

# Estudo Comparativo entre os Fatores de Duplicação da Dose de Ruído Q5 e Q3

CRETON, S.M.\*;

\*Engenheira Mecânica e de Segurança do Trabalho, ASTEC, Belo Horizonte, MG, suelencreton@gmail.com

## Resumo

O presente artigo propôs um estudo da interferência dos fatores de duplicação da dose 3 e 5 na dosimetria ocupacional de ruído. Com avaliações de ruídos realizadas em exposições ocupacionais diferentes, avaliando situações onde a variação do ruído durante a jornada de trabalho aconteça de forma significativa e em situações onde a exposição ao ruído seja praticamente constante, pôde-se realizar uma comparação nos resultados obtidos. Dessa forma, foi possível definir por uma análise estatística, qual fator de duplicação da dose é mais preventivo em relação à saúde do trabalhador e em quais situações a diferença obtida entre as dosimetrias realizadas com fator de duplicação da dose 3 e 5 é mais significativa.

**Palavras-chave:** Fator de duplicação da dose, dosimetria de ruído, avaliação ocupacional, decibéis.

## 1. INTRODUÇÃO

A avaliação da exposição ocupacional ao ruído está regulamentada pela Portaria 3.214 de 1978, na norma regulamentadora (NR) 15, nos anexos 1 e 2, sendo também contextualizada na norma regulamentadora NR 09, onde há a exigência de ações quando a dose de ruído for superior a 0,5, ou seja, quando um nível equivalente de ruído Leq for superior a 80dB.

A NR 15 define como limite de tolerância a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com natureza e o tempo de exposição ao agente que não causará danos a saúde do trabalhador durante sua vida laboral. A “*American Conference Governamental Industrial Hygienists – ACGIH et al. (2013)* estabelece que o limite de tolerância para o ruído não protege todos os trabalhadores dos efeitos da exposição ao ruído, tal limite visa apenas a proteger a maioria dos trabalhadores de forma que a perda auditiva média produzida pelo ruído nas frequências de 500, 1000 e 3000 Hz, durante 40 anos de exposição, não exceda a 2dB”.

Segundo a NHO 01 da Fundacentro, o fator de duplicação da dose é o incremento em

decibéis que quando adicionado a um determinado nível implica a duplicação da dose de exposição ou redução pela metade do tempo máximo de exposição.

## 2. RUÍDO

Embora seja comum relacionar o mesmo conceito de som, ao conceito de ruído, estes são diferentes. Deste modo, pode-se dizer que o som e ruído não são sinônimos. “(...) Um ruído é apenas um tipo de som, mas um som não é necessariamente um ruído. O conceito de ruído é associado a som desagradável e indesejável (...)” (GERGES *et al.*, 2000).

De acordo com “Saliba *et al.* (2011) do ponto de vista da Higiene do Trabalho, o ruído é o fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variações de pressão (no caso, ar) em função frequência, isto é, para uma dada frequência podem existir, em forma aleatória através do tempo, variações de diferentes pressões”.

## 2.1 Decibel

De acordo com “Saliba *et al.* (2011), o nível de pressão sonora determina a intensidade do som e representa a relação do logaritmo entre a variação da pressão (P) provocada pela vibração e a pressão que atinge o limiar da audibilidade”.

O nível de pressão sonora é expresso em decibéis. Para “Gerges *et al.* (2000) um decibel (1dB) é a menor variação que o ouvido pode perceber”.

## 2.2 Dose de ruído ou efeitos combinados

O anexo 1 da NR-15 determina que na exposição diária a diferentes níveis de ruído, devem ser considerados os efeitos combinados. Esse efeito combinado ou dose equivalente é definido como a soma das seguintes frações:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde:

C<sub>n</sub> – indica o tempo total em que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico;

T<sub>n</sub> – indica a máxima exposição de área permissível a este nível, segundo o quadro 1 da limites de tolerância constante na NR-15, anexo 1.

A tabela a seguir apresenta os limites de tolerância para ruído contínuo ou permanente conforme anexo 1 da NR-15.

**Tabela 1:** Limites de tolerância para ruído contínuo ou permanente

Nível de Ruído dB(A)	Máxima Exposição Diária Permissível
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, 1978

A determinação da dose ou efeito combinado e o nível equivalente de ruído devem ser feitos, preferencialmente, por meio de medidores integrados de uso pessoal (dosímetros de ruído). Este equipamento deve ser configurado de acordo com as exigências do critério estabelecido na NR-15, ou seja, jornada de trabalho de 8 horas, dose 100% ou 1 para 85 dB (A) fator de duplicação da dose igual a cinco. Já norma de higiene ocupacional - NHO 01 da FUNDACENTRO recomenda o fator de duplicação três.

## 2.3 Fator de duplicação da dose

“(…)O fator de duplicação da dose é o incremento em decibéis que quando adicionado a um determinado nível, implica a duplicação da dose de exposição ou a redução para a metade do tempo máximo permitido (...) (FUNDACENTRO, NHO 01)”. A NR 15, em seu anexo 1, utiliza o fator de duplicação da dose igual a 5, já a NHO-01 e a ACGIH, utilizam o fator igual a 3. Para exemplificar o conceito acima, segue a tabela 2 demonstrativa das relações entre limite de tolerância por tempo de exposição para cada um dos incrementos:

**Tabela 2:** Relação entre limite de tolerância por tempo de exposição

Decibéis	Máxima exposição diária permissível Q5	Decibéis	Máxima exposição diária permissível Q3
90	4	88	4
85	8	85	8
80	16	82	16
75	32	79	32

Fonte: NR-15, NHO-01

## 2. Nível equivalente de ruído (Leq ou Lavg)

De acordo com “Saliba *et al.* (2013), o Leq (equivalent level) ou Lavg (Average level) é definido como nível médio em determinado período da medição de ruído”.

O Leq ou Lavg para o fator de duplicação da dose igual a 5.0 (cinco) é calculado por meio da seguinte equação:

$$\text{Leq ou Lavg} = 16,61 \log \frac{D \times 8}{T} + 85 \quad [\text{Eq. 2}]$$

Onde:

D – dose de ruído fornecida pelo dosímetro durante o período de medição  
T – tempo de medição

Para o fator de duplicação da dose igual a 3,0 (três) o cálculo é feito pela equação a seguir:

$$\text{Leq ou Lavg} = 10 \log \frac{D \times 8}{T} + 85 \quad [\text{Eq. 3}]$$

“(…) Deve-se estar atento ao seguinte detalhe: alguns dosímetros utilizam a nomenclatura Leq, quando o incremento de duplicação da dose utilizado é 3 (NHO 01), enquanto para o fator de duplicação da dose 5 (NR 15, anexo 1) o resultado é expresso em Lavg. Desse modo, é importante analisar os parâmetros de cada tipo e modelo de dosímetro, visando a interpretação correta e cada parâmetro em consonância com as normas técnicas,

especialmente aquelas previstas na legislação pertinente (...) (SALIBA *et al.*, 2013)”.

## 2.6 TWA (Time Weighted Average)

Segundo a Occupational Safety and Health Administration (OSHA), o TWA é o nível de ruído média ponderada no tempo para oito horas.

## 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada em oficinas e tecelagens. Trata-se de uma pesquisa quantitativa, uma vez que foram realizadas cinco medições de ruído com aparelho instalado ao nível auditivo do trabalhador em oficinas e cinco medições em tecelagens, para apuração dos níveis de ruído que os trabalhadores ficam expostos durante a jornada de trabalho de 8 horas. Para “Sabino *et al.* (1996) a análise quantitativa se efetua com toda informação numérica resultante da investigação, que se apresentará como um conjunto de quadros, tabelas e medidas”.

O tipo da pesquisa será quanto aos fins descritiva e quanto aos meios uma pesquisa de campo. De acordo com “Vergara *et al.*, (1998), a pesquisa descritiva é aquela que tem como objetivo principal esclarecer quais fatores contribuem, de alguma forma, para a ocorrência de determinado fenômeno”. Quanto à pesquisa de campo “Vergara *et al.*, (1998) define que é aquela realizada onde ocorre o fenômeno que dispõe dos elementos para explicá-lo”.

### 3.1 Metodologia, forma de avaliação e instrumentação

A metodologia utilizada para a avaliação do ruído foi baseada nas normas NR-15 e NHO-01 FUNDACENTRO.

As medições foram realizadas com dosímetro WED, conforme as especificações da ANSI S1.25-1991. Esse instrumento foi calibrado no campo, utilizando-se calibrador acústico, de

acordo com as especificações da Norma ANSI S1.25-1991.

Foram selecionadas as funções de mecânico e tecelão para a realização das avaliações. As medições foram realizadas em horário normal de trabalho. As datas das medições são aleatórias, abrangendo um período de tempo de quatro anos (2012 a 2016).

### 3.2 Procedimentos gerais de medição

Conforme orientações contidas na norma (FUNDACENTRO, NHO 01) os equipamentos de medição, quando em uso, devem estar calibrados e em perfeitas condições eletromecânicas. Antes de iniciar as medições deve-se:

- i) Verificar a integridade eletromecânica e coerência na resposta do instrumento;
- ii) Verificar as condições de carga das baterias;
- iii) Ajustar os parâmetros de medição, conforme o critério a ser utilizado;
- iv) Efetuar a calibração de acordo com as instruções do fabricante

Ainda conforme as mesmas orientações as medições devem ser feitas com o microfone posicionado dentro da zona auditiva do trabalhador, de forma a fornecer dados representativos da exposição ocupacional diária ao ruído a que está submetido o trabalhador no exercício de suas funções.

No caso de medidores de uso pessoal, o microfone deve ser posicionado sobre o ombro, preso na vestimenta, dentro da zona auditiva do trabalhador.

Quando forem identificadas diferenças significativas entre os níveis de pressão sonora que atingem os dois ouvidos, as medições deverão ser realizadas do lado exposto ao maior nível.

O direcionamento do microfone deve obedecer às orientações do fabricante, constantes do manual do equipamento, de forma a garantir a melhor resposta do medidor.

O posicionamento e a conduta do avaliador não devem interferir no campo acústico ou nas condições de trabalho, para não falsear os resultados obtidos. Se necessário, deve ser utilizada a avaliação remota, por meio do uso de cabo de extensão para o microfone, a fim de permitir leitura à distância.

Antes de iniciar a medição o trabalhador a ser avaliado deve ser informado:

- i) Do objetivo do trabalho;
- ii) Que a medição não deve interferir em suas atividades habituais, devendo manter a sua rotina de trabalho;
- iii) Que as medições não efetuam gravação de conversas;
- iv) Que o equipamento ou microfone nele fixado só pode ser removido pelo avaliador;
- v) Que o microfone nele fixado não pode ser tocado ou obstruído;
- vi) Sobre outros aspectos pertinentes.

Os dados obtidos só serão validados se, após a medição, o equipamento mantiver as condições adequadas de uso. Deverão ser invalidados, efetuando-se nova medição, sempre que:

- i) A aferição da calibração acusar variação fora da faixa tolerada de  $\pm 1$  dB;
- ii) Nível de tensão de bateria estiver abaixo do mínimo aceitável;
- iii) Houver qualquer prejuízo à integridade eletromecânica do equipamento.

Quando ocorrer a presença simultânea de ruído contínuo ou intermitente e ruído de impacto, a avaliação da exposição ocupacional a ruído de impacto deve ser realizada de forma independente, utilizando-se os procedimentos específicos apresentados nesta Norma (FUNDACENTRO, NHO 01).

#### 4. RESULTADOS

Os resultados e estatística obtidos nas dosimetrias de ruído com fator de duplicação 3 e 5 para as funções de mecânico e tecelão estão descritos nas tabelas 3 e 4 a seguir:

**Tabela 3:** Resultados e estatística das dosimetrias (mecânico)

Função: Mecânico		Local: Oficina	
Data da medição	TWA dB(A)		Diferença entre Q5 e Q3
	Q5	Q3	
10/11/15	77,4	82,4	5,0
15/09/16	92,5	96,2	3,7
30/09/16	89,0	93,3	4,3
21/06/16	80,3	86,6	6,3
05/10/16	88,9	94,3	5,4
Diferença média entre Q5 e Q3			4,94
Desvio padrão			1,0

Fonte: Pesquisa da autora, 2016

**Tabela 3:** Resultados e estatística das dosimetrias (tecelão)

Função: Tecelão		Local: Tecelagem	
Data da medição	TWA dB(A)		Diferença entre Q5 e Q3
	Q5	Q3	
23/09/13	101,4	101,9	0,5
28/10/14	104,7	105,3	0,6
19/04/13	102,0	102,5	0,5
16/04/13	98,4	99,1	0,7
28/08/12	103,6	103,8	0,2
Diferença média entre Q5 e Q3			0,5
Desvio padrão			0,19

Fonte: Pesquisa da autora, 2016

#### 5. CONCLUSÃO

De acordo com os dados das tabelas 3 e 4 os valores do TWA com fator de duplicação da dose igual a 3 foram superiores aqueles com fator de duplicação igual a 5. Desse modo, a dosimetria utilizando o fator de duplicação 3 é mais preventiva para a avaliação ocupacional do ruído.

A diferença média das dosimetrias realizadas com fator de duplicação Q5 e Q3 para função de mecânico foi de 4,94, enquanto para a função de tecelão foi de 0,5. Sendo assim, podemos concluir que:

- Os dados indicam que quando a variação da intensidade de ruído durante a jornada for grande, como no caso do mecânico, a diferença em dB(A) entre as dosimetrias utilizando incremento 5 e 3 serão relevantes e muito variáveis pois, o desvio padrão foi igual a 1.

- Os dados indicam que quando a intensidade do ruído não variar de forma significativa durante a jornada, como no caso do tecelão, a diferença em dB(A) entre as dosimetrias utilizando incremento 5 e 3 não serão significativas e com pouca variação.

As normas internacionais adotam a dosimetria com fator de duplicação 3. No entanto, a NR-15 que trata das atividades e operações insalubres utiliza o fator de duplicação 5. Da mesma forma a Instrução Normativa 77/2015 do INSS determina para fins de aposentadoria especial, os limites da NR-15, ou seja, fator de duplicação 5.

Portanto, é fundamental que o Ministério do Trabalho altere o anexo 1 da NR-15 de forma a adotar o fator de duplicação 3 nas dosimetrias de ruído. Esta alteração irá melhorar a prevenção dos riscos de perda auditiva, principalmente em funções onde a exposição ao ruído durante a jornada varie consideravelmente.

## REFERÊNCIAS

- ACOE. AMERICAN COLLEGE OF OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL MEDICINE. Evidence based statement. Noise induced hearing loss. **J. Occup. Environ. MEd.**; v. 45, n. 6, jun. 2003.
- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. **Threshold Limit Values**. Tradução da ABHO Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo: ABHO, 2013.
- BAMFORD, J.; SAUNDERS, E. **Hearing impairment**. Auditory perception and language disability, 2 ed. San Diego, California: Singular Publishing Group. 1991.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído, NHO 01**. Fundacentro, 2001.
- GERGES, Samir Nagi Yousri. **Ruído Fundamentos e Controle**. Florianópolis, Santa Catarina, SC, 1992.
- GERGES, Samir N. Y. **Ruído: fundamentos e controles**. 2. ed, Florianópolis, S.N.Y.Gerges, 2000.
- HYPOLITO, M. et al. Ototoxicidade da cisplatina e otoproteção pelo extrato de ginko biloba às células ciliadas externas: estudo anatômico e eletrofisiológico. **Rev Bras. Otorrinolaringol.**; v. 69, n. 4, 2003.
- KANDEL, E. R. ; SCHWARTZ J. H.; JUSSEL, T. M. **Princípios da Neurociência**. São Paulo: [s.e.], 2003.
- MAGNI, C. **Deficiência auditiva não sincrônica: avaliação genética (genes de conexinas) e fenotípica (clínica e audiológica)**. Tese de Doutorado. 161p. Universidade Federal do Paraná, 1988.
- OMC SHANE, D. P; HYDE, M. L.; ALBERTI, P. W. Tinnitus prevalence in industrial hearing loss compensation daimants. **Clin. Otol.**; v. 13, p. 323-330, 1988.
- MARCONI, Marina A. e LAKATOS, Eva M. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas 2010.
- OLIVEIRA, J. A. A. Prevenção e proteção contra perda auditiva induzida pelo ruído. In: NUDELMANN, A. A. et al. **Pair: perda auditiva induzida pelo ruído**; v. 2. Rio de Janeiro, Revinter, 2001.
- OLIVEIRA, J. A. A.; CANEDO, D. M.; ROSSATO, M. Otoproteção das células ciliadas auditivas contra ototoxicidade da amicacina. **Rev Bras. Otorrinolaringol.**; v. 68, n. 1, p. 7-13, 2002.
- SALIBA, Tufi Messias. **Manual Prático de Higiene Ocupacional e PPRA**. 3 ed. São Paulo: LTR Editora, 2011.
- SALIBA, Tufi Messias. **Manual Prático de Avaliação de Ruído e PPRA**. 7 ed. São Paulo: LTR Editora, 2013.
- SAMELLI, A. G. **Zumbido: avaliação e diagnostico e reabilitação: abordagens atuais**. São Paulo: Lovise, 2004.
- SANTOS, U. P.; SANTOS, M. P. Exposição a ruído: efeitos para a saúde e como preveni-los. **Cad. Saúde do Trabalhador**, Brasília, 2000.
- VERGARA, Sylvia Constant, **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 1998.
- VESTERAGER, V. **Tinnitus: investigation and management**; v. 314, p. 728-731, 1997.