



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
IGOR CESAR DA SILVA

**A INCORPORAÇÃO DO RECURSO VISUAL NA AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO
OCUPACIONAL AO RUÍDO**

Florianópolis

2017

IGOR CESAR DA SILVA

**A INCORPORAÇÃO DO RECURSO VISUAL NA AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO
OCUPACIONAL AO RUÍDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. José Humberto Dias de Tolêdo, Ms.

Florianópolis

2017

IGOR CESAR DA SILVA

**A INCORPORAÇÃO DO RECURSO VISUAL NA AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO
OCUPACIONAL AO RUÍDO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Florianópolis, 2017.

Professor e orientador José Humberto Dias de Tolêdo, Ms.

Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente aos meus pais pelo apoio e total confiança na minha capacidade e maturidade para iniciar a minha carreira na engenharia longe da minha cidade natal. Ressalto ainda o enorme esforço por parte de ambos para suportar a minha ausência em datas importantes.

À toda a minha família, primos e tios, agradeço pela relação próxima de carinho e amizade, mas principalmente pelo companheirismo e apoio apesar do sofrimento causado pela minha ausência. Vocês constituem a principal base do meu sucesso, pilar que me sustentou e me deu forças para trilhar o meu caminho apesar das dificuldades.

Aos professores da UNISUL, em especial ao professor, orientador e coordenador José Humberto, que desempenhando brilhantemente essas três funções se tornou um dos maiores responsáveis pelo sucesso do curso.

Também gostaria de agradecer aos colegas que tive o prazer de conhecer durante o curso, pois longe da família e amigos precisei do apoio dos novos amigos para me manter no caminho, sem dúvida dividimos momentos inesquecíveis e construímos laços que serão mantidos eternamente.

Agradeço especialmente à EcoEngenharia e seus gestores pelo suporte durante o período de desenvolvimento deste trabalho.

De forma geral, a todos que sentem carinho por mim, e assim como eu sofreram com a distância e ausência em momentos importantes. Foi necessário abdicar e passar por algumas dificuldades para evoluir pessoal e profissionalmente, mas no final desse período tenho a certeza de ter tomado a melhor decisão, e cheio de satisfação percebo a minha evolução e o fortalecimento dos laços mantidos independente da distância.

“Eu aprendi que a coragem não é a ausência de medo, mas o triunfo sobre ele.
O homem corajoso não é aquele que não sente medo, mas aquele que conquista por
cima do medo.” **Nelson Mandela**

RESUMO

A preocupação com a qualidade de vida é crescente dentro do quadro nacional, assim como a incorporação dos conceitos de saúde e segurança do trabalho pelas empresas e pelos governantes. Devido ao desenvolvimento econômico aliado ao crescimento populacional, problemas sociais são conseqüentemente intensificados, os acidentes e doenças do trabalho, por exemplo, têm se mostrado um dos responsáveis pelo afastamento e aposentadoria especial de milhares de trabalhadores jovens. Nesse contexto, a exposição aos riscos e principalmente ao ruído ocupacional tornou-se um ponto crítico, visto que é possível prevenir e evitar efeitos negativos provenientes deste agente. Como solução para esse problema, tem-se a avaliação da exposição ao ruído ocupacional como ferramenta para identificação e mitigação do risco, evitando que o trabalhador tenha sua saúde comprometida. Entretanto, a metodologia de avaliação utilizada atualmente possui limitações que comprometem a análise completa do quadro. Nesse contexto, buscou-se, por meio de pesquisa bibliográfica, levantar dados referentes ao ruído ocupacional, abrangendo as suas propriedades, elementos, fatores e legislação aplicável. Analisou-se, de forma crítica as limitações da metodologia de avaliação, as tecnologias e processos disponíveis, bem como suas limitações e desvantagens. Verificou-se ainda viabilidade da implementação do processo através da inserção de um novo recurso, que consiste no registro visual durante a medição do ruído. Como forma de exemplificar a operação do método e analisar a eficiência do mesmo, foi realizado um teste operacional com a utilização do conjunto audiovisual em uma avaliação de exposição ao ruído em uma empresa localizada na cidade de São José, SC. Baseado nesses resultados foi possível avaliar a eficiência e viabilidade do método, bem como identificar as particularidades e dificuldades da implantação do mesmo, que pode tornar a avaliação de exposição ao ruído ocupacional uma ferramenta incrível e completa, que fornece dados variados e consistentes, com impacto direto na justiça do trabalho e principalmente na qualidade de vida dos trabalhadores.

Palavras-chave: Ruído; Higiene Ocupacional; Saúde e Segurança do Trabalho; Medição; Avaliação de Risco.

ABSTRACT

The concern with the quality of life is growing within the national framework, as well as an incorporation of the concepts of health and safety of work by companies and governments. Due to economic development coupled with population growth, social problems are consequently intensified, accidents and occupational diseases, for example, have been demonstrated by remoteness and retirement. In this context, a point of view on the risks and, especially, on occupational noise has become a critical point, since it is possible to prevent and avoid the negative effects of this agent. As a solution to this problem, it has an exposure assessment for occupational noise as a tool to identify and mitigate the risk, avoiding that the worker has his health compromised. However, an evaluation methodology has limitations that involve a complete analysis of the scenario. In this context, it was searched, through bibliographical research, to collect data referring to occupational noise, covering as its properties, elements, factors and applicable legislation. Critical of the evaluation methodology limitations, the technologies and processes available, as well as their limitations and disadvantages were analyzed. It was also verified the viability of the implementation of the process for the insertion of a new resource, which consists of the visual recording during the noise measurement. As a way of exemplifying a method operation and analyzing its efficiency, an operational test was performed using the audiovisual set in a noise exposure assessment of a São José company. Based on results of performance evaluation and feasibility of the method, as well as identify as particularities and difficulties of its implementation, which can be an evaluation of occupational noise performance of an incredible and complete tool, which contains varied and consistent data, with direct impact on labor justice and especially on quality of workers' lives.

Keywords: Noise; Occupational Hygiene; Health and Workplace Safety; Measurement; Risk Assessment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Curvas de Ponderação “A, B, C e D”, 20 a 20.000 Hz.	19
Figura 2 – Aparelho auditivo Humano.	20
Figura 3 – Órgão da Cóclea: (A) Normal, (B,C,D) Danificadas	23
Figura 4 – Dosímetro utilizado no teste	31
Figura 5 – Câmera portátil utilizada no teste	32
Figura 6 – Bateria portátil utilizada no teste	32
Figura 7 – Dosímetro de Ruído mod. DOS-600.....	36
Figura 8 – Exemplo de câmera portátil.....	40
Figura 9 – Dados de dosimetria do Trabalhador.	41
Figura 10 – Pontos destacados no gráfico.....	42
Figura 11 – Imagem referente ao Ponto 1: aproximadamente 1 hora e 15 minutos	43
Figura 12 – Imagem referente ao Ponto 2: aproximadamente 3 horas e 45 minutos	43
Figura 13 – Imagem referente ao Ponto 3: aproximadamente 5 horas e 15 minutos	44
Figura 14 – Imagem referente ao Ponto 4: aproximadamente 7 horas.	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Velocidades de Propagação do Som.	18
Quadro 2 – Limite de Tolerância para ruído contínuo e intermitente.....	24
Quadro 3 – Procedimentos para utilização de medidor integrador de uso pessoal.	33
Quadro 4 – Dados de dosimetria do trabalhador.	41

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CID – Código Internacional de Doenças

EPI – Equipamento de Proteção Individual

NBR – Normas Técnicas Brasileiras

NHO – Norma de Higiene Ocupacional

NPS – Nível de Pressão Sonora

NR – Norma Regulamentadora

OMS – Organização Mundial da Saúde

PAIR – Perda Auditiva Induzida por Ruído

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo Geral	15
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1 PROPRIEDADES BÁSICAS DO SOM	17
2.1.1 Ruído	18
2.1.2 Frequência e Nível de Pressão Sonora (NPS)	19
2.1.3 Curvas de compensação	19
2.2 ESTRUTURA DO OUVIDO HUMANO	20
2.3 RUÍDO OCUPACIONAL	20
2.3.1 Tipos de ruído	21
2.4 EFEITOS DO RUÍDO - PAIR.....	22
2.5 CARACTERIZAÇÃO DE INSALUBRIDADE.....	24
2.6 CONTROLE DE RUÍDOS	25
2.6.1 Controle na Fonte	25
2.6.2 Controle na Trajetória	26
2.6.3 Controle no Trabalhador	26
2.7 EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL	27
2.7.1 Atenuação de ruído	28
3 METODOLOGIA DE ESTUDO E ESTRUTURAÇÃO	29
3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	29
3.2 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO CONJUNTO AUDIOVISUAL	30

3.2.1 Equipamentos adotados	30
3.2.2 Procedimentos de instalação e operação	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 ANÁLISE DA NORMA TÉCNICA	35
4.1.1 Instrumento de medição.....	35
4.2 PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO	36
4.3 VULNERABILIDADE E LIMITAÇÕES	37
4.4 IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO	39
4.5 ANÁLISE COMPARATIVA	40
4.5.1 Dosimetria	40
4.5.2 Pontos Críticos	41
4.5.3 Identificação Visual.....	42
4.5.4 Análise e Correlação	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

O ruído é considerado todo som indesejável, causador de danos irreversíveis e cumulativos. Em teoria não representa um risco fatal, mas reduz consideravelmente a qualidade de vida do indivíduo afetado. (RAMOS, 2012) De acordo com a OIT – Organização Internacional do Trabalho, o ruído é considerado uma das exposições ocupacionais mais comuns no Brasil e no mundo, e apesar da regulação e das recomendações com padrões internacionais que estão em vigor há décadas, os números indicam que a taxa de perda auditiva induzida pelo ruído permanece extremamente elevada. Assim, a exposição ao ruído constitui um risco grave para a saúde humana.

Uma associação entre exposição ao ruído e a perda auditiva é feita há muitos anos, recentemente, no entanto, houve um crescente número de evidências de que o ruído também pode estar associado a efeitos sobre a saúde muito além da audição. Existem provas científicas suficientes de que a exposição pode induzir deficiência auditiva, doença cardíaca isquêmica, hipertensão e depressão, distúrbios do sono, diminuição do desempenho escolar, entre outros. (BASNER, 2014)

Mais precisamente durante as jornadas de trabalho o ser humano é exposto a diversos agentes sejam químicos, físicos ou biológicos, um deles é o ruído, uma vez que atividades industriais utilizam máquinas, equipamentos e realizam processos muitas vezes ruidosos. Além de problemas práticos e de segurança, esse ruído também pode ocasionar outros problemas de saúde nos funcionários de uma empresa, e a responsabilidade recai diretamente sobre o empregador, assim, a avaliação de níveis de ruídos em ambientes de trabalho é de vital importância para a manutenção da saúde e segurança dos trabalhadores.

Analisando o quadro geral do ruído ocupacional, atualmente tem-se algumas normas que abordam essa problemática, como as Normas Regulamentadoras: NR-15 Atividades e Operações Insalubres que aborda os limites de tolerância permitidos com vistas à proteção da integridade do colaborador e a NR-06 Equipamento de Proteção Individual que aborda necessidade e utilização dos EPI's. Quanto à análise e procedimentos técnicos, a norma que aborda esse tema é NHO 01 – Norma de Higiene Ocupacional que tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação de exposição ocupacional ao ruído, que implique em risco potencial.

Nesse contexto, o controle do ruído ocupacional pelas indústrias é imprescindível, pois além de preservar a integridade do colaborador evita atritos com as ocupações circundantes. Levando em consideração, ainda, que os estudos que avaliem os níveis de ruído

nesses tipos de ambiente podem garantir a saúde e qualidade de vida dos trabalhadores, é extremamente importante que os procedimentos envolvidos sejam discutidos e aprimorados constantemente.

Com base nesses fundamentos, a presente monografia tem como objeto de estudo o ruído ocupacional e a metodologia de avaliação da sua exposição, buscando realizar uma análise dos conceitos, parâmetros e definições básicas, para que sejam levantados pontos vulneráveis e limitações que possam prejudicar a análise e, conseqüentemente, propor uma solução viável para a eliminação destes pontos e o aprimoramento do método atual

1.1 JUSTIFICATIVA

A exposição ao ruído está aumentando constantemente, seja pelas evoluções tecnológicas que permitem a amplificação e reprodução de sons com qualidade, ou pelo ritmo da produção industrial, que deve suprir as necessidades da sociedade em evolução. Assim, no ambiente de vida em geral, tanto em países industrializados como em regiões do mundo em desenvolvimento, este risco se torna cada vez mais preocupante. Estudos técnicos, pesquisas científicas e, evidentemente, dados divulgados pela previdência e ministério do trabalho divulgados constantemente revelam as conseqüências graves do ruído na saúde humana.

No momento em que um trabalhador é registrado, o empresário passa a ser responsável pela proteção e fornecimento das condições para que a sua saúde seja preservada, e é nesse momento que as empresas devem estar atentas há diversos fatores que vão desde o ambiente à escolha dos processos e máquinas, onde se deve dar atenção ao ruído emitido pelas atividades e a localização das máquinas no parque fabril e caso haja de fato emissão de ruído acima do permitido deve-se dar atenção à utilização de Equipamentos de Proteção Coletivos e Individuais para preservar a saúde e segurança do colaborador.

Diante deste quadro, mesmo com a evolução dos equipamentos, e técnicas de redução de ruído, em muitos casos a eliminação completa do risco se mostra inviável e neste momento entra a avaliação da exposição ocupacional ao ruído, responsável por definir o nível do ruído a que está exposto o trabalhador. Apesar da variedade de equipamentos e métodos de avaliação utilizados por todo o planeta, no Brasil há alguns procedimentos normatizados, e equipamentos indicados e padronizados para medir a intensidade dos ruídos, paralelos à legislação responsável por definir os limites de tolerância.

Quando analisada criteriosamente, a metodologia de avaliação desta exposição ocupacional ao ruído apresenta algumas limitações, podendo ser manipulada ou afetada por fatores externos, o que acaba dificultando e até mesmo impossibilitando uma análise crítica à respeito de uma situação, já que a mesma não consegue ser registrada de forma fiel à realidade.

Assim, para que se desenvolva uma solução que permita a análise e identificação dessas interferências, é necessário implementar a metodologia normatizada, utilizando ferramentas tecnológicas que permitam viabilizar a inserção de um novo recurso com o aprimoramento da avaliação e tomada de decisão, que terá impacto direto na qualidade de vida dos trabalhadores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os parâmetros do ruído ocupacional e sua atual metodologia de avaliação in loco, bem como a viabilidade da inserção do recurso visual na implementação dessa, visando eliminar as limitações identificadas no método.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar os principais elementos, propriedades e conceitos relacionados ao ruído ocupacional;
- Realizar um levantamento do contexto social e do arcabouço legal inerente ao tema;
- Analisar de forma crítica os aspectos relacionados à metodologia de avaliação da exposição ocupacional ao ruído;
- Propor a implementação do processo através da inserção de um novo recurso;
- Aplicar, de forma experimental, a nova metodologia proposta, identificando a sua exequibilidade e possíveis limitações.
- Utilizar os dados obtidos para avaliar a viabilidade da implantação e utilização do método sugerido.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos assim distribuídos:

No capítulo 1 são introduzidos os problemas de pesquisa de forma a contextualizar o tema, bem como a justificativa e os objetivos do trabalho.

No capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica, que caracteriza a base para a sustentação da proposta e permite a análise das especificidades do conteúdo referente ao estudo.

No capítulo 3 são apresentadas as opções metodológicas e a base utilizada para a fundamentação do trabalho, bem como a estrutura detalhada do mesmo. São apresentados, ainda, procedimentos e equipamentos adotados para a realização *in loco* da avaliação e aplicação do método proposto.

No capítulo 4 os resultados e discussões a respeito da metodologia aplicada paralela a padronização atual, indicando pontos relevantes e argumentos para a análise final do experimento.

No capítulo 5, por fim, são apresentadas as considerações finais frente aos resultados obtidos, procurando identificar se os objetivos propostos foram de fato alcançados e abrindo espaço para futuros trabalhos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROPRIEDADES BÁSICAS DO SOM

Maia (2001) define som como ondas mecânicas longitudinais que se propagam em meios sólidos, líquidos e gasosos. O autor acrescenta ainda que estas ondas são mecânicas porque necessitam obrigatoriamente de um meio no qual se propagar, e são consideradas longitudinais porque as partículas materiais responsáveis pela sua propagação oscilam de forma paralela à direção de sua propagação. Já Bistafa (2006), define som como a variação da pressão ambiente detectável pelo ouvido humano.

Ainda de acordo com Maia (2001), os elementos vibrantes que produzem as ondas sonoras, tais como: cordas de violino e de piano, máquinas rotativas, placas e painéis vibrantes, etc. As vibrações oriundas desses elementos são transmitidas por compressões e rarefações do ar até atingirem o ouvido. O lugar geométrico onde as pressões são máximas é conhecido como frente de onda e, sob o impacto das sucessivas frentes de onda o tímpano do ouvido vibra na mesma frequência da fonte. Esse fenômeno sensibiliza o nervo auditivo, que, por sua vez, transmite impulsos para o cérebro, onde surge a sensação auditiva.

Frequência, período e comprimento de onda são propriedades básicas das ondas sonoras. A frequência (f), que no Sistema Internacional é dada em hertz (Hz), é definida pelo número de oscilações da onda por ciclo ou unidade de tempo. O tempo necessário para que a onda complete um ciclo é conhecido como período (T). A distância percorrida pela onda durante um ciclo ou uma oscilação completa é o comprimento de onda. Multiplicando-se o comprimento de onda pela sua frequência se obtém a velocidade de propagação da onda (MAIA, 2001).

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS, 1980), apud Almeida (2008), fisicamente o som é um distúrbio mecânico que se propaga pelo movimento de ondas no ar e outros meios elásticos e mecânicos, tais como a água e o aço. Fisiologicamente o som é uma sensação auditiva provocada por meio destes fenômenos físicos, embora nem todas as ondas sonoras provoquem uma sensação auditiva. Por exemplo, o ultrassom tem uma frequência tão elevada que não estimula a sensação de audição no ser humano.

De acordo com Pizzotti (2012), a velocidade de transmissão do som varia de acordo com o meio (quadro 1).

Quadro 1 – Velocidades de Propagação do Som.

MEIO	VELOCIDADE(m/s)
Ar	346
Água	1498
Ferro	5200
Vidro	4520

Fonte: Adaptado de PIZZOTI, 2012

O ouvido humano pode perceber sons que estão na faixa de frequência entre 20 e 20.000 Hz. Abaixo de 20 Hz estão os infra-sons e, acima de 20.000 Hz, os ultrasons.

A faixa de frequência audível pode ser subdividida em sons graves, médios e agudos. Os sons graves são compostos por frequências entre 20 e 200 Hz. Os sons médios, por frequências entre 200 e 2.000 Hz e os sons agudos, entre 2000 e 20.000 Hz (MAIA, 2001).

2.1.1 Ruído

O que é ouvido resulta da relação entre a intensidade e a frequência do som, o qual nos dá o nível de pressão sonora expresso em dB(A) (BELLUSCI, 2012).

De acordo com Arezes e Miguel (2009) apud Franco (2010) o decibel é definido como razão entre o valor medido e o valor de referência padrão, o qual corresponde a uma mínima variação detectável pelo ouvido humano.

Nesse contexto, Ponzetto (2007), diz que todo tipo de som desagradável aos funcionários e pessoas é considerado um ruído, seja ele em um ambiente externo ou interno, é responsável pela degradação da qualidade do ambiente urbano e do trabalho.

O ruído pode ser definido por duas características descritas por Santos e Matos (1999) como Intensidade que é a quantidade de energia vibratória que se propaga nas áreas próximas a partir da fonte emissora, sendo expressa em energia (watt/m²) ou pressão (N/m² ou Pascal) e frequência caracterizada pelo número de vibrações completas em um segundo, sendo expressa em Hertz (Hz).

Ruído é o fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variações de pressão (no caso ar) em função da frequência, isto é, para uma dada frequência podem existir, em forma aleatória através do tempo, variações de diferentes pressões. Não há diferença entre som, ruído e barulho, no entanto, quanto à resposta subjetiva ruído ou barulho pode ser definido como um som desagradável ou indesejável. (SALIBA, 2000).

2.1.2 Frequência e Nível de Pressão Sonora (NPS)

A frequência pode ser definida pelo número de vibrações completas ou ciclos medidos durante um segundo no meio em que se propaga (SALIBA, 2004). Em outras palavras, é o número de vezes que a oscilação de pressão é repetida, na unidade de tempo. De forma geral pode-se dizer que:

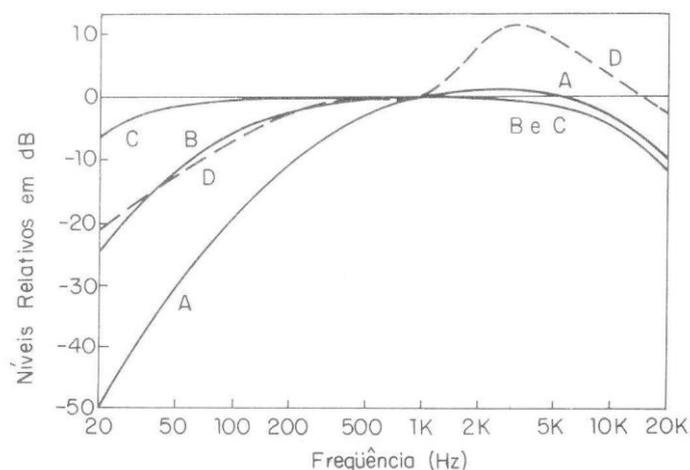
- Alta frequência: são os sons agudos (percorre pequenas distâncias, seu nível superior é muito mais irritante e maléfico aos que estão mais próximo);
- Baixa frequência: são os sons graves (percorre grandes distâncias e ultrapassa barreiras com facilidade).

Enquanto a frequência normalmente é medida em ciclos por segundo ou Hertz (Hz), segundo (Bento et al., 1998) o nível de pressão sonora (SoundPressureLevel) é medido em micro Pascal, microbar e d/cm².

2.1.3 Curvas de compensação

De acordo com (SALIBA, 2004) o ouvido humano responde de forma diferente para determinadas frequências, ou seja, a sensibilidade do ouvido varia de acordo a intensidade da frequência. Segundo Costa (2000) apud Mondadori (2009), o ouvido humano é extremamente sensível a frequências na faixa de 1000 a 4000 Hz. A figura 1, mostra a curva de compensação “A” sendo aproximada da resposta do ouvido humano, segundo costa (COSTA, 2000, apud MONDADORI, 2009), a curva “A” atenua os sons de baixa frequência e aceita os sons de média e alta frequência.

Figura 1 – Curvas de Ponderação “A, B, C e D”, 20 a 20.000 Hz.

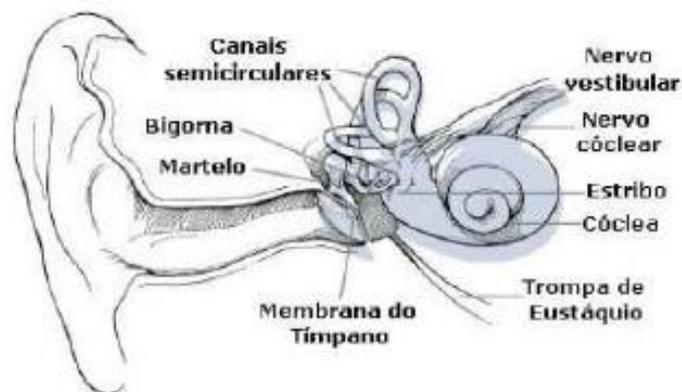


Fonte: Saliba (2004).

2.2 ESTRUTURA DO OUVIDO HUMANO

Segundo (BERNS, 2002) o tímpano vibra quando atingido pelas ondas sonoras. Conforme pode ser observado na figura 2, o tímpano está ligado a três ossos conhecidos por martelo, bigorna e estribo. Logo que os ossos recebem estas vibrações, eles a amplificam conforme o movimento e depois a transmitem para a cóclea.

. Figura 2 – Aparelho auditivo Humano.



Fonte: Arezes (2002).

A cóclea é uma estrutura óssea oca e cheia de líquido. O já mencionado estribo bate na cóclea gerando ondas no líquido, as quais movimentam os minúsculos cílios existentes em sua base. Estes cílios diretamente afetados pela frequência do som estimulam o movimento dos cílios posicionados na base, na seção intermediária ou no topo da cóclea. Esta deformação mecânica traduz as ondas sonoras em impulsos neurais, que por sinal é enviado ao cérebro para interpretação (MENEZES, 2004).

2.3 RUÍDO OCUPACIONAL

Gabas (2004) define ruído como sendo som não desejado ou incômodo. Segundo a autora uma das principais características do ruído é a mistura de sons, cujas frequências não seguem uma regra precisa, gerando uma combinação desarmoniosa.

De acordo com Merluzzi, citado por Brasil (2006) o som é definido como “qualquer perturbação vibratória em um meio elástico, que produza sensação auditiva”. O ruído, por sua

vez, é um sinal acústico aperiódico, que se origina da superposição de vários movimentos de vibração que possuem diferentes frequências e que não apresentam relação entre si (FELDMAN & GRIMES, 1985, apud Brasil, 2006).

Dessa forma, levando-se em consideração o ponto de vista da Acústica Física, pode-se afirmar que a definição de ruído é englobada pela definição de som (BRASIL, 2006).

Fiorini (2004) afirma, no entanto, que o ruído ocupacional pode não só ocasionar perda da capacidade auditiva, mas também afetar toda a qualidade de vida do trabalhador, ocasionando problemas como perturbação do sono, o descanso e da comunicação entre as pessoas, podendo ainda ser um dos responsáveis por acidentes no trabalho, já que gera aumento da fadiga, prejudicando não só a comunicação entre colegas de trabalho, mas também o nível de atenção no ambiente de trabalho.

De acordo com Almeida et al. (2000) o ruído ocupacional é um risco físico presente em quase todos os segmentos da indústria. Assim, esse tipo de interferência ambiental merece atenção especial dos profissionais ligados à segurança do trabalho.

Santos (1994) afirma que vários problemas podem resultar como efeitos do ruído no organismo humano. O aumento do número de erros na realização das atividades laborais, o surgimento de vaso constrição, hipertensão arterial, alterações gastrointestinais (gastrite e úlcera), ansiedade, inquietude, desconfiança, depressão e alterações de atenção, memória e ritmo de sono-vigília, são alguns dos efeitos que podem ser causados pelo ruído.

Gerges (2000) diz que ao ser submetido a altos níveis de ruído, o ser humano sofre com algumas alterações de ordem fisiológica, tais como: dilatação da pupila, hipertensão sanguínea, mudanças gastrointestinais; sobrecarga do coração e tensões musculares. Essas alterações, dependendo do tempo de exposição do indivíduo ao ruído, podem se tornar irreversíveis.

2.3.1 Tipos de ruído

A Fundacentro (2012) (NHO-01, item 5) e as normas regulamentadoras (NR- 15, anexo 1) definem o ruído segundo sua intensidade como contínuo, intermitente ou impacto e impulsivo.

De fato, e conforme (SALIBA, 2004) o ruído do tipo contínuo é aquele cujo nível de pressão sonora varia 3 dB(A) durante um período longo. Para o ruído intermitente o nível de pressão sonora varia até 3 dB(A) em curtos períodos, estes menores que 15 minutos.

Durante uma avaliação a curva de compensação e o circuito de resposta serão os mesmos para ambos os ruídos contínuos e intermitentes (BRASIL 2012c, anexo I, item 2). Já para o ruído de impacto, pode-se defini-lo como picos de energia acústica com duração inferior a 1 segundo e intervalos com duração igual ou superior a 1 segundo. No que diz respeito ao dosímetro, segundo a Fundacentro (2012) este deve estar configurado para circuito “Linear” e circuito de resposta “FAST”.

2.4 EFEITOS DO RUÍDO - PAIR

De acordo com Saliba (2000), a audição humana se processa graças à ação do aparelho auditivo, que é um conjunto de estruturas com funções diferentes e complementares que resultam na capacidade de uma pessoa perceber e entender o som. O aparelho auditivo é dividido em três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.

O primeiro efeito fisiológico de exposição a níveis altos de ruído é a perda da audição na banda de frequências de 4 a 6 kHz. Geralmente o efeito é acompanhado pela sensação de percepção do ruído após o afastamento do campo ruidoso. Esse efeito é temporário, porém se houver outra exposição antes da recuperação à perda temporária pode-se tornar permanente (GERGES, 2000). Os níveis de dano podem ser observados na figura 3.

De acordo com Brasil (2006), pode-se definir PAIR como sendo a diminuição da acuidade auditiva que ocorre gradualmente e é devida à exposição prolongada a níveis elevados de pressão sonora. O mesmo autor afirma que, de acordo com o Código Internacional de Doenças (CID 10 – H 83.3) a perda auditiva induzida por ruído configura-se como uma perda auditiva do tipo neuro sensorial, geralmente bilateral, irreversível e progressiva com o tempo de exposição ao ruído.

A perda auditiva pode ser mensurada com a determinação dos limiares auditivos em várias frequências por meio do exame conhecido como “audiometria”. Esse exame também é utilizado em programas de conservação auditiva e serve para determinar se a proteção contra ruído que está sendo utilizada é adequada (SALIBA, 2009).

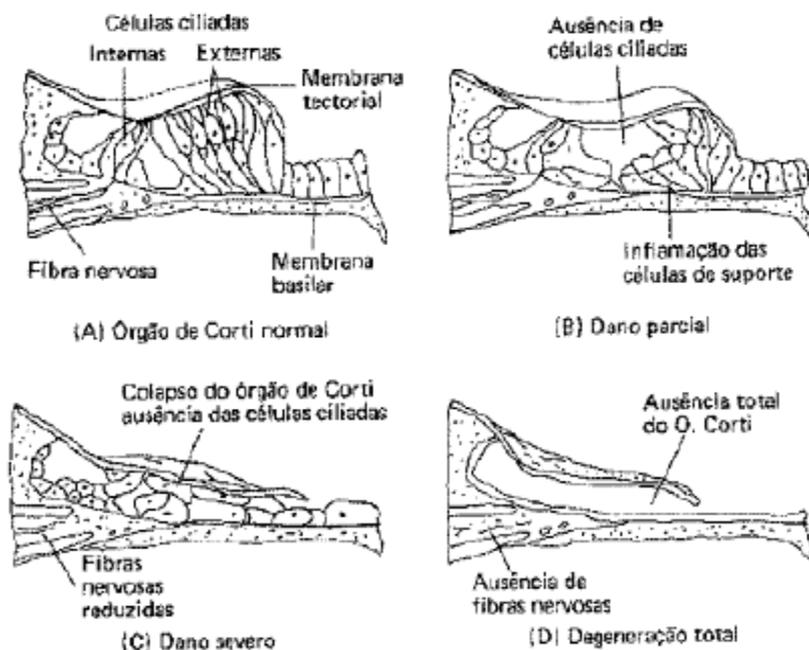
Barros (1998) afirma que os atos de escutar a fala e falar são os modos mais comuns da comunicação humana. Assim, uma redução na capacidade auditiva, ou mesmo a perda total dessa capacidade, induzida por ruído, obviamente causa graves problemas na comunicação auditivo-oral. A perda ocupacional ou perda auditiva induzida por ruído (PAIR) é um distúrbio

que afeta muitos trabalhadores que são submetidos em seu ambiente de trabalho à exposição a ruídos.

Ainda de acordo com Saliba (2009), a perda auditiva permanente em consequência do ruído é aquela que ocorre primeiro entre 3000 e 6000 Hz. Vale destacar que o ruído ocupacional ocorre particularmente nessa faixa, sobretudo em 4000Hz. Enquanto as perdas auditivas se restringirem às altas frequências (entre 4000 e 6000 Hz), não há prejuízo social ou nas relações da vida do trabalhador. Como as perdas auditivas iniciam por essas frequências, ao detectá-las ainda é possível proteger a audição do funcionário antes que a perda auditiva atinja frequências mais baixas, prejudicando fala, escuta, entendimento de conversações, audição de músicas ou televisão.

Estudos realizados pela NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) mostram que mais de 500.000 trabalhadores do setor civil estão expostos a níveis perigosos de ruído. De acordo com (NOAH et al., 2004) 70% dos trabalhadores do setor civil está exposto a ruídos superiores a 85 dB(A) e para piorar estes profissionais usam seus protetores menos de 20% de todo o tempo presente no trabalho.

Figura 3 – Órgão da Cóclea: (A) Normal, (B,C,D) Danificadas



Fonte: GERGES 1992. P.48 apud MAIA, 1999.

2.5 CARACTERIZAÇÃO DE INSALUBRIDADE

Segundo a CLT art. 189 define-se a insalubridade por atividades, ou operações que exponham os funcionários a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância em função do tempo de exposição, estabelecidos pelas normas regulamentadoras.

De acordo com a NR-15 (Brasil, 2012c) e a Fundacentro (2012) exposição ocupacional diária ao ruído contínuo e intermitente corresponde a 85 dB(A), e o valor máximo (Valor Teto) sem proteção adequada corresponde a 115 dB(A). No quadro 2 estão definidos os limites de tolerância:

Quadro 2 – Limite de Tolerância para ruído contínuo e intermitente.

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: BRASIL, 2012c.

Assim, qualquer ruído que exceda o limite de tolerância de 85 dB(A) é considerado como uma situação insalubre e deve ser tratada como tal. Na avaliação ocupacional, o nível de risco deve ser determinado e tomado às medidas de controle seguindo as instruções das normas NR-09, NR-15, ACGIH (SALIBA, 2004).

Para a caracterização de insalubridade deve-se seguir a NR-15 e seus anexos 1 (Ruído contínuo e intermitente) e 2 (Ruídos de Impacto). Se constatado insalubridade, deve ser considerada como de grau médio, o qual é 20% de adicional de insalubridade com base no salário mínimo do estado.

2.6 CONTROLE DE RUÍDOS

De acordo com Bisfata (2006), o controle de ruído visa à obtenção de um nível de ruído aceitável em determinado ambiente. O mesmo autor afirma ainda que todo problema de controle de ruído envolve três fatores: uma fonte sonora, a trajetória de transmissão e o receptor. As fontes sonoras são diversas e podem incluir máquinas, equipamentos e processos industriais, tráfego, instalações industriais, atividades de serviço e de lazer, etc. Já a trajetória de transmissão inclui estruturas sólidas, ar e líquidos. E o receptor em geral é o ser humano.

Diante disso, segundo Saliba (2004) existem três métodos de controle de ruído que podem ser aplicados a fim de melhorar os postos de trabalho. Os quais são:

- Controle na fonte (Equipamentos, partes móveis, etc.);
- Na trajetória (propagação);
- E controle no receptor (homem).

É importante ressaltar que se viável financeiramente e tecnicamente, o controle na trajetória e na fonte deverão ser prioridade.

2.6.1 Controle na Fonte

O controle de ruído na fonte é o método mais recomendado quando há viabilidade técnica. Contudo a fase em que as instalações estão sendo planejadas é a mais apropriada para adoção dessa medida, pois é quando serão escolhidos os equipamentos e determinado o layout (SALIBA, 2009).

Segundo Souza Costa (2009) as principais formas de controle de ruído na fonte são:

- Seleção de equipamentos isentos ou pouco ruidosos;

- Se possível, impedir o contato entre peças da máquina;
- Aplicar silenciadores e abafadores;
- Lubrificar de forma eficaz, usando lubrificante com viscosidade indicada pelo fabricante;
- Programar a lubrificação periódica das partes móveis;
- Substituição de equipamentos gastos e defeituosos;
- Substituir partes metálicas por partes plásticas se possível;
- Regular motor e outros componentes da máquina.

2.6.2 Controle na Trajetória

As medidas de controle de ruído na trajetória devem ser utilizadas quando o controle na fonte não for possível (SALIBA, 2009). O controle de ruído na trajetória consiste na utilização de blindagens e barreiras, silenciadores ou então de tratamentos fonoabsorventes.

As blindagens são compostas por metal na blindagem exterior e material absorvente de som (lã de vidro, espuma de poliuretano, etc.) no interior. Os silenciadores são utilizados para evitar a propagação de ruído por via aérea. Já os tratamentos fonoabsorventes podem ser definidos como o tratamento de superfícies que são lisas e duras e, portanto, com absorção insuficiente de ruído, através da utilização de materiais absorventes e, portanto, porosos, que podem absorver de 50 a 90 % da energia sonora incidente (SANTOS, 1994).

Basicamente, com o objetivo de melhorar as soluções de controle na fonte, pode-se aplicar medidas de controle de propagação do ruído, as quais consistem em (SALIBA, 2004):

- Instalação de barreira acústica que diminua a propagação do ruído;
- Isolamento da máquina como um todo, sem que reduza sua eficiência;
- Aplicação de materiais que absorvam vibrações na máquina e local de instalação;
- Separação de peças que não deveriam entrar em contato entre si;
- Reforço da estrutura onde se encontra o equipamento.

2.6.3 Controle no Trabalhador

O controle de ruído no trabalhador deve ser adotado quando os controles na fonte e na trajetória não forem possíveis ou não forem suficientes. Essas medidas podem ser divididas

em: limitação do tempo de exposição; uso de equipamentos de proteção individual e realização de exames audiométricos (SALIBA, 2009).

Assim, de forma prática cita-se (SALIBA, 2004 e SOUZA COSTA, 2009):

- Aumento da distância entre o trabalhador e a fonte de ruído;
- Limitar o tempo de exposição;
- Protetor auricular adequado;
- Redução do número de trabalhadores expostos;
- Variação nas atividades;
- Limitar o acesso a setores/zonas muito ruidosas.

2.7 EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

De acordo com a NR-06 (BRASIL, 2012a), considera-se Equipamento de Proteção Individual – EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

O EPI pode ser considerado como uma barreira entre o trabalhador e o perigo, onde sua finalidade é proteger o empregado contra a exposição desnecessária há riscos físicos, químicos ou biológicos.

A NR-06 determina que o empregador seja o responsável por adquirir o EPI correto de acordo com o nível de risco e tipo de risco sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças ocupacionais, enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas, para atender situações de emergência além de fornecer EPI certificado, orientar e treinar o trabalhador a fim de garantir o uso e o funcionamento correto do EPI, e responsabilizar-se pela higienização e a manutenção periódica do EPI (BRASIL, 2012a).

No mercado brasileiro existem vários modelos e marcas de protetores de inserção cada um com suas vantagens e desvantagens quanto ao nível de atenuação e facilidade de higienização, alguns exemplos são:

- Tipo móvel: Protetor fabricado com material especial de espuma moldável, antialérgica e possui nível de atenuação de 16 dB(A), se adapta a vários tamanhos de canais auditivos, quanto a higiene, é recomendado que seja descartado após um dia de uso.

- Tipo pré-moldado: Fabricado em silicone, copolímero ou polipropileno com flanges de diferentes densidades, são de fácil inserção, possuem bom nível de atenuação "de 16 a 17 dB(A)" e se higienizados corretamente não perdem sua capacidade de atenuação.
- Tipo Concha: Normalmente confeccionados em material leve tipo polímero de alta densidade em formato de concha, sua vedação pode ser feita com espuma ou fluido amortecedor que garante maior conforto e se molda facilmente ao rosto do trabalhador. Seu nível de atenuação varia de 17 a 27 dB(A) dependendo da sua finalidade e pode ser usado em conjunto com EPI's do tipo moldável e pré-moldado.

Alguns modelos são de fácil higienização e pode ser feita pelo próprio trabalhador, no entanto, alguns modelos são sensíveis quanto à sua construção e precisam de maior atenção no momento da higienização.

2.7.1 Atenuação de ruído

O NRR (NoiseReductionRatio) é uma medida expressa em dB(A) que representa o nível de atenuação específico de um protetor auricular. O propósito deste sistema de monitoramento é facilitar a seleção dos protetores auriculares baseado em seu nível de atenuação NRR. O ideal é determinar o valor real de atenuação de um EPI através de recomendações obtidas pela norma (NIOSH, 2007):

- Protetor tipo concha: Subtrair 25% da atenuação determinada pelo fabricante;
- Protetor tipo moldável ou silicone: Subtrair 50% da atenuação determinada pelo fabricante;
- Outros plugues: Subtrair 70% da atenuação determinada pelo fabricante.

3 METODOLOGIA DE ESTUDO E ESTRUTURAÇÃO

3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A metodologia adotada no presente trabalho fundamentou-se em levantamento bibliográfico sobre os principais elementos, propriedades e conceitos relacionados ao ruído ocupacional, bem como o contexto social e definições legais referente ao tema. Além disso, houve o levantamento dos aspectos gerais e limitações da metodologia utilizada na avaliação da exposição ocupacional ao ruído, relacionando-a com a legislação vigente. Essa pesquisa bibliográfica, de acordo com Cervo e Bervian (1983), busca explicar um problema a partir de referenciais teóricos já publicados, podendo ser utilizada independentemente ou como parte de uma pesquisa descritiva ou experimental. Tem por finalidade conhecer e analisar as contribuições culturais ou científicas acerca de um determinado assunto ou problema.

É importante ressaltar que o presente estudo é considerado exploratório-descritivo. Tais estudos, de acordo com Tripodi, Fellin e Meyer (1981, p.64), tem por finalidade principal “desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, a fim de fornecer hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.” Em relação ao caráter exploratório, Andrade (2002) elenca como finalidades substanciais: a) proporcionar maiores informações sobre o assunto que se vai investigar; b) facilitar a delimitação do tema de pesquisa; c) orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses; e, d) descobrir um novo tipo de enfoque sobre o assunto.

Buscou-se levantar informações gerais sobre o assunto, fazer relações entre seus componentes, identificar a natureza e as características do processo, bem como sua frequência, relação contextual e possível conexão entre eles. Para tanto se observa, registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos (variáveis) sem manipulá-los.

De forma geral, para desenvolver esse estudo foram realizadas consultas aos documentos disponíveis, pesquisa bibliográfica de material científico e jornalístico, bem como a utilização de dados fornecidos por organizações. Em seguida como exemplo prático e concreto, aplicou-se o recurso proposto para posteriormente analisar a viabilidade e possíveis barreiras na implantação e execução da nova metodologia.

Inicialmente fez-se a apresentação do referencial teórico relacionado ao ruído ocupacional, abrangendo as suas propriedades, elementos, fatores e legislação aplicável.

Os dados referentes à metodologia utilizada na avaliação da exposição ocupacional ao ruído, detalhes da operação e suas limitações foram apresentados. Posteriormente, buscou-se analisar as limitações identificadas na metodologia, e propor a implementação do processo através da inserção de um novo recurso, que foi aplicado em caráter experimental evidenciando assim a sua exequibilidade.

3.2 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO CONJUNTO AUDIOVISUAL

A avaliação de desempenho é extremamente importante na determinação da funcionalidade de determinado recurso. As barreiras de implantação e execução, bem como as especificidades de funcionamento da nova metodologia podem ser definidas a partir de um teste experimental inicial.

Para tal, realizou-se, em caráter experimental, a avaliação da exposição ocupacional ao ruído através de captações audiovisuais, em uma empresa localizada na cidade de São José – Santa Catarina. A referida empresa atua no ramo de fabricação de equipamentos didáticos, e possui, em seu processo produtivo, equipamentos e processos relacionados à atividade de serralheria.

Tendo em vista que a implantação do conjunto audiovisual é, de fato, o foco do presente trabalho, não serão apresentados detalhes da empresa, da área, do processo produtivo e do trabalhador, mas sim dos resultados obtidos e operacionalidade do método.

3.2.1 Equipamentos adotados

Levando em consideração o caráter do presente trabalho, bem como limitações financeiras, a avaliação teste foi realizada através da utilização de equipamentos obtidos anteriormente. De qualquer forma, os modelos utilizados permitem avaliar perfeitamente a viabilidade da operação simultânea dos aparelhos e por consequência a utilidade do método.

A figura 4 representa o equipamento medidor integrador de uso pessoal utilizado na captação de ruído. O modelo adotado foi o Dosímetro Digital Portátil Modelo: Dos-600 Instrutherm, as principais características do modelo são:

- Display De Lcd De 4 Dígitos.
- Fabricado Conforme As Normas: Iec 61252: 2002, Ansi S1.25: 1992 Tipo 2, Iec 60651: 1979, Iec 60804:1985

- Escala De Medição De Ruído: 60 A 130db. 70 A 140db.
- Precisão: $\pm 1,5$ Db
- Frequência De Ponderação
- Nível De Critério: 80, 84, 85, Ou 90db.
- Detector De Nível Alto: 115db.
- Sinalização De Pico: 140db.
- Dose: 0,01 A 999,9
- Resolução: 0,1db
- Taxa De Troca: 3,4,5 Ou 6db
- Frequência: 20hz ~ 10 Khz
- Resposta: Rápida E Lenta.

Figura 4 – Dosímetro utilizado no teste



Fonte: Do autor.

A figura 5 representa a câmera esportiva utilizada na captação visual. O modelo adotado foi o Navcity NG-100, as principais características do modelo são:

- Resolução 12MP
- 140° de ângulo amplo
- Display LCD 1,5"

Figura 5 –Câmera portátil utilizada no teste



Fonte: Do autor.

Por fim, em virtude da reduzida autonomia da câmera esportiva utilizada, foi necessário utilizar um Power Bank - Carregador de Bateria Portátil Universal 2600mah.

Figura 6 –Bateria portátil utilizada no teste



Fonte: Do autor.

3.2.2 Procedimentos de instalação e operação

Para configuração do dosímetro, foram seguidos os parâmetros da NHO 01:

- 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 = 3 ($q = 3$)
- indicação da ocorrência de níveis superiores a 115 dB(A)

Da mesma forma, seguiu-se os procedimentos de instalação e operação indicados na norma, conforme o quadro 3:

Quadro 3 – Procedimentos para utilização de medidor integrador de uso pessoal.

Procedimentos Específicos
a) Realize os ajustes preliminares no equipamento e sua calibração, com base nas instruções do manual de operação
b) Coloque o medidor no trabalhador a ser avaliado e fixe o microfone dentro da zona auditiva
c) Posicione e fixe qualquer excesso de cabo de microfone para evitar qualquer dificuldade ou inconveniente ao usuário.
d) Adote as medidas necessárias para impedir que o usuário, ou outra pessoa, possa fazer alterações na programação do equipamento, comprometendo os resultados obtidos
e) Inicie o processo de integração somente após o microfone estar devidamente ajustado e fixado no trabalhador.
f) Cheque o dosímetro periodicamente, durante a avaliação, para se assegurar de que o microfone está adequadamente posicionado e que o equipamento está em condições normais de operação.
g) Retire o microfone do trabalhador somente após a interrupção da medição.

h) Determine e registre o tempo efetivo de medição, sempre que a medição não cobrir a jornada integral de trabalho.

i) Quando a medição não cobrir toda a jornada de trabalho, a dose determinada para o período medido deve ser projetada para a jornada diária efetiva de trabalho, determinando-se a dose diária.

Fonte: Adaptado de FUNDACENTRO, 2001.

Como a instalação e utilização da câmera não está padronizada ou definida em qualquer norma, o seu posicionamento foi definido aleatoriamente. Por estar portando um cinto, optou-se pela instalação da câmera neste acessório, visto que o trabalhador informou estar confortável. A bateria por sua vez foi posicionada no bolso frontal da calça do trabalhador, sem qualquer limitação de movimentos ou desconforto provocado pela mesma.

Em seguida, para que os aparelhos entrassem em funcionamento de forma sincronizada, foi solicitada o auxílio do trabalhador. Através de uma simples contagem regressiva foi possível acionar os dois aparelhos simultaneamente, possibilitando assim a correlação exata entre ruído e imagem.

Finalmente, foi realizada uma análise crítica do resultado obtido, limitações e vantagens em relação ao método anterior, para que então fosse avaliada a viabilidade da implantação e utilização do método aprimorado dentro das exigências técnicas e legais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ANÁLISE DA NORMA TÉCNICA

Os resultados aqui apresentados se baseiam nos procedimentos técnicos da avaliação de exposição ocupacional ao ruído, normatizados e definidos dentro do território nacional. A padronização destes procedimentos se fez necessária para possibilitar a definição de parâmetros e análise dos resultados pelos órgãos fiscalizadores, visto que a utilização de métodos e técnicas alternativas inviabilizariam o controle e fiscalização em todo território de abrangência da legislação.

Diante disso, a Coordenação de Higiene do Trabalho da FUNDACENTRO (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho) do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE, em sua norma NHO 01 – Norma de Higiene Ocupacional, estabelece critérios e procedimentos para a avaliação de exposição ocupacional ao ruído, que implique em risco potencial de surdez ocupacional. Esta norma aplica-se à exposição ocupacional a ruído contínuo ou intermitente e a ruído de impacto para qualquer situação de trabalho, possuindo como critério de referência para o ruído contínuo ou intermitente uma dose de 100% para exposição de 8 horas ao nível de 85 dB(A).

Apesar da polêmica gerada pela rotineira ausência de atualizações das normas brasileiras, a NHO 01 ainda pode ser considerada recente, visto que grande parte dos seus parâmetros ainda são utilizados em normativas de diversos países. Além disso, esta norma contribui expressivamente como ferramenta na identificação do agente físico ruído, e colabora no controle da exposição e prevenção de doenças ocupacionais, tendo papel fundamental na saúde dos trabalhadores brasileiros.

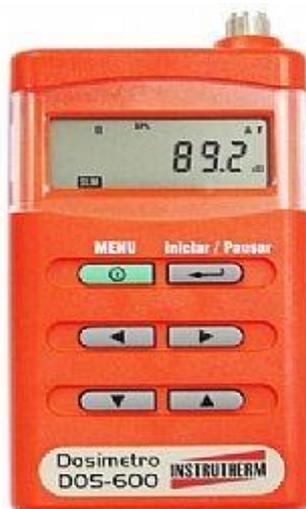
4.1.1 Instrumento de medição

Tomando como base a NHO 01, a avaliação da exposição ocupacional ao ruído contínuo ou intermitente deve ser realizada a partir da dose diária de ruído, ou do nível de exposição. Essa avaliação, de acordo com a norma, deve ser realizada utilizando o medidor integrador de uso pessoal, devendo esse estar fixado no trabalhador.

O medidor integrador de uso pessoal é basicamente um aparelho medidor que forneça por meio de integração a dose ou nível médio, e é conhecido como Dosímetro de ruído.

O Dosímetro deve ainda possibilitar a fixação no trabalhador durante o período de medição. Um exemplo do aparelho pode ser observado na figura 7

Figura 7 – Dosímetro de Ruído mod. DOS-600



Fonte: Instrutherm - Instrumentos de Medição Ltda.

Todavia, a norma abre a possibilidade de utilização de outros instrumentos, aonde na indisponibilidade de dosímetros, há procedimentos alternativos para outros tipos de medidores integradores ou medidores de leitura instantânea, não fixados no trabalhador, que poderão ser utilizados em certas situações de exposição ocupacional, devendo ser seguidos os procedimentos de medição alternativos específicos estabelecidos na referida norma.

De qualquer forma, havendo “dinâmica operacional complexa”, isso é, atividades que envolvam movimentação constante do trabalhador, ou variação considerável de níveis de ruído, a norma proíbe a utilização destes métodos alternativos. Essa especificação indica claramente que o dosímetro de ruído ou áudio - dosímetro será sempre o equipamento mais adequado nas avaliações.

Partindo do pressuposto que o dosímetro seja o instrumento indicado na norma, as análises seguintes serão baseadas especificamente na utilização do mesmo, bem como na avaliação da exposição ao ruído contínuo ou intermitente, visto que o ruído de impacto possui parâmetros diferenciados.

4.2 PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação de ruído deve caracterizar a exposição de todos os trabalhadores considerados no estudo, e o conjunto de medições deve ser representativo das condições reais

de exposição ocupacional destes trabalhadores, cobrindo assim todas as condições, operacionais e ambientais habituais, que os envolvam.

Assim, o período de amostragem é extremamente importante para que as medições sejam representativas, e por isso deve ser definida levando em consideração a variabilidade dos ciclos e níveis de ruído à que está sujeito o trabalho. Na impossibilidade de definição ou dúvidas quanto à representatividade da amostragem, a norma indica que esta deverá envolver necessariamente toda a jornada de trabalho.

Definido o período de amostragem, o equipamento de medição deve estar calibrado e em perfeitas condições, para posterior instalação no trabalhador. O posicionamento do equipamento é simples, mas é importante que o microfone esteja posicionado na zona auditiva do trabalhador, sem interferir nas condições de trabalho e alterar os resultados.

Finalizado o posicionamento, é importante que alguns avisos sejam transmitidos ao trabalhador, como:

- o objetivo do trabalho;
- a rotina de trabalho deve ser mantida;
- as medições não efetuam gravação de conversas;
- o equipamento não deve ser removido;
- o microfone nele fixado não pode ser tocado ou obstruído;
- outros aspectos pertinentes.

Durante a medição o dosímetro deve ser checado periodicamente, e após alcançado o período definido, a medição deve ser interrompida para a então retirada do microfone. Essas medidas têm como objetivo evitar possíveis alterações de resposta.

4.3 VULNERABILIDADE E LIMITAÇÕES

Ainda que os equipamentos eletrônicos sejam passíveis de erros e defeitos que possam interferir na representação de determinada situação, eles são extremamente eficientes na compilação de dados e cálculos complexos que impossibilitariam o registro manual.

De fato, o medidor integrador de uso pessoal ou dosímetro utiliza cálculos que podem gerar um erro mínimo (aproximação), e pode apresentar defeitos e desvios de medição caso não seja configurado, calibrado e inspecionado regularmente. Entretanto, essa não é a limitação do método, visto que esse tipo de equipamento é extremamente eficiente ao apresentar

dados fiéis e representativos suficientes para avaliação da exposição dos trabalhadores ao ruído ocupacional.

A simples análise e monitoramento de um ser vivo, ciente da situação, que deve realizar as suas atividades “habituais”, indica a maior vulnerabilidade do método, a variação comportamental. Uma possível variação de comportamento pode ser intencional, ou simplesmente influenciada por fatores externos.

Levando em consideração que o período de amostragem deve representar geralmente uma jornada de 6 ou 8 horas diárias, as medições normalmente ultrapassam 3 horas, podendo abranger toda a jornada do trabalhador.

A natureza da amostragem, bem como o longo período de medição, muitas vezes impossibilita o acompanhamento por parte do avaliador, que desconhece a posição do trabalhador durante o período de amostragem. Em virtude do tipo de equipamento e dados fornecidos pelo mesmo, a definição dessa posição continua impossibilitada, visto que os ruídos por si só não são suficientes para essa definição, principalmente quando levados em consideração eventos atípicos. Ainda que um trabalhador monitorado não tenha a intenção de manipular ou alterar os resultados da avaliação, esses eventos esporádicos e interferências externas podem alterar consideravelmente os resultados e, principalmente, mascarar possíveis inconformidades, impedindo a identificação por parte da equipe de saúde e segurança do trabalho. Alguns eventos relatados por profissionais da área são:

- Manipulação por parte de trabalhadores, seja por processos trabalhistas ou simplesmente por boicote;
- Permanência prolongada em áreas de baixo ruído, para que não seja obrigatório o uso de protetores auriculares durante a jornada;
- Desvio de função eventual;
- Ruído excessivo por parte de algum equipamento específico esporadicamente.
- Pausas de trabalho em áreas com ruídos excessivos.

Dessa forma, a maior limitação desta metodologia de avaliação da exposição ocupacional ao ruído é quanto à identificação clara das causas das alterações observadas, por exemplo, em picos no gráfico, ou reduções significativas que possam afetar o resultado final da medição. Os parâmetros e dados obtidos pelo dosímetro se mostram insuficientes para fornecer informações importantes, que possibilitem invalidar medições ou identificar momentos críticos

eventuais. Em alguns casos o trabalhador não fornece informações suficientes, e o avaliador depois de horas e até mesmo dias, se depara com gráficos atípicos, e na impossibilidade de identificar a causa das respectivas variações, ignoram dados extremamente relevantes.

4.4 IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO

Um fator importante na tomada de decisão é a definição do problema e suas possíveis soluções. A partir do momento em que a identificação de um problema é, portanto, impossibilitada em virtude da limitação de dados, as soluções e possíveis decisões também estarão comprometidas, e essa é uma das principais consequências da atual metodologia de avaliação da exposição ocupacional ao ruído.

Partindo da análise geral do método, é possível identificar a sua vulnerabilidade, e de que forma ela pode ser eliminada: através da identificação da posição exata do trabalhador. Infelizmente ainda não há no mercado um equipamento similar ao dosímetro que permita identificar a localização exata do trabalhador, e qualquer modificação pode alterar as características originais de fábrica.

Dessa forma, uma alternativa viável seria unir a funcionalidade de dois equipamentos, para que em sincronia forneçam os dados necessários.

Os aparelhos de GPS (global positioning system) são extremamente eficientes na determinação de localizações, entretanto a variação vertical é limitada, o que afetaria, por exemplo, estruturas de vários níveis, além disso a precisão necessária seria alcançada apenas por aparelhos de ponta e conseqüentemente valor elevado, o que torna a utilização desta tecnologia inviável economicamente.

A captação de imagem, por outro lado, possui tecnologias mais acessíveis, e a simples visualização do ambiente, possibilitaria a definição da localização do trabalhador em determinado momento. Por limitações financeiras e questões legais de invasão de privacidade, as empresas não cobrem toda sua área útil com câmeras de vigilância, impossibilitando o monitoramento à distância. Uma alternativa, portanto, é a utilização de filmadoras portáteis, que podem ser “acopladas” ao dosímetro, ou simplesmente posicionadas em qualquer parte do corpo do trabalhador, já que a principal característica desse equipamento é a sua portabilidade.

Em virtude da popularização das câmeras de ação, da sua abertura angular, bem como a variedade de marcas e modelos disponíveis, a utilização desse equipamento se mostra extremamente viável, técnica e economicamente. Geralmente esse tipo de equipamento inclui ainda acessórios e suportes para fixação, e devido à finalidade, pode-se optar por modelos com

qualidade de gravação inferior, e baixo custo. A figura 8 ilustra esse tipo de equipamento sugerido.

Figura 8 – Exemplo de câmera portátil



Fonte: Navcity

Dessa forma, a incorporação do registro visual durante a avaliação da exposição ocupacional ao ruído possibilita o monitoramento constante do trabalhador durante a medição, e para tal, é necessário que ambos equipamentos estejam sincronizados, já que apenas a sincronia possibilitará a correlação precisa entre as captações dos ruídos e das imagens de um determinado momento.

4.5 ANÁLISE COMPARATIVA

4.5.1 Dosimetria

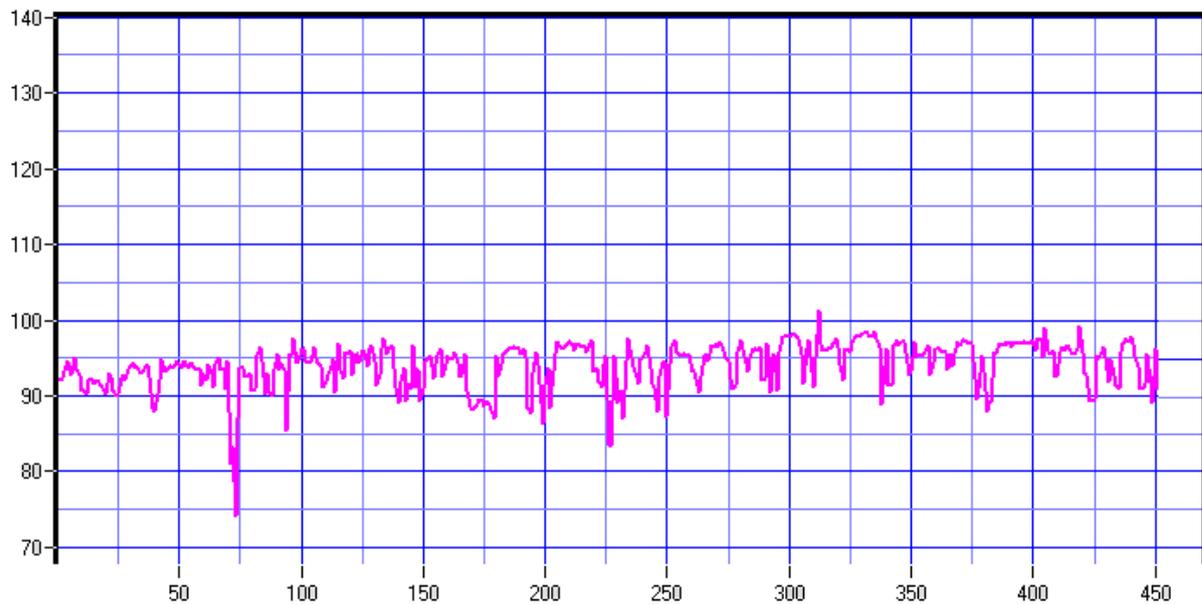
Como citado anteriormente, o teste foi realizado para avaliar a exequibilidade do método proposto e conseqüentemente a confirmação da eficiência do mesmo, que consiste basicamente na utilização simultânea dos equipamentos de captação de ruídos e de imagens.

Para tal, optou-se pela adoção do período de amostragem máximo, isto é, baseado na jornada total de 8 horas, buscou-se realizar a medição no maior período possível, levando em consideração o tempo para instalação e retirada do conjunto audiovisual.

Assim, como pode ser observado na figura 9, o gráfico obtido possui um período de amostragem de aproximadamente 7,5 horas.

Figura 9 – Dados de dosimetria do Trabalhador.

(Em dB(A)/min)



Fonte: Do Autor.

Quadro 4 – Dados de dosimetria do trabalhador.

DADOS DO DOSÍMETRO	
Nível Limiar	80 dB(A)
Taxa de Troca	5 dB
Curva de Ponderação	SLOW
Tempo de Exposição	7 horas e 30 minutos
Dose(%)	369,3
Lavg (extrapolado para 8h)	94,6

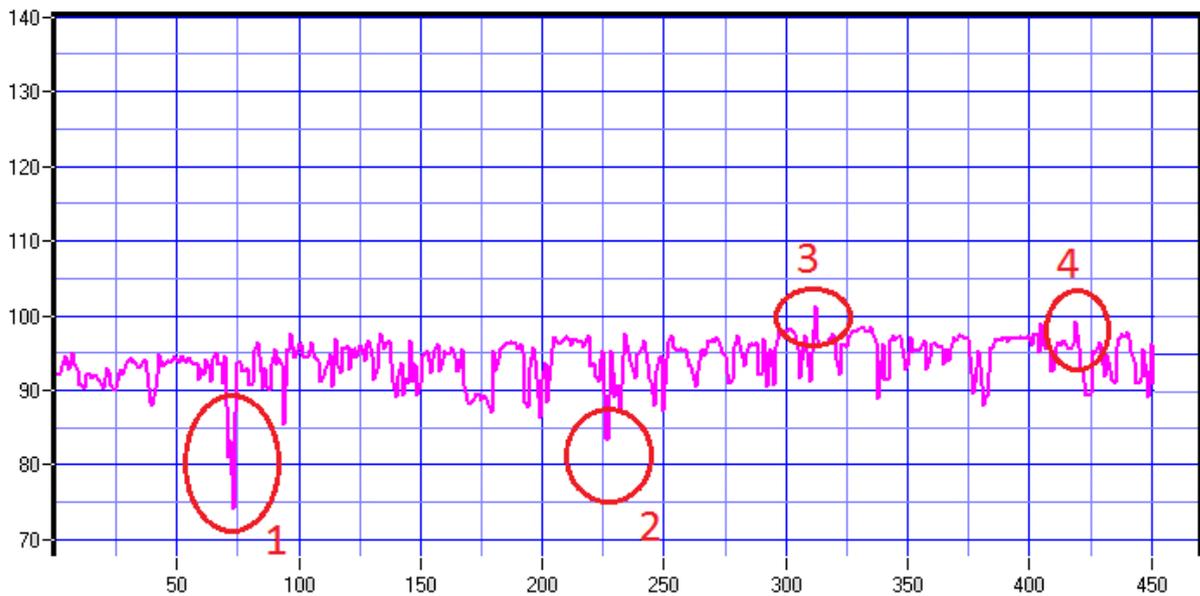
Fonte: Do Autor.

4.5.2 Pontos Críticos

Com base nos dados verificados anteriormente, foram definidos alguns pontos críticos para posterior investigação imagens e posicionamento do trabalhador. Como pode ser observado na figura 10, foram destacados 4 pontos:

Figura 10 – Pontos destacados no gráfico.

(Em dB(A)/min)



Fonte: Do Autor.

Analisando os pontos destacados, tem-se como referência:

- Ponto 1: aproximadamente 1 hora e 15 minutos.
- Ponto 2: aproximadamente 3 horas e 45 minutos.
- Ponto 3: aproximadamente 5 horas e 15 minutos.
- Ponto 4: aproximadamente 7 horas.

4.5.3 Identificação Visual

Levando em consideração os pontos críticos identificados, as correspondentes imagens captadas pela câmera foram:

Figura 11 – Imagem referente ao Ponto 1: aproximadamente 1 hora e 15 minutos .



Fonte: Do Autor.

Figura 12 – Imagem referente ao Ponto 2: aproximadamente 3 horas e 45 minutos .



Fonte: Do Autor.

Figura 13 – Imagem referente ao Ponto 3: aproximadamente 5 horas e 15 minutos .



Fonte: Do Autor.

Figura 14 – Imagem referente ao Ponto 4: aproximadamente 7 horas.



Fonte: Do Autor.

4.5.4 Análise e Correlação

A partir da análise dos dados obtidos, é possível estabelecer uma relação clara de causa e efeito, aonde os dados visuais captados indicam a razão pela qual houve alteração considerável do nível de ruído. Assim, é possível inferir que:

- Ponto 1: Houve redução considerável no nível de ruído em função da utilização do banheiro por parte do trabalhador.

- Ponto 2: Houve redução considerável no nível de ruído em função da utilização do refeitório por parte do trabalhador.
- Ponto 3: Houve aumento considerável no nível de ruído em função da utilização da serra policorte, mais precisamente no momento do contato entre o disco e a peça metálica.
- Ponto 4: Houve aumento considerável no nível de ruído em função do acionamento momentâneo do compressor. É possível identificar ainda o motivo da aproximação do trabalhador, que foi a limpeza da área circundante ao equipamento.

É possível estabelecer esta relação direta desde que haja o acionamento sincronizado dos equipamentos (câmera e dosímetro) ou seja contabilizado o “*delay*” no acionamento do segundo equipamento, para que o mesmo seja descontado no momento da comparação.

A aplicação do método proposto permite não apenas identificar a causa da alteração do nível de ruído, como também a razão pela qual o trabalhador se submeteu àquela situação, favorecendo a mitigação e a implantação de medidas de proteção à saúde do mesmo.

Como pode ser observado na análise final do ponto 4, por exemplo, a exposição do trabalhador ocorreu devido à realização da atividade de limpeza no momento exato do acionamento do compressor, o que ocorre eventualmente após a utilização de ar comprimido. Uma possível forma de evitar que isso ocorra, seria instruir o trabalhador a realizar esse tipo de atividade apenas no final do expediente, ou quando não houver utilização de ar comprimido por um certo período, evitando, assim, que o trabalhar esteja próximo ao equipamento no momento crítico de acionamento e intensificação do ruído.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições de trabalho no Brasil, de uma forma geral, necessitam de mudanças urgentes, desde a revisão e atualização das leis até a fiscalização e aplicação efetiva destas. Diante do grande número de microempresas ativas no país, a falta de fiscalização e negligência por parte dos pequenos empresários têm grande impacto na saúde da população economicamente ativa. Partindo desse ponto de vista, o ruído ocupacional tem sido considerado um dos maiores responsáveis pela queda da qualidade de vida dos trabalhadores, tendo consequências graves e irreversíveis à saúde dos mesmos.

Estudos técnicos, pesquisas científicas e, evidentemente, dados divulgados pela previdência e ministério do trabalho demonstram a gravidade da situação. O número de acidentes e aposentadorias especiais precisa reduzir drasticamente, e uma das formas mais eficientes de se alcançar essa redução é através da avaliação e redução dos riscos.

Como pode ser observado no presente estudo, através do levantamento bibliográfico e análises realizadas, observa-se que a metodologia empregada atualmente na avaliação específica do nível de exposição ocupacional ao ruído apresenta algumas limitações técnicas que impedem a obtenção de dados suficientes para uma análise clara e precisa da situação, comprometendo assim a aplicação de medidas mitigadoras eficientes para a proteção da saúde e segurança dos trabalhadores. Diante disso, identificou-se a possibilidade de implementar a metodologia atual, através da inserção de um novo recurso, sem alterar os parâmetros e definições já regulamentadas e indicadas na legislação vigente.

Analisando os dados obtidos, limitações, complexidade do processo e principalmente os resultados obtidos através do teste experimental, é clara a viabilidade econômica e técnica da incorporação do registro visual na medição de ruídos. A obtenção e apresentação desse tipo de registro se torna extremamente relevante em vez que a análise se mostra passível de manipulação (intencional) ou interferências externas variadas.

Observou-se que a partir da utilização simultânea de uma câmera esportiva e do dosímetro de ruído, é possível estabelecer uma relação causa e efeito que fornece informações claras e concretas para a adoção de medidas e tomada de decisões relativas à saúde do trabalhador, bem como para decisões justas e coerentes em casos de processos trabalhistas e aposentadoria especial.

Dessa forma, pode-se concluir que a avaliação da exposição ocupacional ao ruído através da utilização de “conjuntos audiovisuais” é, não apenas técnica e economicamente viável, como também necessária para conferir credibilidade e consistência à avaliação como

um todo. Entretanto, a utilização deste tipo de recurso deve ser analisada com extrema cautela, dentro dos limites legais, e principalmente, do conceito de privacidade do trabalhador. Além disso, quando analisado o procedimento de instalação e operação do equipamento, é possível identificar a necessidade de implementação e padronização do método.

Com base em todas essas informações apresentadas e situações ocorridas durante o teste experimental, é importante que sejam analisadas criteriosamente todas as etapas referentes à inserção do novo recurso. Algumas recomendações se fazem necessárias para aplicação prática do método, são elas:

- Escolha do equipamento de captação da imagem através das suas características técnicas com destaque para a autonomia da bateria;
- Definição do melhor ponto de fixação do equipamento, bem como os acessórios adequados para tal;
- Instruções claras e diretas ao trabalhador de como o equipamento funciona, como é importante que o mesmo esteja na posição correta, e, principalmente, do objetivo da avaliação, que acima de tudo preservará a privacidade do mesmo;
- Instruções claras e diretas ao trabalhador sobre o procedimento de obstrução da lente, para os casos de necessidades fisiológicas;
- Certificação do funcionamento simultâneo dos equipamentos à partir do acionamento sincronizado dos mesmos;
- Conferência periódica do correto funcionamento ambos equipamentos.

Recomenda-se, ainda, para futuros trabalhos, que sejam desenvolvidas algumas adaptações simplificadas para auxiliar e facilitar a utilização dos equipamentos, como por exemplo:

- Mecanismo de obstrução da lente com fácil operação (para os casos de necessidades fisiológicas);
- Anulação permanente do microfone, com o objetivo de preservar a privacidade do trabalhador e provar ao mesmo que as conversas não serão gravadas em momento algum;

- Mecanismo de acionamento interligado ao dosímetro, para acionamento sincronizado de forma simples e precisa.

Por fim, sugere-se que não haja qualquer alteração ou interferência nos procedimentos técnicos normatizados, bem como nos aparelhos de medição de ruído certificados. Ainda que seja necessária a atualização da legislação trabalhista e alguns parâmetros de avaliação, é importante ressaltar que a implementação do método aqui apresentada tem função complementar, e não deve interferir nos resultados exigidos em métodos padronizados e indicados na legislação vigente até que se proceda a sua normatização. O cumprimento da lei é importante para as condições de trabalho, mas imprescindível para a manutenção da sociedade

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. I. C. et al. **História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído**. Revista da Associação Médica Brasileira, São Paulo, v. 46, n. 2, p.143-158, jun. 2000.

ALMEIDA, Nilson Ubirajara. **O controle do ruído ambiental em empresas da cidade industrial de Curitiba**. 2008. 168f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ANDRADE, Maria Margarida. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

AREZES, PEDRO MIGUEL FERREIRA MARTINS. **Percepção do Risco de Exposição Ocupacional ao Ruído**. Tese (Doutorado), Departamento de Produção e Sistemas, pós-graduação em Engenharia de Produção. Portugal: Universidade do Minho, 2002. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/387> Acesso em 05 de Junho de 2017.

BARROS, E. A. **Ruídos Ocupacionais: seus efeitos e suas leis**. 1998. 55 p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Audiologia Clínica) – CEFAC, Rio de Janeiro, 1998.

BASNER, Mathias et al. **Auditory and non-auditory effects of noise on health**. The Lancet, v. 383, n. 9925, p. 1325-1332, 2014.

BERNS, Roberta M. **O Desenvolvimento da Criança**. São Paulo, Brasil. Editora Loyola, 2002. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=cl8N50PSqo8C&lpg=PA252&ots=9XyDwGBAYr&dq=estrutura%20do%20ouvido%20humano&hl=pt-PT&pg=PA252#v=onepage& >>: Acesso em 05 de Junho de 2017.

BISTAFA, S.R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído**. São Paulo: Edgar Blüncher, 2006. 368 p.

BRASIL. **Perda auditiva induzida por ruído (Pair)** / Ministério da Saúde – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. 40 p.

BRASIL 2012a, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora n° 6 Equipamento de proteção individual**, 2012.

BRASIL 2012b, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora n° 9 Programa de prevenção de riscos ambientais**, 2012.

BRASIL 2012c, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora n° 15 Atividades e operações insalubres**, 2012.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Alcino. **Metodologia científica: para uso dos estudantes universitários**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.

FUNDACENTRO. NHO-01 – **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. São Paulo: 2001. Disponível em: < www.fundacentro.gov.br/dominios/Publicacao/NHO01.pdf> Acesso em 05 de Junho de 2017.

GABAS, G.C. **Programa de Conservação Auditiva – Guia Prático 3M**, 2004. 71 p.
GERGES,. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: NR Editora, 2000. 696p.

MAIA, Paulo Alves. **O ruído nas obras da construção civil e o risco de surdez ocupacional**. Campinas: 1999. Dissertação (Mestrado). Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?>> Acesso em 05 de Junho de 2017.

MAIA, P.A. **Estimativas de exposições não contínuas a ruído: desenvolvimento de um método e validação na construção civil**. 2001. 201 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas – Campinas, 2001.

MAIA, Paulo Alves. **Estimativa de exposições não contínuas a ruído**. São Paulo: Fundacentro, 2002. 223p.

MENEZES, Flo. **A Acústica Musical em Palavras e Sons**. São Paulo, Brasil. Editora Ateliê Editorial, 2004

MONDADORI, R. **Projeto para mudança de conceito na fabricação de secador de cabelo, com foco na redução das emissões sonoras**. Dissertação (Mestrado) pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&c_o_obra=192391> Acesso em 05 de Junho de 2017.

NIOSH. **Amendments to Noise Requirements in the Regulations for Industrial Establishments & Oil and Gas-Offshore- Hearing Protector (HPD) Selection**.. Abril, 2007.

RAMOS, Bruno Eugênio. **Avaliação do ruído ambiental e ocupacional em uma fábrica de papel kraft extensível**. 2012.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual prático de avaliação e controle do ruído – PPRA**. São Paulo: LTr. 2000.112p.

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

SALIBA, T.M. **Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído: PPRA**. 5 ed. São Paulo: LTr, 2009. 144 p.

SANTOS, Ubiratan de Paula Santos (org). **Ruído: riscos e prevenção**. São Paulo: Editora Hucitec, 1999. 157°.

PIZZOTTI, Ricardo. **"Produção de Televisão e vídeo"** (2012). Disponível em <http://www.proteve.net/som.html> Acesso em: 05 de Junho de 2017.

TRIPODI, T; FELLIN, P.; MAYER, H. **Análise da pesquisa social**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1981.