COMISSÃO EXAMINADORA



---

Nilton Cesar Fiedler  
DEF – CCA – UFES  
Orientador

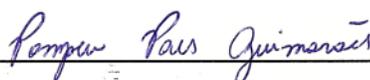


José Tarcisio da Silva Oliveira  
DEF – CCA – UFES



---

Daniel Pena Pereira  
Engº Agrônomo, mestre em Ciências Florestais



---

Pompeu Paes Guimarães  
Engº Florestal, mestrando em Ciências Florestais – UFES

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

A família pelo apoio e compreensão .

Ao Prof. Nilton César Fiedler pela orientação nas atividades desenvolvidas.

Ao Prof. José Tarcísio da Silva Oliveira pela atividade de conselheiro da pesquisa.

Ao Laboratório de Ergonomia e Colheita Florestal pela realização dos estudos.

Ao Laboratório de Ciência da Madeira pela determinação das massas específicas aparentes, utilização da marcenaria e auxílio na pesquisa bibliográfica.

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

Ao Rômulo Môra pela orientação nos procedimentos estatísticos.

Aos companheiros de república.

## RESUMO

A pesquisa foi desenvolvida na marcenaria do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Jerônimo Monteiro, sul do Espírito Santo no período de janeiro a maio de 2010. As vibrações transmitidas ao sistema mão-braço dos trabalhadores pelas máquinas foram coletadas por intermédio de um acelerômetro modelo NK 20 e um medidor de vibração modelo NK 300. A vibração foi medida de acordo com as três coordenadas ortogonais (X, Y, Z) definidas na norma ISO 5349-1 (2001) e explicada pelo EU *Good Practice Guide* HAV (2006), seguindo as orientações da *Directive* 2002/44/EC da União Européia. Para a determinação da massa específica aparente e da umidade das madeiras, utilizou-se a norma MB26/1940 da ABNT. As espécies utilizadas na pesquisa foram a Garapa (*Apuleia leiocarpa*) e Amendoim-bravo (*Pterogyne nitens*), da família Caesalpiniaceae, Eucalipto 1 (*Eucalyptus grandis* versus *E. urophylla* - híbrido *urograndis*) e Eucalipto 2 (*Corymbia citriodora*) da família Myrtaceae. As máquinas envolvidas no estudo foram a serra circular, desempenadeira, desengrossadeira e serra fita. Observando a classificação qualitativa, foram encontrados valores de conforto para o eixo (X,Y) e eixo (Z) em todas as madeiras e máquinas avaliadas, entretanto na análise estatística através de um esquema de parcela subdividida no espaço montado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) a 10% de significância, foram encontradas diferenças pelo teste de Tukey também realizado a 10% de significância.

Palavras chave: ergonomia florestal, vibração, marcenaria, processamento secundário.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	iv
LISTA DE TABELAS .....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 O problema e sua importância .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.2.1 Objetivo geral .....	2
1.2.2 Objetivos específicos .....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 Vibração transmitida ao operador .....	3
2.2 Processamento secundário .....	3
2.3 Massa específica aparente da madeira .....	4
2.4 Espécies envolvidas na análise .....	5
3. METODOLOGIA .....	7
3.1 Região de Estudo .....	7
3.2 Madeiras envolvidas no estudo .....	7
3.3 Determinação da massa específica aparente e da umidade da madeira .....	7
3.4 População e Amostragem .....	7
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	11
4.1 Massa específica aparente e da umidade da madeira .....	11
4.2 Número mínimo de amostras .....	11
4.3 Classificação qualitativa .....	12
4.4 Análise estatística .....	14
5. CONCLUSÕES .....	16
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	17

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Descrição das máquinas.....	8
<b>Tabela 2</b> - Guia para a avaliação da exposição humana a vibração .....	10
<b>Tabela 3</b> – massa específica aparente e umidade das madeiras.....	11
<b>Tabela 4</b> - Número mínimo de amostras .....	12
<b>Tabela 5</b> - Classificação qualitativa da exposição humana à vibração.....	13
<b>Tabela 6</b> - Resultados do teste de comparações de média pelo teste de Tukey para a variável vibração em função da relação das máquinas pela massa específica aparente das madeiras a 10% de significância.....	14
<b>Tabela 7</b> - Resultados do teste de comparações de média pelo teste de Tukey para a variável vibração gerada da relação da massa específica aparente das madeiras através do uso em diferentes máquinas a 10% de significância.....	15

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Acelerômetro e medidor de vibração .....	8
<b>Figura 2</b> - Coordenadas ortogonais ISO 5349-1 (A: eixo xx; B: eixo yy e C: eixo zz) .	9

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades desenvolvidas em marcenarias exigem alta atenção e precisão em sua realização devido ao acabamento final dos produtos e do nível de risco aos quais os operadores estão expostos, ocasionados pelas máquinas envolvidas no processo. As empresas geralmente são de pequeno porte e não oferecem capacitação adequada aos trabalhadores, nem mesmo equipamento de segurança apropriado e em condições de uso. Muitas vezes a cobrança por produção causa interferência nas atividades, fato este que causa desconforto aos trabalhadores, que por sua vez deixam de se proteger. O gerenciamento das pequenas empresas não associa a melhoria da qualidade de vida dos operadores ao aumento de produtividade, desvalorizando o investimento em técnicas de segurança e conforto dos funcionários.

O desdobro inicial consiste na transformação da tora em chapas, após este procedimento é realizado o processamento secundário, que tem como objetivo o aprimoramento das peças conforme as dimensões ideais para a fabricação de produtos. A vibração neste processo tende a ser maior em madeiras de massa específica aparente mais elevada, estando também com alta relação ao processo construtivo e de manutenção das máquinas, bem como a afiação das lâminas.

A vibração é um fator de difícil exclusão no processo de desenvolvimento e utilização das máquinas, devido ao atrito das peças sujeita a movimentação para a realização das atividades, entretanto, deve-se atuar na manutenção preventiva para evitar folgas entre as peças, contribuindo para o controle da vibração dentro dos limites toleráveis para uma jornada de trabalho confortável. A quantificação da interação da massa específica aparente, e o aumento da vibração transmitida ao operador têm como preceito a indicação da necessidade do uso de equipamentos de segurança, como meio de reduzir o efeito ao sistema mão-braço durante o processamento da madeira.

### 1.1 O problema e sua importância

A transmissão da vibração ao operador pode acarretar problemas de saúde como a perda de precisão dos movimentos. O diagnóstico das doenças associadas à vibração ainda não é efetivamente preciso, pois geralmente é distorcido por

diagnósticos de esforços repetitivos e não associado aos problemas advindos da utilização das máquinas com manutenção inadequada ou com problemas de fabricação. As doenças geradas durante a jornada de trabalho e agravadas com o tempo de exposição, causam a ineficiência do trabalho e abandono da profissão ao longo dos anos, necessitando aos trabalhadores uma adaptação em outras atividades ou gerando aposentadorias antecipadas por invalidez.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Objetiva-se através desta pesquisa avaliar durante o processamento secundário da madeira, se há interação entre a vibração gerada em diferentes espécies.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar a massa específica aparente e o teor de umidade das espécies trabalhadas;
- Avaliar o critério de severidade da vibração transmitida ao sistema mão -braço;
- Indicar a variação de vibração proveniente do desdobro secundário de espécies com diferentes massas específicas aparentes.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Vibração transmitida ao operador**

Vibração compreende qualquer movimento que o corpo executa em torno de um ponto fixo. Esse movimento pode ser regular, do tipo senoidal, ou irregular, quando não segue nenhum padrão determinado. A vibração é um agente nocivo presente em várias atividades do cotidiano do trabalhador (IIDA, 2005).

Segundo Nunes (2005), no sistema mão-braço (VMB) são transmitidas vibrações mecânicas que implicam em riscos para a saúde e para a segurança dos trabalhadores, em especial perturbações vasculares, lesões osteo-articulares, ou perturbações neurológicas ou musculares.

A vibração além de danificar máquinas e estruturas necessitando ser controlada ou isolada afeta severamente o corpo humano, daí a necessidade de medições e estabelecimento de limites para a vibração como agente de insalubridade no trabalho (FIEDLER, 2007).

Fernandes (2002) indica que o indivíduo precisa estar exposto a vibração por vários anos para ocorrerem danos em sua saúde, entretanto além de se atuar na prevenção, é preciso conhecer seus efeitos para diagnosticar a diferença entre a exposição a vibrações, ou doenças com efeitos semelhantes como distúrbios osteoarticulares relacionados ao trabalho (DORT), sendo que os indivíduos possuem capacidades diferentes de associar um sintoma desconfortável ou até um ponto inaceitável.

### **2.2 Processamento secundário**

Tripodi (2006) explica que após a derrubada da árvore e a transformação do tronco em toras, ocorre o desdobro, sendo este processo realizado através de um corte feito com base em um plano racional, elaborado em função do diâmetro da tora e da posição dos anéis de crescimento, para obter as características técnicas da madeira mais adequadas para cada aplicação.

Mesmo com o avanço tecnológico do setor madeireiro, muitas indústrias ainda não aplicam os conhecimentos técnicos de maneira a dimensionar o equipamento de corte conforme a espécie processada, reduzindo a qualidade dos produtos, aumentando assim o desperdício durante o processo e elevando os custos de produção (NÉRI, 2000).

Em OLIVEIRA et al (2005) é indicado que uma madeira mais homogênea no que diz respeito a sua massa específica aparente no interior do tronco, irá apresentar melhores condições de comportamento nas operações de processamento e refletir maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas.

### **2.3 Massa específica aparente da madeira**

A massa específica é a massa por unidade de volume, onde em madeiras verdes, este valor é maior devido à presença de água. Com a secagem este valor é reduzido até alcançar um ponto mínimo onde a madeira está em equilíbrio higroscópico com o ambiente (TRIPODI, 2006).

Segundo Burguer (1991) é indicado que tais variações de massa em madeiras de mesmas dimensões, além da presença de água ou espaços vazios, também se pode atribuir a presença de incrustações como gomas, resinas, cristais, sílica e outros que em grande quantidade podem contribuir para o aumento da massa da madeira, e também os fatores cerne, alburno, lenho inicial, lenho tardio, evidenciando o teor de umidade que dentre as características pode ser controlado, devendo então uma comparação ser realizada sobre as mesmas condições.

Segundo Pereira et al (2000), os extrativos são considerados não essenciais para a estrutura das paredes celulares e lamela média, e além destes, também são apresentados os terpenos, óleos voláteis, graxas, ceras e os taninos, considerando-os como compostos químicos acidentais que são solúveis em água ou outro solvente neutro.

## 2.4 Espécies envolvidas na análise

Através da racionalização do uso integral de matéria-prima e seus meios de produção, ocorre a exploração adequada dos recursos florestais tendo como princípios a valorização ambiental desses recursos e a viabilidade da produção (MATOS, 1997).

Para Mori et al (2003) as espécies Amendoim-bravo (*Pterogyne nitens* Tul.) e Garapa (*Apuleia leiocarpa* Vog.), são apresentadas como madeiras de espécies florestais com potencial de utilização na fabricação de barris utilizados para o envelhecimento de aguardente.

Trugilho (2007) infere sobre o gênero *Eucalyptus* a respeito da diversidade de espécies, que se apresenta como uma interessante ferramenta para o melhoramento florestal e seleção de materiais, conferindo ao eucalipto um amplo potencial para fornecer madeira bem definida para a produção de múltiplos produtos.

- Amendoim-bravo (*Pterogyne nitens*)

A espécie é pertencente à família Leguminosae – Caesalpinioideae (Caesalpinaceae), sendo nativa da Mata Atlântica. Ocorre do nordeste do Brasil até o oeste do Estado de Santa Catarina, principalmente na floresta latifoliada semidecídua. Sua madeira é normalmente utilizada na construção de móveis finos, construção civil e tábuas. Apresenta rusticidade e rapidez de crescimento, podendo ser utilizada em plantios mistos em áreas degradadas de preservação permanente (LORENZI, 1992).

- Eucalipto 1 (*Eucalyptus urophylla* versus *E. grandis* - híbrido *urograndis*)

Dentre as árvores de crescimento rápido, o gênero *Eucalyptus* é um dos mais importantes, considerando a capacidade produtiva e a adaptabilidade às condições edafoclimáticas, além da diversidade de espécies que proporciona atender diversos requisitos tecnológicos na produção industrial (SILVA, 2008).

Para Oliveira et al (1999) o gênero *Eucalyptus*, além da alta taxa de crescimento, também é apresentado com características de forma retilínea do fuste, plasticidade, desrama natural e as variadas propriedades tecnológicas, que se adaptam assim a diversas condições de uso.

O cruzamento destas duas espécies apresenta como objetivo desenvolver plantas com um bom crescimento, advindo do *E. grandis*, e um leve aumento de massa específica aparente, melhorias das propriedades físicas da celulose e aumento do rendimento, proporcionadas pelo *E. urophylla* (CARVALHO, 2000).

- Garapa (*Apuleia leiocarpa*)

A espécie é pertencente à família Leguminosae – Caesalpinioideae (Caesalpinaceae), sendo sua ocorrência observada do Pará até o Rio Grande do Sul na floresta latifoliada semidecídua e, no sul da Bahia e Espírito Santo na floresta pluvial Atlântica. Sua madeira é empregada em marcenarias, construção civil e também utilizada isoladamente como paisagismo (LORENZI, 1992).

Carvalho (1994) caracteriza a espécie como pioneira indiferente à secundária tardia, com regeneração abundante em florestas secundárias, povoando com facilidade capoeiras e roças abandonadas, e encontrada também em campos, terras cultivadas e cafezais abandonados, onde se constitui por conglomerados de muitas árvores com diferentes idades e recomendada também para recomposição de matas ciliares em locais sem inundação.

- Eucalipto 2 (*Corymbia citriodora*)

A espécie *Corymbia citriodora*, anteriormente conhecida como Eucalipto citriodora, inicialmente foi introduzida no Brasil visando sua utilização principalmente para dormentes e energia. Foi introduzida juntamente com outras espécies de eucaliptos e atualmente nos estados de Minas Gerais e São Paulo tem seu plantio para a produção de óleo essencial, energia e construções (SILVA et al, 2009).

Para Oliveira (2006) a madeira de *C. citriodora* é descrita com presença comum de kino, sendo este um composto fenólico escuro presente nos canais que varia conforme o grau de injúria cambial, período de crescimento, vigor da árvore e fatores genéticos e ambientais.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Região de Estudo**

A pesquisa foi desenvolvida durante os meses de janeiro à maio de 2010 na marcenaria do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Jerônimo Monteiro, Sul do Espírito Santo.

#### **3.2 Madeiras envolvidas no estudo**

As espécies utilizadas na pesquisa foram a Garapa (*Apuleia leiocarpa*) e Amendoim-bravo (*Pterogyne nitens*), da família Leguminosae - Caesalpinoideae, e Eucalipto 1 (*Eucalyptus urophylla* versus *E. grandis* - híbrido *urograndis*), e Eucalipto 2 (*Corymbia citriodora*) da família Myrtaceae.

#### **3.3 Determinação da massa específica aparente e da umidade da madeira**

As peças apresentavam dimensões de 0,10 x 0,10 x 1,00 m e foram colocadas em uma câmara climática a 25 °C de temperatura e 60% de umidade relativa, permanecendo nessa condição por cerca de 30 dias até atingirem o equilíbrio higroscópico. Para determinação da massa específica aparente e da umidade das madeiras, foi utilizada a metodologia proposta por MB26 (1940) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

#### **3.4 População e Amostragem**

As máquinas utilizadas na avaliação da vibração foram a serra circular, desempenadeira, desengrossadeira e serra fita que se apresentam descritas na Tabela 1.

**Tabela 1** - Descrição das máquinas

Máquinas	Descrição
Serra Circular	Utilizada para serrar madeira ou derivados em cortes retos, através de uma serra circular dentada acoplada em uma mesa fixa.
Desempenadeira	Promove o nivelamento da superfície da peça.
Desengrossadeira	Torna a superfície das peças uniformes através do dimensionamento da espessura. É constituída por navalhas e dois rolos de alimentação que funcionam automaticamente. Ao nível da mesa, estão dispostos outros dois rolos lisos que servem para o deslize da madeira.
Serra de fita	Realiza cortes retos ou irregulares, tais como, círculos, ondulações, etc.

Fonte: Autor.

Os dados de vibração foram coletados durante o processamento secundário de cada espécie, segundo as diferenças de massa específica aparente.

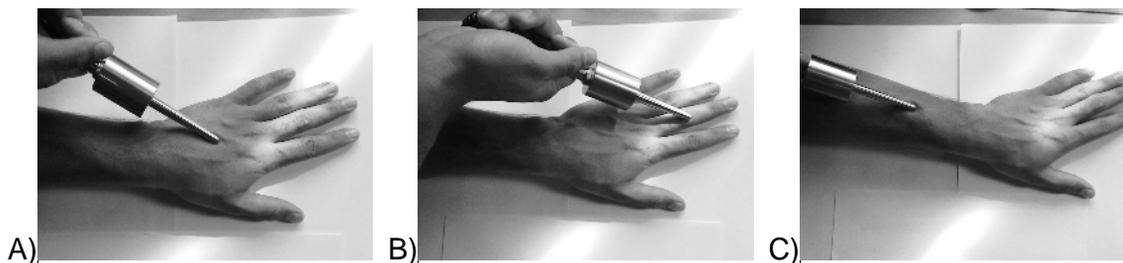
Foi utilizado um acelerômetro modelo NK 20 e um medidor de vibração NK 300 da marca TEKNIKAO (Figura 1).



**Figura 1** - Acelerômetro e medidor de vibração.

Fonte: Autor.

Para a coleta, a vibração foi medida seguindo as três coordenadas ortogonais definidas na norma ISO 5349-1 (2001) (eixo “xx” – através da palma da mão; eixo “yy” - através dos nós dos dedos; eixo “zz” – paralelo aos ossos do braço), como demonstrado na Figura 2.



**Figura 2** - Coordenadas ortogonais ISO 5349-1 (A: eixo xx; B: eixo yy e C: eixo zz).

Fonte: Autor.

Inicialmente foi feito um estudo piloto para definir o tamanho mínimo da amostra de dados a serem utilizados para cada espécie, e se estes contemplavam a necessidade da uniformidade no número de dados coletados para a realização do teste estatístico adequado. Esses dados foram analisados por meio da equação 1 (CONAW, 1977):

$$n \geq \frac{t^2 * s^2}{e^2} \quad (1)$$

Em que:

**n** = número de amostras necessárias;

**t** = valor tabelado a 10% de significância (distribuição t de Student);

**s** = desvio padrão da amostra;

**e** = erro admissível a 10% da média aritmética dos dados.

A avaliação do nível de exposição baseia-se no cálculo do valor da exposição diária para um período de referência de 8 horas ( $A(8)$ ).

Através da ISO 2631 de 1978, têm-se os critérios de severidade para adequação dos parâmetros de classificação da vibração mão-braço. Os parâmetros são divididos nos eixos XY e Z; referente a palma da mão, nós dos dedos e braço, respectivamente.

Para o cálculo da vibração nos eixos XY, utilizou-se a equação 2, definidas na norma ISO 5349-1 (2001) e explicada pela EU *Good Practice Guide* HAV (2006), seguindo as orientações da *Directive 2002/44/EC* da União Européia:

$$A(8) = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2} \quad (2)$$

Em que  $a_{hwx}$ ,  $a_{hwy}$  são os valores eficazes (coletados) da aceleração ponderada em frequência, para a palma da mão e nós dos dedos, respectivamente.

Os valores a considerar para avaliação do risco são mostrados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Guia para a avaliação da exposição humana a vibração .

<b>Crítérios de Severidade</b>	<b>Aceleração (X,Y) Horizontal (m/s<sup>2</sup>)</b>	<b>Aceleração (Z) Vertical (m/s<sup>2</sup>)</b>
<b>Exposição</b>	< 0,448	< 0,630
<b>Fadiga</b>	< 0,224	< 0,315
<b>Conforto</b>	< 0,071	< 0,100

Fonte: ISO 5349-1, 2001.

Os valores de vibração em cada eixo ortogonal foram unidos para a realização dos procedimentos estatísticos, seguindo as orientações da ISO 5349-1 (2001) e *EU Good Practice Guide HAV*, utilizando a equação 3 proposta por Nunes (2005):

$$A(8) = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad (3)$$

Em que  $a_{hwx}$ ,  $a_{hwy}$ ,  $a_{hwz}$  são os valores eficazes da aceleração ponderada em frequência, determinados segundo as coordenadas ortogonais, definidas na norma ISO 5349-1 (2001) (eixo “xx” – através da palma da mão; eixo “yy” - através dos nós dos dedos; eixo “zz” – paralelo aos ossos do braço).

O procedimento estatístico utilizado para a avaliação do trabalho foi em esquema de parcela subdividida no espaço montado num delineamento inteiramente casualizado (DIC) a 10% de significância, e quando do resultado significativo, utilizado o teste de Tukey também a um nível de 10% de significância.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Massa específica aparente e da umidade da madeira

Os valores de massa específica aparente e de umidade nas madeiras após o tempo de permanência na câmara climática foram próximos ao teor de equilíbrio higroscópico em torno de 13%, valores estes apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Massa específica aparente e umidade das madeiras

Espécies	Massa específica aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Teor de umidade (%)
Garapa ( <i>Apuleia leiocarpa</i> )	0,63	11,89
Amendoim-bravo ( <i>Pterogyne nitens</i> )	0,52	14,28
Eucalipto 1 ( <i>Eucalyptus urograndis</i> )	0,52	12,13
Eucalipto 2 ( <i>Corymbia citriodora</i> )	0,85	14,35

Fonte: dados da pesquisa.

### 4.2 Número mínimo de amostras

O número mínimo de amostras foi atendido em todas as máquinas e em todas as espécies avaliadas conforme descrito na Tabela 4, e correspondeu à necessidade da uniformidade das coletas para a realização do teste estatístico apropriado.

**Tabela 4** – Número mínimo de amostras.

Espécie (massa específica aparente - g/cm <sup>3</sup> )	Máquinas	Nº mínimo de amostras	Nº de dados coletados
Amendoim-bravo (0,52)	serra fita	8	14
	desempenadeira	12	14
	desengrossadeira	11	14
	serra circular	12	14
Eucalipto 1 (0,52)	serra fita	4	14
	desempenadeira	10	14
	desengrossadeira	6	14
	serra circular	8	14
Garapa (0,63)	serra fita	5	14
	desempenadeira	8	14
	desengrossadeira	4	14
	serra circular	12	14
Eucalipto 2 (0,85)	serra fita	5	14
	desempenadeira	2	14
	desengrossadeira	3	14
	serra circular	9	14

Fonte: Dados da pesquisa.

### 4.3 Classificação qualitativa

Conforme a classificação qualitativa da exposição humana à vibração, foram encontrados valores de conforto no eixo xy e no eixo z, para todas as máquinas e madeiras envolvidas na pesquisa, e apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** – Classificação qualitativa da exposição humana a vibração.

Espécie (massa específica aparente g/cm <sup>3</sup> )	Máquina	Coordenadas	Média	Classificação
Amendoim-bravo (0,52)	serra fita	XY	0,043	Conforto
		Z	0,030	Conforto
	desempenadeira	XY	0,065	Conforto
		Z	0,034	Conforto
	desengrossadeira	XY	0,054	Conforto
		Z	0,031	Conforto
	serra circular	XY	0,046	Conforto
		Z	0,034	Conforto
Eucalipto 1 (0,52)	serra fita	XY	0,045	Conforto
		Z	0,029	Conforto
	desempenadeira	XY	0,062	Conforto
		Z	0,037	Conforto
	desengrossadeira	XY	0,061	Conforto
		Z	0,039	Conforto
	serra circular	XY	0,049	Conforto
		Z	0,032	Conforto
Garapa (0,63)	serra fita	XY	0,039	Conforto
		Z	0,026	Conforto
	desempenadeira	XY	0,052	Conforto
		Z	0,037	Conforto
	desengrossadeira	XY	0,054	Conforto
		Z	0,036	Conforto
	serra circular	XY	0,053	Conforto
		Z	0,034	Conforto
Eucalipto 2 (0,85)	serra fita	XY	0,047	Conforto
		Z	0,030	Conforto
	desempenadeira	XY	0,058	Conforto
		Z	0,034	Conforto
	desengrossadeira	XY	0,057	Conforto
		Z	0,035	Conforto
	serra circular	XY	0,054	Conforto
		Z	0,036	Conforto

Fonte: Dados da pesquisa

Os valores encontrados em nível médio apresentaram uma proximidade entre as máquinas e as massas específicas aparentes avaliadas, sendo encontrados valores de conforto para todas as repetições, e não ocorrendo divergência entre as massas específicas aparentes das madeiras estudadas.

É importante ressaltar que a presença de cristais de sílica, resina e outros constituintes quando presentes em grandes quantidades podem afetar tais resultados, sendo características específicas de determinadas espécies ou afetado por injúrias, pragas e doenças ou mesmo pela qualidade do sítio.

#### 4.4 Análise estatística

Os resultados ao se variar as espécies em relação ao fator fixo máquinas, são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** - Resultados do teste de comparações de média pelo teste de Tukey para a variável vibração em função da relação das máquinas pela massa específica aparente das madeiras a 10% de significância.

Espécie (massa específica aparente g/cm <sup>3</sup> )	Máquinas			
	Serra fita	Desempenadeira	Desengrossadeira	Serra circular
Eucalipto 2 (0,85)	0,056 a	0,067 a	0,067 a b	0,065 a
Eucalipto 1 (0,52)	0,053 a b	0,073 a b	0,072 a	0,059 a
Amendoim-bravo (0,52)	0,053 a b	0,074 a b	0,063 b	0,058 a
Garapa (0,63)	0,048 b	0,065 b	0,065 a b	0,063 a

Fonte: Dados da pesquisa

A serra fita e a desempenadeira apresentaram os mesmos resultados, sendo possível observar que as massas específicas aparentes mais elevadas se igualaram às menores e diferiram estatisticamente entre elas pelo teste de tukey a 10% de significância. Para a desengrossadeira houve similaridade entre as madeiras de maior massa específica aparente, entretanto cada uma em um grupo diferente.

Já para a serra circular, a massa específica aparente da madeira não diferiu estatisticamente para o índice médio de vibração.

As espécies de menores massas específicas aparentes apresentaram resultados diferentes somente para a desengrossadeira, e as espécies de maiores massas específicas aparentes apresentaram resultados iguais para todas as máquinas.

Na tabela 7 são apresentados os resultados ao se fixar as espécies em relação ao fator variável máquinas.

**Tabela 7** - Resultados do teste de comparações de média pelo teste de Tukey para a variável vibração gerada da relação da massa específica aparente das madeiras através do uso em diferentes máquinas a 10% de significância.

Máquinas	Espécie (massa específica aparente g/cm <sup>3</sup> )			
	Amendoim-Bravo (0,52)	Eucalipto 1 (0,52)	Garapa (0,63)	Eucalipto 2 (0,85)
Desempenadeira	0,074 a	0,073 a	0,065 a	0,067 a
Desengrossadeira	0,063 b	0,072 a	0,065 a	0,067 a
Serra circular	0,058 b c	0,059 b	0,063 a	0,065 a
Serra fita	0,053 c	0,053 b	0,048 b	0,056 b

Fonte: Dados da pesquisa

Para a espécie Amendoim-bravo, a desempenadeira apresentou maior valor médio de vibração que as demais, e a serra fita e serra circular apresentaram os menores valores médios entre as máquinas. Na espécie Eucalipto 1, houve um mesmo valor médio entre a desempenadeira e desengrossadeira, diferindo da serra circular e serra fita que se igualaram estatisticamente pelo teste de Tukey a 10% de significância. Já nas espécies de massa específica aparentes mais elevadas, ocorreu uma similaridade dos resultados, para a Garapa e o Eucalipto 2, somente a serra fita diferiu das demais máquinas.

Analisando a Tabela 5 de classificação qualitativa, é observado que a massa específica aparente da madeira não influencia significativamente na vibração conforme o índice de conforto encontrado em todas as repetições. E fazendo a inferência nas Tabelas 6 e 7 conforme a estatística apresentada, é observado que a massa específica aparente da madeira pouco difere estatisticamente entre as madeiras e suas interações com as máquinas.

O fator vibração no sistema mão-braço pode estar melhor relacionado com a afiação das lâminas, manutenção das máquinas, e seus projetos de desenvolvimento, assim como as propriedades das espécies.

Quando observada em valores médios, a serra fita é apresentada com valores inferiores as demais máquinas, fato este explicado pelo baixo esforço realizado na operação. Os maiores valores encontrados na desempenadeira, correspondem à pressão exercida pelo sistema mão-braço para o acabamento da peça e a necessidade da proximidade de contato com a fonte de vibração.

## 5. CONCLUSÕES

- Para a classificação qualitativa, foram encontrados resultados de conforto para os eixos ortogonais e para as espécies e suas respectivas massas específicas aparentes, não ocorrendo diferenças significativas de valores de vibração em relação à variação de massa específica aparente da madeira.
- Segundo a análise estatística ocorreu divergência entre as massas específicas aparentes das madeiras, entretanto não apresentaram um aumento da vibração seguido do aumento da massa específica aparente, fato este observado pela proximidade dos valores encontrados, sendo caracterizada a baixa ligação da massa específica aparente da madeira com a vibração média no sistema mão-braço dos operadores.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **MB-26/40: ensaios físicos e mecânicos da madeira**. Rio de Janeiro: 1940. 16 p.

BURGUER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira** – São Paulo: Nobel, 1991.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis x urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo - Piracicaba, 2000 128p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA – CNPF; Brasília: EMBRAPA SPI, 1994. 640p.

CONAW, P.L. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 264p.

DIRECTIVE 2002/44/CE Prescrições mínimas de segurança e de saúde relativas à exposição dos trabalhadores aos riscos por agentes físicos (vibrações) do Parlamento Europeu. **EU Good Practice Guide HAV; WBV Good practice Guide v6.7p, 12/06/2006**.

FERNANDES, M.; MORATA, T. C. Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração – **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. vol.68 no.5 - São Paulo, 2002 p.705

FIEDLER, N. C.; SOUZA, A. P.de S. **Ergonomia e segurança do trabalho na indústria moveleira**. In Oliveira, J. T. da S.; Fiedler, N. C.; Nogueira, M. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II – Vitória: Aquarius, 2007 p. 217-244.

IIDA, I. **Ergonomia – Projeto e Produção**, 2ª edição revisada e ampliada, editora Edgard Blucher; 2005. 630p.

ISO *guide for the evaluation of human exposure to wholebody vibration*. **ISO 2631 - 1978**. ISO, Geneva, 1978. 15p.

ISO. *Mechanical vibration – guidelines for the measurement and the assessment of human exposure to hand-transmitted vibration*. **ISO 5349-1** 2001 ISO, 2001 24p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 368p.

MATOS, J. L.M. **Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de *Pinus taeda* L.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 1997. 117p.

MORI, F. A.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; CARDOSO, M. das G. Utilização de eucaliptos e de madeiras nativas no armazenamento da aguardente de cana-de-açúcar. **Ciência Tecnologia e Alimentação** – Campinas, 2003. p. 396-400.

NÉRI, A. C.; GONÇALVES, R.; HERNANDEZ, R. E. Forças de corte ortogonal 90-90 em três espécies de madeira de Eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** - Campina Grande-PB, 2000 v.4, n.2, p.275-280

NUNES, I. L. A importância da avaliação de fatores de risco ocupacionais em políticas de aquisição de equipamentos. O caso da exposição à vibração; **Proceedings das 3ª Jornadas Técnicas de Engenharia Logística Militar** - O ciclo de vida dos materiais, organizada pelo Exército Português, Paço de Arcos, CD Rom, 6 de Dezembro (2005). p. 10.

OLIVEIRA, J. T. da S. **Qualidade da madeira de eucalipto para produtos sólidos**. In Jesus Junior, W. C. de et al Avanços Tecnológicos em Ciências Agrárias – Alegre - ES, 2006. 91p.

OLIVEIRA, J. T. da S.; HELLMEISTER, J. C.; SIMÕES, J. W.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: avaliações dendrométricas da árvore. **Revista Scientia Forestalis** n. 56, p. 113-124, 1999.

OLIVEIRA, J. T. da S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da massa específica aparente básica na madeira de sete espécies de Eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2000. documentos 38, 113p.

SILVA, J. de C. **A madeira de Eucalipto como matéria-prima: mercado e oportunidades**. In Oliveira, J. T. da S.; Fiedler, N. C.; Nogueira, M. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III – Jerônimo Monteiro – ES, 2008. 103-104p.

SILVA, P. H. M. da; POGGIANI, F.; STAPE J. L., BRITO, J. O.; Moreira, R. M. Produção de óleo essencial e balanço nutricional em *Corymbia citriodora* adubado com lodo de esgoto em diferentes espaçamentos. **Revista Cerne**, Lavras, v. 15, n. 3, p. 346-354, 2009

TRIPODI, A. **Madeiras para marcenaria, carpintaria e artesanato** – São Paulo: CTT Cultura e Editora, 2006. 88p.

TRUGILHO, P. F.; Bianchi, M. L.; Rosado, S. C. da S.; Lima, J. T. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de *Eucalyptus*. **Revista Scientia Forestalis**, n. 73, p. 55-62, 2007.