



**ANA CLARA MOREIRA MORAES**

**INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DA MADEIRA PROCESSADA  
NO NÍVEL DE RUÍDO GERADO**

**LAVRAS-MG**

**2019**

**ANA CLARA MOREIRA MORAES**

**INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DA MADEIRA PROCESSADA NO  
NÍVEL DE RUÍDO GERADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, para a obtenção do título de Mestre

Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva

Orientador

Prof. Dr. Marco Antônio Gomes Barbosa

Coorientador

Luana Elis de Ramos e Paula

Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Moraes, Ana Clara Moreira.

Influência da densidade da madeira processada no nível de ruído gerado / Ana Clara Moreira Moraes. - 2019.  
35 p.

Orientador(a): José Reinaldo da Moreira Silva.

Coorientador(a): Marco Antônio Gomes Barbosa, Luana Elis Ramos Paula.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Usinagem. 2. Nível de pressão sonora. 3. Higiene ocupacional. I. Silva, José Reinaldo da Moreira. II. Barbosa, Marco Antônio Gomes. III. Paula, Luana Elis Ramos. IV. Título.

**ANA CLARA MOREIRA MORAES**

**INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DA MADEIRA PROCESSADA NO  
NÍVEL DE RUÍDO GERADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, para a obtenção do título de Mestre

APROVADA em 28 de fevereiro de 2019.  
Dr. Raphael Nogueira Rezende IFSULDEMINAS  
Dr. Marcelo Linon Batista UNILAVRAS

Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2019**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, por estar sempre ao meu lado e iluminando meus passos. À Santa Terezinha, que sempre intercede à Deus por mim.

À minha mãe Beth e ao meu pai Leonardo, que sempre me ensinaram a correr atrás dos meus objetivos, por todo amor, ensinamento e dedicação, que me fizeram chegar até aqui.

À minha tia, Veva, pelo amor, pelas orações e por todo apoio. A todos os meus familiares que sempre estiveram ao meu lado e torcendo pelo meu sucesso.

Ao meu namorado Gustavo, por me aguentar mesmo nos dias mais difíceis, me ajudar a encontrar caminhos e motivar a continuar mesmo nos momentos de medo e desânimo.

À toda equipe e amigos da CTM, vocês sem dúvidas fizeram com que o caminho ficasse mais leve! Em a especial à Mônica, presente que ganhei neste mestrado. Aos demais amigos, familiares e não citados, pelo carinho e força.

Ao professor e orientador, José Reinaldo Moreira da Silva, pela orientação desde os primeiros anos da graduação, por todo ensinamento, paciência e dedicação

À Universidade Federal de Lavras, pela infraestrutura e oportunidade de cursar o mestrado. Às entidades de fomento FAPEMIG, CAPES e CNPQ e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira. E a todos que ajudaram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA !

## RESUMO

A relação entre higiene ocupacional e o processamento mecânico da madeira é de grande importância para a melhoria da saúde e do conforto dos trabalhadores e também para a produção e economia do processo. No processamento de mecânico da madeira é observada a emissão de elevados níveis de ruído. Esse trabalho teve como objetivos conhecer e avaliar o efeito da variação da densidade da madeira no ruído gerado de seu processamento mecânico. Com isso, propõe-se proporcionar melhores condições de trabalho para os operadores deste setor. No laboratório de usinagem da madeira foram coletados os níveis de ruído contínuo e, ou intermitente, a cada cinco segundos, por meio do medidor de nível de pressão sonora (decibélimetro), conforme os procedimentos definidos pela NHO 01, durante o aplainamento de madeiras de diferentes classes de densidade. Foi feito o teste de Shapiro-Wilk, a 1% de significância, para verificação de normalidade do dados de nível de ruído. Posteriormente optou-se por o teste Wilcoxon pareado, 1% de significância. A máquina apresentou níveis de ruído acima do permitido pela legislação brasileira, para todas as classes de densidade de madeiras. O maior nível de ruído (112 dB(A)) foi encontrado na madeira de alta densidade. O menor valor (79dB(A)) foi encontrado em todas as classes de densidade. Houve diferença significativa no estudo do nível de ruído provocado pelas três classes de densidade madeiras, pelo teste de Wilcoxon pareado a 1% de significância. As distintas classes de densidades das madeiras apresentam diferença estatística significativa nos níveis de ruído, contínuo ou intermitente, gerados durante o aplainamento das mesmas. A densidade das madeiras apresentou-se diretamente proporcional aos valores de nível médio de ruídos e de doses de ruído. O HDI (Hearing deterioration index) encontrado foi de 62 para as madeiras de baixa densidade, enquanto a média e a alta apresentaram o mesmo valor de 64. Este índice pode ser usado como uma medida preventiva para detectar, de forma rápida, a probabilidade de ambientes com ocorrência de Perda auditiva induzida por ruído.

**Palavras-chave:** Usinagem da madeira. Nível de pressão sonora. Higiene ocupacional.

## ABSTRACT

The relationship between occupational hygiene and the mechanical processing of wood is of great importance for improving the health and comfort of workers and also for the production and economy of the process. In the wood mechanic processing, the emission of high levels of noise is observed. The objective of this work was to know and evaluate the effect of the variation of wood density on the noise generated from its mechanical processing. With this, it is proposed to provide better conditions of work for the operators of this sector. In the woodworking laboratory, continuous and intermittent noise levels were collected every five seconds using the sound pressure level meter (decibelimeter), according to the procedures defined by NHO 01, during the planing of different density classes. The Shapiro-Wilk test, at 1% significance, was performed to verify the normality of the noise level data. Subsequently, the Wilcoxon paired test was chosen, at 1% significance. The machine presented noise levels above that allowed by Brazilian legislation for all wood density classes. The highest noise level (112 dB (A)) was found in high density wood. The lowest value (79dB (A)) was found in all density classes. There was a significant difference in the study of the noise level caused by the three wood density classes, by the Wilcoxon test paired at 1% of significance. The different wood density classes present a significant statistical difference in the noise levels, continuous or intermittent, generated during the planing of the same. The density of the wood was directly proportional to the mean level of noise and noise levels. The HDI (Hearing deterioration index) found was 62 for the low density woods, while the mean and the high showed the same falsehood of 64. This index can be used as a preventive measure to detect, in a fast way, the probability of environments with occurrence of noise-induced hearing loss.

**Keywords:** Machining. Sound pressure level. Occupational hygiene.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TERICO</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Usinagem da madeira</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Aplainamento</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Densidade da madeira</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3</b>	<b>Ruído contínuo ou intermitente</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>Aspectos legais do ruído</b> .....	<b>15</b>
<b>2.5</b>	<b>Ruído da indústria madeireira</b> .....	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Material</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Ensaio de usinagem</b> .....	<b>19</b>
<b>3.3</b>	<b>Análise do Ruído</b> .....	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise estatística dos dados</b> .....	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>4.1</b>	<b>Densidade da madeira</b> .....	<b>22</b>
<b>4.2</b>	<b>Ruído contínuo ou intermitente</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3</b>	<b>Nível médio do nível de ruído</b> .....	<b>26</b>
<b>4.4</b>	<b>Dose de ruído do processamento mecânico da madeira</b> .....	<b>26</b>
<b>4.5</b>	<b>Tempo máximo de exposição diária permissível</b> .....	<b>27</b>
<b>4.6</b>	<b>HDI (hearing deterioration index)</b> .....	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>29</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Diante da expansão e globalização do mercado, é notável o crescente esforço dos diversos setores industriais para atender as normas de segurança e saúde do trabalhador. O objetivo desta ação é de adequar às exigências atuais dos consumidores e da legislação. Na indústria moveleira não é diferente. Dessa forma, relacionar o processamento madeireiro à higiene ocupacional é de grande importância para a melhoria não somente do conforto e saúde dos trabalhadores, como também para a produção e economia.

Acidentes com máquinas de corte, níveis de ruídos e de poeira acima do permitido, ambiente de trabalho com iluminação e com microclimas inadequados, posturas impróprias, contato com produtos químicos e material combustível são características comuns aos ambientes de processamento mecânico da madeira, como é o caso das indústrias movelereias. Atualmente, neste setor industrial, as empresas vêm sendo incentivadas a melhorar as condições de trabalho, pois a presença de doenças ocupacionais no ambiente de trabalho é evidente. As doenças do trabalho trazem impactos negativos em relação a saúde do trabalhador e também causam impactos econômicos negativos para a empresa e para os órgãos do governo.

Exposição frequente de ruído acima de níveis permitidos aos trabalhadores e a susceptibilidade individual aumentam as chances a perda auditiva induzida por ruído (PAIR). Este fato somente é observado se não houver a proteção adequada. Ele não é exclusivo aos trabalhadores diretamente ligados a atividade mas, também a trabalhadores secundários, como faxineiros e recepcionistas. Estes profissionais, muitas vezes, ficam jornadas de trabalho inteiras expostos a esta condição.

Segundo Brasil (2014), no Brasil entre 2007 e 2012 foram notificados 1.872 casos de PAIR. A região Sudeste concentrou o maior número de casos. Sabe-se que existem barreiras comuns que levam à subnotificação dos casos existentes como trabalhadores afetados pela PAIR. Estes casos são sem diagnóstico ou sem o reconhecimento da relação com o trabalho.

Considerando a madeira um material anisotrópico, heterogêneo e higroscópico, sabe-se que tais características influenciam no ruído produzido de seu processamento. Diante disso, os objetivos foram conhecer e avaliar o efeito da variação da densidade da madeira no ruído gerado de seu processamento mecânico de forma a proporcionar melhores condições de trabalho para os operadores deste setor.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Usinagem da madeira**

A usinagem é um dos métodos de fabricação mais empregados e segundo Ferraresi (1977) é definida como o processo capaz de conferir a forma, as dimensões ou o acabamento, ou ainda a combinação dos três, através da produção de cavaco.

Segundo Bonduelle et al. (2002) a usinagem da madeira pode ser expressa pela função 5M, sendo:

- Matéria-prima – relacionada com todas as propriedades intrínsecas da madeira e suas interações com o processo;
- Máquina – relacionada com os aspectos construtivos das máquinas incluindo os dispositivos de fixação, de condução e de exaustão de cavacos que visam melhoria da operação de usinagem;
- Metodologia – engloba toda a definição dos parâmetros de usinagem a serem utilizados, bem como escolha das ferramentas mais adequadas para otimizar o processamento;
- Mão-de-obra – considera o treinamento dos operadores executores das tarefas de usinagem que deve ter conhecimentos de todos os itens anteriores para poder interferir, no momento certo, caso observe alguma deficiência no processo;
- Meio ambiente – considera-se que todas as fases de processamento devem evitar degradações do ambiente com pensamento de melhor aproveitamento da matéria-prima, minimizando os resíduos e ruídos.

Para Lucas Filho e Boehs (2007) é interessante que seja estudado o comportamento de diferentes madeiras em diferentes processos de usinagem para que seja relacionado os fatores que são inerentes ao processo e à matéria prima.

Segundo Silva (2002), a otimização dos processos de usinagem da madeira resulta em grandes vantagens, como a diminuição do custo energético demandado pelas máquinas operatrizes, maior aproveitamento da madeira, aumento da vida útil das ferramentas e da produtividade, levando à redução dos custos de usinagem e do produto final.

#### **2.1.2 Aplainamento**

O processo de aplainamento de madeira envolve a remoção de madeira de determinada área, tornando-a plana. Esta remoção ocorre em forma de cavacos, os quais são formados pelo

contato intermitente da madeira com a ferramenta (GONÇALVES, 2000). Na Figura 1 é apresentado a plaina desempenadeira.

Figura 1 – Plaina desempenadeira



Fonte: Do autor (2019).

Para melhor conhecimento do aplainamento é necessário conhecer as velocidades de corte e de avanço existente no mesmo. A velocidade de corte é definida pela Equação 1, normalmente expressa em metros por segundo.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} \quad (1)$$

Em que:

$V_c$  = velocidade de corte ( $m \cdot s^{-1}$ )

$D$  = diâmetro da ferramenta de corte (m)

$n$  = rotação do eixo porta ferramenta ( $min^{-1}$ )

A velocidade de avanço é representada pela Equação 2, normalmente expressa em metros por minuto.

$$V_f = \frac{D_u}{t} \quad (2)$$

Em que:

$V_f$  = velocidade de avanço da peça ( $m \cdot min^{-1}$ )

$D_u$  = deslocamento de usinagem (m)

$t$  = tempo necessário para executar o deslocamento de usinagem (min)

## **2.2 Densidade da madeira**

A densidade da madeira pode ser influenciada por diversos fatores como espécie, idade do vegetal, local de origem, espaçamento de plantio, procedência, taxa de crescimento, entre outros fatores. Essa diferença nos valores de densidade ocorre até nas diferentes posições de amostragem dentro da árvore, sendo que, essa variação pode ocorrer tanto no sentido radial, ou seja no sentido medula casca, como no sentido longitudinal, da base para o topo (MELO et al., 2006; VALÉRIO et al., 2008; MATTOS et al., 2011).

Segundo Stewart e Polak (1975), a densidade aparente da madeira, definida como a relação entre a massa e o volume a uma determinada condição de umidade, é uma das mais representativas propriedades físicas da madeira. A densidade básica também é considerada uma das características mais importantes, tendo como principais pontos a facilidade na determinação e sua relação com as demais propriedades da madeira.

A variação da densidade acontece devido a combinação de diversos fatores como dimensão das fibras, espessura da parede celular, volume dos vasos e parênquimas, proporção entre madeira do cerne e alburno e arranjo dos elementos anatômicos, o que faz desse parâmetro largamente utilizável (FOELKEL et al. 1971).

Os valores de densidade da madeira podem ser agrupados formando classes. O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2019), classifica a classificação as madeiras em três classes de densidade: madeiras de baixa densidade, são aquelas que possuem densidade básica inferior a  $0,500 \text{ g.cm}^{-3}$ ; madeiras de média densidade, são aquelas que possuem densidade básica igual ou maior que  $0,500 \text{ g.cm}^{-3}$  e menor ou igual que  $0,730 \text{ g.cm}^{-3}$  e madeiras de alta densidade, são aquelas que possuem densidade básica maior que  $0,730 \text{ g.cm}^{-3}$ . O conhecimento acerca das características de trabalhabilidade da madeira é de grande importância para que haja melhor aproveitamento desse recurso natural.

De acordo com Silva (2002) variação da densidade do material a ser processado deve ser associada à mudanças nos esforços de usinagem da madeira, com o aumento desse valor promovendo a redução da vida útil do corte da ferramenta e com o aumento do ruído produzido durante a usinagem.

## **2.3 Ruído contínuo ou intermitente**

Segundo Bistafa (2011), o som é a sensação produzida no sistema auditivo e o ruído é um som sem harmonia, em geral de conotação negativa. Este último, expresso em dB

(decibéis), é o resultado da aplicação de equação que converte pressão sonora em grandeza logarítmica. Enquanto Saliba (2015), do ponto de vista de Higiene do trabalho, define ruído como um fenômeno vibratório que apresenta propriedades indefinidas e mudanças de pressão em função da frequência.

Em se tratando de ruído a média logarítmica entre 80 e 100 dB(A) é de 97 dB(A), bem destoante da média aritmética 90 dB(A). Assim, conforme a NHO 01 – Norma de Higiene Ocupacional – Avaliação da exposição ocupacional ao ruído (FUNDACENTRO, 2001), o Nível médio (NM) é calculado conforme a Equação 3.

$$NM = 10 \log \left[ \frac{1}{n} (n_1 \times 10^{0,1NM_1} + n_2 \times 10^{0,1NM_2} + \dots + n_i \times 10^{0,1NM_i} + \dots + n_n \times 10^{0,1NM_n}) \right] \quad (3)$$

Em que:

NM = nível médio representativo da exposição do trabalhador avaliado

$n_i$  = número de leituras obtidas para um mesmo nível médio parcial assumido

$n$  = número total de leituras =  $n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_n$

$NM_i$  = i-ésimo nível médio de pressão sonora assumido, em dB(A)

A NBR 10.151 (ABNT, 2003), denominada de Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas fixa os níveis de ruído para ambientes externos, ao ar livre. Ela visa o conforto da comunidade. Já NBR 10.152 (ABNT, 2017), denominada de Níveis de ruído para o conforto acústico, fixa os níveis de ruído para ambientes internos. Em ambas normas encontram-se determinados os níveis de ruído consideráveis aceitáveis.

Os ruídos intensos tendem a prejudicar tarefas que exigem concentração mental e certas tarefas que exigem atenção ou velocidade e precisão de movimentos. Os resultados da interferência nas atividades tendem a piorar após duas horas de exposição ao ruído (IIDA, 1990). A Organização Mundial de Saúde - OMS (WHO, 1980) confirma que acima de 65 dB(A) o ruído pode perturbar o trabalho, o descanso, o sono e a comunicação e pode prejudicar a audição e causar ou provocar reações psicológicas, fisiológicas e patológicas.

Conforme a NBR 10.152 (ABNT, 2017), o nível de desconforto acústico inicia-se a partir de 65 dB(A), o qual começa a ocasionar irritabilidade ao ser humano. No caso de constante exposição a níveis de ruído somados ao tempos de exposição e a suscetibilidade do operador, existem chances dos trabalhadores desenvolverem a PAIR. A redução da audição ocorre gradativamente e aumenta a probabilidade de ocorrência de doenças ocupacionais e acidentes do trabalho.

O HDI (Hearing Deterioration Index) é um índice da deterioração auditiva. O mesmo é considerado como um método indireto e simples de medir a PAIR. É frequentemente utilizado como ferramenta de rastreio em massa da PAIR em diferentes subgrupos de indivíduos (BIES e HANSEN, 2002). O índice de degradação Auditiva é calculado utilizando a Equação 4:

$$\text{HDI} = 10 \log_{10} \left[ \int_0^t 10^{L/20} dt \right] \quad (4)$$

Em que:

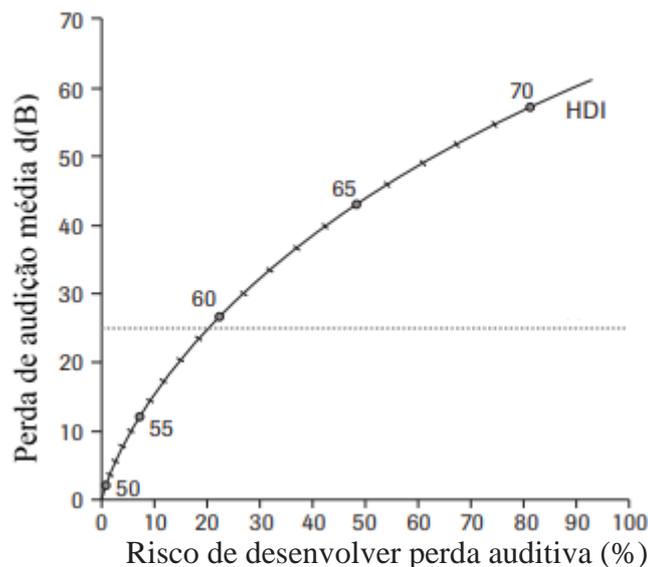
HDI = índice da deterioração auditiva

L = nível de ruído médio, em dBA, que o indivíduo está exposto

t = tempo, em anos, que o indivíduo foi exposto

A Figura 2 aponta que para evitar a perda auditiva em 80% da população, deve-se adotar uma estratégia que previna a aquisição de HDI maior que 59 durante a vida. Por exemplo, pessoas com 35 anos de experiência trabalham em ambientes onde o nível de ruído médio está em torno de 85 dB(A), tem-se um HDI = 58. Ou seja, para essas condições, 15% dessas pessoas apresentarão 20 dB de perda de audição devido à exposição ao ruído.

Figura 2 – A função do Índice de deterioração da audição (HDI)



Fonte: BIES e HANSEN, 2002.

A PAIR é passível de prevenção e pode ter como conseqüências prejuízos de diferentes naturezas. Ela pode levar à incapacidade auditiva e à disfunções auditivas (zumbidos e alterações vestibulares). Estes efeitos podem até mesmo dificultar a inserção do

individui no mercado de trabalho. No Brasil, apesar da evolução dos conhecimentos e da legislação sobre a PAIR, ainda ocorrem casos de trabalhadores lesionados (OGIDO et al., 2009).

O ruído é classificado como agente físico pelo Anexo 5 da Portaria nº 25 de 29 de dezembro de 1994, do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 1994). Neste Anexo 5 contem a classificação dos riscos ocupacionais de acordo com sua natureza, podendo ser físico, químico, biológico, ergonômico ou de acidente. Já a NR 09 (BRASIL, 2017), define os riscos ambientais, como os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

Segundo Oliveira (2002), os ambientes de trabalho podem acarretar riscos ocupacionais ao trabalhador, sejam eles mais visíveis e momentâneos, que afetam a integridade física, quanto aqueles que atuam a longo prazo, prejudicando progressivamente a saúde, conhecidos como agentes insalubres.

Segundo Saliba (2004), o controle do ruído na fonte ou na trajetória é o mais recomendado. Sendo que a adoção desses tipos de medidas administrativas devem ser feitas principalmente na fase de planejamento das instalações, pois nesta fase podem-se escolher equipamentos que produzam menores níveis de ruídos e organizar o leiaute das instalações.

As organizações devem buscar primeiramente a proteção coletiva, por meio de medidas gerais, que são instrumentos que beneficiam todo o grupo. No entanto, nem sempre é possível eliminar os riscos utilizando-se os equipamentos de proteção coletiva (EPC), sendo necessário o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI).

Conforme Brasil, (2013), considera-se EPI todo dispositivo de uso individual, de fabricação nacional ou estrangeira, destinada a proteger a saúde e a integridade física do trabalhador.

## **2.4 Aspectos legais do ruído**

Cada país, por meio de seus órgãos normalizadores, procura estabelecer métodos para quantificar e avaliar o impacto que o ruído produz nas pessoas (BISTAFA, 2011). Estes métodos tentam modelar as características complexas da audição e da psicologia humana com relação ao ruído. No Brasil, o nível de risco deve ser determinado e tomado as medidas de controle seguindo as instruções das normas de Programa de Prevenção de Riscos

Ambientais - PPRA (NR-09) e de Atividades e Operações Insalubres (NR-15). (SALIBA, 2004).

De acordo com a NR 15 (BRASIL, 2014), para jornada de 8 horas diárias de trabalho, a máxima exposição diária permissível é de 85 dB(A). Porém, não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. Na Tabela 1, encontram-se os valores de máxima exposição diária permissível em função do nível de ruído existente.

Tabela 1 - Valores de nível de ruído dB (a) e de máxima exposição diária permissível.

<b>Nível de ruído [dB (A)]</b>	<b>Máxima exposição diária permissível</b>
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR 15 (BRASIL, 2014).

A NHO 01(FUNDACENTRO, 2001) também dispõe de limites de tolerância para os ruídos contínuo ou intermitente, conforme apresentado na Tabela 2. Os valores de exposição

diária permissível são diferentes, porque a NHO 01, (FUNDACENTRO, 2001) utiliza a taxa de troca o valor de 3 decibéis, enquanto a NR15 usa com taxa de troca o valor de 5 decibéis.

Tabela 2 -Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente da NHO 01.

<b>Nível de ruído [dB (A)]</b>	<b>Máxima exposição diária permissível (min)</b>
80	1.523,90
81	1.209,52
82	960,00
83	761,95
84	604,76
85	480,00
86	380,97
87	302,38
88	240,00
89	190,48
90	151,19
91	120,00
92	95,24
93	75,59
94	60,00
95	47,62
96	37,79
97	30,00
98	23,81
99	18,89
100	15,00
101	11,90
102	9,44
103	7,50
104	5,95
105	4,72
106	3,75
107	2,97
108	2,36
109	1,87
110	1,48
111	1,18
112	0,93
113	0,74
114	0,59
115	0,46

Fonte: NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001).

Após a coleta de dados do nível de pressão sonora deve-se calcular a dose, conforme a Equação 5. Conforme Anexo I da NR 15 (BRASIL, 2014), a dose para 8 horas de trabalho não deve ultrapassar a 100% ou 1 unidade.

$$\text{Dose} = \left( \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) * 100 \quad (5)$$

Em que:

Dose = dose diária para dois ou mais períodos de exposição de diferentes níveis de ruído (%);

C1-n = tempo total diário em que o trabalhador fica exposto a cada nível de ruído específico;

T1-n = tempo máximo diário permissível a cada nível de ruído.

Conforme Brasil, (2017) a NR 09 - PPRA, para locais que os níveis de ruído ficam acima de 80 dB(A) ou dose superior a 0,5, devem ser tomadas medidas preventivas para que o limite não seja alcançado e/ou superado tais como informação, exames periódicos dos trabalhadores e monitoramento.

## **2.5 Ruído da indústria madeireira**

Fatores como a alta rotação dos eixos dos motores, as vibrações de seus componentes, a falta de manutenção das máquinas e equipamentos, a ausência de elementos que absorvam impactos e o tipo de instalação física podem tornar as indústrias moveleiras inadequadas quanto ao ruído gerado (CARDOSO, 2012).

No aplainamento de madeiras de diferentes densidades, os valores de níveis médio de ruído variaram de 85 a 92 dB(A) (FIEDLER et al., 2009). Contudo, os autores não informaram a presença ou não de sistemas de exaustão acoplados a plaina desempenadeira.

Na pesquisa realizada em Brasília/DF, analisou os níveis de ruído emitidos pelas máquinas utilizadas no processo de produção de móveis de madeiras. Neste trabalho constatou que apenas a furadeira horizontal apresentou valores mensurados inferiores ao limite de tolerância de 85 dB(A) e a máquina mais problemática com relação ao nível de ruído, foi a serra circular de carrinho (101,3dB(A)) (VENTUROLI et al. 2003).

No estudo sobre corte de painéis de fibras de média densidade (MDF), encontrou valores de dosimetria variando de 1,35 a 2,28, e valores médios de nível de ruído contínuo ou intermitente entre 82,87 dB(A) a 86,15 dB(A) (TEXEIRA, 2013).

Contudo, em uma avaliação de fábricas de moveis no sul de Minas Gerais, os valores de dose encontrados ficaram dentro do intervalo de 2,76 a 30,52. Enquanto o valor de nível médio de ruído contínuo ou intermitente encontrado para a plaina desempenadeira foi de 95,21 dB(A) (FILIPE et al., 2014).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Material**

Foram utilizadas madeiras de *Artocarpus sp*, de *Clitoria sp*, de *Eucalyptus sp* de *Syzygium sp*. e de *Toona ciliata*, com diferentes densidades. Elas foram separadas em três distintas classes de densidade (IBAMA, 2019). A seleção das espécies foi feita mediante material disponível no laboratório de usinagem da madeira (DCF/UFLA) e nas suas diferentes densidades aparentes. Selecionou 1050 corpos de provas de cada classe de densidade, que apresentavam dimensões de 850 x 120 x 35 mm (comprimento x largura x espessura). Este volume de material foi suficiente para permitir que o processamento atingisse 4 horas de trabalho.

O material foi armazenado no Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA), por um período de 90 dias, até atingir a umidade de equilíbrio local. O valor da umidade foi determinada antes do processamento e resultou em valores de 13,5 a 14,2%, conforme determinado por LIMA e MENDES (1995) para a cidade de Lavras/MG. A densidade aparente foi determinada conforme adaptação da NBR 11941 (ABNT, 2003).

#### **3.2 Ensaio de usinagem**

Os corpos de prova foram processados em plaina desempenadeira, com 3 facas novas e com rotação do eixo porta ferramentas de  $3900 \text{ min}^{-1}$  e com sistema de exaustão central. Para evitar a influência do desgaste das facas na geração do ruído, foi realizado sorteios das classes de densidades e dos corpos de provas, dentro de cada classe. Em todos os corpos de prova, a altura de desbastes foi de 1 mm, que resultou num mesmo volume de cavacos retirados.

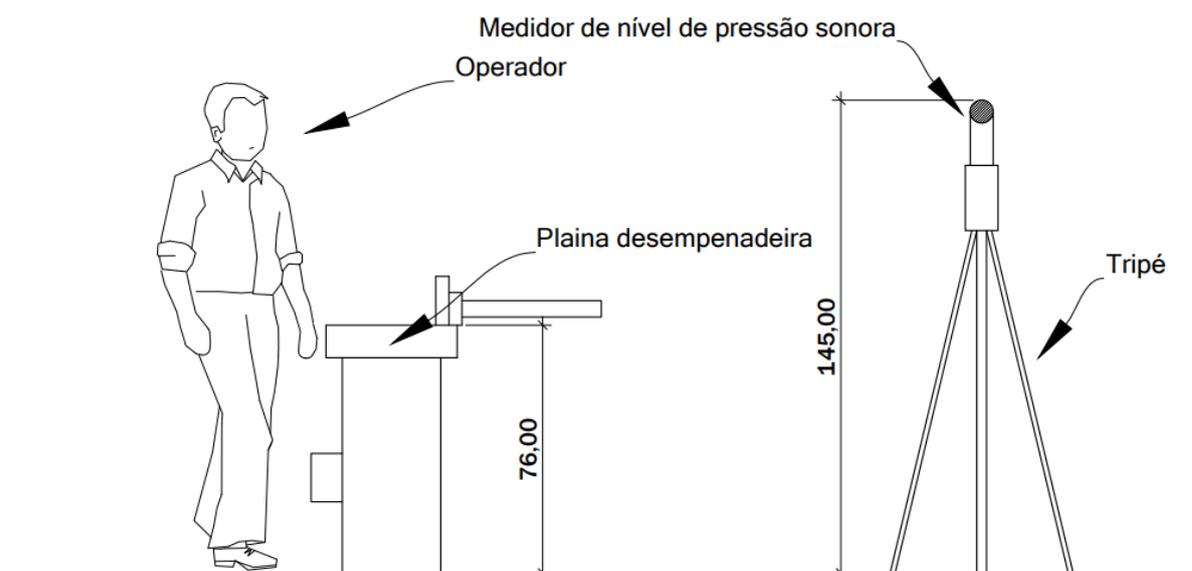
Para evitar variações da velocidade de avanço causadas pela ação do operador, foram executados testes preliminares, conforme metodologia indicada por Silva (2002). Esse processo permitiu estabelecer velocidades de avanço semelhante em todos os corpos de prova. Mesmo assim, foram cronometrados os tempos durante os aplainamentos e as velocidades de avanço foram calculadas para cada corpo de prova. Em média, o valor desta velocidade de avanço foi de  $6 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ . Também foi determinada a velocidade periférica de corte que em média foi de  $21 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### 3.3 Análise do Ruído

A medição do nível de pressão sonora, por meio do ruído contínuo ou intermitente, foi feita utilizando o decibelímetro digital, modelo KR853-AKROM, com precisão de  $\pm 1,5 \text{ dB(A)}$ . O decibelímetro foi ajustado conforme procedimentos definidos pela NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001) de forma a operar no circuito de ponderação “A”, circuito de respostas lenta (slow). Os valores de ruído, em decibéis (dB(A)), foram coletados a cada 5 segundos durante o processamento mecânico da madeira.

O decibelímetro foi fixado em um tripé que se encontrava a 2 metros do centro da área destinada a movimentação do operador. Este tripé permitiu que a altura do decibelímetro fosse ajustada à altura da zona auditiva do operador. Estes detalhes encontram-se ilustrados na Figura 3.

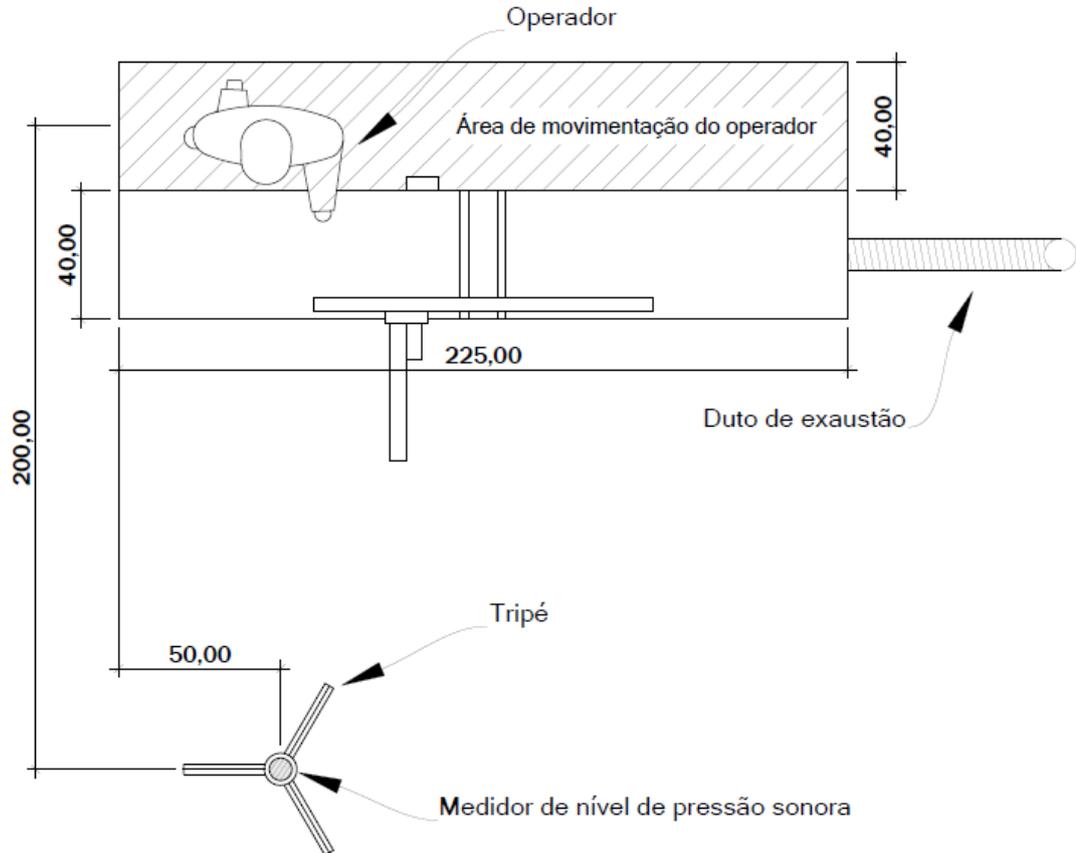
Figura 3 – Setup do processo de aplainamento – Vista Lateral



Fonte: Do autor (2019).

A coleta de dados dos ruídos foi realizada para cada classe, durante 2 horas de processamento mecânico, no período matutino e 2 horas no período vespertino. A vista superior da coleta de dados é demonstrada conforme o esquema da Figura 4.

Figura 4 – Planta do processo de aplainamento – Vista Superior.



Fonte: Do autor (2019).

Os dados coletados foram processados considerando a precisão do aparelho, efetuando um filtro, que considerou os valores de nível de ruído seguidos com diferença de 1,5 dB(A) sendo valores iguais. Sendo assim, calculou a frequência excedida dos níveis de ruído, o nível médio, a dose de ruído do processamento mecânico da madeira, o tempo máximo de exposição diária permissível para os valores de maior ruído e o HDI, considerando a jornada de trabalho com 8 horas diárias por um período de 35 anos.

### 3.4 Análise estatística dos dados

As análises estatísticas foram feitas utilizando o software estatístico RStudio (R DEVELOPMENT CORE TEAM - 2015). Com o objetivo de retirar o efeito da grandeza logarítmica dos dados de nível de ruído, que se apresenta em decibel, optou-se por trabalhar

por meio do Anti-logaritmo dos dados. Primeiramente foi realizado o teste de Shapiro-Wilk, a 1% de significância, para verificação de normalidade do dados de nível de ruído.

Na constatação da não normalidade dos dados, foi realizado o teste Wilcoxon pareado, 1% de significância, que verifica se existe diferença estatística entre as médias dos dois conjuntos (nível de ruído e densidade da madeira) de dados a hipótese nula  $H_0$  considera que a diferença entre os valores das médias é zero e  $H_1$  considera a diferença entre os valores das médias difere de zero (FATIN-CRUZ et al. 2015).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Densidade da madeira

Os valores limites estabelecidos para as classes de densidades aparentes, à 14% de umidade, encontram-se apresentados na Tabela 3. Observa-se que as madeiras processadas mecanicamente apresentaram ampla faixa de densidade, para atender ao propósito da variação da mesma nos dados de ruído.

Tabela 3. Valores limítrofes das classe de densidade da madeiras processadas

Espécies	Densidade (g.cm <sup>-3</sup> )	Classificação*
<i>Eucalyptus sp.</i>	Maior que 0,850	Alta densidade
<i>Artocarpus sp.</i> , <i>Syzygium sp.</i> , <i>Clitoria sp.</i>	Entre 0,830 e 0,500	Média densidade
<i>Toona ciliata</i>	Menor que 0,480	Baixa densidade

\* De acordo com IBAMA (2019)

Fonte: Do autor (2019).

### 4.2 Ruído contínuo ou intermitente

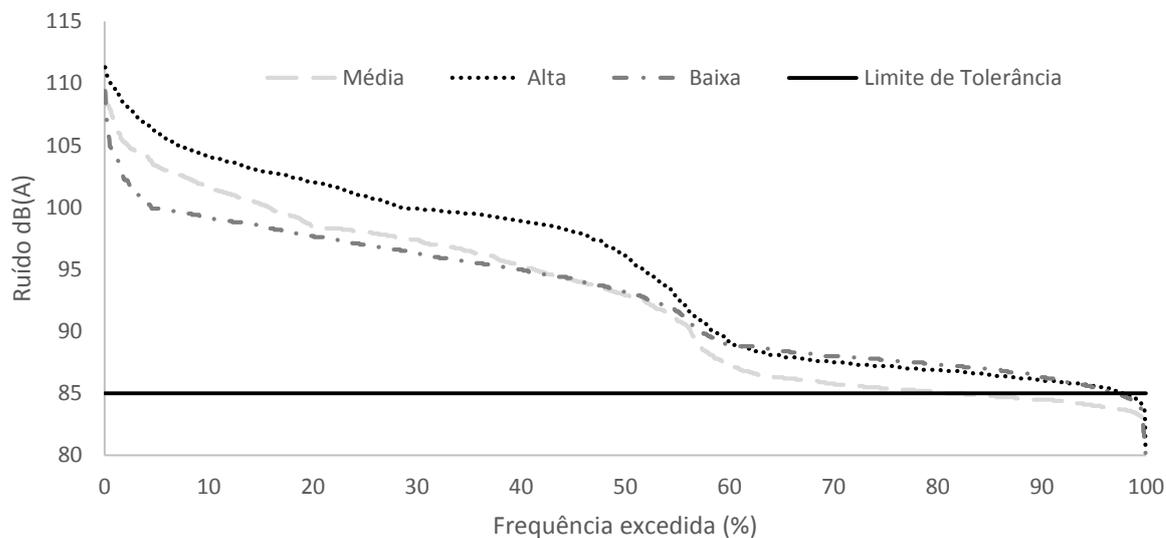
O maior valor de nível de ruído encontrado no aplainamento foi de 112 dB(A). Este valor foi observado na madeira de *Eucalyptus sp.*, que foi classificada como de alta densidade. As madeiras de média e de baixa densidades apresentaram os valores máximos dos níveis de ruídos no aplainamento de 111 e de 109 dB(A), respectivamente. Estes valores foram superiores ao nível de ação estabelecido pela NR 09 (BRASIL, 2017), que é de 80 dB(A), indicando a possível necessidade de manutenção da máquina, como forma de redução deste ruído. Os mesmo também foram superiores ao limite de tolerância previsto, de 85 dB(A) para oito horas de exposição (NR 15, BRASIL, 2011). Assim, faz-se necessário a adoção de medidas para a redução do nível de ruído na fonte geradora, na trajetória ou, até mesmo, como medida corretiva, o uso de protetores auriculares. Estes valores foram superiores aos

encontrados por Fiedler et al. (2009), que trabalharam com valores médios apenas sem observar a escala logarítmica dos dados de ruído. Além disso, os mesmos autores também não informaram a presença ou não de sistema de exaustão.

O menor valor do nível de ruído encontrado foi de 79 dB(A). Na verdade, este valor obtido representa o ruído da plaina desempenadeira juntamente com o ruído do sistema de exaustão ligados. Isto é, o ruído foi apenas dos motores sem ter o processamento propriamente dito das madeiras. Ele representou o ruído no momento em que o operador pegava determinado corpo de prova na pilha de material antes de processá-lo ou no momento em que o mesmo os depositava na pilha de material após ter finalizado o seu aplainado. Contudo, estes valores superaram o limite da OMS (WHO, 1980), que é de 65 db(A), representando que o conforto do ambiente não é satisfatório, podendo haver dificuldades de fala, audição e entendimento da informação.

A curva de frequência excedida em função do nível de ruído apresentado para cada classes de densidade das madeiras aplainadas encontra-se na Figura 5. Os níveis de ruídos apresentados pelas madeiras da classe de alta densidade foram superiores às madeiras de media e baixa densidade. 50% dos dados dos ruídos gerados pelas madeiras de alta densidade foram variaram de 112 a 98 dB(A). Para o mesmo intervalo de frequência, as variações das madeiras de média e baixa densidades foram de 108 a 95 dB(A). Observa-se maior semelhança na frequência excedida entre as madeiras de média e baixa densidade. Estes dados mostram que o valor da densidade da madeira processada influencia no ruído gerado pelo seu processamento.

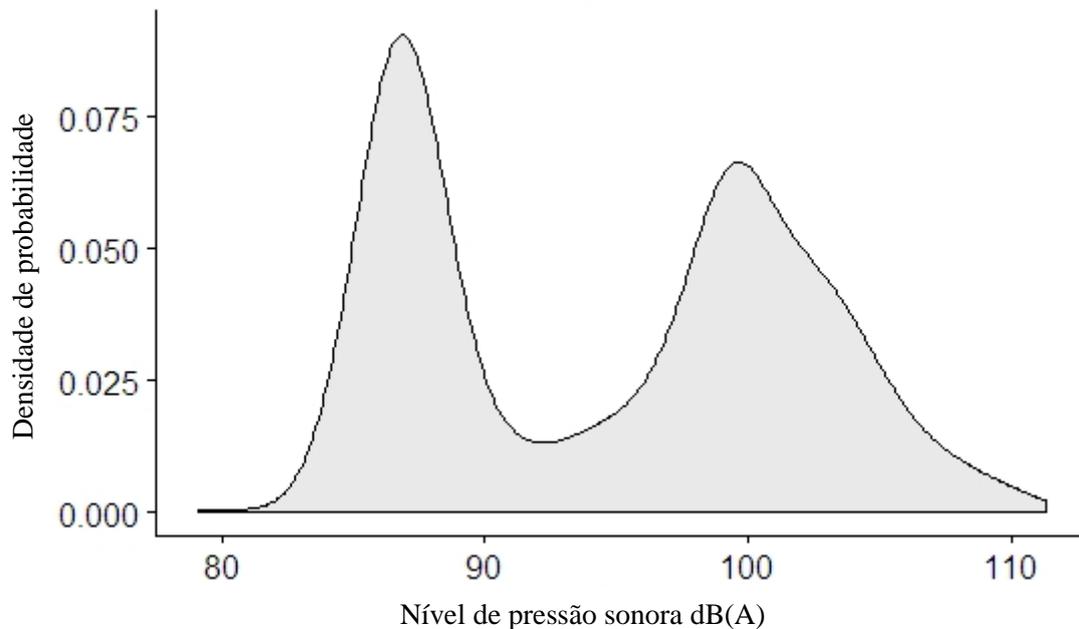
Figura 5 – Gráfico de frequência excedida dos níveis de ruído em aplainamento de madeiras com diferentes classes de densidade.



Fonte: Do autor (2019).

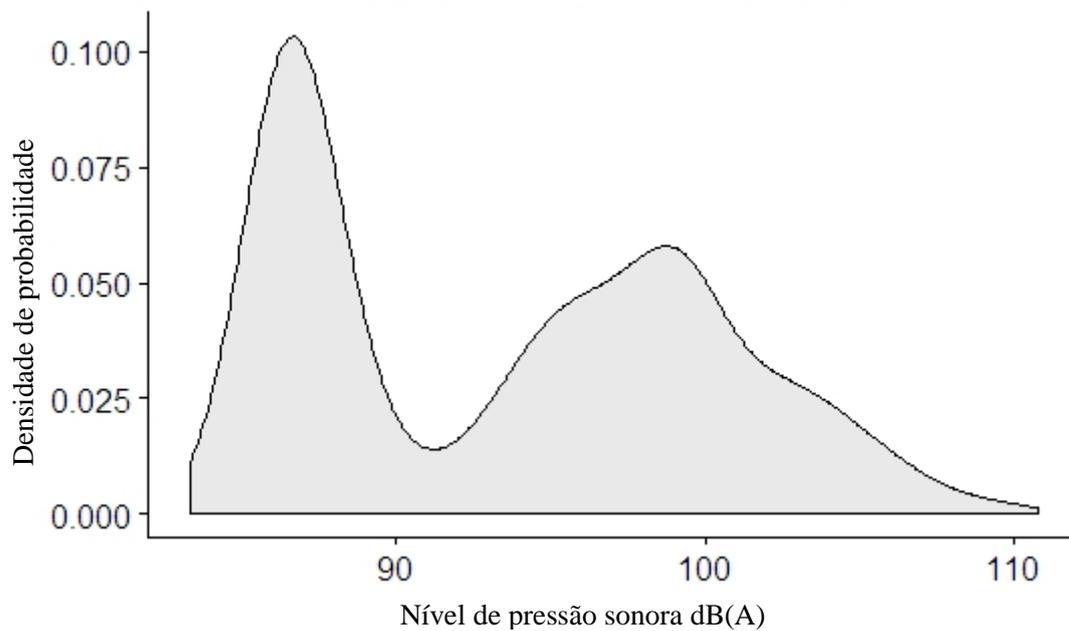
Na aplicação do teste de Shapiro-Wilk, a 1% de significância, foi verificada a ausência de normalidade nos dados de ruído. As Figura 6, 7 e 8, apresentam a distribuição do nível de ruído em função da distribuição dos dados no tempo, para as distintas classes de densidade da madeira. Observa-se a existência de dois grupos distintos de níveis de pressão sonora em todas as classes de densidades das madeiras. Como a coleta dos valores de ruídos foi realizada de 5 em 5 segundos, acredita-se que o primeiro grupo, apresenta os dados do ruído coletados quando o sistema estava ocioso, isto é, apenas a desempenadeira e o exaustor estavam ligados, sem o processamento propriamente dito da madeira. O segundo grupo mostra os dados do ruído obtidos durante o efetivo processamento das diferentes madeiras, isto é, considera-se o ruído existente pelo desbaste da madeira pela ferramenta de corte.

Figura 6 – Gráfico da densidade de probabilidade para os níveis de pressão sonora para as madeiras de alta densidade.



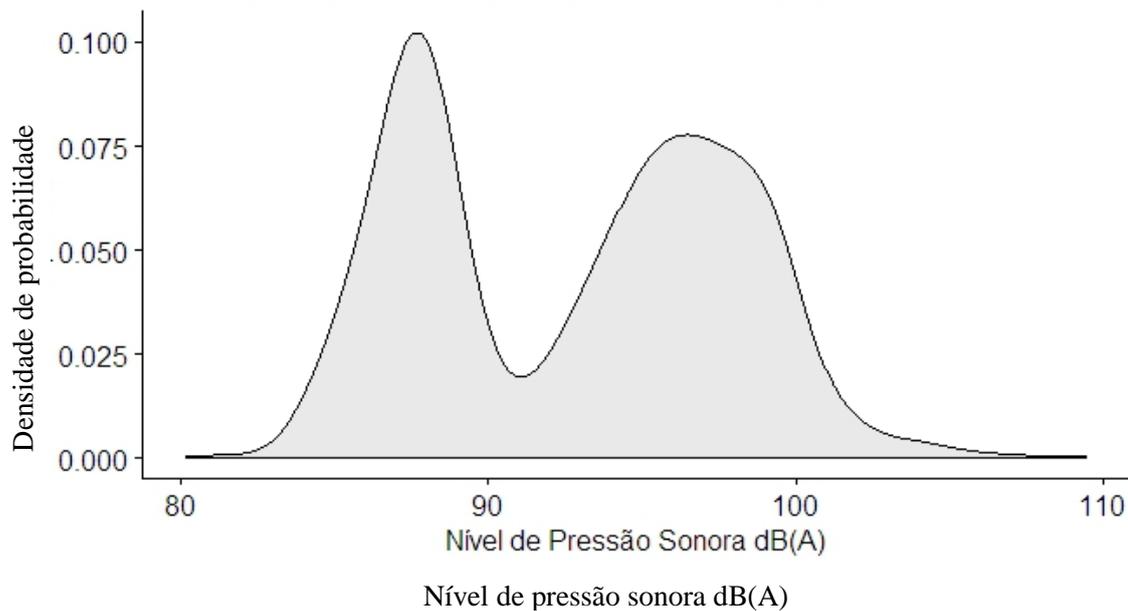
Fonte: Do autor 2019.

Figura 7 – Gráfico da densidade de probabilidade para os níveis de pressão sonora para as madeiras de média densidade.



Fonte: Do autor 2019.

Figura 8 – Gráfico da densidade de probabilidade para os níveis de pressão sonora para as madeiras de baixa densidade.



Observou-se que o ruído gerado por determinado corpo de prova apresentava variação ao longo do tempo. Características como presença de nós, canal de resina, desvio da grã, entre outros defeitos da madeira podem ter exercido influências sobre o nível de ruído do corte. Contudo, neste trabalho não foi avaliada a presença dos mesmos.

Considerando a não normalidade dos dados de níveis de ruído, foi utilizada a interação dos dados via teste de Wilcoxon pareado (Tabela 4).

Tabela 4 - Interação dos dados pelo Valor-P do teste de Wilcoxon pareado, a 1% de significância, dos dados de ruído, com base em diferentes estimadores, para aplainamento de diferentes classes de densidade das madeiras.

Níveis da interação	Valor p da interação de Wilcoxon pareado		
	Antilog baixa	Antilog media	Antilog alta
Antilog baixa	1	$4,51 \times 10^{-10}$	$2,2 \times 10^{-16}$
Antilog media		1	$5,1 \times 10^{-9}$
Antilog alta			1

Fonte: O autor 2019.

Os resultados (Tabela 4) demonstram que há diferença entre valores de nível de ruído e classes de densidades quando comparados entre si, sendo diferentes estatisticamente, a 1% de significância. Estes resultados mostraram a necessidade de aplicação do antilogartmo nos dados para sua descrição.

### 4.3 Nível médio do ruído

Os valores calculados do nível médio de ruído (Equação 3), de acordo com a classes de densidade das madeiras processadas, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores de nível médio de ruído para as diferentes classes de densidade.

Classes de densidade das madeiras	Nível Médio dB(A)
Alta	98
Média	97
Baixa	94

Fonte: O autor 2019.

O nível médio de ruído do aplainamento das madeiras apresentou-se comportamento diretamente proporcional com a densidade da madeira processada. As madeiras de alta densidade devido sua resistência ao corte, oferecido pela parede celular pode resultar em maiores ruídos durante o processamento.

### 4.4 Dose de ruído do processamento mecânico da madeira

Os valores calculados de dose do ruído contínuo ou intermitente (Equação 4) para o tempo permissível de 8 horas, conforme a classes de densidade e a NR 15 (BRASIL, 2014), estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores de dose de ruído contínuo ou intermitente, conforme a classe de densidade da madeira.

Classe de Densidade	Dose (unidade)
Alta	6,3
Média	5,3
Baixa	3,7

Fonte: Do autor (2019).

O menor valor de dose do ruído projetada para 8 horas (3,7) do aplainamento foi encontrado na classe de madeiras com densidade baixa. Este valor é 41% menor que o valor da dose de ruído obtido para a classe de madeiras com densidade alta (6,3). Observa-se que todos os valores de dose são superiores ao limite de tolerância, de 1 unidade, prescrito no Anexo 1 da NR 15 (BRASIL, 2014), com dose referente de seus efeitos combinados. Esses dados apresentam o setor de processamento mecânico da madeira como insalubre ao operador, fazendo necessária a implementação de práticas de redução dos ruídos. Estes valores encontrados são inferiores aos obtidos por Filipe et al. (2014), para a dosimetria em marcenarias com todas as máquinas trabalhando juntas no ambiente. É importante ressaltar que o efeito da máquina que produz maior ruído apresenta maior influência no cálculo da dose do ruído. Contudo, estes valores foram superiores aos obtidos por Texeira (2013) em processamento de painéis MDF. Este fato pode ser entendido pela diferença na estrutura interna das madeiras maçicas e dos painéis. Estes últimos se apresentam mais homogêneos, facilitando o ataque da ferramenta de corte.

#### 4.5 Tempo máximo de exposição diária permissível

O tempo de exposição diária permissível para o aplainamento das distintas classes de densidades das madeiras processadas, considerando a NR 15 (BRASIL, 2014) e a NHO 01, (FUNDACENTRO, 2001) pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 – Máximas exposições diárias permissíveis durante o aplainamento de madeiras, em cada classe de densidade.

Classe de densidade	Maior valor de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível (minutos)	
		NR 15	NHO 01
Alta	112	10	0,93
Média	111	13	1,18
Baixa	109	16	1,87

Fonte: Do autor (2019).

Observa-se que NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001) apresenta limites de tolerância mais conservadores, que a NR 15 (BRASIL, 2014), visto que para mesmo valor de ruído o

seu tempo de exposição é inferior quando comparado com a NR 15 (BRASIL, 2014). O tempo de exposição permissível foi reduzindo a medida que a densidade da madeira aumenta. Contudo, é importante salientar que estes tempos são baseados em exposição constante do ruído no máximo valor do ruído, que não é observado a todo instante do processamento. Na verdade, parte do tempo de processamento é considerado “ocioso” para a máquina que permanece apenas ligada mas sem estar processando. Nestes casos, o ruído é reduzido.

#### 4.6 HDI (hearing deterioration index)

Os valores de HDI encontrados, conforme Equação 5, para os ruídos obtidos do aplainamento de madeiras com diferentes densidades estão apresentados na Tabela 8. O maior valor encontrado significa que 45% da população de trabalhadores que estão envolvidos com plaina desempenharam poderão apresentar 43 dB(A) de perda de audição pela exposição ao ruído, conforme descrito na Figura 2. Enquanto o menor valor encontrado representa que 35% da população de trabalhadores deste ambiente laboral poderão apresentar 35 dB(A) de perda de audição. Estas perdas são consideradas severas e requerem medidas de redução do ruído do ambiente de trabalho.

Tabela 8 - Valores de HDI em função das três classes de densidade.

Classe de Densidade	Nível de médio de ruído dB(A)	HDI
Alta	98	64
Média	97	64
Baixa	94	62

Fonte: Do autor (2019).

As indústrias podem usar este índice como medida preventiva para detectar, de forma rápida, a probabilidade do ambiente desenvolver a PAIR nos trabalhadores.

## 5 CONCLUSÕES

- As distintas classes de densidades das madeiras apresentam diferença estatística significativa nos níveis de ruído, contínuo ou intermitente, gerados durante o aplainamento das mesmas;
- A densidade das madeiras apresentou-se diretamente proporcional aos valores de nível médio de ruídos e de doses de ruído.
- As indústrias podem usar o HDI como medida preventiva para detectar, de forma rápida, a probabilidade de ambientes com ocorrência de PAIR.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR 11941: madeira: determinação da densidade básica.** Rio de Janeiro.. 2003.

\_\_\_\_ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento** Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_ - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico.** Rio de Janeiro, 2017.

BIES, D. A.; HANSEN, C. H. **Engineering noise control: theory and practice.** 2 ed. New York: Spon Press - Taylor & Francis Group, 2002.

BISTAFA, S. R. (2011). **ACÚSTICA APLICADA AO CONTROLE DO RUÍDO** (2ª edição ed.). São Paulo: Blucher.

BONDUELLE, A; CRUZ, C. R; SILVA, J. R. M. **Processo Mecânico da Madeira.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002. 26p (Notas de aula).

BRASIL. **Portaria Nº 25**, de 29 de dezembro de 1994. Estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, dez. 1994. Seção 1, p. 21.278 e 21.280.

\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Boletim da vigilância dos agravos à saúde relacionados ao trabalho. **Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional (PAIR)**. ano 3, n. 7, nov. 2014.

\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria MTE nº 1.297**, de 13 de agosto de 2014. Apresenta atividades e operações insalubres - NR-15. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria MT nº 817**, de 06 de julho de 2017. Apresenta programa de prevenção de riscos ambientais- NR-09. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria MT nº 407**, de 14 de novembro de 2013. Apresenta Equipamento de Proteção Individual - EPI. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

CARDOSO, Marla. **Indústria Moveleira: risco constante.** Revista Proteção. Ed 244 de Abril de 2012, p. 48. ISSN: 1980-3923. Novo Hamburgo: RS

FATIN-CRUZ, I.; PEDROLLO, O.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; HAMILTON, S.K. **Effects of a diversion hydropower facility on the hydrological regime of the Correntes River, a tributary to the Pantanal floodplain, Brazil.** Amsterdam. Journal of Hydrology v.531, n. 3, p. 810 - 820. dec 2015.

FIEDLER, N. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; Guimarães, P. P.; ALVES, R. T.; WANDERLEY, F. B.; OLIVEIRA, J. G. L.; MORA, R. **Influência da massa específica aparente da madeira no ruído produzido durante o processamento secundário: estudo de caso.** Floresta, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 401-408, abr./jun. 2009.

FILIFE, A.P., SILVA, J.R.M., TRUGILHO, P.F., FIEDLER, N.C., RABELO, G.F., & BOTREL, Douglas Alvarenga. **Avaliação de ruído em fábricas de móveis.** Revista Cerne, Lavras, 551-556, 2014.

LUCAS FILHO, F. C.; BOEHS, L. **Usinagem da madeira na indústria de móveis.** Revista da Madeira, Curitiba, n. 108, out. 2007. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1162](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1162)>. Acesso em: 25 jan. 2019.

FERRARESI, D. **Fundamentos da Usinagem dos Metais.** São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1977. 927 p.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M.; BARRICHELO, L.E.G. 1971. **Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas.** Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2/3:67-74.

FUNDACENTRO, **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído: norma de higiene ocupacional 01: procedimento técnico.** São Paulo, 2001. 41 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 05 fev. 2019.

IIDA, I. **Ergonomia.** Projeto e Produção. São Paulo: Ed. Edgard Blucher LTDA, 1990.

GONCALVES, M. T. T. **Processamento da madeira.** 1.edição. Editora: Bauru, 2000.

LIMA, J. T.; MENDES, L. M. **Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras em trinta e duas cidades de Minas Gerais.** Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 19, n. 2, p. 272-276, 1995.

MATTOS, B.D.; GATTO, D.A.; STANGERLIN, D.M.; CALEGARI, L.; MELO,R.R.; SANTINI, E.J. **Variação axial da densidade básica da madeira de três espécies de gimnospermas.** Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.6, n.1, p. 121-126, 2011.

MELO, R.R.; PAES, J.B.; LIMA, C.R.; FERREIRA, A.G. **Estudo da variação radial da densidade básica de sete madeiras do semiárido.** Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, v.4, n.07, p. 1-8, 2006.

OGIDO, R. C.; Costa A. E.; Machado C. H. **Prevalência de sintomas auditivos e vestibulares em trabalhadores expostos a ruído ocupacional.** Rev. Saúde Pública [online]. 2009, vol.43, n.2, p. 377-380. Disponível em: <tp://www.scielosp.org/pdf/rsp/v43n2/7239.pdf> Acesso em: jan 2019

OLIVEIRA, S. G. **Proteção jurídica à saúde do trabalhador**. 4. ed. São Paulo: LTr, 2002, 333p.

**R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 01 fev. 2019.

SALIBA, TUFFI MESSIAS. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional**. 1ª Edição. São Paulo: Editora LTR, 2004.

STEWART, H. A.; POLAK, D. J. **Relating specific gravity and mechanical properties of hardwoods to machining defects**. Forest Products Journal, Medison, v. 35, n. 10, p. 69-72. 1975.

SILVA, J. R. M. **Relações da usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do *Eucalyptus grandis* Hill Ex. Maiden**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002, 179p.

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

VALÉRIO, A.F.; WATZLAWICK, L.F.; SANTOS, R.T.; SILVESTRE, R.; KOEHLER, H.S. **Determinação da densidade básica da madeira de peroba (*Aspidosperma polineuron* Muell. Arg.) ao longo do fuste**. Caatinga, v.21, n.3, p 54-58, 2008.

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for community noise**. London, UK, 1999. Disponível em: <http://www.who.int>. Acesso em: 01 fev 2019.