**A PERDA AUDITIVA EM MARCENEIROS: PROPOSTA DE UM MODELO DE PREDIÇÃO COMO FERRAMENTA DE PREVENÇÃO**

JESIMIEL PINHEIRO CAVALCANTE1, ROBSON DA SILVA MAGALHÃES 2, AMANDA THAIS P.C CAVALCANTE3, WALCLER DE LIMA MENDES JUNIOR4 JESANA BATISTA PEREIRA5,

1Doutorando SOTEPP-UNIT-AL, Prof. do IFAL, jesimielpinheiro@ifalpalmeira.edu.br;

2Dr. em Eng. Industrial UFBA, Prof. Adj. UFSB, robson.magalhaes@gfe.ufsb.edu.br;

3Doutor em Planejamento Urbano e Regional (UFRJ), Prof. SOTEPP -UNIT-AL, walclerjunior@hotmail.com walclerjunior@hotmail.com ;

4 Pós-Doutorado em Estudos Interdisciplinares sobre Mulheres, Gênero e Feminismo UFBA, [jesana.batista@souunit.com.br](mailto:jesana.batista@souunit.com.br);

5 Especialista em Enfermagem do Trabalho pelo Universidade Cândido Mendes, amandathais1982@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

15 a 17 de setembro de 2021

**RESUMO**: Na atividade de marcenaria, são utilizadas diversas máquinas e equipamentos que produzem ruídos. Esses ruídos podem atingir níveis excessivos, podendo provocar sérios prejuízos à saúde, dependendo do tempo de exposição e do nível de ruído ao qual um trabalhador está exposto, bem como da sensibilidade ao ruído de cada indivíduo. A Perda Auditiva Induzida por Níveis de Pressão Sonora Elevados (PAINPSE) e os problemas associados a ela, podem se manifestar imediatamente ou gradualmente. Como existe uma escassez nos dados sobre exposição ao ruído e adoecimento, este estudo tomou como base para a metodologia marcenarias do município de Palmeira dos Índios – Alagoas, com análise de exames de audiometria em 24 trabalhadores. A partir destes dados, foi elaborada uma estrutura de modelo baseada na Regressão Linear Múltipla (RLM) com a predição do Limiar Auditivo (LA), em função do Tempo Total de Exposição na Função (TE), bem como da Idade Biológica (IB). A partir da RLM, é apresentado um modelo de predição matemática que poderá servir como ferramenta de apoio a programas de prevenção de PAINPSE em trabalhadores de marcenarias. A utilização do modelo matemático poderá ser um instrumento para a redução do adoecimento auditivo, melhoria da qualidade de vida no trabalho e a melhora na produtividade das marcenarias.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perda auditiva. Prevenção. Ruído, Riscos.

**ABSTRACT**: In the woodworking activity, several machines and equipment that produce noise are used. These noises can reach excessive levels and can cause serious damage to health, depending on the time of exposure and the level of noise to which a worker is exposed, as well as the sensitivity to noise of each individual. High Sound Pressure Induced Hearing Loss (PAINPSE) and the problems associated with it may manifest immediately or gradually. As there is a scarcity of data on exposure to noise and illness, this study was based on the methodology of woodworking in the municipality of Palmeira dos Índios – Alagoas, with analysis of audiometry tests in 24 workers. From these data, a model structure based on Multiple Linear Regression (MLR) was elaborated with the prediction of the Auditory Threshold (AT), as a function of the Total Time of Exposure in the Function (ET), as well as the Biological Age (BI). From the RLM, a mathematical prediction model is presented that can serve as a tool to support PAINPSE prevention programs in carpentry workers. The use of the mathematical model can be an instrument for the reduction of hearing sickness, improvement of the quality of life at work and the improvement in the productivity of carpentry.

**KEYWORDS**: Hearing loss. Prevention. Noise, Risks.

**INTRODUÇÃO**

As atividades de marcenarias utilizam diversas máquinas e equipamentos em seus processos, estas, quando utilizadas, expõem os marceneiros à diversos fatores de riscos de doenças e acidentes. O ambiente de trabalho em marcenaria oferece uma série de riscos à saúde (MEIRA et al., 2012). Conforme o Anexo II da Norma Regulamentadora 7 (NR-7), são considerados sugestivos de Perda Auditiva Induzida por Níveis de Pressão Sonora Elevados (PAINPSE) os casos cujos audiogramas, nas frequências de 3000 e ou 4000 e ou 6000 Hz, apresentem Limiar Auditivo (LA) acima de 25 dB (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2011). A segurança do trabalho busca entender os fatores físicos, químicos e biológicos e as interações desses fatores no processo que produz o acidente e tem como princípio: prevenir através de medidas antecipadas a integridade física do trabalhador (SOUZA, 2017). Segundo o relatório do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), divulgado no final de 2015, o Brasil é o 3º país do mundo com mais registros de mortes por acidentes e doenças de trabalho (SILVA et al., 2015). Para Quirino (2017), a preocupação com estes dados em relação à segurança e saúde do trabalho tem assumido relevância nas atividades industriais, devido ao elevado número de acidentes e doenças do trabalho. Como os marceneiros trabalham com ferramenta e equipamentos que emitem ruídos, o risco de contrair a doença do trabalho Perda Auditiva Induzida por Níveis de Pressão Sonora Elevados (PAINPSE) é muito grande. Segundo Santos & Almeida (2015), os marceneiros estão expostos em suas atividades ao contato com máquinas perigosas que emitem em outros agentes de riscos, o ruído, que pode levar a PAINPSE. A indústria concentra os processos de trabalho mais comumente vinculados à exposição prolongada de trabalhadores ao ruído devido ao uso de máquinas e equipamentos que podem levar a perda auditiva (CAVALCANTE; FERRITE; MEIRA, 2012). O adoecimento através da exposição indevida ao ruído tem como consequências além da [PAINPSE](#_bookmark42), outros problemas de saúde como: doenças de ordem psicológica, incômodo, estresse, distúrbios na comunicação e no desempenho de tarefas mentais (SILVA, 2013). A vida social dos marceneiros também é afetada em decorrência da PAINPSE, na qual atividades como atenção ao dirigir veículos e a comunicação no dia a dia sofrem mudanças. Desta forma, este artigo propõe um modelo para auxiliar a previsão de PAINPSE em marceneiros e fornecer subsídio para tomada de decisão para a implantação de medidas preventivas.

**MATERIAL E MÉTODOS**

A presente pesquisa tem como metodologia uma pesquisa de campo de caráter quantitativo, exploratório através de exames audiométricos em 24 marceneiros e ajudantes de marcenaria que trabalham em 12 das 17 pequenas marcenarias no município de Palmeira dos Índios-Alagoas. Foram realizadas 24 audiometrias, na qual nenhum tipo de identificação dos respondentes será divulgado conforme combinado com cada participante, que participaram de forma voluntária, cumprindo as recomendações da Resolução 510/2016(MINISTÉRIO DA SAÚDE-MS, 2016).

A partir dos resultados apresentados nos laudos, construiu-se a T[abela 01](#_bookmark162) que registra os valores dos [Limiares Auditivos ( LA](#_bookmark19)s), tanto para a Orelha direita ([OD](#_bookmark39)), como para a Orelha esquerda ([OE](#_bookmark40)) de cada trabalhador. Os resultados são apresentados para as frequências 3.000 ou 4.000 ou 6.000 Hz, bem como o respectivo Tempo Total de Exposição na Função ([TE](#_bookmark53)) e a [IB](#_bookmark17) do trabalhador.

Tabela 01 – Resultados dos Limiares Auditivos em dB

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Trabalhador | TE  (anos) | Idade  ( anos) | Orelha Direita | | | Orelha Esquerda | | |
| Frequência | | | | | |
|  | TE(Anos) | Idade ( Anos) | 3kHz | 4kHz | 6kHz | 3kHz | 4kHz | 6kHz |
| 1 | 1 | 19 | 15 | 15 | 25 | 10 | 10 | 15 |
| 2 | 7 | 33 | 15 | 15 | 20 | 10 | 5 | 10 |
| 3 | 23 | 40 | 25 | 35 | 30 | 25 | 40 | 40 |
| 4 | 25 | 38 | 25 | 40 | 25 | 25 | 35 | 30 |
| 5 | 26 | 40 | 15 | 40 | 20 | 20 | 35 | 10 |
| 6 | 27 | 46 | 30 | 45 | 55 | 45 | 35 | 40 |
| 7 | 24 | 49 | 15 | 20 | 25 | 30 | 20 | 40 |
| 8 | 26 | 43 | 45 | 50 | 50 | 55 | 50 | 55 |
| 9 | 25 | 44 | 20 | 15 | 45 | 20 | 25 | 20 |
| 10 | 3 | 21 | 20 | 20 | 25 | 10 | 20 | 20 |
| 11 | 30 | 43 | 40 | 55 | 30 | 55 | 55 | 55 |
| 12 | 29 | 45 | 45 | 50 | 40 | 60 | 45 | 50 |
| 13 | 2 | 20 | 15 | 15 | 10 | 15 | 20 | 15 |
| 14 | 7 | 27 | 20 | 25 | 20 | 15 | 25 | 20 |
| 15 | 27 | 43 | 40 | 50 | 45 | 30 | 35 | 40 |
| 16 | 35 | 58 | 50 | 65 | 40 | 35 | 40 | 45 |
| 17 | 29 | 45 | 40 | 50 | 35 | 35 | 45 | 30 |
| 18 | 30 | 46 | 35 | 45 | 40 | 35 | 35 | 40 |
| 19 | 19 | 36 | 35 | 40 | 35 | 30 | 35 | 30 |
| 20 | 8 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 25 | 15 |
| 21 | 12 | 30 | 25 | 30 | 30 | 35 | 30 | 35 |
| 22 | 15 | 35 | 30 | 35 | 35 | 35 | 40 | 35 |
| 23 | 11 | 25 | 25 | 30 | 25 | 25 | 25 | 30 |
| 24 | 20 | 40 | 35 | 40 | 35 | 40 | 45 | 40 |

Fonte: o autor

Após a construção da Tabela 1, com o auxílio do *software* Minitab foram realizadas com base na Regressão Linear Múltipla (RLM) para a predição do Limiar Auditivo (LA), em função do Tempo Total de Exposição na Função (TE), bem como da Idade Biológica (IB). Foram analisados os pressupostos de normalidade, homoscedasticidade, multicolinearidade que foram atendidas para a construção final do modelo.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na análise dos dados ([Tabela 2](#_bookmark166)), verifica-se uma média correlação entre o [TE](#_bookmark53) e o [LA](#_bookmark19), tanto na orelha esquerda quanto na orelha direita, sendo mais representativa na frequência de 4000 Hz, com *ρ* de 0*,*663 na orelha direita. Entre a [IB](#_bookmark17) e o [LA](#_bookmark19) existe uma correlação média, sendo que a frequência de 4000 Hz é a mais representativa na orelha direita com *ρ* de 0*,*606. O *p*-valor foi inferior a 0*,*05 quando consideradas todas as variáveis.

Tabela 2 – Correlação de Pearson

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Frequência | Orelha | Correlação com o LA | | | |
| TE (anos) | | Idade (anos) | |
| Pearson | p-valor | Pearson | p-valor |
| 3(kHz) | Direita | 0,545 | 0,006 | 0,505 | 0,012 |
| Esquerda | 0,537 | 0,007 | 0,484 | 0,017 |
| 4(kHz) | Direita | 0,663 | 0,002 | 0,606 | 0,002 |
| Esquerda | 0,569 | 0,004 | 0,529 | 0,008 |
| 6(kHz) | Direita | 0,597 | 0,002 | 0,604 | 0,002 |
| Esquerda | 0,512 | 0,010 | 0,485 | 0,016 |

Fonte: o autor

A correlação de Pearson entre variáveis de entrada e de saída estão demonstrados na ([Tabela 3](#_bookmark178)), com uma forte correlação entre a variável de saída e as de entrada, sendo 0,929 entre a variável de entrada TE e a de saída LA, e 0,877 entre a variável de entrada IB e a de saída LA.

Tabela 3 – Correlação de Pearson

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Variável de saída | Correlação | Variáveis de entrada | |
| TE (anos) | Idade (anos) |
| LA (anos) | Pearson | 0,929 | 0,877 |
| p-valor | 0,000 | 0,000 |

Fonte: O Autor

Neste modelo foi aplicado a restrição dos modos de falhas não significantes utilizando a correlação entre as variáveis de saída e entrada. Na ([Tabela 4](#_bookmark203)), foi verificado o *p*-valor da [IB](#_bookmark17) de 0*,*620 superior a 0*,*05, constatando que os valores do *V IFj*  estão abaixo de abaixo de 10, demonstrando uma possível não dependência entre as variáveis independentes IB x LA, porém para ser descartada necessita de outras analises não realizadas neste estudo.

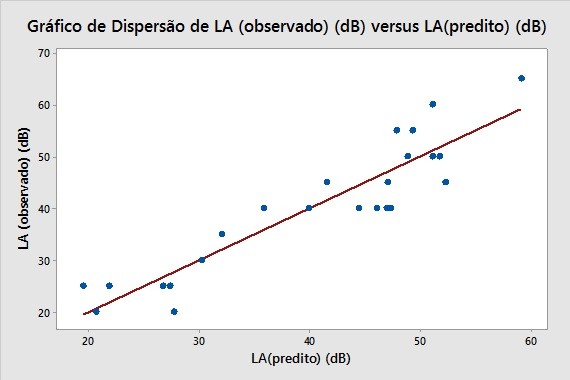
Tabela 4 – Fator de inflação da variância

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Variável Preditoras | Coeficiente | VIF | p-valor |
| TE (anos) | 0,328 | 9,78 | 0,007 |
| Idade (anos) | 0,332 | 9,78 | 0,620 |

Fonte: O Autor

[Na Figura 2 é](#_bookmark206) mostrada uma comparação dos valores preditos do [LA](#_bookmark19) respectivamente, pelos valores observados com as variáveis de entrada [IB](#_bookmark17) e [TE](#_bookmark53). Os valores preditos estão dispostos em linha diagonal, indicando uma linearidade satisfatória, ou seja, as previsões dos [LA](#_bookmark19)s, estão se aproximando dos valores reais observados nas audiometrias.

Figura 2 – Valores preditos x valores observados



Fonte: O Autor

Verifica-se na ([Tabela 5](#_bookmark205)) que o coeficiente de determinação múltipla R2, apresentou um valor de 84,65 %, isto implica que 84,65 % das variações no LA pode ser explicado através das variáveis independentes que constam no modelo. A mesma análise pode ser feita para a avaliação do R2aj que apresentou um valor de 83,19 %.

Tabela 5 – Análise dos coeficientes de [RLM](#_bookmark48)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Modelo | *R*2 | *R*2  *aj* | p-valor |
| LA | 84,65 | 83,19 | 0,000 |

Fonte: O Autor

Levando em consideração as duas variáveis de entrada [TE](#_bookmark53) e [IB](#_bookmark17), obtivemos o seguinte modelo para predição do [LA:](#_bookmark19)

*LA = 15, 37 + 0, 970 · TE + 0, 167 · IB, eq* (1,0)

onde *TE* é o tempo de exposição ao ruído na função de moveleiro, *IB* é a idade biológica do trabalhador e *LA* é o Limiar auditivo que indica a sugestão de PAINPSE, quando acima de 25 dB. O modelo apresentado demonstra que as variáveis [TE](#_bookmark53) e [IB](#_bookmark17) são significativas para a predição da PAINPSE, sendo a variável [TE](#_bookmark53) mais significativa. Verifica-se que linearmente há um aumento de [LA](#_bookmark19) com o aumento do [TE](#_bookmark53). A variável [IB](#_bookmark17) fornece resultados divergentes para amostras com o mesmo [TE](#_bookmark53) porém com [IB](#_bookmark17) diferentes, demonstrado que quanto maior a [IB,](#_bookmark17) maior a tendência de aumento do LA[.](#_bookmark19)

**CONCLUSÃO**

O modelo proposto foi devidamente analisado estatisticamente, onde ficou demonstrado a proximidade entre valores preditos e valores reais observados. Comprovando a hipótese de predição de PAINPSE e que o modelo proposto é adequado para a situação. A análise demonstrou que as variáveis independentes Idade Biológica ( IB) e Tempo Total de Exposição na Função (TE) apresentaram significância no modelo atendendo a todos os pressupostos de RLM de Normalidade, Linearidade, Multicolinearidade, Homocedasticidade, fator de inflação da variância, Correlação de Pearson. O uso deste modelo poderá auxiliar na tomada de decisão quanto a mudança de postura na exposição ao ruído.

**REFERÊNCIAS**

CAVALCANTE, F.; FERRITE, S.; MEIRA, T. C. Exposição ao Ruído na Indústria. n. 1, p. 1364–1370, 2012.

MEIRA, T. C. et al. Exposição ao ruído ocupacional: reflexões a partir do campo da Saúde do Trabalhador. **InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 26–45, 2012.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora n.7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. n. 7, p. 1–16, 2011.

QUIRINO, R. Ergonomia, Saúde e Segurança no Trabalho: Interseccionalidade com as Relações de Gênero. **Revista CIENTEC**, v. 9, n. 3, p. 51–66, 2017.

SANTOS, M.; ALMEIDA, A. Principais riscos e fatores de risco ocupacionais dos marceneiros e carpinteiros, bem como doenças profissionais associadas e medidas de proteção recomendadas. **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional**, 2015.

SILVA, A. DA et al. **Saúde e Segurnaça do Trabalho na Construção Civil Brasileira**. Aracajú: J. Andrade, 2015.

SILVA, J. A. R. DE O. A flexibilização da jornada de trabalho e seus reflexos na saúde do trabalhador. **Revista do Tribunal Regional do Trabalho da 15a Região**, n. 42 jan./jun., p. 127–156, 2013.

SOUZA, M. DA S. **A Engenharia de Segurança do Trabalho em uma empresa de Cacoal: empresa no segmento de pré-moldados em concreto.2017. 86f.Trabalho de Conclusão de Curso.** , 2017.