

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

TIAGO FERNANDES ALVES DOS ANJOS

**DOSIMETRIA DE RUÍDO: COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS GERADOS A
PARTIR DE DIFERENTES PERÍODOS DE MEDIÇÃO**

CURITIBA

2013

TIAGO FERNANDES ALVES DOS ANJOS

**DOSIMETRIA DE RUÍDO: COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS GERADOS A
PARTIR DE DIFERENTES PERÍODOS DE MEDIÇÃO**

Monografia apresentada ao XXIV
Curso de Especialização em Engenharia de
Segurança do Trabalho, Departamento
Acadêmico de construção Civil, Universidade
Tecnológica Federal do Paraná, como requisito
parcial para a obtenção do título de Engenheiro
de Segurança do Trabalho em 2013.

Orientador: Professor Dr. Rodrigo Eduardo
Catai

CURITIBA

2013

TIAGO FERNANDES ALVES DOS ANJOS

**DOSIMETRIA DE RUÍDO: COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS
GERADOS A PARTIR DE DIFERENTES PERÍODOS DE MEDIÇÃO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai (Orientador)
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2013

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação

Dedico este trabalho a meus pais e amigos que me incentivaram e estiveram ao meu lado nos bons e maus momentos e à minha vó a qual sempre me apoiou

AGRADECIMENTOS

Aos meus colegas de pós-graduação que tornaram um período de longa dedicação em algo divertido.

Agradeço primeiramente e principalmente a senhora Eliana Fernandes Alves dos Anjos, minha mãe, por todo apoio, dedicação e compreensão.

Agradeço aos meus colegas de pós-graduação que sempre estiveram dispostos a me ajudar e contribuir com sua experiência para meu aprendizado.

Ao professor NARUMI por toda ajuda e disposição prestada nas classes e fora dela.

Ao meu professor orientador Rodrigo Eduardo Catai por toda a ajuda e orientação na área e no trabalho aqui apresentado.

“A felicidade não se resume na ausência de problemas, mas sim na sua capacidade de lidar com eles.”

Albert Einstein.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	JUSTIFICATIVA	18
1.2	OBJETIVOS	19
2.1.1	Objetivo Geral	208
2.1.1	Objetivos específicos.....	208
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	DEFINIÇÃO DE SOM.....	20
2.1.1	Frequência	20
2.1.2	Intensidade.....	21
2.1.3	Timbre	21
2.2	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (NPS).....	22
2.3	CONCEITO DE RUÍDO	22
2.4	RUÍDO DE IMPACTO, CONTÍNUO OU INTERMITENTE.....	23
2.5	DOSE DE EXPOSIÇÃO	24
2.6	TAXA DE DUPLICAÇÃO DA DOSE (EXCHANGE RATE).....	25
2.7	CIRCUITOS DE COMPENSAÇÃO.....	27
2.8	CRITÉRIO DE REFERÊNCIA	28
2.9	NÍVEL DE EXPOSIÇÃO (NE).....	29
2.10	NÍVEL DE EXPOSIÇÃO NORMALIZADO (NEN).....	30
2.11	LIMIAR DA AUDIÇÃO E LIMAR DA DOR	31
2.12	CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO OCUPACIONAL	32
2.12.1	Efeitos extra-auditivos causados pelo ruído	33
2.12.1.1	Distúrbios de comunicação	33
2.12.1.2	Distúrbios do sono.....	34
2.12.1.3	Distúrbios Vestibulares.....	35
2.12.1.4	Distúrbios comportamentais.....	35
2.12.1.5	Distúrbios digestivos	36
2.12.1.6	Distúrbios Neurológicos	36
2.12.1.7	Distúrbios Cardiovasculares.....	37
2.12.1.8	Distúrbios Hormonais	37
2.12.1.9	Distúrbios circulatórios	37
2.12.2	Efeitos auditivos da exposição ao ruído ocupacional.....	38
2.12.2.1	Perda auditiva induzida pelo ruído	38

2.12.2.2	Mudanças temporárias no limiar de audição.....	39
2.12.2.3	Trauma acústico.....	39
2.13	LEIS E NORMAS RELACIONADAS À EXPOSIÇÃO AO RUÍDO	39
2.13.1	Norma Regulamentadora nº 15 do MTE.	40
2.13.2	Norma de Higiene Ocupacional NHO 01.....	41
2.14	AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO EM AMBIENTE OCUPACIONAL ..	42
2.14.1	Dosimetria de ruído	42
2.14.2	Avaliação através de medidores integradores utilizados pelo avaliador	44
2.14.3	Avaliação da exposição ao ruído com utilização de medidor de leitura instantânea.....	45
2.14.4	Avaliação a exposição ocupacional ao ruído de impacto	46
3	Metodologia	48
3.1	EMPREENHIMENTO ESTUDADO	48
3.2	MATERIAIS	48
3.3	AVALIAÇÃO DO RUÍDO OCUPACIONAL	49
3.4	METODOLOGIA DE ANÁLISE DA DIFERENÇA ENTRE OS RESULTADOS.....	52
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	54
4.1	SETOR CHAPARIA.....	54
4.2	SETOR FERRAMENTARIA/MANUTENÇÃO	56
4.3	SETOR PRODUÇÃO	58
4.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	60
5	CONCLUSÕES	62
	REFERÊNCIAS.....	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- SI** – Sistema Internacional de Unidades – Sistema internacional que padroniza as unidades utilizadas para quantificar um elemento.
- Pa** – Unidade utilizada para quantificar pressão. Um Pascal pode ser definido, também, como a força exercida de um Newton em uma superfície de um metro quadrado.
- N/m²** - Pode ser definido como um Pascal e representa a força exercida de um Newton em uma superfície de um metro quadrado.
- NHO** – Norma de higiene Ocupacional – Publicadas pela FUNDACENTRO as normas de higiene ocupacional visam estabelecer e padronizar procedimentos para a avaliação ambiental dos agentes que podem vir a trazer danos aos trabalhadores.
- SESI** – Serviço Social da Indústria - entidade de direito privado, nos termos da lei civil, estruturada em base federativa para prestar assistência social aos trabalhadores industriais e de atividades assemelhadas em todo o país.
- CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente - Órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA. Estabelece diretrizes, cria resoluções e atua em outras áreas relacionadas ao meio ambiente.
- CONTRAN** - Órgão máximo normativo, consultivo e coordenador da política nacional de trânsito, competente do Sistema Nacional de Trânsito (SNT), responsável pela regulamentação do Código de Trânsito Brasileiro (CTB).
- ANAC** – Agência Nacional de Aviação Civil - Agência reguladora federal cuja responsabilidade é supervisionar a atividade de aviação civil no Brasil, tanto no que toca seus aspectos econômicos quanto no que diz respeito à segurança técnica do setor.
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Órgão responsável pela normalização técnica no país, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro.
- INSS** – Instituto Nacional do Seguro Social - autarquia competente no Brasil para o recebimento de contribuições para a manutenção do Regime Geral da Previdência social, sendo responsável pelo pagamento da aposentadoria,

pensão por morte, auxílio doença, auxílio acidente, entre outros benefícios previstos em lei.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	COMPORTAMENTO DO RUÍDO DE PICO.....	24
FIGURA 2 -	NÍVEL DE PRESSÃO SONORA X LIMIARES DA AUDIÇÃO E DA DOR X EXEMPLOS DE ATIVIDADES.	32
FIGURA 3 -	DOSÍMETRO DE RUÍDO.....	43
FIGURA 4 -	MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA EM LEITURA INSTANTANEA	45
FIGURA 5 -	DOSÍMETRO DE RUÍDO UTILIZADO NAS AVALIAÇÕES	48
FIGURA 6 -	DEMONSTRATIVO DO CRITÉRIO DE REFERENCIA, TAXA DE DUPLICAÇÃO DA DOSE E CIRCUITO DE RESPOSTA NAS CONFIGURAÇÕES DO MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA.	49
FIGURA 7 -	LOCALIZAÇÃO DA POSIÇÃO DO MICROFONE DO DOSÍMETRO DE RUÍDO.	50
FIGURA 8 -	DEMONSTRATIVO DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO, NÍVEL EQUIVALENTE E NÍVEL EQUIVALENTE NORMALIZADO NAS CONFIGURAÇÕES DO MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA.....	51
FIGURA 9 -	DEMONSTRATIVO DA DOSE CALCULADA PELO DOSÍMETRO DE RUÍDO	51
FIGURA 10 -	RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR CHAPARIA PARA 2 HORAS	55
FIGURA 11 -	RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR CHAPARIA PARA 6 HORAS	55
FIGURA 12 -	RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR FERRAMENTARIA MANUTENÇÃO PARA 2 HORAS	57
FIGURA 13 -	RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR FERRAMENTARIA MANUTENÇÃO PARA 6 HORAS	57

FIGURA 14 -	RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR PRODUÇÃO PARA 2	
HORAS	59
FIGURA 15 -	RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR PRIDUÇÃO PARA 6	
HORAS	59

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	FORMAS DE QUANTIFICAÇÃO DA INTENSIDADE DE UM SOM	21
QUADRO 2 -	COMPARATIVO ENTRE O LIMITE DIÁRIO DE EXPOSIÇÃO COM DIFERENTES TAXAS DE DUPLICAÇÃO DA DOSE.	26
QUADRO 3 -	LIMITE DE EXPOSIÇÃO DIÁRIA AOS NÍVEIS DE RUÍDO	29

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	PROJEÇÃO DAS DOSES PARA O SETOR CHAPARIA	56
TABELA 2 -	PROJEÇÃO DAS DOSES PARA O SETOR FERRAMENTARIA/MANUTENÇÃO	58
TABELA 3 -	PROJEÇÃO DAS DOSES PARA O SETOR PRODUÇÃO	60

RESUMO

ANJOS, Tiago Fernandes Alves. Dosimetria de ruído: Comparação de resultados gerados a partir de diferentes períodos de medição. 2013. 62 f. monografia (especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Centro Federal De Educação Tecnológica Do Paraná. Curitiba, 2013.

Este trabalho teve como principal objetivo analisar a necessidade da utilização da jornada de trabalho integral para avaliação da exposição ao ruído ocupacional. Para a elaboração desta monografia foram realizadas seis dosimetrias em três trabalhadores. Metade das dosimetrias foi realizada em um período de duas horas e a outra parte em utilizou um tempo de medição de seis horas. Com isso foram calculadas as doses diárias da exposição dos colaboradores ao agente físico com base no nível de ruído equivalente normalizado, ou seja, o nível equivalente da exposição projetado para a carga horária de oito horas diárias. Para o caso estudado as dosimetrias realizadas em períodos diferentes geraram resultados diferentes mesmo com o fato de as funções possuírem características homogêneas de exposição ao ruído. Acredita-se que os motivos que levaram ao resultado obtido e conseqüentemente às conclusões citadas são fatores adversos que podem ocorrer durante a jornada de trabalho, como uma pausa para utilização de banheiros. Recomenda-se que sejam elaboradas novas medições e que a comparação dos resultados seja feita de maneira estatística, considerando que o decibel é um escala logarítmica relacionando duas grandezas.

Palavras chave: Exposição ao ruído ocupacional, doenças do trabalho, dosimetria de ruído, riscos físicos.

ABSTRACT

ANJOS, Tiago Fernandes Alves. Ocupacional noise dosimetry: comparison of results generated from different periods of measurement. 2013. 62 f. monografia (especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Centro Federal De Educação Tecnológica Do Paraná. Curitiba, 2013.

The principal purpose of this study was to analyse the needs of the use of the full workflow to do assessments of occupational noise exposure. This study was done based in 6 dosimetry performed on a industry located in Curitiba City. Half of the assessments were done by the period of 2 hours and the other half were performed using a 6 hours period. Based on the obtained results, the daily exposures doses were calculated using the normalizer average level, or, in toher words, the average level projected for the 8 hours period. For the analised case, the study concludes that the dosimety must be done using a full workflow period for the assessments even considering the fact that the studied functions had standar characteristics all day long when the sibjject is ocupacional noise. Its believed that the diference between the results was caused by adverse events or the use of two diferents equipments. There were not used statics metodogys to analise the obtained results. It recommended that further assessments are made using only one equipament and that the obtained results be analised using a statistic methodology, remembering that the decibel is a logarithmic scale representing two units relationship

Key words: Ocupacional noise exposure, occupational deseases, noise dosimetry, physical riscs.

1INTRODUÇÃO

De acordo com Souza *et al.* (2001) os efeitos auditivos e extra auditivos causados pela exposição a ruído ocupacional no homem vêm sendo estudados desde a década de 70. Problemas como perdas auditivas assim como danos causados aos sistemas nervoso, digestivo e circulatório de funcionários que trabalham sob elevados níveis de pressão sonora podem trazer consequências ao exposto, assim como à sua família, a organização e a sociedade.

As avaliações das exposições ao ruído ocupacional de trabalhadores em todo Brasil são regulamentadas pelo Ministério do trabalho e pelo INSS, tendo estes direitos a benefícios como aposentadoria especial e adicional de insalubridade em algumas das situações onde há a presença do agente. Contudo, os benefícios não isentam as organizações de passivos trabalhistas devido a doenças ocupacionais causadas pelo agente, pois segundo a Norma Regulamentadora nº 01, do MTE, prevê que cabe ao empregador a responsabilidade do cumprimento, tanto de empregado quanto dele mesmo, das normas relacionadas à segurança do trabalho, assim como informar os riscos aos quais os funcionários estão expostos na realização das atividades.

Atualmente, as normas e órgãos relacionados à área exigem a utilização de toda a jornada de trabalho para a avaliação de exposição ao ruído ocupacional e elaboração de laudos com fins de aposentadoria especial e perícias trabalhistas, assim como para controle interno das próprias organizações.

Visto que muitas atividades presentes na indústria possuem características constantes ao longo da jornada de trabalho, este trabalho visa avaliar a real necessidade da utilização da jornada integral de trabalho nas medições da exposição ao ruído ocupacional.

1.1JUSTIFICATIVA

Devido à existência de atividades com características de exposição constantes durante a jornada de trabalho, este trabalho procura confirmar a real necessidade da utilização da jornada integra nas avaliações.

1.2OBJETIVOS

1.2.1Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a necessidade de utilização da jornada integral de trabalho em algumas atividades. Porém, também podem ser colocados como objetivos da presente monografia os seguintes itens.

1.2.2Objetivos específicos

Pode-se colocar como objetivos específicos deste trabalho.

1. Levantar os conceitos relacionados ao ruído ocupacional;
2. Construir documento explicativo sobre as consequências da exposição ao ruído ocupacional;
3. Levantar as metodologias utilizadas para avaliação da exposição ao ruído ocupacional.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Definição de som

De acordo com Menezes (2002), pode-se conceituar som como uma oscilação de pressão, a qual pode se propagar em qualquer meio material elástico com uma velocidade influenciada por este ambiente. O autor anteriormente citado explica que o som se manifesta em formas esféricas e uniformes em todas as direções podendo ter suas características de propagação alteradas, ou até mesmo impedidas, por obstáculos presentes no meio.

2.1.1 Frequência

Para o melhor entendimento do funcionamento da propagação do som e dos ruídos, faz-se importante o conhecimento da definição de frequência, a qual é, segundo Fernandes (2002), o número de oscilações vibratórias por unidade de tempo de um determinado som. A unidade do S.I. utilizada para avaliar frequência é o número de ciclos por segundo, mais conhecida como Hertz (Hz).

Fernandes (2002) define a frequência matematicamente através da expressão (eq 1) abaixo apresentada.

$$f = V/L \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:

f – Representa a frequência, medida em Hertz ou número de ciclos por segundo.

V – Representa a velocidade de propagação da onda, em m/s.

L – Representa o comprimento de onda do som emitido de determinada fonte, medido em metros.

2.1.2 Intensidade

Pode-se conceituar a intensidade de um som como:

“[...] a quantidade de energia contida em um movimento vibratório. (FERNANDES, 2012).”

Segundo Fernandes (2012), a intensidade de um som pode ser medida de duas maneiras, através da pressão que uma onda sonora causa no ar ou então através da quantidade de energia contida no movimento vibratório.

O autor anteriormente citado ainda coloca que foram fixados valores mínimos de energia ou pressão causada no ar aos quais o ouvido humano passa a detectar os sons. Estes valores encontram-se no quadro 1.

Forma de medição	Valor mínimo
Energia contida no movimento vibratório	10^{-16} W/cm^2
Pressão do ar causada pela onda sonora	$2 \times 10^{-4} \text{ BAR}$

QUADRO 1 - FORMAS DE QUANTIFICAÇÃO DA INTENSIDADE DE UM SOM

Fonte: FERNANDES (2002)

2.1.3 Timbre

O timbre, ou cor sonora, é uma qualidade auditiva que nos permite identificar diferentes fontes de sons, mesmo que estes possuam mesma frequência e intensidade (LAZZARINI, 1988).

Fernandes (2002) define timbre como a forma de onda de vibração sonora. O autor coloca que se uma pessoa emitir um som de mesma frequência e mesma intensidade em diferentes fontes, ou seja, produzindo formas de ondas de vibrações sonoras diferentes, podem-se diferenciar os sons devido a diferença entre estas formas, ou seja, através do timbre.

2.2 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (NPS)

Souza (1998) conceitua pressão sonora como uma variação de pressão no ar, percebida pelo sistema auditivo antrópico, relacionada a um valor referencia. O ouvido humano pode detectar variações nas pressões do ar no intervalo de $20 \mu Pa$ até $200 Pa$ tornando-se muito difícil a concepção de equipamentos para avaliação de NPS neste intervalo (SESI, 2007).

SESI (2007) cita que devido ao fato anteriormente citado, utiliza-se a escala logarítmica para análises de níveis de pressão sonora, sendo último representado em decibéis (dB). Ambos os autores citados neste tópico colocam que o decibel não é uma unidade, mas sim uma relação entre duas grandezas físicas e o nível de pressão sonora pode ser representado pela seguinte expressão (eq. 2).

$$NPS = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (\text{eq 2})$$

Onde:

NPS - Nível de pressão sonora, representado em dB.

P – Pressão sonora encontrada no ambiente avaliada em Pascal (N/m²)

P₀ – Pressão sonora de referencia. Neste caso o valor convencionado é o de $20 \mu Pa$, o qual representa o limiar de audibilidade do ouvido humano.

2.3 CONCEITO DE RUÍDO

De acordo com Fernandes (2002), pode-se definir ruído como um som desagradável ou então insalubre. O mesmo autor coloca a definição como subjetiva, visto que poderíamos classificar estilos musicais diferentes como ruído dependendo das particularidades de cada pessoa.

Portanto o autor supracitado define ruído, fisicamente, como um som de alta complexabilidade resultante da sobreposição de ondas oscilatórias provenientes de

fontes diferentes. Esta definição é confirmada ao consultar a apostila “Riscos Físicos” escrita por Astete *et al.* (1995) os quais definem ruído como:

“[...] fenômeno físico, que no caso da acústica, indica uma mistura de sons cujas frequências não seguem uma lei precisa.”

Os autores da definição supracitada também salientam a diferença entre ruído e barulho, sendo o segundo composto do fenômeno físico adicionado de elementos subjetivos da percepção sonora.

Para um maior entendimento do trabalho aqui apresentado, pode-se entender como ruído todo som com capacidade de gerar efeitos colaterais sobre os trabalhadores os quais estão expostos ao agente.

2.4RUÍDO DE IMPACTO, CONTÍNUO OU INTERMITENTE.

As normas de Higiene Ocupacional e a legislação trabalhista brasileira classificam os ruídos gerados nos ambientes de trabalho como ruídos de impacto, contínuo ou intermitente. A norma regulamentadora N° 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, em seu anexo de número 2, conceitua ruído de impacto como todo ruído que apresenta picos de energia acústicas não superiores a 1 segundo, sendo que, para serem classificados desta forma, os intervalos entre os eventos não devem ser inferiores a um segundo. O mesmo documento, porém em seu primeiro anexo, define os ruído contínuo ou intermitente como aquele ruído cujo não se enquadra como de impacto o qual está conceituado no anexo 2 da normativa.

As mesmas definições são colocadas na Norma de Higiene Ocupacional NHO 01 publicada pela FUNDACENTRO¹. De forma simplificada pode-se ilustrar

¹ **FUNDACENTRO** - Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho. A fundação tem por objetivo tem a realização de estudos e pesquisas pertinentes aos problemas de segurança, higiene, meio ambiente e medicina do trabalho (FUNDACENTRO, 2013).

uma situação a qual o colaborador de um empresa está exposto ao ruído de impacto de acordo com a figura 1.

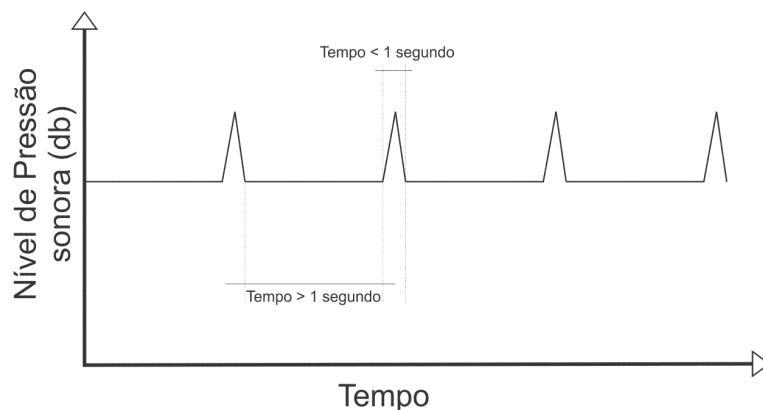


FIGURA 1 - COMPORTAMENTO DO RUÍDO DE PICO

Fonte: O autor

2.5 DOSE DE EXPOSIÇÃO

A norma de Higiene Ocupacional NHO 01 coloca a seguinte definição para dose de exposição ao ruído.

“parâmetro utilizado para a caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora, tendo por referência o valor máximo da energia sonora diária admitida, definida com base em parâmetros preestabelecidos (FUNDACENTRO, 2001).”

Com base neste conceito, pode-se entender que a dose representa o quanto o sistema auditivo de um colaborador de uma determinada organização foi, ou é, exigido durante sua jornada de trabalho. Com isso, chega-se a conclusão organismo de um funcionário que está exposto a uma dose de 100% está trabalhando em sua capacidade limite. Na análise de laudos de exposição ao ruído, considera-se que um indivíduo que esteja sujeito a uma dose superior a 100% estará trabalhando acima do limite de seu organismo e certamente terá problemas.

No caso das normas brasileiras, o conceito da dose esta colocado na norma regulamentadora número 09, a qual trata do programa de Prevenção de Riscos

Ambientais, e é utilizado tanto para o agente físico ruído, quanto para os agentes químicos.

Quanto ao ruído, a normativa anteriormente citada prevê que, nas situações onde os colaboradores estiverem expostos a uma dose igual ou maior a 50%, deverão ser previstas medidas de prevenção.

De acordo com o anexo 1 da norma regulamentadora nº 15 do MTE pode-se calcular a dose de exposição ao ruído utilizando a equação 3.

$$Dose = \sum_{i=1}^n \frac{T_{e_i}}{T_p} \quad (\text{eq 3})$$

Onde:

T_e – Tempo ao qual o funcionário fica exposto a um determinado nível de pressão sonora.

T_p – Tempo de exposição máximo permitido para o nível de pressão sonora ao qual o funcionário está exposto.

n – número de avaliações de exposição ao ruído realizadas na ocasião.

2.6 TAXA DE DUPLICAÇÃO DA DOSE (EXCHANGE RATE)

Segundo Royster *et al.* (2003) *apud* Bostford (1967), pode-se definir a taxa de duplicação da dose como a relação entre o aumento ou diminuição dos níveis de pressão sonora, medidos em decibéis, e a dose de exposição diária quando a última é dobrada ou dividida a metade.

De forma mais simplificada, a norma de higiene ocupacional publicada pela FUNDACENTRO, NHO 01, define a taxa de duplicação da dose como.

“...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, 2001).”

O valor do incremento de duplicação da dose pode variar de acordo com a normativa utilizada, implicando em diferentes valores de Níveis de Pressão Sonora máximos permitidos para uma determinada jornada de trabalho.

Nível de ruído dB (A)	Máxima exposição diária permissível (q=3)	Máxima exposição diária permissível (q=5)
85	8 Horas	8 Horas
86	6 Horas e 20 min.	7 Horas
87	5 Horas e 2 min.	6 Horas
88	4 Horas	5 Horas
89	3 Horas e 10 min.	4 Horas e 30 min.
90	2 Horas e 31 min.	4 Horas
91	2 Hora	3 Horas e 30 min.
92	1 Hora e 35 min.	3 Horas
93	1 Hora e 15 min.	2 Horas e 40 min.
94	1 Hora	2 Horas e 15 min.
95	47 min.	2 Horas
96	37 min.	1 Hora e 45 min.
98	23 min.	1 Hora e 15 min.
100	15 min.	1 Hora
102	9 min.	45 min.
104	5 min.	35 min.
105	4 min.	30 min.
106	3 min.	25 min.
108	2 min.	20 min.
110	1 min.	15 min.
112	56 segundos	10 min.
114	35 segundos	8 min.
115	28 segundos	7 min.

QUADRO 2 - COMPARATIVO ENTRE O LIMITE DIÁRIO DE EXPOSIÇÃO COM DIFERENTES TAXAS DE DUPLICAÇÃO DA DOSE.

Fonte: NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001)

O quadro 2 demonstra a diferença entre o tempo máximo de exposição permitido quando utilizamos os valores de taxa de duplicação da dose 3 e 5, previstos nestas ordem nas normas NHO 01, publicada pela FUNDACENTRO, e NR 15, do Ministério do Trabalho e Emprego.

2.7 CIRCUITOS DE COMPENSAÇÃO

O ouvido humano não possui a mesma sensibilidade para sons emitidos em diferentes frequências (CONCHA-BARRIENTOS *et al.*, 2004). Devido ao fato anteriormente colocado, ao criar-se equipamentos eletrônicos para avaliação de ruído houve a necessidade de estabelecer formas de simular o comportamento do sistema auditivo humano dentro dos aparelhos. Estas formas podem ser chamadas de circuitos de compensação ou curvas de ponderação. De acordo com ABEL (2012), estes circuitos visam:

“[...] compensar as deficiências de sensibilidade de acordo com as frequências dos sons”

E são divididos em quatro categorias, circuito de compensação A, B, C ou D.

- Circuito de compensação A – Criado para realizar avaliações em locais onde existem baixos Níveis de Pressão Sonora;
- Circuito de compensação B – Criado para realizar avaliações em locais onde existem médios Níveis de Pressão Sonora;
- Circuito de compensação C – Criado para realizar avaliações em locais onde existem altos Níveis de Pressão Sonora;
- Circuito de compensação D – Criado para realizar avaliações em locais onde existem altíssimos Níveis de Pressão Sonora;

Porém, em texto publicado pelo engenheiro Jankovitz (2012) no endereço eletrônico anteriormente citado, o autor salienta que atualmente o circuito de compensação “A” é mais utilizado. O engenheiro justifica tal fato devido a falta de

uma boa correlação dos circuitos B e C. Jankovitz (2012) também explica que o circuito “D” é utilizado em avaliações ambientais em aeroportos.

As normas NR 15, do MTE, e NHO 01, publicada pela FUNDACENTRO, fazem referência às curvas de ponderação “A” e “C”, sendo estas utilizadas para avaliação de ruídos contínuo e intermitente e de impacto respectivamente.

2.8 CRITÉRIO DE REFERÊNCIA (CR)

O critério de referência pode ser definido como nível médio o qual representa a dose de 100% em um período de 8 Horas (NHO 01, 1980). De acordo com a Associação de Mineração de Nevada - Nevada Mining Association - (2004), o CR é utilizado no cálculo da dose de exposição diária e explica com o seguinte exemplo.

“[...] Se o dosímetro está exposto a um nível de pressão sonora (NPS), medido em decibéis, igual ao critério de referência durante 8 horas, a dose resultante será de 100% (ASSOCIAÇÃO DE MINERAÇÃO DE NEVADA, 2.004).”

Com isso, pode-se definir que o critério de referência a ser utilizado em dosímetros, quando realiza-se avaliação no Brasil, é de 85 dB. Este valor foi retirado da norma NR 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, a qual estabelece em seu anexo 1 que, quando trata-se de ruído contínuo ou intermitente, o limite de tolerância para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias é de 85 decibéis como ilustra o quadro 3.

Nível de ruído dB (A)	Máxima exposição diária permissível	Nível de ruído dB (A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 Horas	98	1 Hora e 15 min.
86	7 Horas	100	1 Hora
87	6 Horas	102	45 min.
88	5 Horas	104	35 min.
89	4 Horas e 30 min.	105	30 min.
90	4 Horas	106	25 min.
91	3 Horas e 30 min.	108	20 min.
92	3 Horas	110	15 min.

93	2 Horas e 40 min.	112	10 min.
94	2 Horas e 15 min.	114	8 min.
95	2 Horas	115	7 min.
96	1 Hora e 45 min.		

QUADRO 3 - LIMITE DE EXPOSIÇÃO DIÁRIA AOS NÍVEIS DE RUÍDO NR 15

Fonte: BRASIL (2012)

2.9 NÍVEL DE EXPOSIÇÃO (NE)

De acordo com a norma de higiene ocupacional NHO 01 da FUNDACENTRO, entende-se por nível de exposição ao ruído o nível médio que representa o equivalente à exposição diária. Em outras palavras o nível médio de exposição nada mais é do que o nível de pressão sonora o qual causaria um impacto no exposto equivalente àqueles níveis aos quais o colaborador realmente esteve exposto.

Segundo Menezes (2002) *apud* Gerges (2000), o nível de pressão sonora não é o único fator que contribui para os efeitos sofridos pelos trabalhadores. De acordo com os autores, o tempo ao qual uma determinada pessoa está sujeita um determinado nível de pressão sonora também contribui para determinar se ela sofrerá, ou não, danos decorrentes do trabalho sob a influencia do agente físico.

Desta forma, torna-se importante a avaliação do nível de exposição, também chamado de Nível Equivalente de Pressão Sonora – Leq (MENEZES, 2002), nas análises de laudos de exposição ocupacional ao ruído.

Conforme o autor previamente citado pode-se expressar o nível de exposição matematicamente através da equação 4.

$$NE = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{N_i/10} \right) \quad (\text{eq 4})$$

Onde:

NE - Representa o nível de energia, em decibels, que causaria o efeito equivalente ao causado pelos níveis instantâneos ao qual o colaborador esteve exposto.

n – Representa o número total de leituras de níveis de pressão sonora instantâneos.

N_i – Nível de pressão sonora instantâneo lido em resposta FAST a cada dez segundos durante um período mínimo de 5 minutos, em dB.

Já SESI (2007), expressa matematicamente o nível de exposição através da seguinte fórmula matemática (equação 5).

$$NE = 80 + 16,61 \log \left(0,16 \frac{Dose}{T\alpha} \right) \quad (\text{eq 5})$$

Onde:

NE - Representa o nível de energia, em decibels, que causaria o efeito equivalente ao causado pelos níveis instantâneos ao qual o colaborador esteve exposto.

$Dose$ – Expresso em percentagem.

$T\alpha$ – Tempo de amostragem expresso em horas decimais.

2.10 NÍVEL DE EXPOSIÇÃO NORMALIZADO (NEN)

O nível de exposição normalizado nada mais é do que a equalização do nível de exposição diária para uma jornada de trabalho de 8 Horas (FUNDACENTRO, 2001). Segundo a normativa NHO 01, o nível de exposição normalizado, cuja abreviatura utilizada é NEN, tem como principal função aumentar a facilidade de comparação dos níveis de pressão sonora aos quais uma pessoa está exposta com os limites de tolerância previstos na legislação para uma determinada situação.

De acordo com SESI (2007), o nível normalizado de ruído pode ser calculado através da seguinte expressão (equação 6).

$$NEN = NE + 16,61 X \log \left(\frac{T\epsilon}{480} \right) \quad (\text{eq 6})$$

Onde:

Te – Tempo de duração, em minutos, da jornada de trabalho ou período de avaliação do ruído.

NE - Representa o nível de energia, em decibels, que causaria o efeito equivalente ao causado pelos níveis instantâneos ao qual o colaborador esteve exposto.

NEN – Representa o nível de exposição, em decibel, estimado para uma jornada de trabalho de 8 horas para fins de comparação com os limites colocados na legislação.

2.11 LIMIAR DA AUDIÇÃO E LIMIAR DA DOR

Fernandes (2002) cita que o ouvido antrópico pode captar sons com frequências no intervalo de 20 Hz e 20.000 Hz. O sons emitidos com frequências abaixo de 20 Hz são chamados de infra-sons e aqueles com acima de 20.000 Hz são chamados de ultra sons.

O autor cita que cada frequência de som causa no organismo humano uma reação, ou sensação, como dor, som odor etc. Com a realização de testes obteve-se valores de níveis de pressão sonora, em decibels, e a resposta mais provável do organismo a estes sons conforme ilustra a figura 2.

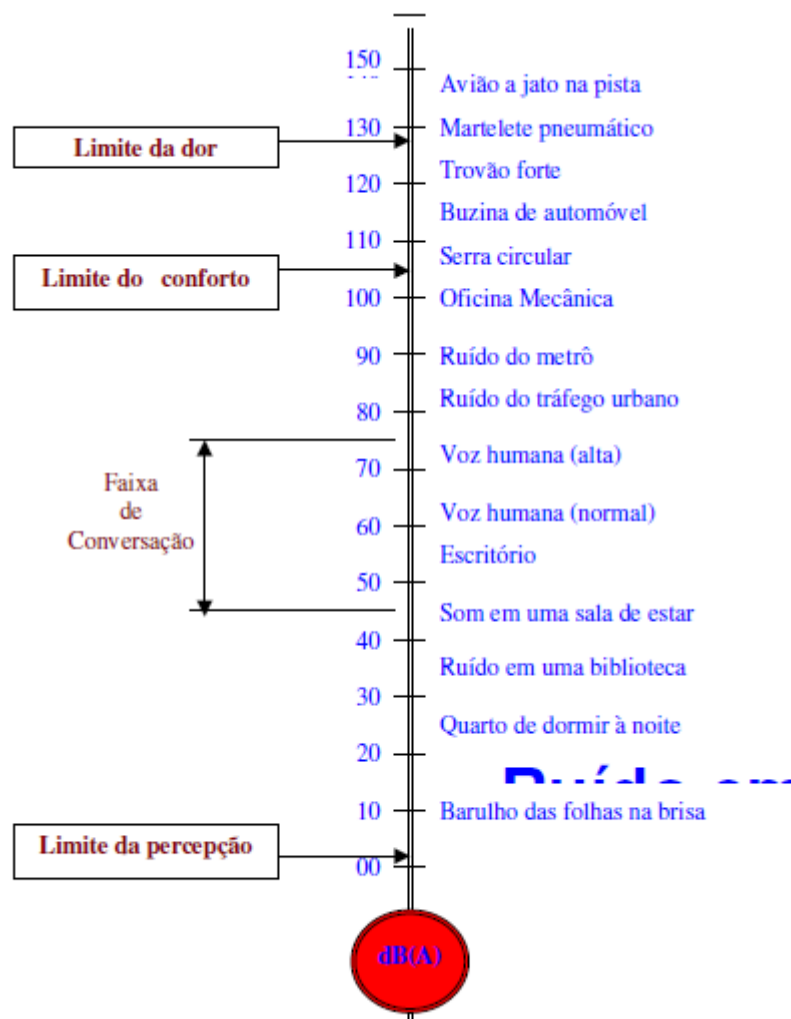


FIGURA 2 - NÍVEL DE PRESSÃO SONORA X LIMIARES DA AUDIÇÃO E DA DOR X EXEMPLOS DE ATIVIDADES.

Fonte: FERNANDES (2002)

O limiar da audição, ou limite da percepção, é o valor de nível de pressão sonora, em decibels, equivalente a frequência de som a qual passa a ser percebida pelo ouvido humano. Já o limiar da dor, ou limite da dor, é o valor em decibels, o qual representa um som que possui uma frequência a qual causará a sensação de dor ao organismo humano, podendo haver danos aos órgãos internos.

2.12 CONSEQUÊNCIAS DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO OCUPACIONAL

Cordeiro *et al.* (2005) coloca o ruído como um dos fatores que pode vir a colaborar para o aumento da probabilidade de ocorrência de acidentes de trabalho.

Grande parte dos equipamentos ruidosos utilizados nos processos produtivos apresentam grandes riscos de cortes, amputação, esmagamento, entre outros.

Para o melhor entendimento dos efeitos causados a elevados níveis de pressão sonora nos ambientes de trabalho subdividiu-se este tópico nos seguintes subtópicos.

- Efeitos Extra-auditivos Causados pelo Ruído;
- Efeitos Auditivos causados pelo ruído;

2.12.1 Efeitos extra-auditivos causados pelo ruído

Acredita-se que a exposição ao ruído ocupacional possa vir a prejudicar indiretamente a produtividade e colaborar para o aumento de acidentes de trabalho devido a efeitos indiretos causados pelo agente. Estes efeitos são chamados de por Medeiros (1999) de efeitos extra-auditivos e segundo a autora são subdivididos em.

- Distúrbios de Comunicação;
- Distúrbios no Sono;
- Distúrbios Vestibulares;
- Distúrbios Comportamentais;
- Distúrbios digestivos;
- Distúrbios neurológicos;
- Distúrbios cardiovasculares;
- Distúrbios Hormonais;
- Distúrbios circulatórios.

2.12.1.1 Distúrbios de comunicação

Medeiros (1999) defende que o ruído causa problemas de comunicação impedindo o aviso de perigos e riscos entre os colaboradores, contribuindo desta forma para o acidente de trabalho. De acordo com Cordeiro *et al.* (2005), a maioria dos ambientes de trabalho que possuem o ruído como um dos agentes atuante

sobre os funcionários possui também outros fatores que oferecem riscos a integridade física e à saúde dos colaboradores.

Em artigo publicado para a revista Saúde Pública em 2005 os autores anteriormente citado concluem que ambientes de trabalho expostos a altos níveis de ruído estão associados a altas taxas de acidentes de trabalho. Fato este que pode certamente estar conectado aos problemas de comunicação entre os funcionários, já que com altos níveis de ruído torna-se difícil a comunicação ou aviso de um perigo em potencial, tornando assim mais difícil a prevenção de acidentes de trabalho.

2.12.1.2 Distúrbios do sono

De acordo com sites de neurologia o sono possui grande importância para restauração das condições iniciais existentes na vigília precedente. Tufik (2001) *apud* Buela (1990) conceituam sono como:

“estado funcional, reversível e cíclico, com algumas manifestações comportamentais características, como uma imobilidade relativa e o aumento do limiar de resposta aos estímulos externos (Buela, 1990)”.

Um sono com boa qualidade é fundamental para um bom desempenho do colaborador na atividade a qual desempenha. Sendo assim, elementos que causem distúrbios no sono podem colaborar indiretamente para um decréscimo na produtividade do funcionário expostos a estes agentes.

Medeiros (1999) *apud* Seligman (1993) cita que foram constatadas alterações em pesquisas eletroencefalográficas de funcionários expostos a ruídos até mesmo de fraca intensidade. A autora explica que a exposição ao ruído ocupacional provoca o complexo K, que nada mais é do que a transformação de um estado mais profundo de sono a um mais leve, causando danos à recuperação do organismo do colaborador.

Com isso pode-se concluir que os distúrbios ao sono causados pela exposição a ruídos podem vir a trazer danos à qualidade de vida do exposto e a produtividade de uma organização, visto que seu rendimento não será o mais eficiente devido a noites mal dormidas.

2.12.1.3 Distúrbios Vestibulares

Durante um trabalho exposto ao agente físico em questão, e até mesmo após o mesmo, colaboradores podem apresentar sintomas como vertigens, com ou sem náuseas e vômitos, dilatação das pupilas, dificuldade de equilíbrio, entre outros. Os últimos são sintomas típicos de alterações no nervo vestibular (MEDEIROS, 1999 *apud* SELIGMAN, 1997).

Em artigo, Corona *et al.* (2009) conclui que a exposição ocupacional a elevados níveis de pressão sonora possui associação com o desenvolvimento Schwannoma do nervo vestibular. Este último, conforme os autores anteriormente citados pode ser definido como um tumor benigno que tem origem na bainha de Schwann de um dos nervos vestibulares. Apesar de ser um tumor benigno, o Schwannoma pode trazer consequências negativas àquele que o desenvolve principalmente quando este se submete a cirurgias ou outros procedimentos (CORONA *et al.*, 2009)

2.12.1.4 Distúrbios comportamentais

Dentre os efeitos extra-auditivos produzidos pelo ruído no corpo humano pode-se citar o estresse, a ansiedade, o nervosismo, a falta de atenção, a depressão, entre outros (MEDEIROS, 1999). Todos estes efeitos afetam diretamente as atitudes e comportamentos das pessoas as quais sofreram as consequências da exposição do agente físico.

Lacerda *et al.* (2005) citam que a exposição contínua ao ruído provoca efeito negativo em reações psíquicas como a motivação e a disposição além de aumentar a agressividade e o nervosismo das pessoas expostas. Os pesquisadores também colocam que o ruído pode vir a diminuir a capacidade de aprendizagem.

Atualmente o ruído é considerado um problema não apenas no ambiente ocupacional, mas também no ambiente urbano, sendo caracterizado como uma forma de poluição de acordo com a resolução do CONAMA 001 de 1990. Além da norma anteriormente citada, existem outras normas técnicas, federais, estaduais e municipais regulamentando a questão do ruído ambiental.

O aumento da irritabilidade das pessoas além de fatores como nervosismo e depressão pode levar as mesmas a tomada de decisões as quais venham a trazer prejuízos para a sociedade, a organização e a elas próprias, motivo pelo qual se deve controlar a exposição ao agente em ambientes urbanos e ocupacionais.

2.12.1.5 Distúrbios digestivos

Servilha e Dellati (2012) assim como Medeiros (1999) colocam problemas digestivos como possíveis efeitos da exposição contínua ao ruído.

Em artigo, Servilha e Delatti (2012), levantaram que muitos professores os quais estavam expostos ao ruído gerado nos ambientes escolares apresentavam problemas como azia, gastrite, entre outros problemas digestivos. Estes efeitos podem, ou não, estar associados a exposição contínua ao agente, visto que de acordo com Medeiros (1999) *apud* Joachim (1983) a relação causa e efeito entre os sintomas citados e o agente estudado não foram comprovados.

Em tese, conclui-se que combinado a outros fatores, e levando em consideração a associação de fatores como a irritabilidade com problemas gastrointestinais, pode-se considerar que o ruído pode contribuir para o desenvolvimento destes. Porém, devem ser realizados estudos procurando uma correlação entre o agente e os efeitos, visto que esta afirmação baseia em consequências geradas por outros efeitos colaterais geradas pela exposição e não em uma relação direta.

2.12.1.6 Distúrbios Neurológicos

De acordo com Medeiros (1999), foram relatadas alterações no sistema nervoso central em pessoas que estão expostas continuamente ao ruído.

Matas *et al.* (2010) colocam que estudos comprovam que a exposição ao ruído pode provocar alterações no período de latência do sistema nervoso, causando alterações no período de recebimento do estímulo e realização do mesmo.

Podem-se colocar como indicadores de distúrbios neurológicos provocados pela exposição ocupacional ao ruído os seguintes sintomas: Tremores nas mãos,

redução da reação a estímulos visuais, dilatação de pupilas, motibilidade e tremores nos olhos e mudança na percepção visual das cores (MEDEIROS, 1999).

2.12.1.7 Distúrbios Cardiovasculares

Os distúrbios cardiovasculares são efeitos produzidos pelo ruído no corpo humano (MEDEIROS, 1999). Souza *et al.* (2001) citam que os efeitos extra auditivos gerados pela exposição ocupacional ao ruído vêm sendo estudados desde a década de 70, colocando entre eles a hipertensão arterial.

Em artigo publicado em 2001, os autores anteriormente citados realizaram testes em trabalhadores que atuavam na presença de elevados níveis de pressão sonora durante 10 anos ou mais, estes chegaram a conclusão que o agente físico é um fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, neste caso a hipertensão.

2.12.1.8 Distúrbios Hormonais

Medeiros (1999) *apud* Costa (1994) colocam o ruído como um agente que pode vir a contribuir para a alteração dos hormônios do estresse, devido às tensões provocadas por elevados níveis de pressão sonora no ser humano. Como consequência das alterações hormonais, a autora coloca o aumento da possibilidade de desenvolvimento de diabetes e prejuízos à vida sexual da pessoa exposta.

2.12.1.9 Distúrbios circulatórios

Estudiosos afirmam que a exposição ao ruído ocupacional resulta em consequências diretas no sistema circulatório de uma pessoa (MEDEIROS, 1999). A especialista coloca que o agente pode causar alterações no ritmo da pulsação, aumento da viscosidade do sangue e até mesmo causar uma má oxigenação das células do corpo.

A autora coloca como consequências de distúrbios respiratórios a alteração nos reflexos do sistema em questão, alterações na concentração e habilidade do exposto e alterações de rendimento no trabalho.

2.12.2 Efeitos auditivos da exposição ao ruído ocupacional.

Os efeitos auditivos da exposição ao ruído ocupacional são objeto de estudo de vários autores. O desenvolvimento de doenças como a perda auditiva induzida pelo ruído é responsável por perda da qualidade de vida e sofrimento para trabalhadores, assim como passivo de recursos humanos e financeiros para as organizações. Atualmente, estas perdas podem vir a ser um passivo para sociedade, pois no Brasil, o INSS (Instituto Nacional de Seguro Social) é responsável pelo pagamento de salários para colaboradores afastados devido a doenças do trabalho.

Para JÚNIOR (2002), os efeitos auditivos da exposição a elevadas níveis de ruído no organismo humano podem ser divididos em três grupos: PAIR (Perda Auditiva Induzida pelo Ruído), mudança temporária no limiar de audição e trauma acústico.

2.12.2.1 Perda auditiva induzida pelo ruído

A perda auditiva induzida pelo ruído, também conhecida como PAIR, pode ser conceituada como a perda gradual da audição devido à exposição a altos níveis de pressão sonora. Ogido *et al.* (2002) defendem que a perda auditiva induzida pelo ruído é uma patologia, a qual cresce de acordo com o tempo de exposição ao agente em questão.

Os níveis de pressão sonora que podem vir a causar danos em colaboradores variam com a susceptibilidade ao agente dos mesmos. Já a susceptibilidade depende de características como idade, sexo, entre outras (ARAÚJO, 2002). Segundo Ogido *et al.* (2009) os sintomas iniciais da PAIR são.

- Vertigem;
- Zumbido (Contínuo ou intermitente);
- Hipoacusia.

Muitos autores citam a PAIR como irreversível na maioria, ou até em todos os casos. Fato este que mostra a importância da prevenção da patologia visto que pode trazer danos à organização, na forma de perda de mão de obra, queda de

produtividade e custos na área trabalhista e principalmente para o colaborador o qual terá sua audição comprometida, assim como sua vida profissional.

2.12.2.2 Mudanças temporárias no limiar de audição

De acordo com Menezes (2002) *apud* Saliba (2000), as mudanças temporárias no limiar da audição nada mais são do que a perda deste sentido, de forma não permanente, devido à exposição a um ruído moderado de qualquer natureza. Os Autores colocam que os fatores que determinam o tempo que levará para a recuperação do organismo são o tempo de recuperação do colaborador, a intensidade do estímulo e frequência do estímulo.

2.12.2.3 Trauma acústico

O efeito trauma acústico é geralmente causado por ruídos de impacto (JÚNIOR, 2002). Conforme Silva *et al.* (2004) os ruídos de impacto, como explosões ou então o disparo de uma arma, podem vir a causar no exposto danos nas rupturas mecânicas do aparelho auditivo ou até mesmo o rompimento das estruturas sensoriais da orelha interna.

Segundo os autores anteriormente citados, o trauma acústico é por definição a formação de lesões intensas na cóclea de maneira abrupta. Com isso pode ocorrer à perda imediata da audição neurossensorial do exposto, podendo este recuperar os sentidos após um intervalo de tempo, ou não.

Alguns exemplos de atividades as quais podem vir a causar trauma acústico são a utilização de prensas, martelos, explosivos e armas.

2.13 LEIS E NORMAS RELACIONADAS À EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

Como já citado em tópicos anteriores, as consequências da exposição a elevados níveis de ruído vêm sendo estudados desde a década de 70. No Brasil, a legislação regulamenta a emissão de ruídos em dois âmbitos, o ocupacional e o ambiental.

Considera-se ruído ambiental aquele cuja fonte esteja impactando o ambiente urbano, uma comunidade vizinha ou então qualquer outro fator que esteja

no entorno do empreendimento. Por se tratar do meio ambiente como um todo, as leis que regulam a emissão de ruído ambiental geralmente são criadas por órgãos ambientais, como o CONAMA, Secretarias estaduais e municipais de meio ambiente, assim como conselhos relacionados a área. Porém o ruído ambiental pode ser regulamentado em alguns casos por prefeituras e órgãos de planejamento através de cláusulas colocadas em planos diretores e zoneamentos urbanos e até mesmo por órgãos como o CONTRAN e a ANAC, os quais possuem normas para regulamentar a emissão de ruídos por veículos terrestres e aéreos respectivamente. Os procedimentos de avaliação de ruído ambiental são geralmente definidos em normas da ABNT, associação Brasileira de Normas técnicas, como é o caso das normas ABNT NBR 10.151 e ABNT NBR 10.152.

O ruído ocupacional, objeto deste trabalho, pode ser definido como o ruído gerado dentro do ambiente de trabalho, trazendo consequências a saúde e integridade física dos colaboradores do estabelecimento. A exposição ao ruído ocupacional é regulamentada pelo INSS, através de normas próprias e pelo Ministério do Trabalho e Emprego através das normas regulamentadoras. Já os procedimentos para avaliação do ruído ocupacional são descritos em normas técnicas de higiene ocupacionais publicadas pela FUNDACENTRO, mais precisamente a norma NHO 01.

Neste tópico aprofundou-se nas normas relacionadas ao ruído ocupacional, visto que o ruído ambiental não é o foco deste trabalho.

2.13.1 Norma Regulamentadora nº 15 do MTE.

As normas regulamentadoras foram instituídas pela portaria de nº 3214 de 08 de junho de 1978. De acordo com a norma regulamentadora de nº 01 estes regulamentos se aplicam a empresas públicas e privadas que possuam empregados regidos pelo regime da CLT.

A norma regulamentadora número 15 (NR 15) trata de atividades e operações insalubres e possui como objetivo principal estabelecer limites de tolerância para os agentes causadores da insalubridade.

O documento considera o ruído como um agente que pode causar insalubridade no ambiente de trabalho e possui dois anexos específicos para tratar separadamente de ruídos contínuos ou intermitentes e ruídos de impacto.

Em seus anexos a norma também estabelece critérios para avaliação do ruído ocupacional assim como a forma para cálculo da dose diária de exposição ao ruído contínuo ou intermitente.

2.13.2 Norma de Higiene Ocupacional NHO 01

Segundo o próprio documento, o principal objetivo da NHO 01 é:

“[...] estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído, que implique em risco potencial de surdez ocupacional (FUNDACENTRO, 2001).”

Nota-se pelo objetivo que a norma trata sobre a avaliação da exposição ocupacional ao ruído. De acordo com o prefácio do regulamento, este substitui as antigas normas de higiene do trabalho (NHT), publicadas pela FUNDACENTRO em 1980, de números 06, 07 e 09.

Os procedimentos técnicos e conceitos apresentados foram baseados nas normas internacionais.

- ANSI S 1.25 (1991) - Specification for personal noise dosimeters;
- ANSI S 1.4 (1983) - Specification for sound level meters;
- ANSI S 1.40 (1984) - Specification for acoustical calibrators;
- IEC 804 (1985) - Integrating-averaging sound level meters;
- IEC 651 (1993) - Sound Level Meters.

A NHO 01 introduz conceitos de dose, taxa de duplicação da dose, nível médio de ruído, nível médio de ruído normalizado e apresenta procedimentos válidos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído. Em outras palavras, pode-se dizer que a norma ajuda a padronizar as metodologias de avaliação do agente contribuindo para uma melhor análise dos resultados por parte dos profissionais da área.

2.14 AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO EM AMBIENTE OCUPACIONAL

Como já citado no tópico “Leis e normas relacionadas à exposição ao ruído”, atualmente os procedimentos para avaliação da exposição ocupacional a ruídos são determinados pela norma de higiene ocupacional NHO 01. A fundamentação legal para utilização dos procedimentos descritos no documento anteriormente citado está na instrução normativa de nº 118 do INSS, a qual coloca em seu artigo 179.

“...Art. 179. Os procedimentos técnicos de levantamento ambiental, ressalvada disposição em contrário, deverão considerar:

I – a metodologia e os procedimentos de avaliação dos agentes nocivos estabelecidos pelas Normas de Higiene Ocupacional-NHO da FUNDACENTRO;

II – os limites de tolerância estabelecidos pela NR-15 do MTE.”

Porém, hoje são adotados alguns critérios de avaliação colocados na norma regulamentadora nº 15 do ministério do trabalho como o a taxa de duplicação da dose, a qual está colocada com o valor de 5 dB na NR 15 e 3 dB na NHO 01.

O documento atual da NHO 01 estabelece três procedimentos diferentes para a avaliação da exposição ao ruído contínuo e intermitente e uma metodologia de avaliação para o ruído de impacto. A seguir são colocadas breves explicações de como funcionam as metodologias colocadas na NHO 01 de avaliação da exposição ao agente físico em questão.

2.14.1 Dosimetria de ruído

SESI (2007) define dosímetro de ruído como um aparelho, o qual é colocado em um determinado indivíduo, para obtenção da dose de exposição, assim como o NE e o NEN.

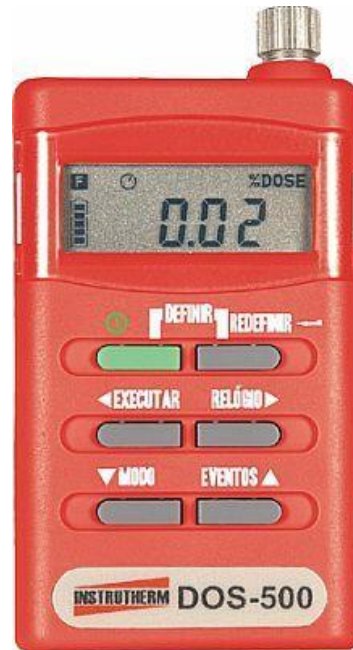


FIGURA 3 - DOSÍMETRO DE RUÍDO

Fonte: ITEST (2012)

O procedimento de dosimetria de ruído é colocado na norma NHO 01 como avaliação da exposição utilizando medidor integrador de uso pessoal. O documento coloca que o critério de referencia deve ser igual ao limite de tolerância para jornada de 8 horas, considerando o nível de ação o valor de 50% da dose assim como prevê a NR 09, a qual trata da implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Assim como a NR 15, a norma coloca o valor teto de exposição nível de pressão sonora instantânea de 115 dB medidos no circuito de compensação "A". Caso o funcionário esteja exposto a níveis de pressão sonora acima de 115 dB (A) sem a utilização de equipamentos de proteção individual, a situação é considerada de risco crítico iminente.

As especificações mínimas colocadas nos dosímetros de ruído no Brasil devem atender os critérios colocados na NR 15.

- Circuito de ponderação - "A";
- Circuito de resposta - lenta (slow);
- Critério de referência - 85 dB(A), que corresponde a dose de 100% para uma exposição de 8 horas;

- Nível limiar de integração - 80 dB(A);
- Faixa de medição mínima - 80 a 115 dB(A);
- Incremento de duplicação de dose = 5;
- Indicação da ocorrência de níveis superiores a 115 dB(A).

2.14.2 Avaliação através de medidores integradores utilizados pelo avaliador

A utilização de medidores integradores utilizados pelo avaliador é uma das formas alternativas de avaliação da exposição ao ruído ocupacional colocadas pela norma NHO 01 da FUNDACENTRO.

Conforme a normativa, neste caso a dose deve ser calculada utilizando a seguinte expressão (equação 7).

$$Dose = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) X 100 \quad (\text{eq. 7})$$

Onde:

C- é o tempo total diária ao qual um colaborador fica exposto a certo nível de pressão sonora.

T – Representa o tempo total ao qual a legislação permite que uma pessoa trabalhe exposta a um determinado nível de ruído.

A norma prevê que não deverão ser considerados as medições cujos valores forem inferiores a 80 dB (A). Segundo o documento publicado pela FUNDACENTRO, os equipamentos utilizados neste tipo de avaliação devem atender os mesmos critérios colocados para a dosimetria de ruído além de atender as especificações colocadas para medidores do tipo 2 na norma IEC 804.

2.14.3 Avaliação da exposição ao ruído com utilização de medidor de leitura instantânea.

Atualmente os medidores de leitura instantânea são amplamente utilizados para a elaboração de PPRA's (Programas de Prevenção de Riscos Ambientais). Porém, na elaboração destes projetos, não são acompanhados todos os ciclos e tarefas de uma jornada completa de trabalho do colaborador. A leitura utilizada para a construção dos programas procura referenciar a contratação de uma dosimetria de ruído para determinação da dose de exposição no caso em encontrar níveis de pressão sonora instantâneos acima do limite de tolerância e em alguns casos do nível de ação.

A norma de Higiene Ocupacional NHO 01, publicada pela FUNDACENTRO em 2001, coloca a medição através da leitura instantânea como uma das metodologias alternativas para o cálculo da dose de exposição ao agente em questão.

Para realização de avaliações utilizando o presente método faz-se necessária à utilização de medidores de pressão sonora vulgarmente conhecidos como “decibelímetros” conforme mostra a figura 3.



FIGURA 4 - MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA EM LEITURA INSTANTANEA

Fonte: IMPAC (2012)

De acordo com Fernandes (2005) bons medidores de níveis de pressão sonora atendem as normas internacionais ANSI (American Standards Institute) e IEC (International Electrotechnical Commission). A FUNDACENTRO, através da norma NHO 01, exige que os instrumentos utilizados na avaliação de níveis de pressão sonora devem atender as especificações colocadas para medidores do tipo 2 colocadas nas normas anteriormente citadas.

Assim como as outras metodologias, o aparelho deve estar configurado da seguinte maneira.

- Curva de compensação “A”;
- Circuito de Resposta Lenta (SLOW)
- Cobrir uma faixa de medição mínima de 80 dB(A) a 115 dB(A).

Caso opte por utilizar esta metodologia, o avaliador deve acompanhar o trabalhador durante toda sua jornada de trabalho, ou grande parte da mesma, e realizar várias medições com o aparelho colocado dentro da zona de audição do colaborador. Após a realização das medições pode-se obter o nível médio de exposição diária através da seguinte expressão matemática (equação 8).

$$N_m = 10 \log_{10} \frac{1}{n} (n_1 X 10^{0,1 X NPS_1} + n_2 X 10^{0,1 X NPS_2} + \dots + n_i X 10^{0,1 X NPS_i}) \quad (\text{eq 8})$$

2.14.4 Avaliação a exposição ocupacional ao ruído de impacto

A norma brasileira que estabelece limites de tolerância para a exposição ocupacional ao ruído de impacto é a norma regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho e Emprego. Os procedimentos utilizados para avaliação do ruído de impacto atualmente são retirados parte da norma de Higiene Ocupacional NHO 01 e parte da NR 15.

A NHO 01, da FUNDACENTRO, cita que os ruídos de impacto devem ser avaliados com equipamentos operando em circuito de resposta para nível de pico e circuito de resposta “Linear”.

Porém, na ausência da opção de respostas para níveis de pico, o MTE, através do anexo 2 de sua norma regulamentadora número 15, coloca que o ruído de impacto pode ser medido com instrumentos trabalhando em circuito de resposta rápida (FAST) e circuito de compensação “C”. Porém, ao utilizar-se da segunda opção de configuração do medidor de pressão sonora, a normativa altera o valor do limite de tolerância em decorrência da mudança de metodologia de 130 dB (Linear) para 120 dB (C).

Caso o avaliador realize as medições com o aparelho operando nos padrões na NHO 01, o limite diário nível de pico da exposição diária pode ser calculado através da equação 9.

$$N_p = 160 - 10 \log n \quad (\text{eq 9})$$

Onde:

N_p - Representa o nível de pico máximo admissível medido em dB (Linear).

n - número de impactos ou impulsos ocorridos durante uma jornada de trabalho.

3METODOLOGIA

Este tópico irá apresentar a metodologia utilizada para realização do trabalho, a qual visa comparar os resultados obtidos em avaliações da exposição ocupacional ao ruído para medições de duas horas de duração e uma jornada inteira de trabalho.

3.1EMPREENDIMENTO ESTUDADO

As avaliações foram realizadas em uma indústria de produção de arruelas localizada na cidade de Curitiba, no estado do Paraná. Para a produção de arruelas a empresa faz utilização de equipamentos como guilhotinas e prensa do tipo chaveta, além de betoneiras, fresa entre outras máquinas para moldar, cortar, dobrar e dar acabamento em peças metálicas.

3.2MATERIAIS

Para a realização das avaliações foram utilizados dosímetros de ruído da marca INSTRUTHERM do modelo DOS 500. Também houve a utilização de computador, prancheta e papel visando uma melhor organização das informações.

Todos os medidores de pressão sonora possuíam microfones com espuma para diminuição do efeito do vento sobre as medições de níveis de pressão sonora.



FIGURA 5 - DOSÍMETRO DE RUÍDO UTILIZADO NAS AVALIAÇÕES

Fonte: O autor

3.3 AVALIAÇÃO DO RUÍDO OCUPACIONAL

A metodologia de avaliação da exposição ao ruído foi a dosimetria de ruído conforme cita o subitem 2.14.1. Foram realizadas 6 (dez) dosimetrias com 3 (cinco) trabalhadores. Os trabalhadores dos setores Chaparia, Operação de Prensas e Manutenção, utilizaram dois equipamentos simultaneamente, visando comparar as doses. Devido ao fato de o dosímetro de ruído utilizado tomar o valor do nível equivalente, ao invés do nível equivalente normalizado, para o cálculo da dose de exposição, as mesmas foram recalculadas utilizando as metodologias neste trabalho apresentadas.

As configurações utilizadas nos medidores de pressão sonora seguiram os parâmetros colocados na NR 15 conforme colocado a seguir e ilustrados na figura 6.

- Critério de Referencia: 85 dB
- Taxa de duplicação da dose: 5 dB
- Curva de compensação: A
- Circuito de resposta: lenta (SLOW)

	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não		Utilizado			
Nível de critério		85dB			
Nível limiar		80dB			
Taxa de troca		5dB			
Ponderação de tempo		LENTO			
dB RMS 115		Sim			
Excedeu 140 dB		Não			
Data de início(mm:dd)		10-04			
Hora de início(hh:mm)		08:17			
Hora de finalização(hh:mm)		15:23			
Tempo de exposição(hh:mm)		06:10			
Período de pausa(hh:mm)		00:55			
Valor de dose (%)		634.6			
Leq (tempo real)		98.3			
Leq (Projetado para 8 horas)		100.2			
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					

Nome: CHAPARIA - CHAPEADOR 6H

Endereço: CONFIDENCIAL

Empresa: CONFIDENCIAL

FIGURA 6 - DEMONSTRATIVO DO CRITÉRIO DE REFERENCIA, TAXA DE DUPLICAÇÃO DA DOSE E CIRCUITO DE RESPOSTA NAS CONFIGURAÇÕES DO MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA.

Fonte: O autor

Os aparelhos foram colocados nos funcionários no período da manhã, por volta das 8:00 horas AM sem um retirado após 2 horas e outro no término da jornada de trabalho. Os microfones dos instrumentos foram fixados na gola da camisa dos colaboradores, buscando o posicionamento mais próximo da zona auditiva destes como demonstra a figura 7.



FIGURA 7 - LOCALIZAÇÃO DA POSIÇÃO DO MICROFONE DO DOSÍMETRO DE RUÍDO.

Fonte: NR MEDICINA E SEGURANÇA DO TRABALHO (2013)

Os valores de Nível equivalente e Nível equivalente normalizado são calculados automaticamente pelos dosímetros e são representados, respectivamente, pelas variáveis “Leq” e “Leq (Projetado para 8 Horas)” como mostrado na figura 8. Observa-se também que a medição do tempo de avaliação também é realizada pelo aparelho.

	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não	Utilizado				
Nível de critério	85dB				
Nível limiar	80dB				
Taxa de troca	5dB				
Ponderação de tempo	LENTO				
dBFRMS 115	Não				
Excedeu 140 dB	Não				
Data de início(mm:dd)	10-03				
Hora de início(hh:mm)	08:17				
Hora de finalização(hh:mm)	15:19				
Tempo de exposição(hh:mm)	06:02				
Período de pausa(hh:mm)	00:59				
Valor de dose (%)	240,3				
Leq (tempo real)	91,3				
Leq (Projetado para 8 horas)	93,35				
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					
Nome: FERRAMENTARIA MANUTENCAO - MECANICO					
Endereço: CONFIDENCIAL					
Empresa: CONFIDENCIAL					

FIGURA 8 - DEMONSTRATIVO DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO, NÍVEL EQUIVALENTE E NÍVEL EQUIVALENTE NORMALIZADO NAS CONFIGURAÇÕES DO MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA.

Fonte: O autor

Os valores de doses os quais podem ser calculados de acordo com a equação demonstrada no tópico 2.14.2, também são gerados automaticamente pelo medidor de pressão sonora de uso integral utilizado pelo trabalhador conforme ilustra a figura 9.

	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não		Utilizado			
Nível de critério		85dB			
Nível limiar		80dB			
Taxa de troca		5dB			
Ponderação de tempo		LENTO			
dBFRMS 115		Sim			
Excedeu 140 dB		Não			
Data de início(mm:dd)		10-03			
Hora de início(hh:mm)		08:17			
Hora de finalização(hh:mm)		15:07			
Tempo de exposição(hh:mm)		05:54			
Período de pausa(hh:mm)		00:55			
Valor de dose (%)		443,0			
Leq (tempo real)		95,7			
Leq (Projetado para 8 horas)		97,93			
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					
Nome: FERRAMENTARIA MANUTENCAO - MECANICO					
Endereço: CONFIDENCIAL					
Empresa: CONFIDENCIAL					

	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não		Utilizado			
Nível de critério		85dB			
Nível limiar		80dB			
Taxa de troca		5dB			
Ponderação de tempo		LENTO			
dBFRMS 115		Sim			
Excedeu 140 dB		Não			
Data de início(mm:dd)		10-02			
Hora de início(hh:mm)		08:18			
Hora de finalização(hh:mm)		15:24			
Tempo de exposição(hh:mm)		06:04			
Período de pausa(hh:mm)		01:01			
Valor de dose (%)		341,6			
Leq (tempo real)		93,8			
Leq (Projetado para 8 horas)		95,85			
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					
Nome: OPERADOR DE PRENSAS - PRODUCAO 6H					
Endereço: CONFIDENCIAL					
Empresa: CONFIDENCIAL					

FIGURA 9 - DEMONSTRATIVO DA DOSE CALCULADA PELO DOSÍMETRO DE RUÍDO

Fonte: O Autor

Porém, os valores de doses calculados pelo dosímetro não foram considerados visto que os mesmos utilizam o NE e não o NEN. Portanto as doses foram recalculadas utilizando a fórmula do nível médio de ruído colocada por SESI (2007), colocada na equação 10.

$$NE = 80 + 16,61 \log \left(0,16 \frac{Dose}{T_a} \right) \quad (\text{eq 10})$$

Onde:

NE - Representa o nível de energia, em decibels, que causaria o efeito equivalente ao causado pelos níveis instantâneos ao qual o colaborador esteve exposto.

Dose – Expresso em percentagem.

T_a – Tempo de amostragem expresso em horas decimais.

Isolando a dose teremos a expressão matemática, utilizada para cálculo da dose a partir do nível equivalente de ruído (equação 11):

$$Dose(\%) = 10^{\frac{NE-80}{16,61}} \times \frac{1}{0,16 T_a} \quad (\text{eq 11})$$

Onde:

NE - Representa o nível de energia, em decibels, que causaria o efeito equivalente ao causado pelos níveis instantâneos ao qual o colaborador esteve exposto.

Dose – Expresso em percentagem.

T_a – Tempo de amostragem expresso em horas decimais.

3.4 METODOLOGIA DE ANÁLISE DA DIFERENÇA ENTRE OS RESULTADOS

Devido a fatores externos, não foi possível a utilização de métodos estatísticos para comparação dos valores de doses e NEN obtidos. Foi tomado como

premissa que somente as avaliações com níveis equivalentes normalizados iguais seriam consideradas semelhantes para fins da avaliação da exposição ocupacional ao agente em questão. Isto se deu devido ao fato de a grandeza decibéis trabalhar em escala logarítmica, podendo ter pequenas ou grandes diferenças com a mesma variação.

4ANÁLISE DOS RESULTADOS

As análises dos resultados foram realizadas de acordo com os parâmetros, critérios e metodologia colocados no item 3 (Metodologia de análise dos resultados). As avaliações estão colocadas a seguir.

4.1SETOR CHAPARIA

A avaliação realizada com o medidor de pressão sonora retornou os valores aproximados de NEN de 99 dB(A) e 100 dB(A), demonstrados nas figuras 10 e 11. As figuras 10 e 11 mostradas a seguir demonstram os resultados gerados a partir das medições com período de duas horas e seis horas respectivamente.

Registro de dados					
	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não		Utilizado			
Nível de critério		85dB			
Nível limiar		80dB			
Taxa de troca		5dB			
Ponderação de tempo		LENTO			
dBRMS 115		Sim			
Excedeu 140 dB		Não			
Data de início(mm:dd)		10-04			
Hora de início(hh:mm)		08:10			
Hora de finalização(hh:mm)		10:13			
Tempo de exposição(hh:mm)		02:02			
Período de pausa(hh:mm)		00:00			
Valor de dose (%)		166.1			
Leq (tempo real)		88.6			
Leq (Projetado para 8 horas)		98,54			
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					
Nome:	CHAPARIA - CHAPEADOR MM				
Endereço:	CONFIDENCIAL				
Empresa:	CONFIDENCIAL				

FIGURA 10 - RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR CHAPARIA PARA 2 HORAS

Fonte: O autor

Registro de dados					
	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não		Utilizado			
Nível de critério		85dB			
Nível limiar		80dB			
Taxa de troca		5dB			
Ponderação de tempo		LENTO			
dBRMS 115		Sim			
Excedeu 140 dB		Não			
Data de início(mm:dd)		10-04			
Hora de início(hh:mm)		08:17			
Hora de finalização(hh:mm)		15:23			
Tempo de exposição(hh:mm)		06:10			
Período de pausa(hh:mm)		00:55			
Valor de dose (%)		634.6			
Leq (tempo real)		98.3			
Leq (Projetado para 8 horas)		100,2			
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					
Nome:	CHAPARIA - CHAPEADOR 6H				
Endereço:	CONFIDENCIAL				
Empresa:	CONFIDENCIAL				

FIGURA 11 - RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR CHAPARIA PARA 6 HORAS

Fonte: O autor

Conforme a metodologia colocada no tópico metodologia, as doses para as medições realizadas pelos períodos de duas horas e seis horas foram recalculados utilizando o valor do Leq projetado para 8 Horas (NEN).

TABELA 1 - PROJEÇÃO DAS DOSES PARA O SETOR CHAPARIA

Medição/ Parâmetro	2 Horas	6 Horas
NEN	99 dB(A)	100 dB(A)
Valor da dose calculado com base no NEN	696 %	800%

Fonte: O autor

4.2 SETOR FERRAMENTARIA/MANUTENÇÃO

No setor ferramentaria/manutenção o cargo atuante na ocasião era o de mecânico. O profissional realizava manutenção diária em todas as máquinas e estava exposto a ruído constante, pois não há separações entre os setores de produção no empreendimento estudado.

A avaliação realizada com o medidor de pressão sonora retornou os valores aproximados de NEN de 95 dB (A) e 93 dB (A), demonstrados nas ilustrações 12 e 13.

	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não	Utilizado				
Nível de critério	85dB				
Nível limiar	80dB				
Taxa de troca	5dB				
Ponderação de tempo	LENTO				
dBFRMS 115	Não				
Excedeu 140 dB	Não				
Data de início(mm:dd)	10-03				
Hora de início(hh:mm)	08:08				
Hora de finalização(hh:mm)	21:52				
Tempo de exposição(hh:mm)	02:06				
Período de pausa(hh:mm)	00:00				
Valor de dose (%)	104.6				
Leq (tempo real)	85.3				
Leq (Projetado para 8 horas)	94,97				
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					

Nome: FERRAMENTARIA MANUTENCAO - MECANICO
Endereço: CONFIDENCIAL
Empresa: CONFIDENCIAL

FIGURA 12 - RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR FERRAMENTARIA MANUTENÇÃO PARA 2 HORAS

Fonte: O autor

	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não	Utilizado				
Nível de critério	85dB				
Nível limiar	80dB				
Taxa de troca	5dB				
Ponderação de tempo	LENTO				
dBFRMS 115	Não				
Excedeu 140 dB	Não				
Data de início(mm:dd)	10-03				
Hora de início(hh:mm)	08:17				
Hora de finalização(hh:mm)	15:19				
Tempo de exposição(hh:mm)	06:02				
Período de pausa(hh:mm)	00:59				
Valor de dose (%)	240.3				
Leq (tempo real)	91.3				
Leq (Projetado para 8 horas)	93,35				
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					

Nome: FERRAMENTARIA MANUTENCAO - MECANICO
Endereço: CONFIDENCIAL
Empresa: CONFIDENCIAL

FIGURA 13 - RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR FERRAMENTARIA MANUTENÇÃO PARA 6 HORAS

Fonte: O autor

Conforme a metodologia colocada no tópico metodologia, as doses para as medições realizadas pelos períodos de duas horas e seis horas foram recalculados utilizando o valor do Leq projetado para 8 Horas (NEN).

TABELA 2 - PROJEÇÃO DAS DOSES PARA O SETOR FERRAMENTARIA/MANUTENÇÃO

Medição/ Parâmetro	2 Horas	6 Horas
NEN	95 dB(A)	93 dB(A)
Valor da dose calculado com base no NEN	400 %	300%

Fonte: O autor

4.3 SETOR PRODUÇÃO

O setor produção refere-se basicamente a função de operador de prensas. As atividades relacionadas à função na ocasião eram basicamente relacionadas à operação de prensas, tendo uma jornada de trabalho homogenia e exposição contínua ao ruído.

Os resultados aproximados gerados pelo medidor de pressão sonora para os Níveis de exposição normalizados foram de 93 dB(A) e 96 dB (A) na ocasião, e estão colocados nas figuras 14 e 15

	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não		Utilizado			
Nível de critério		85dB			
Nível limiar		80dB			
Taxa de troca		5dB			
Ponderação de tempo		LENTO			
dBRMS 115		Não			
Excedeu 140 dB		Não			
Data de início(mm:dd)		10-02			
Hora de início(hh:mm)		08:12			
Hora de finalização(hh:mm)		10:30			
Tempo de exposição(hh:mm)		02:09			
Período de pausa(hh:mm)		00:00			
Valor de dose (%)		81.09			
Leq (tempo real)		83.4			
Leq (Projetado para 8 horas)		92,96			
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					

Nome: OPERADOR DE PRENSA - PRODUCAO 2H
Endereço: CONFIDENCIAL
Empresa: CONFIDENCIAL

FIGURA 14 - RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR PRODUÇÃO PARA 2 HORAS

Fonte: O autor

	E1	E2	E3	E4	E5
Utilizado ou não				Utilizado	
Nível de critério				85dB	
Nível limiar				80dB	
Taxa de troca				5dB	
Ponderação de tempo				LENTO	
dBRMS 115				Sim	
Excedeu 140 dB				Não	
Data de início(mm:dd)				10-02	
Hora de início(hh:mm)				08:18	
Hora de finalização(hh:mm)				15:24	
Tempo de exposição(hh:mm)				06:04	
Período de pausa(hh:mm)				01:01	
Valor de dose (%)				341.6	
Leq (tempo real)				93.8	
Leq (Projetado para 8 horas)				95,85	
Hora de sinalização de pico (hh:mm)					
Duração de pico (mm:ss)					

Nome: OPERADOR DE PRENSAS - PRODUCAO 6H
Endereço: CONFIDENCIAL
Empresa: CONFIDENCIAL

FIGURA 15 - RESULTADOS AVALIAÇÃO NO SETOR PRIDUÇÃO PARA 6 HORAS

Fonte: O autor

Conforme a metodologia colocada no tópico metodologia, as doses para as medições realizadas pelos períodos de duas horas e seis horas foram recalculados utilizando o valor do Leq projetado para 8 Horas (NEN).

TABELA 3 - PROJEÇÃO DAS DOSES PARA O SETOR PRODUÇÃO

Medição/ Parâmetro	2 Horas	6 Horas
NEN	93 dB(A)	96 dB(A)
Valor da dose calculado com base no NEN	303%	459%

Fonte: O autor

4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como é possível notar nos quadros demonstrativos dos resultados, existem grandes diferenças de valores quando se trata da dose diária de exposição. O fato de a grandeza decibel ser uma relação logarítmica entre duas variáveis, a intensidade de pressão sonora e a sensação auditiva sentida por determinada pessoa, faz com que com pequenas diferenças numéricas nos resultados de níveis equivalentes normalizados resultem em grandes diferenças nas doses de exposição.

No primeiro caso, setor de chaparia, os níveis de exposição normalizados apresentaram uma pequena diferença, cerca de 1 decibel. Porém ao inserir os valores nas equações de cálculo da dose, chegou-se a um resultado que apresenta mais de 100% de diferença, o que significa, teoricamente, que na medição em 2 horas o organismo do funcionário atuante no setor estaria exposto a um nível de pressão sonora 100% menos prejudicial à saúde quando tomamos por base o limite de tolerância de 85 decibels.

Já no segundo caso, setor ferramentaria manutenção, houve uma diferença um pouco maior, de aproximadamente 2 (dois) decibels medidos em circuito de compensação "A". Porém ao se a diferença entre as doses calculadas foi menor do que o a diferença apresentada no setor de chaparia. A diferença entre as doses ficou em 100%. Isto se dá devido à escala logarítmica do decibel, que, neste caso, nos diz teoricamente que, quanto maior o valor em dB, maior a sensibilidade do organismo humano a variação de uma unidade. Em outras palavras, a variação de

uma unidade de decibel em altos valores representa maiores danos ao organismo do que a mesma variação em baixos valores.

O terceiro setor avaliado, apresentou uma diferença entre os níveis de exposição normalizados ainda maior, de aproximadamente 3 (três) decibels. Caracterizando doses divergindo em mais de 100%.

Os resultados obtidos apresentaram diferenças que possivelmente podem ter sido geradas por um dos fatores abaixo listados.

- Diferenças relacionadas à sensibilidade e/ou calibração do equipamento utilizado na avaliação;
- Locais de posicionamento dos microfones dos dosímetros;
- Ocorrência de eventos adversos como pausas no equipamento e/ou um pico de ruído anormal;
- Tempo utilizado para o operador para preparo do equipamento;
- Pausas para utilização de sanitários ou outras finalidades.

5 CONCLUSÕES

De acordo com resultados obtidos neste trabalho a diferença entre períodos de exposição geram grandes diferenças nos valores das doses calculadas, porém pequenas diferenças de níveis de exposição normalizados. As diferenças podem ter sido geradas pelos seguintes fatores.

- Diferenças relacionadas à sensibilidade e/ou calibração do equipamento utilizado na avaliação;
- Locais de posicionamento dos microfones dos dosímetros;
- Ocorrência de eventos adversos como pausas no equipamento e/ou um pico de ruído anormal;
- Tempo utilizado para o operador para preparo do equipamento;
- Pausas para utilização de sanitários ou outras finalidades.

Com isso, conclui-se que, para obtenção de valores precisos nas avaliações de exposição ao ruído ocupacional, as medições devem ser realizadas utilizando toda a jornada de trabalho.

Contudo, sugere-se que sejam feitas novas comparações realizando transformações das unidades de decibel para outras formas de medir níveis de pressão sonora a fim de avaliar quais os valores de divergências aceitáveis para considerar que o trabalhador está exposto a níveis que gerem o mesmo efeito no organismo. Ressalta-se que métodos estatísticos podem ser utilizados apenas após estas transformações tendo em vista que o decibel trabalha em escala logarítmica as diferenças, causadas pela variação de uma unidade, entre os resultados varia de acordo com nível o qual se está trabalhando.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Simone Adad. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. São Paulo: Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-72992002000100008>> acesso em: 02 de jan de 2013.
- ASTETE, Martin Wells *et. al.* Riscos Físicos. São Paulo: FUNDACENTRO, 1995.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-15 – Atividades e operações insalubres. São Paulo: Atlas, 69º Edição, 2012.
- CORDEIRO, Ricardo *et. al.* Exposição ao ruído ocupacional como fator de risco para acidentes do trabalho Occupational. São Paulo : Revista Saúde Pública, Botucatu, 2005.
- DIAS, Adriano *et. al.* Associação entre perda auditiva induzida pelo ruído e zumbidos. Rio de Janeiro: Caderno de Saúde Pública, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X2006000100007>> acesso em: 02 de jan. de 2013.
- FERNANDES, João Candido. Acústica e ruídos. São Paulo: Laboratório de acústica e vibrações-UNESP, 2002.
- FUNDACENTRO. NHO 01- Procedimento técnico: Avaliação ocupacional ao ruído. 2001.40p.
- JANKOVITZ, João Afonso Abel. Os circuitos de compensação A, B, C e D. Disponível em <<http://www.abel-acustica.com.br/Acustica/CurvCompen.htm>> acesso em: 03 de jan de 2012.
- JÚNIOR, Cássio Tavares de Menezes. Ambiente Sonoro em canteiro de obra da construção civil. Estudo de caso: Maringá-PR. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- LACERDA, Adriana Bender Moreira de *et. al.* Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora. Paraná: Ambiente & Sociedade, 2005.
- LAZZARINI, Victor E.P. Elementos de acústica. Paraná, 1998.
- MAIA, Alves Paulo. Estimativa de exposições não contínuas a ruídos. São Paulo: FUNDACENTRO, 2002.
- MARQUES, Frederico Prudente; COSTA, Everardo Andrade da. Exposição ao ruído ocupacional: alterações nos exames de emissões otoacústicas. São Paulo: Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, 2006.
- MARTINS, José Forcina Martins *et. al.* Exercício e sono. São Paulo: Revista Brasileira de Medicina Esportiva, 2001.

MATAS, Carla Gentile *et. al.* Estudo do efeito de supressão no potencial evocado auditivo de tronco encefálico. São Paulo: Pró-Fono revista de atualização científica, 2010.

MEDEIROS, Luana Bernardines. Ruídos: Efeitos extra auditivos no corpo humano. Porto Alegre: Centro de especialização em fonoaudiologia clínica e audiologia clínica, 1999.

OGIDO, Rosalina *et. al.* Prevalência de sintomas auditivos e vestibulares em trabalhadores expostos a ruído ocupacional. São Paulo : Revista Saúde Pública, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102009000200021>> acesso em: 02 de jan de 2013.

OGIDO, Rosalina *et. al.* Prevalência de sintomas auditivos e vestibulares em trabalhadores expostos a ruído ocupacional. São Paulo: Revista de Saúde Pública, 2009.

SERVILHA, Emilse Aparecida Merlin; DELATTI, Marina de Almeida. Percepção de ruído no ambiente de trabalho e sintomas auditivos e extra-auditivos autorreferidos por professores universitários. São Paulo: Jornal da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, 2012.

SESI. Técnicas de avaliação de agentes ambientais. Brasília: Serviço Nacional do SESI, 2007.

SILVA, Aline Carolina de Araújo ET. AL. Percepção da equipe multiprofissional sobre ruído em unidade de cuidado intermediário neonatal. São Paulo: Escola de enfermagem de Ribeirão Preto-USP, Ribeirão Preto, 2011.

SILVA, Ana P. *et. al.* Avaliação do perfil auditivo de militares de um quartel do exército brasileiro. Rio de Janeiro: Revista brasileira de Otorrinolaringologia, 2004.

SOUZA, Suely Souto Souza *et. al.* Hipertensão arterial entre trabalhadores de petróleo expostos a ruído. Rio de Janeiro: Caderno de Saúde Pública, 2001.