



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROLOGIA
DOUTORADO EM NEUROLOGIA

JORGE DA CUNHA BARBOSA LEITE

**PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR EXPOSIÇÃO CONTINUADA A NÍVEIS DE
PRESSÃO SONORA ELEVADOS (NPSE) EM PROFISSIONAIS
DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA NO BRASIL: UM ESTUDO SECCIONAL**

RIO DE JANEIRO
2015

JORGE DA CUNHA BARBOSA LEITE

**PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR EXPOSIÇÃO CONTINUADA A NÍVEIS DE
PRESSÃO SONORA ELEVADOS (NPSE) EM PROFISSIONAIS
DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA NO BRASIL: UM ESTUDO SECCIONAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurologia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Neurologia, área de concentração Neurociências.

Orientadores: Prof^a. Dr^a. Soniza Vieira
Alves Leon
Prof^a. Dr^a. Maria Helena
de Araújo Melo

RIO DE JANEIRO
2015

L533 Leite, Jorge da Cunha Barbosa.
Perda auditiva induzida por exposição continuada a níveis de pressão sonora elevados (NPSE) em profissionais da indústria petroquímica no Brasil: um estudo seccional / Jorge da Cunha Barbosa Leite, 2015.
107 f. ; 30 cm

Orientadora: Soniza Vieira Alves Leon.
Coorientadora: Maria Helena de Araújo Melo.
Tese (Doutorado em Neurologia) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

1. Perda auditiva provocada por ruído. 2. Surdez. 3. Ruído ocupacional. 4. Perda auditiva neurossensorial. 5. Doenças profissionais. I. Leon, Soniza Vieira Alves. II. Melo, Maria Helena de Araújo. III. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Curso de Doutorado em Neurologia. IV. Título.

CDD – 617.8

JORGE DA CUNHA BARBOSA LEITE

PERDA AUDITIVA INDUZIDA POR EXPOSIÇÃO CONTINUADA A NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA ELEVADOS (NPSE) EM PROFISSIONAIS DA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA NO BRASIL: UM ESTUDO SECCIONAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Neurologia do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Neurologia, área de concentração Neurociências.

Aprovada em: 06/02/2015

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Soniza Vieira Alves Leon
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Prof^a. Dr^a. Maria Helena de Araújo Melo
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Prof. Dr. Fernando Sérgio de Melo Portinho
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Prof^a. Dr^a. Denise Duprat Neves
Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO

Prof. Dr. Marco Antonio Tavares de Lima
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Prof. Dr. Sandro Javier Bedoya Pacheco
Fundação Oswaldo CRUZ – FIOCRUZ

AGRADECIMENTOS

À Professora e Orientadora Prof^a. Dr^a. Soniza Vieira Alves Leon pela sua ajuda e sábias ponderações na elaboração deste trabalho.

À minha Co-orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Helena de Araújo Melo por seu apoio, atenção, incentivo e importante participação para conclusão desta Tese.

À Prof^a. Dr^a. Regina Papais Alvarenga a minha admiração, pela sua luta diária em defesa do ensino e importante contribuição para o desenvolvimento deste projeto, tendo nele acreditado desde o início.

À Prof^a. Dr^a. Denise Duprat Neves pela colaboração agora e em tantos outros momentos, sempre disponível para ajudar a mim e a todos que a solicitam.

Ao Prof. Dr. Sandro J. B. Pacheco, pela sua ajuda na análise estatística e epidemiológica dos resultados.

A todos os meus mestres, dentre os quais incluo meu pai Mário (*in memoriam*), formador do meu caráter, e todos os meus professores que ao longo da minha vida contribuíram para minha formação profissional, responsáveis não só pelo meu aprendizado geral, mas por tudo que em eu possa, de algum modo, fazer bem feito, que com seus exemplos morais e suas experiências profissionais e de vida, os considero responsáveis pelas minhas pequenas vitórias.

Ao meu querido Mestre Hugo Borges de Carvalho (*in memoriam*), que me ensinou a ser médico na melhor definição do termo, ao Professor Fernando Portinho pelo incentivo e estímulo, o responsável por eu me tornar professor da Escola de Medicina e Cirurgia da UNIRIO, pela sua exemplar alegria no ato de ensinar; aos meus alunos de Graduação em Medicina da UNIRIO, aprendizes da *medica in arte*, razão da minha paixão pela docência; aos meus alunos-colegas Médicos, Residentes do Serviço de ORL do H.U. Gaffrée e Guinle, por sua dedicação e carinho aos nossos pacientes e ao nosso Serviço.

À SORL-RJ/ABORL-CCF; ABMT/ANAMT e ABMP aos meus amigos e colegas Otorrinolaringologistas, Médicos do Trabalho e Médicos Peritos, aos quais aqui reverencio na pessoa do Dr. Daphnis Souto, cujos convívios social e científico sempre me enriquecem intelectualmente resultando em novos e bons aprendizados.

Por derradeiro, honradamente agradeço aos meus incansáveis colegas e amigos da ORL do HUGG, Professores da Disciplina, Prof^a. Dr^a. Maria Helena Melo, PhD; Prof. Dr. Marcos Sarvat, PhD; Prof. Hugo Leite, MSc e aos Médicos-

Preceptores do Serviço, Dr^a Mônica Majeski, Dr. Fernando Andreiuolo e à Dr^a Lúcia Joffily, MSc, meus colegas de trabalho e de conquistas que, com sua paciência e colaboração sempre bem vindas, contribuem para o bom desempenho do Serviço e da Disciplina de ORL e, com isso, me proporcionaram a tranquilidade necessária para a realização e conclusão desse trabalho.

“Todos os pinheiros do Canadá, todos os pinheiros da Escandinávia, são insuficientes para se produzir papel para se publicarem todas as bobagens que são escritas no mundo. Não basta ser alfabetizado. É preciso se saber selecionar o que se lê, e se sabendo ler nas entrelinhas.”

Hugo Borges de Carvalho (*in memoriam*)

Exemplo a ser seguido como Médico e como Professor, ressaltando importância da leitura de bons artigos para o aprendizado pessoal e para se buscarem novas ideias e conceitos de aplicação prática, se possível, imediata, na atividade clínica diária.

RESUMO

Introdução: A perda auditiva ocupacional induzida pela exposição a níveis de pressão sonora elevado (NPSE) é uma preocupação constante na Saúde Pública, sendo as pesquisas direcionadas fundamentalmente aos trabalhadores dos diferentes ramos da indústria. No mundo são mais de 600 milhões de trabalhadores expostos ao ruído intenso, levando a perda auditiva a ser uma das mais prevalentes doenças ocupacionais. **Objetivo:** Investigar se o *nexo laboral* está presente nas perdas auditivas observadas em exames periódicos de indivíduos que trabalham em ambiente de risco auditivo devido a níveis de pressão sonora elevada e identificar outros fatores que possam estar envolvidos no desenvolvimento de perdas auditivas nesses trabalhadores. **Método:** Foi realizado um estudo seccional analisando-se os registros médicos de indivíduos com risco de perda auditiva atribuível ao trabalho de uma área de negócios do ramo petroquímico em diferentes unidades federativas do Brasil. Foram analisados os registros de 13.289 trabalhadores sendo selecionados e estudados 1148 indivíduos com perda auditiva que apresentassem características atribuíveis a exposição a níveis elevados de pressão sonora quanto a existência de *nexo laboral*. Foram aplicados questionários individuais, analisadas as audiometrias e dosimetrias do NPSE aferidas nos trabalhadores, bem como as medidas do nível de pressão sonora no ambiente de trabalho pela Higiene Ocupacional. **Resultados:** A prevalência de perda auditiva sugestiva de ser neurosensorial por exposição a níveis de pressão sonora elevados foi de 8,6% (n=1148), entretanto só 3 casos (menos de 1%) tinham relação comprovável com o *ruído* ocupacional. O nível de percepção do risco para perda auditiva no ambiente de trabalho foi considerado elevado, porém o grupo de trabalhadores não foi homogêneo em relação a história de saúde e social. Foi encontrada uma proporção importante de fatores de risco nas atividades sociais quanto ao hábito de frequentar locais com som elevado, relatadas pelos trabalhadores. **Conclusão:** O *nexo causal* da perda auditiva com a atividade laboral tomando por base os nossos critérios, baseados na legislação e na literatura técnico-científica, hierarquizados de maneira lógica, mostrou baixa frequência na população estudada (< 1%). A perda auditiva em indivíduos com NPSE foi significativamente associada ao maior intervalo de tempo de trabalho (mais do que 15 anos; $P < 0,01$), e as doenças crônicas, uso de medicamentos e a infecções em indivíduos considerados como não efetivamente expostos ao risco NPSE,

merecendo estudos futuros. A história familiar de surdez não foi associada significativamente a perda auditiva nos indivíduos com perdas atribuíveis a NPSE estudados.

Palavras-Chave: Ruído Ocupacional; Perda Auditiva Neurosensorial; Surdez; Indústria petrolífera.

ABSTRACT

Introduction: occupational hearing loss induced by exposure to high sound pressure levels (NPSE) is a constant concern in Public Health, with research mainly addressed to professionals of different branches of industry. In the world are more than 600 million workers exposed to loud noise, leading to hearing loss to be one of the most prevalent occupational disease. **Objective:** To investigate whether the labor nexus is present in hearing loss observed in periodic examinations of individuals working in auditory risk environment due to high sound pressure levels and identify other factors that may be involved in the development of hearing loss in these workers. **Method:** We conducted a sectional study analyzing the medical records of individuals at risk for hearing loss attributable to work in a business area of the petrochemical industry in different federal units of Brazil. The records of 13,289 workers were analyzed were selected and studied 1148 individuals with hearing loss who presented characteristics attributable to exposure to high sound pressure levels as the existence of labor nexus. Individual questionnaires were administered, analyzed the audiometry and dosimetry of NPSE measured in workers, and the measures the sound pressure level in the workplace by the Occupational Hygiene.

Results: The prevalence of hearing loss suggestive of sensorineural be due to exposure to high sound pressure levels was 8.6% (n = 1148), however only 3 cases (less than 1%) had demonstrable relationship to occupational noise. The level of perception of risk for hearing loss in the workplace was considered high, but the group of workers was not homogeneous with respect to health and social history. It was found a significant proportion of risk factors in social activities as the habit of frequenting places of great sound, reported by workers. **Conclusion:** The causal nexus of hearing loss with labor activity building on our criteria, based on legislation and technical and scientific literature, hierarchical logically showed low frequency in the population studied (<1%). Hearing loss in individuals with NPSE was significantly associated with increased working time (more than 15 years; P <0.01), and chronic diseases, medications and infections in individuals considered not actually exposed to NPSE risk and deserves further study. Family history of deafness was not significantly associated with hearing loss in individuals with losses attributable to NPSE studied.

Keywords: Occupational Noise; Sensorineural Hearing Loss, Deafness; oil industry

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Anexo 1 da NR15 Limites de tolerância para sons contínuos e intermitentes	19
Figura 2	Audiograma com perda compatível com exposição a sons intensos	20
Figura 3	Trajeto da onda sonora até o córtex cerebral	23
Figura 4	Esquema representativo da orelha externa orelha média e orelha interna	24
Figura 5	Ossículos da Orelha Média	26
Figura 6	Johannes Müller	28
Figura 7	Sir Charles Bell	29
Figura 7a	Alexander Graham Bell	29
Figura 8	Desenho esquemático representando a cóclea “desenrolada”	33
Figura 9	Células Ciliadas: Visão Esquemática	34
Figura 10	Desenho esquemático da distribuição da inervação das células ciliadas do órgão de Corti segundo Spoendlin	35
Figura 10a	Visão em detalhe das Células Ciliadas do Órgão de Corti	36
Figura 11	Ondas do Potencial Evocado Auditivo do Tronco Encefálico	37
Figura 12	Células Ciliadas Internas e suas relações com o Tronco Encefálico	37
Figura 13	Células Ciliadas Externas e suas relações com os núcleos do Tronco Encefálico	38
Figura 14	Trajeto do Estímulo Auditivo	39
Figura 15	Curvas isofônicas de Fletcher- Munson	41
Figura 16	Gráfico audiométrico representando audição normal	43
Figura 17	Símbolos utilizados no audiograma	44
Figura 18	Disposição das frequências ao longo das espiras cocleares	44
Figura 19	Perda atribuível à exposição crônica a níveis elevados de pressão sonora	45
Figura 20	Evolução da perda auditiva de acordo com as frequências audiométricas conforme a idade	46
Figura 21	Modelos diversos de protetores auditivos	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Prevalência da perda auditiva nos trabalhadores do ramo petroquímico, níveis de exposição ao ruído no ambiente de trabalho, e efetividade da atenuação, segundo grupo específico de atividade ...	55
Tabela 2	Respostas voluntárias dos trabalhadores com perda auditiva referentes a perguntas sobre uso dos EPI, treinamento adequado, e percepção do risco de perda auditiva relacionada a NPSE	57
Tabela 3	Distribuição das variáveis sociodemográficas, antecedentes ocupacionais e atividades sociais de risco auditivo nos trabalhadores com perda auditiva, segundo exposição a NPSE (sem ser considerada a atenuação do EPI pelo NRR-sf)	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
CA	Certificado de Aprovação
CCE	Célula Ciliada Externa
CCI	Célula Ciliada Interna
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CLT	Consolidação das Leis Trabalhistas
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
dB NA	Decibel Nível de Audição
dB NPS	Decibel Nível de Pressão Sonora
dB NS	Decibel Nível de Sensação
dB	Decibel – unidade de escala para avaliação um determinado do som
EA	Efetividade da atenuação
EPC	Equipamento de proteção coletiva
EPI	Equipamento de proteção individual
GHR	Grupo Homogêneo de Risco
HUGG	Hospital Universitário Gaffrée e Guinle
Hz	Hertz – unidade de frequência do som, corresponde a 1 cps
IC	Intervalo de Confiança
ISO	International Standards Organization
KHz	Kilohertz
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
mV	microvolt
N	Número de casos da amostra (trabalhadores)
N ^{AP}	Número de trabalhadores com audiometria compatível a perda auditiva por NPSE
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey
NL	Nexo Laboral
NPS	Nível de pressão sonora

NPS ^{AMB}	Nível de pressão sonora ambiental
NPS ^{GHR}	Nível de pressão sonora por grupo homogêneo de risco
NPSE	Nível de pressão sonora elevado
NR	Norma regulamentadora
NRR-sf	Noise reduction rating- subject fit
OD	Orelha Direita
OE	Orelha Esquerda
p	P valor
PCMSO	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RP	Razão de Prevalência
SESMT	Serviço de Segurança e Medicina do Trabalho
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
χ^2	Qui quadrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	22
2.1	OBJETIVO GERAL	22
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3	REVISÃO DA LITERATURA	23
3.1	FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO E SUA RELAÇÃO COM OS MECANISMOS DE PROTEÇÃO AUDITIVA	23
3.1.1	Orelha externa	25
3.1.2	Orelha média	26
3.1.3	Orelha interna	31
3.1.4	A via auditiva e sua relação com as células ciliadas	36
3.1.5	A via central	38
3.2	TESTES AUDITIVOS – O EXAME AUDIOMÉTRICO	42
3.2.1	O audiograma com perda auditiva atribuível ao NPSE	44
3.3	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO AUDITIVA	46
3.3.1	Proteção coletiva	46
3.3.2	Proteção individual	47
3.4	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA RELACIONADA COM A AUDIÇÃO OCUPACIONAL (BRASIL 1978)	48
3.4.1	Norma Regulamentadora nº 4 Serviços Especializados de Segurança e em Medicina do Trabalho	48
3.4.2	Norma Regulamentadora nº 5 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes	48
3.4.3	Norma Regulamentadora nº 6 Equipamentos de Proteção Individual	49
3.4.4	Norma Regulamentadora nº 7 Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional	49
3.4.5	Norma Regulamentadora nº 9 Programas de Prevenção de Riscos Ambientais	50

3.4.6	Norma Regulamentadora nº 15	
	Atividades e Operações Insalubres	50
4	METODOLOGIA	51
4.1	DESENHO DO ESTUDO	51
4.2	MÉTODO	51
4.3	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO	51
4.4	VARIÁVEIS ANALISADAS	52
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	54
5	RESULTADOS	55
6.	DISCUSSÃO	60
7	CONCLUSÕES	68
	REFERÊNCIAS	69
	APÊNDICE A - CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DOS TRABALHADORES	73
	APÊNDICE B - FLUXOGRAMA PARA CARACTERIZAÇÃO DO NEXO LABORAL	75
	APÊNDICE C - EVOLUÇÃO DE UMA PERDA AUDITIVA POR EXPOSIÇÃO AO RISCO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA ELEVADO	76
	APÊNDICE D - ARTIGO SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO	77

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico como resultado do progresso das sociedades trouxe novos desafios devido ao aumento de doenças associadas ao trabalho. A perda auditiva ocupacional induzida pela exposição a níveis de pressão sonora elevado (NPSE)¹ é uma preocupação constante na Saúde Pública, sendo as pesquisas direcionadas fundamentalmente aos trabalhadores dos diferentes ramos da indústria (GONÇALVES & IGUTI, 2006; TAK & CALVERT, 2008). No mundo são mais de 600 milhões de trabalhadores expostos ao ruído intenso², fazendo que a perda auditiva seja uma das mais prevalentes doenças ocupacionais (ALBERTI, 1998; SMITH et al., 2005).

O aparelho auditivo não foi dimensionado para suportar NPSE, sofrendo danos pela exposição continuada, ou mesmo súbita, de alta intensidade. O mecanismo fisiopatogênico envolve a ação de uma força física perpendicular numa determinada área (BROWNELL, 1999), provocando lesões nas células ciliadas do Órgão de Corti (WHITLON, 2004). No início, surgem alterações temporárias do limiar auditivo, as quais retornam gradualmente à normalidade uma vez cessada a exposição (RABINOWITZ et al. 2006). Com a exposição continuada podem se progredir as lesões para um caráter permanente e irreversível. Estas últimas são influenciadas pelo tempo de exposição, a frequência do som emitido e a sensibilidade individual. Através de estudos populacionais tem-se determinado limites máximos de tempo toleráveis, entendendo-se como tais, os tempos máximos de exposição relativos à NPS de modo contínuo ou intermitente (OSHA, 1974). O Ministério do Trabalho, por meio da NORMA REGULAMENTAR NÚMERO 15 (NR15) da portaria 3.214 (BRASIL,1978), estabelece no anexo 1 da NR15, o limite de 85dB por 8 horas diárias de trabalho e demais limites de tempo para outros níveis sonoros (figura 1).

¹ Níveis elevados de pressão sonora - NPSE- Termo preferível a "ruído" uma vez que este é uma propriedade subjetiva de um som audível, somente sendo capaz de lesionar a orelha interna se estiver acima dos limites toleráveis de pressão sonora.

² entendendo-se como "ruído Intenso" os sons que ultrapassem os limites auditivos de tolerância tecnicamente estabelecidos.

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUIDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE

NIVEL DE RUIDO DB (A)	MAXIMA EXPOSIÇÃO DIARIA PERMISSIVEL
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

Figura 1: Anexo 1 da NR 15 - Limites de tolerância a sons contínuos e intermitentes

Fonte: Disponível em <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>
Acesso em 31/08/2014.

A perda auditiva ocupacional por NPSE é considerada uma diminuição permanente da acuidade auditiva, decorrente de um trauma acústico crônico do tipo neurosensorial, quase sempre bilateral e simétrica, apresentando uma configuração audiométrica característica (entalhe em forma de V) na faixa de frequências de 6000, 4000 e/ou 3000Hz, com uma progressão nas frequências de 8000, 2000, 1000, 500 e 250Hz e atinge seu nível máximo, nas frequências mais altas, nos primeiros 10 a 15 anos de exposição estável a NPSE e que interrompe sua progressão uma vez cessada a exposição (NUDELMANN et al., 1997) Figura 2, a seguir:

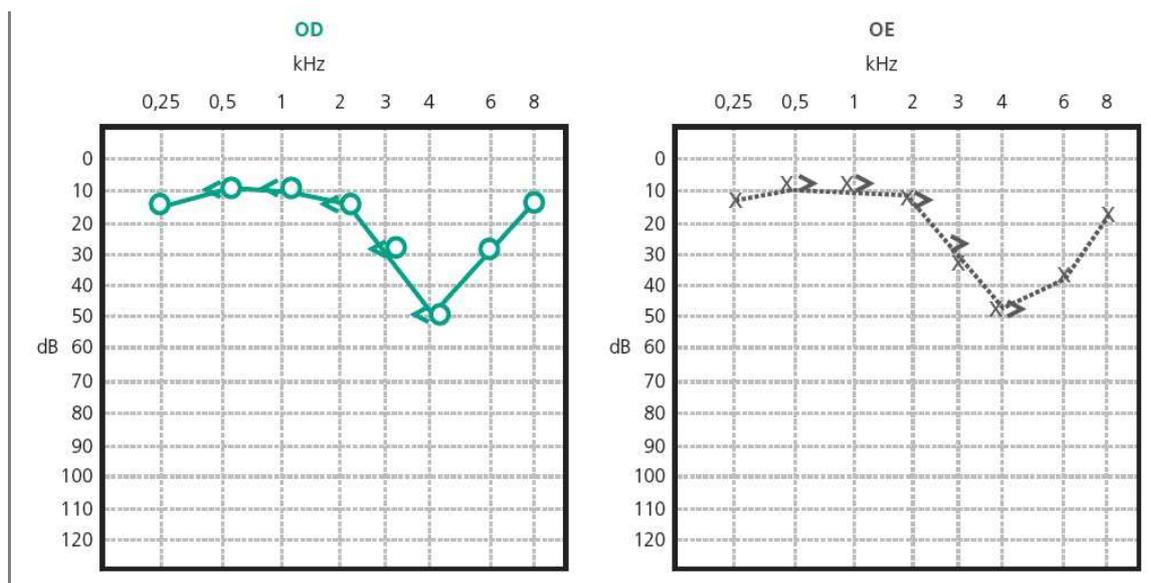


Figura 2: Audiograma com perda compatível com exposição a sons intensos

Fonte: <http://www.medicinanet.com.br/m/conteudos/revisoes/5277/disacusia.htm> Acesso em 31/08/2014.

Nas últimas décadas importantes avanços foram conseguidos no entendimento e no uso de equipamentos adequados de proteção coletiva e individual (EPI), utilizados na prevenção das perdas auditivas pelo NPSE. Como medida de prevenção, a eleição de um protetor auditivo adequado é fundamental para garantir segurança e comodidade (TAK, DAVIS & CALVERT 2009).

Embora a perda auditiva neurossensorial não seja uma doença letal, compromete em diferentes graus a qualidade de vida dos trabalhadores nas atividades de estudo e lazer, bem como pode estar associada ao aumento de situações de risco no trabalho provocando um maior número de acidentes (DIAS & CORDEIRO, 2007; DIAS, CORDEIRO & GONÇALVES 2006; MELAMED, LUZ & GREEN 1992, CORDEIRO et al., 2005). Além disso, o trabalho em ambiente barulhento pode estar associado a outros efeitos deletérios a saúde como estresse, fadiga excessiva, gastrite, úlcera gástrica, alterações do sono e transtornos neuropsíquicos (SOUSA et al., 2008).

Os trabalhadores dos diversos segmentos da indústria de óleo, gás e energia representam um grupo de alto risco para o desenvolvimento de perdas auditivas por exposição à NPSE. O atual cenário econômico favorável para o Brasil

tem levado a um notável desenvolvimento no ramo petroquímico, investindo em novas unidades, melhorias tecnológicas e aumentando substancialmente o volume de trabalhadores para atender a crescente demanda do país. Fica evidente então a importância de se desenvolverem estudos em relação ao risco de perda auditiva nesses trabalhadores.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a prevalência de perdas auditivas compatíveis audiometricamente com Níveis de Pressão Sonora Elevados (NPSE) e correlacioná-la ao ambiente de trabalho e fatores de risco extra-ocupacional nos trabalhadores do sexo masculino de uma área de negócios do ramo petroquímico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar a prevalência de perdas auditivas compatíveis audiometricamente com Nível de Pressão Sonora Elevados (NPSE), por tipo de atividade do trabalhador (Administrativo, Manutenção e Operacional).

Correlacionar estas perdas auditiva com a atividade ocupacional tomando por base critérios logicamente hierarquizados, coerentes com a literatura científica e a legislação brasileira.

Estimar a percepção do Risco NPSE nos trabalhadores da indústria de transformação do petróleo.

Investigar possíveis fatores de risco extra laborais associados com perda auditiva tais como idade, tempo de trabalho, co-morbidades, uso de medicamentos para doenças crônicas e hábitos sociais.

Investigar a história familiar de surdez.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 FISIOLOGIA DA AUDIÇÃO E SUA RELAÇÃO COM OS MECANISMOS DE PROTEÇÃO AUDITIVA

O aparelho auditivo é o responsável pela informação ao Sistema Nervoso Central daquilo que conhecemos como SOM.

Resumidamente, audição decorre de fenômenos mecânicos e bioquímico e elétricos.



Figura 3:Trajeto da onda sonora da orelha ao cortex cerebral

Fonte: http://tecnica.files.wordpress.com/2011/10/img_52.jpg Acesso em 31/08/2014.

A onda sonora sendo transportada pela vibração das moléculas do ar alcança, através do conduto auditivo externo, a membrana timpânica. Parte dessa energia é transmitida à cadeia ossicular e parte é refletida de volta pelo conduto auditivo externo (Fig. 3). O tímpano vibra em contato com a energia cinética conduzida pelo ar e a transmite através do sistema ossicular da orelha média (martelo, bigorna e estribo) onde ocorre uma razoável amplificação. Grande parte desta energia é transmitida à orelha interna. A movimentação do estribo na janela oval, resulta no deslocamento dos líquidos labirínticos que, mecânica e eletroquimicamente, geram um desequilíbrio iônico nas células ciliadas da orelha interna. Este desequilíbrio se traduz em impulsos bio-elétricos aferentes ao sistema nervoso central que ao passarem pelo tronco cerebral alcançam o córtex auditivo e dão-nos a sensação do que conhecemos por AUDIÇÃO. Para que isto ocorra, torna-

se necessário que haja a transformação da energia sonora transmitida, de forma mecânica pela variação da pressão do ar que chega a orelha, em potencial bio-químico-elétrico pelas células ciliadas da orelha interna, em um processo ao qual se chama de TRANSDUÇÃO. (DURRANT & LOVRINIC, 1995).

O aparelho auditivo, em síntese, nada mais é do que um transdutor, um órgão periférico conectado ao nosso cérebro, composto de três partes didaticamente conhecidas por:

- 1- Orelha externa
- 2- Orelha média
- 3- Orelha interna

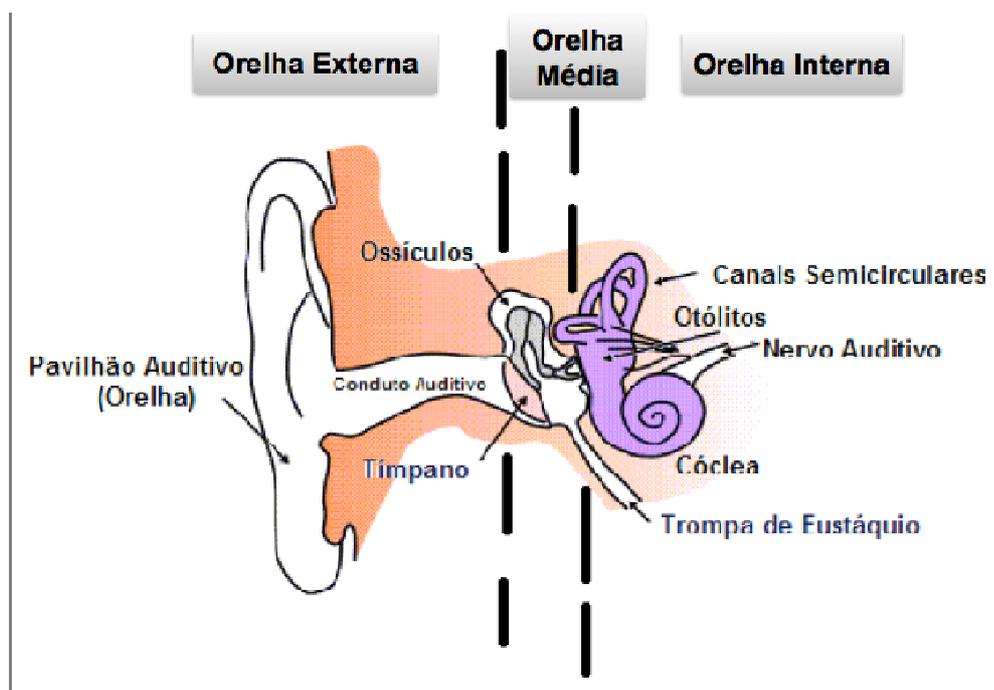


Figura 4: Esquema representativo da orelha externa, média e interna

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Orelha> Acesso em 31/08/2014.

3.1.1 Orelha externa

Anatomicamente, a Orelha Externa é constituída de um apêndice cartilaginoso, revestido de pele, com várias dobras e concavidades (pavilhão auricular) e de um tubo ósseo revestido de pele conhecido como conduto auditivo externo sendo fechado em sua extremidade mais interna por uma membrana bastante fina e tensa, chamada tímpano. Sua função é conduzir as ondas sonoras que viajam pelo ar e adentram ao conduto acústico externo até a membrana timpânica, onde parte desta energia é refletida e parte põe em vibração o tímpano.

Fisicamente, o máximo de eficácia na transmissão da pressão da onda sonora ocorre quando o comprimento da onda é quatro vezes o diâmetro do conduto auditivo externo, o que corresponde a um estímulo de aproximadamente 12dB, com frequência variando entre 3400 a 4000 ciclos por segundo.

A membrana timpânica tem um aspecto levemente afunilado, sendo constituída de três camadas, em direção à orelha média. Uma camada externa limita o conduto auditivo externo em sua porção mais interna; uma camada média de sustentação, constituída de fibras radiais ao centro da membrana e a vascularização timpânica; e uma camada interna que se relaciona com a chamada orelha média. Circundando todo o tímpano existem fibras circulares que formam o chamado ânulus timpânico. O tímpano separa o ar entre a orelha externa e a orelha média. Ele atua como um receptor de pressões, sendo insensível a mudanças de velocidade, porém extremamente sensível a variações de pressão. Seu comportamento varia de acordo com a frequência que chega até ele. Nas baixas frequências, o tímpano vibra como um corpo rígido em um eixo horizontal, na sua porção superior. Quando a frequência é superior a 2400 Hertz (1 Hertz = 1 ciclo por segundo), a membrana timpânica vibra em segmentos, obedecendo a padrões específicos, dependendo da frequência. Medidas feitas com a membrana timpânica distendida ao máximo, mostraram-se próximas da amplitude do movimento das moléculas do ar em quase todas as frequências. No limiar de audibilidade, estas variações foram de 10^{-5} cm para baixas frequências e 10^{-9} cm em 3000 Hertz. Um som após percorrer o conduto auditivo externo já sofreu uma “equalização” significativa, sobretudo na gama de frequências entre os 1.5kHz e os 7kHz, onde ocorre um incremento de 5 a 20dB respectivamente nessas frequências. Embora uma parte desta alteração seja devido a reflexões e a fenômenos de difração da cabeça existem duas razões principais

para este aumento: a ressonância do pavilhão auditivo na zona dos 5kHz e a ressonância do canal auditivo e do tímpano perto dos 2,5kHz. Resumidamente pode-se dizer que a orelha externo provoca um aumento na sensibilidade auditiva entre os 2kHz e os 5kHz. Nas frequências acima de 6kHz existe uma acentuada variação na resposta em frequência em relação à localização da fonte sonora, o que equivale dizer que a orelha externo além de funcionar como um amplificador, facilita a orientação quanto ao direcionamento do som, permitindo-se localizar uma determinada fonte sonora em função de sua magnitude. (DURRANT & LOVRINIC, 1995).

3.1.2 Orelha média

A cadeia ossicular é constituída dos três menores ossículos do corpo humano: martelo, bigorna e estribo.

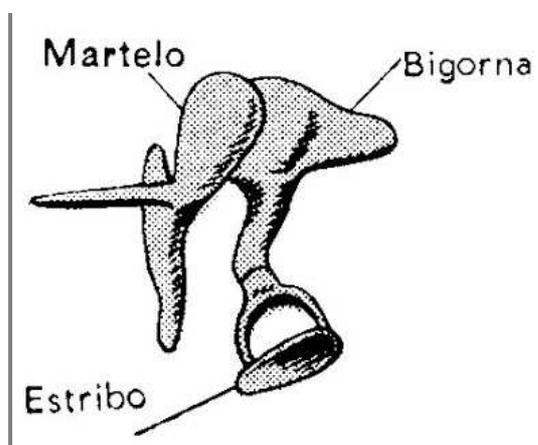


Figura 5: Ossículos da Orelha Média

Fonte: <http://sentidos5espsmm.blogspot.com.br/2008/02/ouvido-mdio.html> - Acesso em 31/08/2014.

O martelo apresenta um “cabo” que se encontra aderido à membrana timpânica, sendo que o seu limite inferior coincide com o centro geométrico da

membrana, com o ápice do cone que o tímpano forma, também chamado de umbigo.

Articulada ao martelo encontra-se conectada através de sua porção superior, a bigorna. Como último elemento da cadeia ossicular, encontra-se o estribo, que através de sua supra-estrutura articula-se com o ramo longo da bigorna, e sua porção inferior, a platina, estabelece a comunicação com a orelha interna (CALDAS et al., 2011).

A principal função da cadeia ossicular, é reduzir ao mínimo a perda de energia sonora decorrente da mudança de meio (do ar para o líquido). Estabelece um verdadeiro “casamento de impedâncias” entre os meios. A movimentação do cabo do martelo em decorrência da vibração timpânica transmite ao longo da cadeia ossicular até a platina do estribo, a energia captada no conduto auditivo externo. Este processo resulta em uma amplificação de aproximadamente 1,3 para 1,0 da força que entra para a força resultante. A membrana timpânica possui aproximadamente 64 mm^2 de área para uma platina de estribo de $3,2 \text{ mm}^2$. Dividindo-se a área do tímpano pela área do estribo ($64/3,2$), temos uma relação de 20:1, porém, como a movimentação da membrana timpânica e da platina do estribo não são uniformes, a pressão efetiva na platina do estribo pode variar de 17:1 à 21:1. Isto equivale a um ganho amplificativo final de aproximadamente 25dB na janela oval da orelha interna (ganho da cadeia ossicular) (DURRANT & LOVRINIC, 1995).

- Os músculos da orelha

O músculo tensor do tímpano, com inervação pelo nervo trigêmeo e o músculo estapédico, com inervação pelo nervo facial. Esses músculos tem por função aumentar a rigidez do sistema tímpano-ossicular, diminuindo o fluxo de energia oriundo de estimulações de baixa frequência, facilitando as estimulações de alta frequência.

O tensor do tímpano apresenta um longo tendão ligado ao cabo do martelo. Ele promove o posicionamento adequado do tímpano no eixo do sistema martelo-bigorna. Isto indiretamente força a platina do estribo a adentrar-se a janela oval. Esta ação se contrapõe à ação do músculo estapédico, cujo tendão encontra-se fixado na

supra estrutura do estribo, que ao contrair-se realiza a rotação deste ossículo tracionando-o para fora da janela oval, em ação antagônica ao músculo tensor do tímpano. A ação conjunta desses músculos promove o casamento das impedâncias do sistema tímpano ossicular.

Vários estímulos podem desencadear contração reflexa dos músculos da orelha média. Desde os mais variados tipos de som, até o simples fato de se bocejar.

Joahanes Müller (Figura 6) levantou a hipótese protetora dos reflexos musculares da orelha média, dos músculos da orelha média atuarem como um mecanismo protetor da orelha interna. Acontece, porém, que o tempo médio de resposta ao estímulo sonoro pelo músculo estapédico é de aproximadamente 15 milissegundos, dependendo da intensidade do estímulo, ocorrendo em seguida à contração do tensor do tímpano. Esta contração ocorre simultaneamente em ambas as orelhas, durante a apresentação do estímulo, podendo persistir por até 30 minutos ou um pouco mais (LEE'S, 2012).

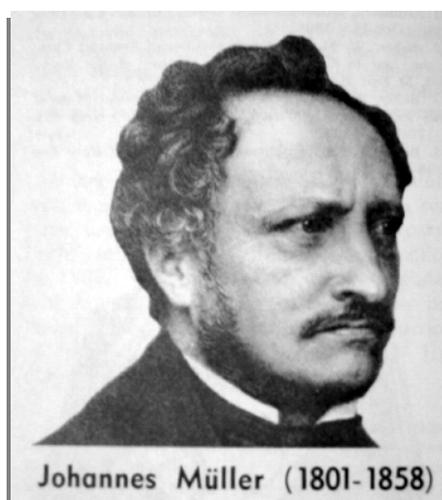


Figura 6: Johannes Müller

Fonte: http://baillement.com/lettres/mueller_bio.html Acesso em 31/08/2014.

Devido ao fato do músculo estapédico ser inervado pelo sétimo par craniano (nervo facial), na paralisia de Bell³ é comum haver por parte do paciente com este tipo de paralisia queixa de hiperacusia na orelha do lado paralisado.



Figura 7: Sir Charles Bell

Fonte: <http://www.nndb.com/people/118/000100815> - Acesso em 31/08/2014.

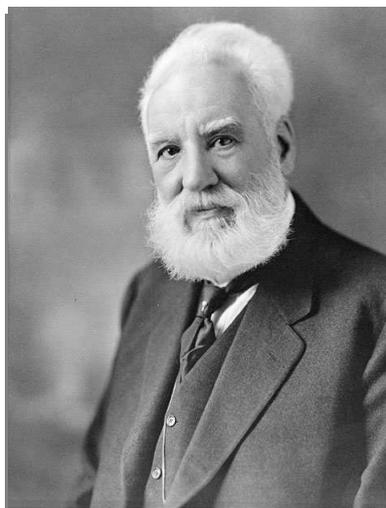


Figura 7A: Alexander Graham Bell

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Graham_Bell - Acesso em 31/08/2014.

³ O Bell homenageado com seu nome na paralisia facial é Sir Charles Bell (1774-1842). Não confundir com Alexander Graham Bell (1847-1922), homenageado nos decibéis.

Isto ocorre por não haver resposta do músculo estapédico, no sentido de aumentar a impedância do sistema tímpano-ossicular aos sons graves, de maior intensidade, que chegam a orelha comprometida. O mesmo ocorre em certas miopatias como no caso da Miastenia Gravis (SOUSA et al., 2008).

- A tuba auditiva - trompa de Eustáquio

A orelha média é preenchida com ar. Possui uma mucosa respiratória que consome o oxigênio existente em sua pequena atmosfera. Há inclusive uma reserva de ar, armazenada nas chamadas células mastóideas, que se comunica com a orelha média através do *aditus ad antrum*. A tuba auditiva estruturalmente possui uma parte óssea e uma cartilaginosa, revestida de epitélio ciliado vibrátil. Em repouso, sua porção cartilaginosa encontra-se ocluída. A cada deglutição ou em cada abertura acentuada da boca, grupos musculares se contraem, dentre os quais, de forma mais destacada, temos o músculo tensor do palato, promovendo a abertura da porção faríngea (cartilaginosa) da trompa de Eustáquio. Com isto se permite a entrada ou saída de ar da orelha média, na dependência das condições pressóricas da atmosfera em que o indivíduo se encontra (MUNHOZ et al., 2003).

O papel principal da tuba auditiva é equalizar a pressão da orelha média com o meio externo. Se a pressão do ar no meio externo diminui, as moléculas de ar se afastam pela diminuição da pressão atmosférica (no caso de um avião decolando, por exemplo) e o ar na orelha média, se expande. Na aterrissagem o processo é inverso, aumentando-se a pressão no ambiente o ar na orelha média passa a ser comprimido pelo aumento da pressão externa.

Ao começar uma manobra de pouso, a pressão do ar aumenta sobre a membrana do tímpano e, por conseguinte, sobre a orelha média, projetando a membrana timpânica internamente à esta, devido a elasticidade timpânica. Como existe o mecanismo da tuba auditiva, o aumento da pressão na orelha média associado à contração principalmente do músculo tensor do palato, que decorre de uma deglutição ou abertura da boca (bocejo), permite a abertura da tuba auditiva com a entrada do ar, de modo passivo na orelha média, igualando-se as pressões (Pressão Orelha média = Pressão Orelha externa).

Quando ocorre o oposto, como na decolagem, a pressão diminui no meio externo, a membrana timpânica tende a ser distendida no sentido da orelha externa, o que faz com que, novamente, por ocasião de uma deglutição ou bocejo, a tuba auditiva se abra, desta vez para permitir a saída de ar da orelha média, equilibrando novamente as pressões. Todo este processo é dinâmico, ajustando-se as microvariações pressóricas que ocorrem ao longo da nossa jornada diária, a cada deglutição. Quando, por alguma razão, esse mecanismo deixa de funcionar adequadamente, não só a pressão fica alterada comprometendo a eficácia da transmissão do som na orelha média, como ocorre uma redução da pressão parcial de O_2 , por conta da não renovação adequada do ar na orelha média. Isto pode comprometer a homeostase, havendo risco de barotrauma com ruptura da membrana do tímpano, e, eventualmente, a facilitação da ocorrência de otite média. (DURRANT & LOVRINIC, 1995).

3.1.3 Orelha interna

A energia sonora ao alcançar a janela oval da cóclea, com o máximo aproveitamento energético e casando-se as impedâncias por diferença do meio aéreo para o meio líquido, pelo sistema tímpano ossicular, estimula as células ciliadas, que transduzem a energia hidráulica em potencial bioelétrico. O estribo ao se mover como um pistão na janela oval gera uma onda na cóclea. Ao se deslocar pela rampa vestibular, movimentada as membranas basal e tectória. Esse movimento move os estereocílios das células ciliadas em direção a membrana tectória. Isso faz com que se despolarizem as células ciliadas, ativando impulsos nervosos aferentes ao sistema nervoso central.

3.1.3.1 As porções da orelha interna

A orelha interna, também conhecida como orelha interna, é constituída anatomicamente de duas porções anatomicamente distintas, apresentando dupla

função, sendo responsável pela AUDIÇÃO e pela manutenção do EQUILÍBRIO corporal estático e dinâmico.

3.1.3.1.1 A porção Coclear - A Função Auditiva

A cóclea possui formato semelhante a um caracol e abriga células altamente especializadas. O seu formato em espiral obedece a princípios matemáticos, já que, a geração de uma espiral pode expressar também uma relação logarítmica. A cóclea e a lâmina basilar obedecem, em seu formato, como quase tudo que existe na natureza, ao princípio que rege a chamada Seqüência de Fibonacci⁴. Abriga as estruturas mais nobres e delicadas do sistema auditivo periférico. A movimentação do estribo na janela oval gera um movimento ondulatório que, através da perilinfa, percorre a rampa vestibular passando pelo helicotrema à rampa timpânica, onde pressiona do interior para o exterior a janela redonda, promovendo o que se conhece como vibração hidrodinâmica.

⁴ Leonardo de Fibonacci ou Leonardo de Pizza, postulou a sua seqüência no final do século XII, início do século XIII ficando matematicamente estabelecida a relação de 1; 1; 2/1; 3/2; 5/3 e, daí em diante, prossegue a seqüência sucessivamente somando-se o numerador e o denominador da fração anterior, obtendo-se o numerador da fração seguinte. Para denominador, adota-se o numerador da fração anterior: 2/1; 3/2; 5/3; 8/5; 13/8; 21/13, e assim por diante. Dividindo-se o numerador pelo denominador, cada vez mais nos aproximamos do número 1.61803, que representa a chamada RAZÃO AUREA, também observada por Charles Bonnet (1720-1793), quando da postulação das leis relativas à distribuição das folhas e das flores nos caules das plantas (filotaxia). A RAZÃO AUREA também se observa na relação das proporções da fachada do Parthenon na Grécia, no Pentágono Estrelado, nas esculturas gregas do século V antes de Cristo, na métrica dos versos de Virgílio, nos conceitos de estética, harmonia e equilíbrio do Renascentismo, na qual os dois primeiros termos são a unidade e a partir daí, cada termo é a soma dos dois anteriores. Até mesmo no processo reprodutivo de diversas espécies, observa-se a Seqüência de Fibonacci.

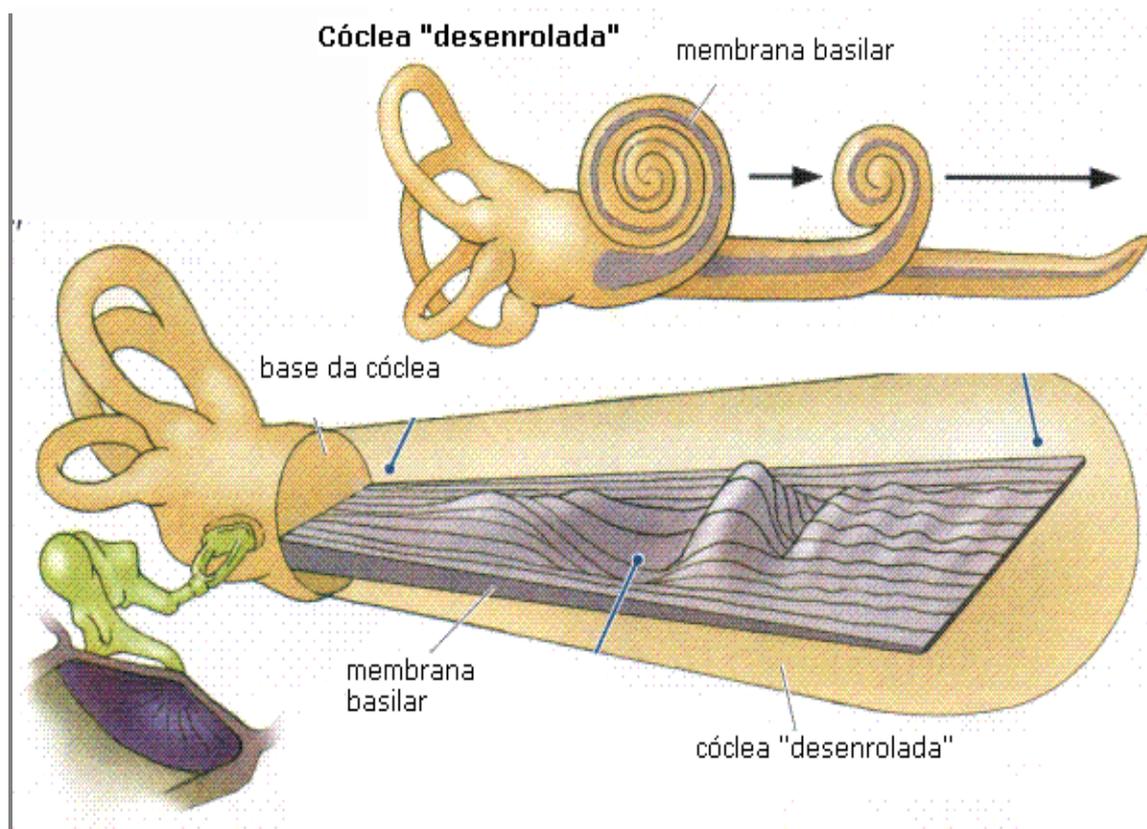


Figura 8: Desenho esquemático representando a Cóclea "desenrolada"

Fonte: <http://mirilab.org/jang/books/audioSignalProcessing/33ecto.asp>. - Acesso em 31/08/2014.

Essas vibrações perilinfáticas geram um movimento ondulatório da membrana basilar, que se apresenta mais estrita na base da cóclea e mais alargada no ápice da cóclea (helicotrema). Os sons agudos vibram intensamente a base sem que tal fenômeno ocorra no ápice. Os sons de baixa frequência vibram toda a membrana basilar porém com maior amplitude no ápice (figura 8). Resumidamente estas estruturas compõem o chamado Órgão de Corti, que contém as denominadas células ciliadas internas e externas (CCI e CCE), que são, em última análise, os transdutores biológicos que promovem a transformação do estímulo auditivo, essencialmente mecânico, oriundo do sistema tímpano-ossicular, em potencial bioquímicoelétrico. Os impulsos elétricos gerados na cóclea são transportados pelo tronco cerebral por 15.000 fibras nervosas num complexo auditivo que se inicia no

tronco cerebral e vai até os centros corticais específicos, que são compostos por 100 milhões de neurônios em cada hemisfério cerebral. Nestas áreas os sons são identificados e interpretados, causando-nos a sensação de audição.

3.1.3.1.2 As Células Ciliadas (CC)

Podem ser de dois tipos: Células Ciliadas Externas e Células Ciliadas Internas (Figura 9).

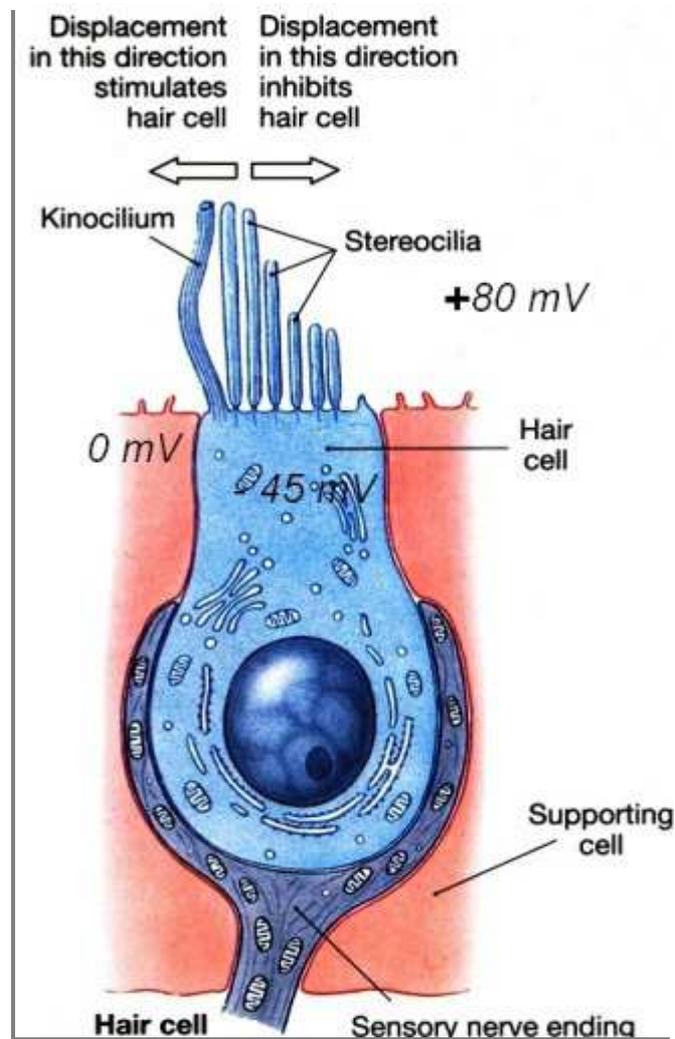


Figura 9: Células Ciliadas - Visão Esquemática

Fonte: <http://audiology.wordpress.com/la-coclea/mecanismos-de-transduccioncoclear/>
Acesso em 31/08/2014.

- As Células Externas (CCE)

Possuem inervação do tipo divergente, onde várias células se ligam a uma única fibra nervosa. Distribuem-se ao longo da membrana basilar, segundo demonstrou Spoendlin, 1966 (Figura 9).

- As Células Internas (CCI)

Possuem inervação convergente. Observam-se várias fibras se ligando a uma única célula ciliada. Distribuem-se em fila única, ao longo de toda membrana basilar.

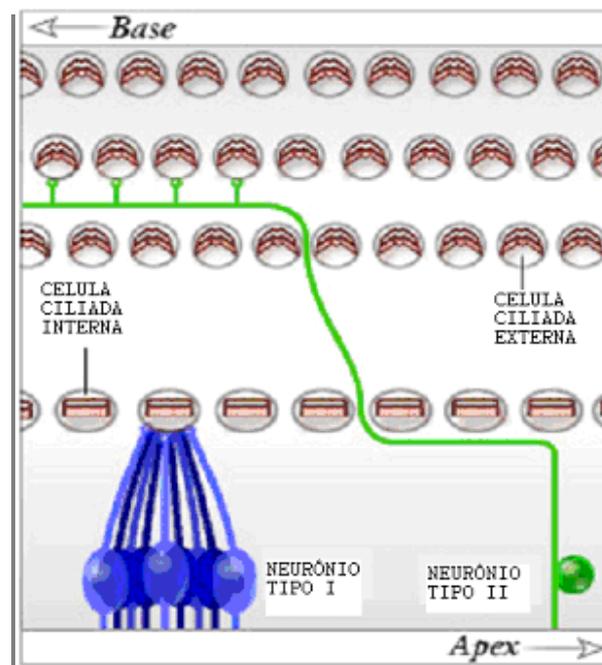


Figura 10: Desenho esquemático da distribuição da inervação das células ciliadas do órgão de Corti segundo Spoendlin

Fonte: <http://www.neuoreille.com/promenade/english/corti/innerv/finnerv.htm> - Acesso em 31/08/2014

Os cílios das células ciliadas entram em contato com a membrana tectória (figura 10 e 10 A) pela vibração da membrana basilar. Isso faz com que se abram

seus canais iônicos permitindo a entrada de íons nas células ciliadas. Com isto há o desenvolvimento de um potencial elétrico. Se possuir a magnitude necessária, o potencial gerado causa liberação de transmissores das células ciliadas que excitarão as células nervosas auditivas aferentes (DURRANT & LOVRINIC, 1995; LEE'S, 2012).

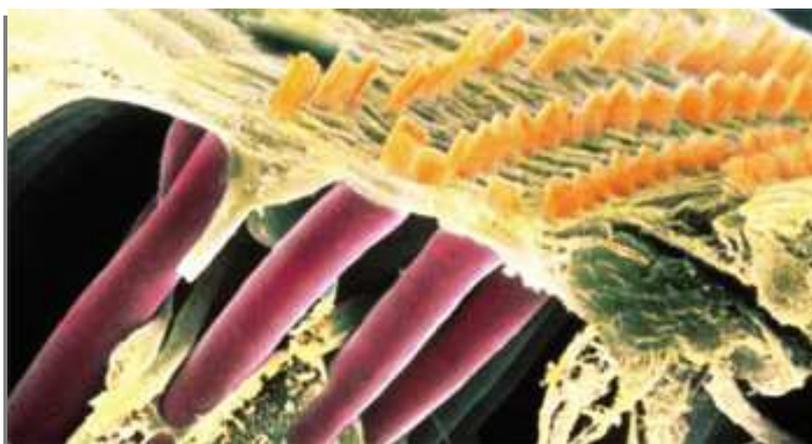


Fig.10A: Visão em detalhe das células ciliadas externas do órgão de corti em contato com a membrana tectória

Fonte: <http://audiology.wordpress.com/la-coclea/endolinfa-y-perilinf/> - Acesso em 31/08/2014.

3.1.4 A via auditiva e sua relação com as células ciliadas

A via auditiva se estabelece desde a entrada das ondas sonoras no conduto acústico externo, até o córtex auditivo.

O trajeto do estímulo ao longo da via auditiva periférica e central se dá na seguinte ordem: Nervo Auditivo – Núcleos Cocleares Ventrais e Dorsais – Corpo Trapezóide – Complexo Olivar Superior – Lemnisco Lateral – Colículo Inferior – Tálamo (Corpo Geniculado Medial) – Radiação auditiva (figura 11).

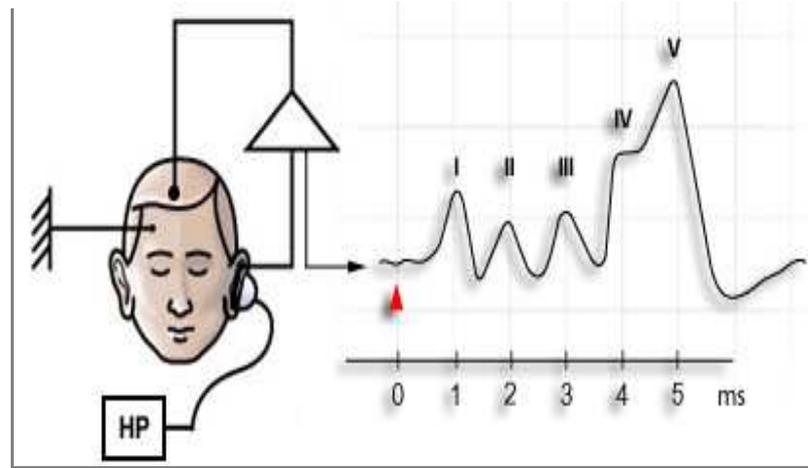


Figura 11: Ondas do potencial evocado auditivo do tronco encefálico

Fonte: <http://www.neuroreille.com/promenade/english/corti/innerv/finnerv.htm> - Acesso em 31/08/2014.

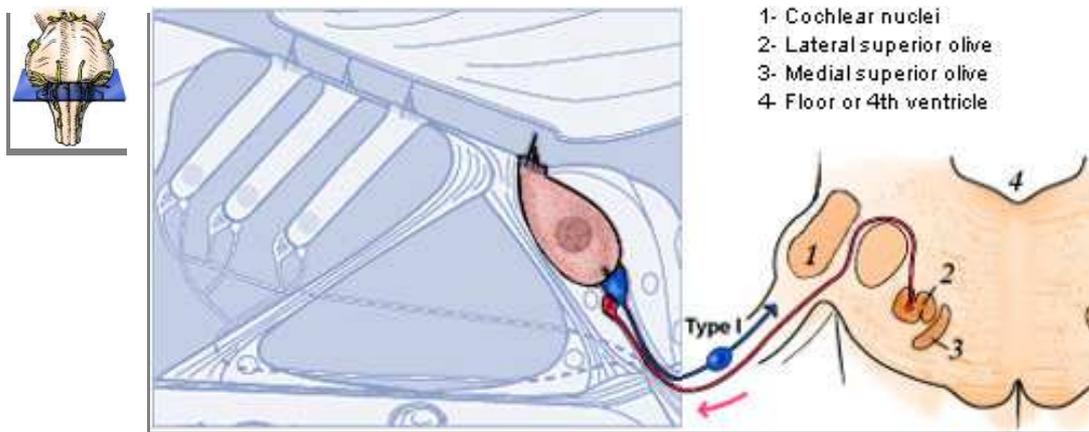


Figura 12: Células Ciliadas Internas e suas relações com os núcleos do tronco encefálico

Fonte: <http://www.neuroreille.com/promenade/english/pathology/fhccpath.htm> - Acesso em 31/08/2014.

Na figura 12, estão representadas as Células Ciliadas Internas sinapticamente conectadas a todos os neurônios tipo 1 do Gânglio espiral formando o sistema radial aferente (azul) indo para o núcleo coclear (1). O sistema lateral eferente (rosa) decorrente de pequenos neurônios do complexo olivar superior ipsilateral (2) traz o controle do feedback para as Células Ciliadas Internas/Tipo 1 via sinapse aferente.

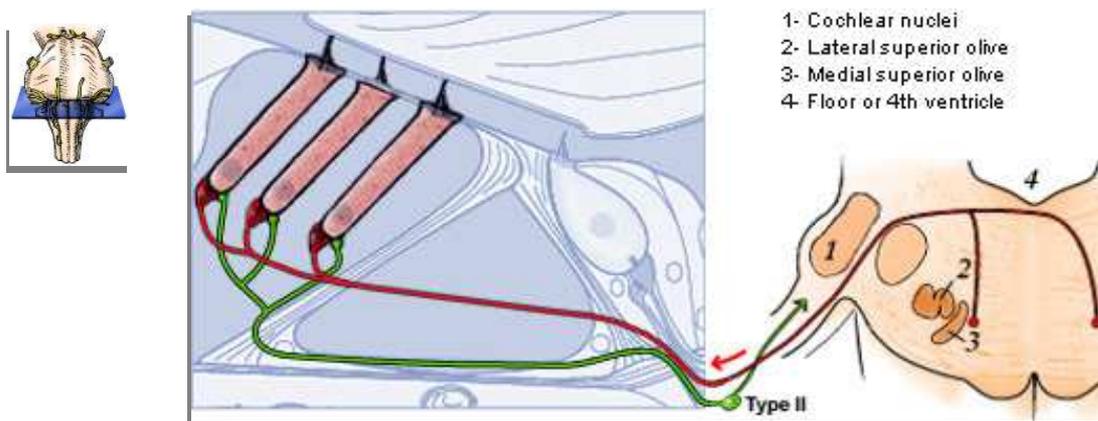


Figura 13: Células ciliadas externas e suas relações com os núcleos do tronco encefálico

Fonte: <http://www.neuroreille.com/promenade/english/pathology/fhcppath.htm> - Acesso em 31/08/2014.

Na figura 13 exemplifica-se a ocorrência (pelo menos nas porções da espira basal e média da cóclea), de sinapses das Células Ciliadas Externas com algumas pequenas terminações de neurônios do tipo II do gânglio espiral, formando o sistema aferente espiral (verde). Por sua vez, grandes neurônios do sistema eferente medial (vermelho), de ambos os lados do complexo olivar superior medial (3), vão formar sinapses axo-somática com as Células Ciliadas Externas.

3.1.5 Via central

Desencadeados os estímulos nas células ciliadas, estas seguem pelos filetes nervosos até as células do gânglio espiral da cóclea para o modíolo, onde a junção das fibras nervosas formam o ramo coclear do oitavo nervo. Estas alcançam

o núcleo coclear na junção ponto-medular do tronco cerebral, considerada como sendo, de fato, a primeira conexão da audição periférica com a via central. Ocorre uma organização tonotópica das fibras e dos núcleos. Ocorrem então sinapses no núcleo coclear ipsilateral e a maioria das fibras cruza, via estria acústica e o corpo trapezoide, ao complexo olivar superior contralateral no nível da ponte inferior. Por meio desse cruzamento os sinais oriundos de ambas orelhas interagem de modo a ser estabelecido o que se conhece como audição binaural. Ocorre a ascensão das fibras nervosas para o núcleo do lemnisco lateral na ponte e, no mesencéfalo, para o colículo inferior. O último núcleo auditivo antes do mesencéfalo é o corpo geniculado medial no tálamo. O corpo geniculado medial no tálamo é o último núcleo auditivo antes do mesencéfalo e o último núcleo auditivo antes do córtex. As fibras nervosas auditivas daí se irradiam para o córtex auditivo (figura 14). A organização tonotópica se mantém ao longo de toda via auditiva, seguindo desse modo desde a cóclea até o córtex.

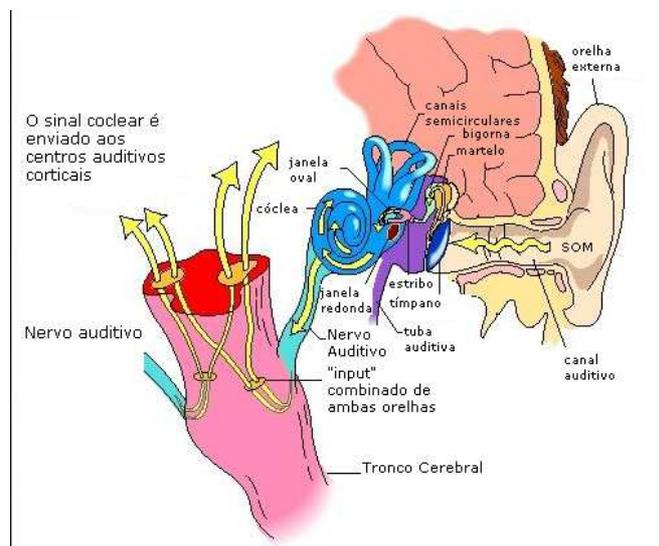


Figura 14: Trajeto do Estímulo Auditivo

Fonte: <http://www.edoctoronline.com/medical-atlas.asp?c=4&id=21674> - Acesso em 31/08/2014.

Há uma proliferação de fibras variando de 25.000 no oitavo nervo até milhões no tálamo. É um sistema complexo com vários cruzamentos e núcleos onde há fibras aferentes e eferentes, se interagindo constantemente.

A Sensação de “LOUDNESS”

Acredita-se que atualmente que a percepção de “loudness” é um função dependente do número de neurônios que são individualmente ativados simultaneamente. Deste modo, um som muito alto, ativaria, num exemplo fictício para fácil compreensão, 250 neurônios, enquanto um som suave ativaria somente 50 neurônios.

Sensação de “Loudness” é diferente de intensidade. Não se deve confundir loudness com intensidade. Loudness é entendido aqui como sendo o estímulo sonoro mais intensamente perceptível, não guardando necessariamente relação com a sensação de volume. Na realidade loudness e intensidade dizem respeito a aspectos diferentes do som. Enquanto intensidade é uma grandeza física, uma medida direta da magnitude de um som, evocando a sensação auditiva, loudness é um atributo psicológico de um som, estabelecido pela quantidade dessa sensação pelo ouvinte.

Loudness é um termo que descreve subjetivamente a “força” com que a orelha percebe um som. Está intimamente relacionado a intensidade do som mas não é considerado como sendo idêntico à intensidade, nem o pode ser. A intensidade sonora deve ser decomposta pela sensibilidade da orelha para cada frequência particular que esteja contida no som. Este é o tipo de informação contida nas curvas isofônicas de Fletcher-Munson para a orelha humana (Figura 15).

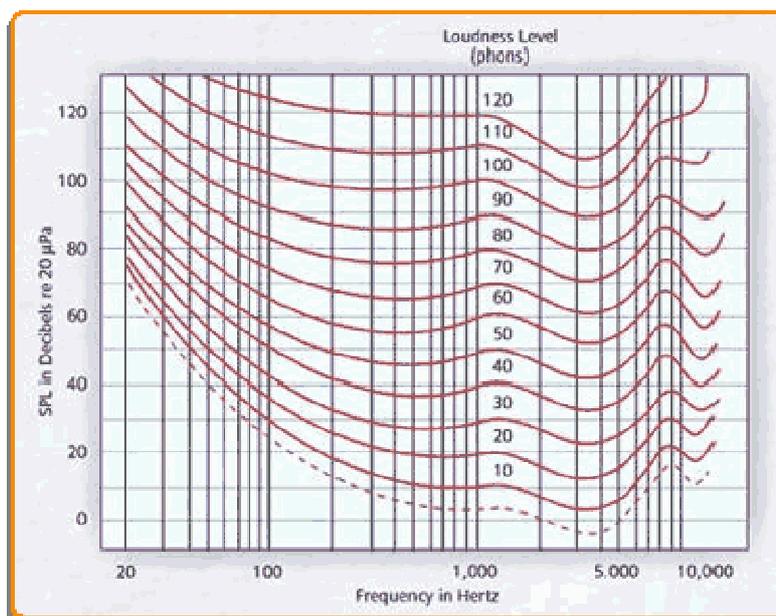


Figura 15: curvas isofônicas de Fletcher-Munson

Fonte: <http://www.poindexters.com/geniuses/harvey-fletcher> - Acesso em 31/08/2014

Também se deve levar em consideração, como já dito anteriormente, que a orelha percebe os incrementos sonoros como potências de 10 em uma relação logarítmica. Daí o uso da escala em decibéis para a medida da intensidade.

Dois sons de mesma intensidade não apresentam necessariamente o mesmo *Loudness*. Como a sensibilidade da orelha varia com a frequência, criou-se uma escala, que expressa melhor a sensação de *Loudness*, com medida estabelecida em “phons” (lê-se “fons”), alinhando-se a sensação sonora em um mesmo nível. Tomando-se a frequência de 1000Hz como padrão, cada uma das demais frequências pode ser referenciada, ao nível em decibéis, em 1000Hz. É a base da medida da sensação de *Loudness* em phons. Se um som é percebido tão alto como um som de 60dB em 1000Hz, diz-se que o *Loudness* é de 60 phons. O *Loudness* de um som complexo também pode ser medido em phons.

Sabe-se que o fator de dobra para a sensação sonora é de 10dB. Este fator de dobra 10 pode ser utilizado então para produzir uma outra escala, a chamada escala de sones para *Loudness*. Na prática, entretanto, a medida do nível de

pressão sonora e, as curvas do circuito de compensação nas escalas “A”, “B”, e “C” do medidor de pressão sonora, são usadas para tornar a medida mais próxima, instrumentalmente, da percepção do som pela orelha. A escala “A” é a mais usada. As curvas “B” e “C” foram estabelecidas para tons puros e, como se sabe, a nossa percepção auditiva no dia-a-dia, é predominantemente constituída de sons complexos, que são contemplados na escala “A”.

O uso do phon como “unidade de *Loudness*” é um avanço na medida em níveis em decibéis mas, ainda não é uma escala diretamente proporcional ao *Loudness*. A escala em sones foi criada como um modo linear de se “enxergar o *Loudness*”. Presume-se que a faixa padrão em fons para uma música orquestrada encontra-se entre 40 e 100 phons. Se arbitrarmos no nível mais inferior da faixa o *Loudness* de um sone, então 50 phons terão o *Loudness* de 2 sones; 60 phons, 4 sones , e assim sucessivamente (DURRANT & LOVRINIC, 1995).

3.2 TESTES AUDITIVOS – O EXAME AUDIOMÉTRICO

O mais realizados dos testes auditivos, o exame audiométrico se constitui na emissão de tons puros, com variações incrementais e decrementais de 5dB, medidas nas frequências-padrão, tanto na orelha direita como no esquerda, por médio de fones de orelha. A indicação da percepção do som audível determina o limiar auditivo de cada examinado nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz, 3.000Hz, 4.000Hz, 6.000Hz e 8.000Hz. O teste audiométrico básico utiliza tons puros para se quantificar a audição. É um teste subjetivo que dependente da experiência do examinador e da colaboração do paciente para que possa ser confiável. Utiliza-se um audiômetro para se detectar os limiares auditivos para tons puros e testes de fala em ambiente acusticamente adequadode modo a permitir medições de limiares em dB NA por via aérea e via óssea, sendo aceitas como dentro da normalidade níveis auditivos de até 25dB por frequência (figura 16).

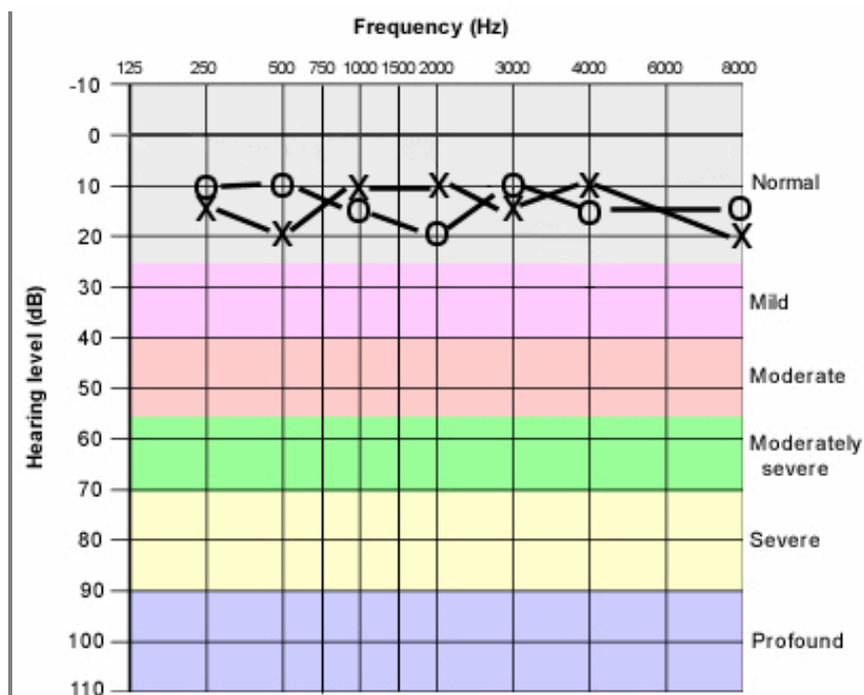


Figura 16: Gráfico audiométrico representando audição normal em ambas as orelhas

Fonte: <http://fmcblog.wordpress.com/2009/05/02/os-audiogramas> - Acesso em 31/08/2014.

Os objetivos da avaliação audiológica básica são determinar a magnitude e tipo da perda auditiva, o local de lesão, possíveis intervenções ou mesmo a necessidade de realização de outras testagens por métodos diversos.

O limiar é identificado na intensidade mínima em que o examinado acusa a percepção do estímulo em 50% das apresentações. A via aérea testa a via habitual da audição, passando pela orelha externa, média e interna. A via óssea testa diretamente a percepção auditiva pela orelha interna, sem a participação das orelhas externa e média. Os limiares auditivos para tons puros pelas vias aérea e óssea são assinalados em um gráfico cartesiano denominado audiograma, por meio de uma representação gráfica da percepção dos tons puros nas diversas frequências com volumes diferentes (Munhoz, 2003). Símbolos e cores adotados internacionalmente para representação dos perfis audiométricos no audiograma são mostrados no quadro a seguir (figura 17).

Orelha esquerda	Interpretação	Orelha direita
X	Via aérea	O
>	Via óssea	<
↓	Sem resposta	↓

Figura 17: Símbolos utilizados no audiograma

3.2.1 O Audiograma com perda auditiva atribuível ao NPSE.

A disposição das frequências audíveis na cóclea pode ser vista na figura a seguir (figura 18).

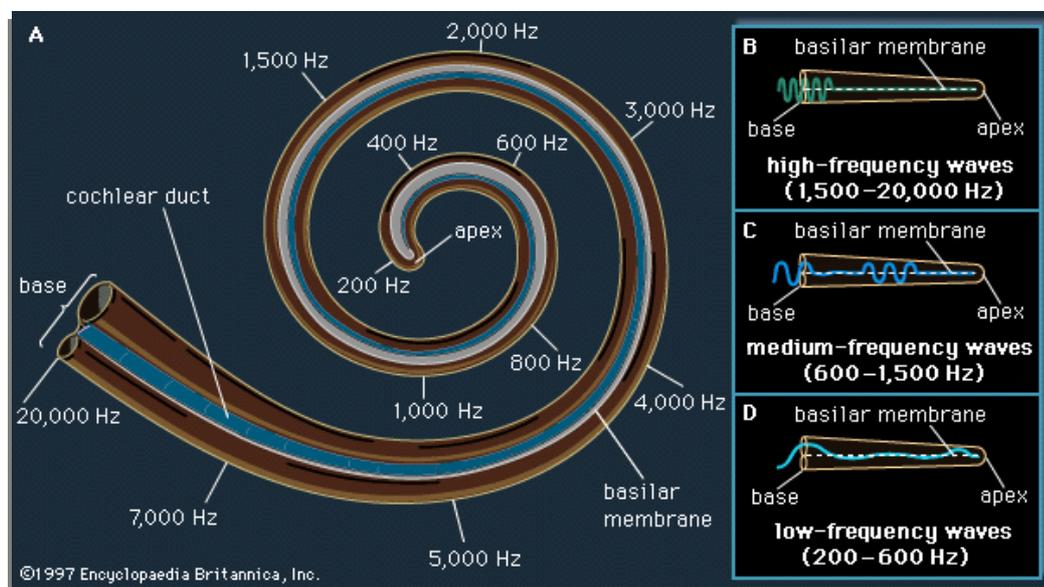


Figura: 18 Disposição das Frequências ao longo das espiras cocleares

Fonte: http://eamusic.dartmouth.edu/~mcasey/m102/01_Information/#1 - Acesso em 31/08/2014.

A disposição das células responsáveis pela transdução das frequências de 4000Hz e adjacentes, faz com que nesse ponto haja, teoricamente, uma maior ação das forças hidrodinâmicas que atuam ao longo da espira coclear quando o nível de pressão sonora é mais intenso, o que poderia justificar o início da lesão auditiva pela perda predominantemente manifesta do limiar auditivo nessa frequência em suas fases iniciais, como se pode observar a seguir (Figuras 18 e 19), diferentemente da evolução das perdas em decorrência da idade, cuja perda se manifesta em rampa. A razão de tal configuração em rampa, no entender deste pesquisador, se dá pelo fato de o número de células responsáveis para transmissão de frequências mais altas, em maior número, estar localizado próximo à janela oval, na porção mais larga da membrana basilar, sujeita a maior agressão por processos infecciosos, com a penetração de enzimas e substâncias tóxicas pelo nicho da janela oval, comprometendo ao longo da vida a frequências mais elevadas, que necessitam de uma população de células ciliadas maior para a transdução das altas frequências do que as células transdutoras de médias e baixas frequências, situadas a uma distância maior da janela oval. Isso determinaria a queda com o aspecto conhecido como em rampa descendente, com a característica progressão da dificuldade para sons agudos, nas maioria das pessoas de idade mais avançada (Figura 20).

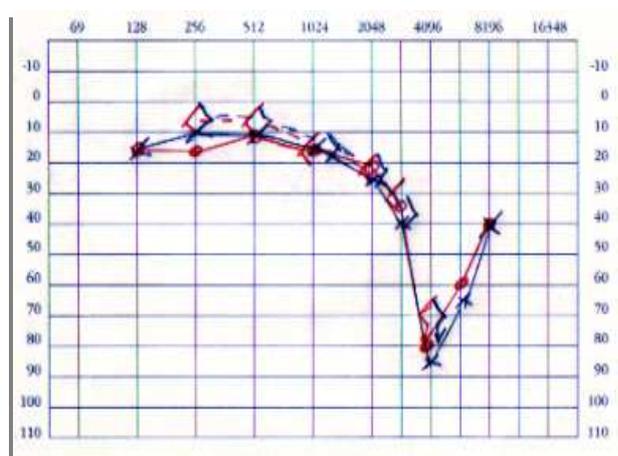


Figura 19: Perda atribuível à exposição crônica a níveis de pressão sonora elevados sem o uso de proteção adequada

Fonte: <http://escuela.med.puc.cl/paginas/publicaciones/apuntesotorrino/audiometria.html>. - Acesso em 31/08/2014.

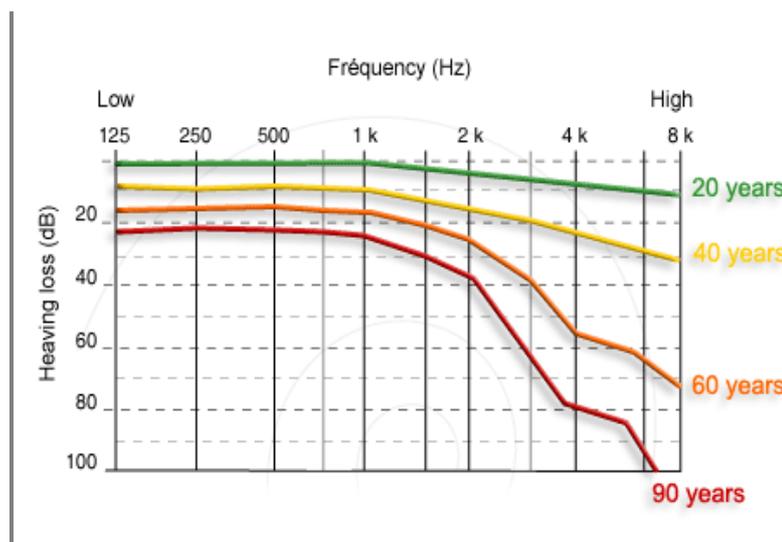


Figura 20: Evolução da perda auditiva de acordo com as frequências audiométricas, conforme a idade

Fonte: <http://www.neuroreille.com/promenade/english/audiometry/faudiometry.htm> - Acesso em 31/08/2014.

3.3 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO AUDITIVA

São medidas que devem ser adotadas sempre que o ambiente seja potencialmente capaz de lesionar as células ciliadas do órgão de Corti em função do tempo em que se vá permanecer em um determinado ambiente onde o nível de pressão sonora ultrapasse os limites considerados seguros, conforme estabelece, por exemplo, os níveis sonoros e de tempo estabelecidos na tabela constante do anexo 1 da NR15 .

3.3.1 Proteção Coletiva

É entendida como as medidas de proteção existentes em um determinado ambiente de modo a ser possível, mediante o enclausuramento de máquinas, imposição de barreiras absorventes ou refletoras, atenuar o nível de barulho de

fundo em um determinado ambiente de modo a não serem ultrapassados os limites considerados como seguros conforme preconiza o anexo 1 da NR 15.

3.3.2 Proteção Individual

São equipamentos de uso individual capazes de proteger as orelhas de modo a que os níveis sonoros de um determinado ambiente no qual não tenha sido viável a adoção de medidas de proteção coletiva, de modo a evitar que haja contato direto o agente potencialmente agressor (nível de pressão sonora) em níveis que sejam capazes de lesionar as células ciliadas do Órgão de Corti, desde que não sejam ultrapassados os período de tempo para o qual o protetor tenha sido dimensionados (Figura 21).



Figura 21: Modelos diversos de protetores auditivos

Fonte: <http://static.logismarket.ind.br/ip/leal-seg-protetor-auditivo-protetores-silicone-com-cordao-de-algodao-e-cordao-de-silicone-diversos-modelos-e-atenuacoes-739692-FGR.jpg?imgmax=800> - Acesso em 31/08/2014.

3.4 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA RELACIONADA COM A AUDIÇÃO OCUPACIONAL (BRASIL, 1978)⁵

3.4.1 Norma Regulamentadora N° 04 Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho

A Norma Regulamentadora 4, cujo título é Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho, estabelece a obrigatoriedade das empresas públicas e privadas que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) de organizar e manter em funcionamento os Serviços Especializados em Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT), com a finalidade de promover a saúde e proteger a integridade do trabalhador, no local de trabalho. A NR 4 tem sua existência jurídica assegurada, em nível de legislação ordinária, no artigo 162 da CLT.

3.4.2 Norma Regulamentadora N° 05 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

A Norma Regulamentadora 5 cujo título é Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) estabelece a obrigatoriedade das empresas públicas e privadas em organizar e manter, dependendo da sua classificação nacional de atividade econômica e do código da atividade, uma comissão interna constituída por representantes dos empregados e do empregador. A NR5 tem sua existência jurídica assegurada, em nível de legislação ordinária, nos artigos 163 a 165 do Capítulo V do Título II da CLT.

⁵A legislação brasileira pertinente ao assunto pode ser obtida em:
<http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>

3.4.3 Norma Regulamentadora Nº 06

Equipamentos de Proteção Individual – EPI

A sexta Norma Regulamentadora do trabalho urbano, cujo título é Equipamento de Proteção Individual (EPI), estabelece: definições legais, forma de proteção, requisitos de comercialização e responsabilidades (empregador, empregado, fabricante, importador e Ministério do Trabalho e Emprego (MTE)). A interpretação da NR6, principalmente no que diz respeito à responsabilidade do empregador, é de fundamental importância para a aplicação da NR15, na caracterização e/ou descaracterização da insalubridade. A NR6 tem a sua existência jurídica assegurada, em nível de legislação ordinária, nos artigos 166 a 167 da CLT.

3.4.4 Norma Regulamentadora Nº 07

Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO

A Norma Regulamentadora 7, cujo título é Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implantação do PCMSO, por parte de todos os empregadores e instituições, com o objetivo de monitorar, individualmente, aqueles trabalhadores expostos aos agentes químicos, físicos e biológicos definidos pela NR9 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).

3.4.5 Norma Regulamentadora Nº 09

Programas de Prevenção de Riscos Ambientais

A Norma Regulamentadora 9, cujo título é Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação de um programa de Higiene Ocupacional visando à preservação da saúde e integridade física dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e

consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho. A NR9 tem sua existência jurídica assegurada, em nível de legislação ordinária, nos artigos 176 a 178 da CLT.

3.4.6 Norma Regulamentadora Nº 15

Atividades e Operações Insalubres

A Norma Regulamentadora 15, cujo título é Atividades e Operações Insalubres, define em seus anexos, os agentes insalubres, limites de tolerância e os critérios técnicos e legais para avaliar e caracterizar as atividades e operações insalubres e o adicional devido para cada caso.

4 METODOLOGIA

4.1 DESENHO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo seccional com análise retrospectiva, realizado com a participação do Serviço de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) nas unidades do ramo petroquímico estudadas, objetivando aprimorar as ações de prevenção primária em Saúde do Trabalhador.

4.2 MÉTODO

O estudo foi realizado entre 02/01/2009 e 19/02/2010, a partir de dados de registros de uma população de 13.289 trabalhadores de quatorze unidades distribuídas por estados brasileiros, do sexo masculino, com idade compreendida entre 20 e 60 anos, que variou de acordo com o tempo de serviço e categoria profissional. As características dos indivíduos registrados como portadores de perda auditiva foram analisadas com o objetivo de estabelecer ou não, possíveis fatores de risco presentes além da exposição a níveis elevados de pressão sonora no ambiente de trabalho. Os dados foram coletados a partir dos registros realizados, em todos os dias úteis compreendidos entre 07 de janeiro de 2009 e 19 de fevereiro de 2010.

4.3. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram selecionados registros de 1148 homens que apresentaram perdas auditivas com características atribuíveis a exposição a níveis elevados de pressão sonora. Avaliação dos registros de casos selecionados: A análise dos dados foi feita de forma global e estratificada por setores (Administrativo, Manutenção e Operacional). Cada trabalhador foi avaliado em relação às características audiométricas desse tipo de lesão e à exposição do GHR, considerando os limites de tempo toleráveis para ajustar a variável real de exposição, Para isso, cada trabalhador foi avaliado em relação às características audiométricas desse tipo de lesão, a exposição do GHR, considerando os limites de tempo toleráveis para ajustar

a variável real de exposição, mostrada na *tabela 1* como NPS^{GHR} , considerando sempre o nível médio de ruído constante da medição do GHR. A análise dos registros desses indivíduos foi realizada pelo autor deste estudo a partir de exames feitos por especialistas técnicos de igual competência em diferentes unidades da companhia.

4.4. VARIÁVEIS ANALISADAS

Os procedimentos utilizados na pesquisa foram centrados de modo a se estimar a prevalência de perda auditiva por NPSE nos referidos trabalhadores, estabelecer o nexos ocupacional, relatar os possíveis fatores de risco envolvidos fora do ambiente de trabalho e avaliar o grau de percepção do risco de perda auditiva. Estes incluíram:

- a) Avaliação das características gerais da empresa, organização e processo do trabalho, horas trabalhadas por cada atividade e as instalações. Esta informação serviu para agrupar os trabalhadores em três categorias: *administrativo*, *manutenção* e *operacional* (Anexo A);
- b) Análise do ambiente de trabalho em relação aos NPS, utilizando equipamentos adequados e da exposição dos trabalhadores. Estas medições foram feitas em todos os setores e em diferentes momentos. O NPS corresponde a uma relação logarítmica entre dois valores. Os equipamentos foram utilizados no ambiente de trabalho, colocados na roupa (gola da camisa) de trabalhadores, registrando-se as informações quanto aos níveis de pressão sonora nos diversos ambientes de trabalho de modo instantâneo, ao longo da jornada de trabalho. Para maior confiabilidade foram monitorados os NPS em intervalos de dez minutos durante oito jornadas de trabalho, obtendo-se, ao final, os resumos dos níveis de ruído da medição (o valor máximo, o valor mínimo e o médio). O resultado foi estabelecer o NPS do ambiente de trabalho e o NPS do grupo específico de atividade ao que pertence ou grupo homogêneo de risco (GHR) pelo tempo de exposição para cada trabalhador (NPS^{GHR}). Esta última variável definiu duas condições diferenciadas quanto ao ambiente de risco auditivo: *sem risco* e *com risco*;

c) Avaliação dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamento de Proteção Coletiva (EPC). Dependendo da Situação de Risco Auditivo, há dois tipos de demanda em relação ao uso obrigatório de EPI quando não há viabilidade dos equipamentos de proteção coletiva. Esta demanda em relação ao uso obrigatório na empresa é “constante” para aqueles que trabalham diretamente nas áreas com NPSSE como operadores de maquinarias e equipamentos, e “temporário” para aqueles que frequentam eventualmente as áreas de risco. Foi verificado se os EPI fornecidos pela empresa e utilizados pelos empregados possuíam Certificados de Aprovação (CA) emitidos pelo Ministério do Trabalho e Emprego e se estavam dimensionados corretamente ao risco NPS e duração da jornada de trabalho. Foram obtidas informações quanto ao uso, treinamento e fiscalização no uso do EPI e, ainda, quanto à sinalização adequada das áreas de risco na empresa. Análise dos exames audiométricos realizados pelo Serviços de Saúde das unidades por fonoaudiólogos adequadamente qualificados. Os exames foram realizados em cabine acústica, montada dentro de uma sala com um audiômetro calibrado seguindo-se os procedimentos conforme a ISO 8253-1. O exame consistiu na emissão de tons puros, com variações incrementais e decrementais de 5dB, medidas nas frequências-padrão, tanto na orelha direito como no esquerdo, por meio de fones de orelha. A resposta ao som audível determinou o limiar auditivo de cada trabalhador nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz, 3.000Hz, 4.000Hz, 6.000Hz e 8.000Hz. Foram considerados sugestivos de perda auditiva por exposição a NPS, os casos cujas frequências de 3.000Hz e/ou 4.000Hz e/ou 6000Hz apresentaram limiares auditivos acima de 25dBNA (NA= Nível Auditivo), assim como a piora em pelo menos uma das frequências de 3.000Hz, 4.000HZ ou 6.000Hz igualando ou ultrapassando 15dB (NA) ou, quando comparados em setores, o exame mostrasse evolução na média 3.000Hz, 4.000HZ ou 6.000Hz maior ou igual a 10dB;

d) Aplicação de um questionário de autopreenchimento ao trabalhador com perda auditiva em que foram contempladas variáveis referentes a seu histórico pessoal e ocupacional: Identificação (nome, idade, tempo de serviço na função, atividade na empresa, outras atividades laborais anteriores), antecedentes nosológicos pessoais relacionados ao risco de perda auditiva, histórico de treinamento no uso dos EPI, conhecimento do trabalhador quanto aos riscos

inerentes ao trabalho em ambientes de barulho intenso, fornecimento de EPI pela empresa, antecedentes do não uso dos EPI, atividades sociais de risco auditivo.

O *nexo ocupacional* de perda auditiva foi estabelecido a partir do *i)* Exame audiométrico sugestivo de perda auditiva neurosensorial característica e da *ii)* Existência de exposição efetiva a NPS acima de 85dB (oitenta e cinco decibéis) para uma jornada de 8 horas ou em conformidade de tempo e dose com o disposto nos anexos 1 da NR15 (vide critérios para estabelecimento do nexo ocupacional no FLUXOGRAMA e ESQUEMA apresentados nos Anexos B e C respectivamente). A exposição considerada para o nexo ocupacional corresponde ao NPS^{GHR} ajustando-se pelo Nível de Redução de Ruído (NRR-sf) dos EPI como fator de correção. Foi aplicado o limite de exposição a NPSE o estabelecido pela legislação trabalhista brasileira (Anexo 1 NR15).

4.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizada a Razão de Prevalência (RP), com um intervalo de 95% de confiança, com o objetivo de analisar a discrepância entre as frequências observadas das variáveis sociodemográficas, antecedentes ocupacionais e atividades sociais no grupo exposto a NPSE de ≥ 85 dB sem considerar o NRR-sf (exposição a NPSE) e o grupo não exposto (não exposição a NPSE). O nível de significância foi obtido a partir da estatística do Teste de qui-quadrado considerando-se significativo um valor de $P < 0,05$ em teste bi-caudal. Foi utilizada a ferramenta *SPSS version 16 software (SPSS Inc., Chicago, IL)*.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética, registrado HUGG sob o número 70/2011 de acordo com a resolução 196/96 sobre Pesquisas Envolvendo Seres Humanos, para análise de dados previamente coletados. Todos os trabalhadores por força do contrato de trabalho se submeteram em benefício do estudo poder apontar falhas e promover melhorias. As unidades receberam o relatório geral e os específicos, para serem disponibilizados aos seus trabalhadores.

5 RESULTADOS

Em um universo de 13.289 trabalhadores, 1148 apresentaram perdas auditivas com características atribuíveis a exposição a níveis elevados de pressão sonora.

A distribuição destes segundo o tipo de atividade na empresa, níveis de exposição ao ruído no ambiente de trabalho e efetividade da atenuação dos EPI pode ser observada na tabela 1. A prevalência de perda auditiva neurosensorial sugestiva de exposição à NPSE pelo exame audiométrico foi de 8,6% no grupo total de trabalhadores.

Estratificando por setores (Administrativo, Manutenção e Operacional) esta diferença foi maior no Setor de manutenção e operacional em relação ao administrativo (p-valor 0,00). Salienta-se que quando caracterizados pelo chamado nexos ocupacional, menos 1% dos trabalhadores com perda auditiva tinham relação com as atividades laborais, todos eles do setor operacional.

Tabela 1: Prevalência da perda auditiva nos trabalhadores do ramo petroquímico, níveis de exposição ao ruído no ambiente de trabalho e efetividade da atenuação, segundo grupo específico de atividade

Tipo de atividade	n	n ^{AP}	P %	NPS ^{AMB} (media)	NPS ^{GHR} (media)	Efetividade da atenuação/EA			NL
						<80dB	81-85dB	>85dB	
Administrativa	3720	186	5,0	65db	74,6dB	100,0%	.	.	.
Manutenção	2392	260	10,8	88dB	84,4dB	98,0%	2%	.	.
Operacional	7176	702	9,8	92db	86,5dB	92,8%	6,6%	0,4%	3
Total	13.289	1.148	8,6	-	84,1dB	95,2%	4,5%	0,3%	-

n – número de trabalhadores; n^{AP} – número de trabalhadores com audiometria compatível a perda auditiva por NPSE (níveis de pressão sonora elevados); P – prevalência da perda auditiva; NPS^{AMB} - nível de pressão sonora (NPS) do ambiente de trabalho; NPS^{GHR} – NPS do grupo homogêneo de risco (GHR) pelo tempo de exposição para cada trabalhador; Efetividade da atenuação/EA – representa a exposição real, que corresponde ao NPS^{GHR} ajustado pelo NRR-sf (Nível de Redução de Ruído). O limite máximo de exposição ao ruído é considerado como 85dB por 8 horas diárias de trabalho e com fator de correção de 3dB levando em consideração o local específico de trabalho e as horas de exposição de cada profissional; NL – casos de perda auditiva com nexos ocupacional que corresponde as perdas auditivas compatíveis com níveis de pressão sonora elevados (NPSE) no ambiente de trabalho.

Como pode ser observado de forma completa na Tabela 1, o NPS no ambiente de trabalho varia de intensidade entre as diferentes áreas. Segundo a avaliação do meio ambiente de trabalho, a empresa conta com equipamentos adequados de proteção coletiva, como revestimentos acústicos das paredes e/ou teto, em áreas estratégicas, onde viável. As médias do NPS^{AMB} no Setor de manutenção e operacional supera os 85dB. Considerando-se a media dos NPS^{GHR} sem considerar o uso dos EPI, podemos observar que unicamente o Setor operacional apresenta valor de 86,5dB, o que ultrapassa discretamente o valor máximo estabelecido de 85dB para uma jornada de trabalho de 8h/dia. Finalmente a efetividade da atenuação conseguida pelo uso de EPI esta mostrada em três níveis: 95% dos trabalhadores a exposição ao NPS (reduzida pelo NRR-sf) foi de 80dB, 4,5% de 81-85dB e menos de 0,5% superou valores de 85dB, limite estabelecido pela legislação trabalhista. Esta última foi considerada para caracterização do nexo ocupacional.

As informações do questionário do SESMT mostram que a empresa fez treinamento e fiscalização no uso de tais equipamentos e existia sinalização adequada das áreas de risco. Para confirmar estas informações foram analisadas as respostas voluntárias dos trabalhadores com perda auditiva referentes às perguntas sobre uso dos EPI, treinamento adequado e percepção do risco de perda auditiva relacionada à NPSE.

Tabela 2: Respostas voluntárias dos trabalhadores com perda auditiva referentes às perguntas sobre uso dos EPI, treinamento adequado e percepção do risco de perda auditiva relacionada à NPSE

Respostas	N	%
Não usam EPI quando é necessário	38	2,8
Referiram áreas não sinalizadas quanto ao uso obrigatório do EPI	23	1,7
Não foi treinado para uso correto dos EPI	44	3,2
Não sabe usar corretamente o EPI auditivo	15	1,1
O uso do EPI não é obrigatório nas áreas	16	1,2
Ocorre falta de EPI na empresa	36	2,6
Já trabalharam sem EPI por falta de fornecimento da empresa	46	3,4
Seu EPI é substituído gratuitamente	14	1,0
Já trabalharam sem EPI na empresa atual	123	9,2
Já trabalhou sem EPI em outra empresa	91	6,8
Não assistiram palestras sobre perda auditiva*	117	8,7
Desconhecem os riscos do não uso dos EPI**	11	0,8

EPI – equipamento de proteção individual; * Educação do trabalhador quanto ao risco de perda auditiva; ** Percepção de saúde do trabalhador através do conhecimento quanto aos riscos inerentes ao trabalho em ambientes de barulho intenso.

Verificamos que todos os EPI fornecidos pela empresa e utilizados pelos empregados, possuíam certificados de aprovação. Pelo Ministério do Trabalho e Emprego e encontravam-se dimensionados corretamente ao risco NPS e duração da jornada de trabalho.

Quanto às informações referentes aos EPI (utilização, uso correto e treinamento), aproximadamente 3% dos trabalhadores com perda auditiva referem não usar, não serem treinados ou não receberem fornecimento adequado, enquanto 9,2% informou que já trabalhou sem EPI na empresa atual e 6,8% em outra empresa. Menos de 1% referiu desconhecer os riscos do não uso dos EPI.

O histórico do não uso do EPI, mencionado pelo trabalhador no questionário, foi correlacionado com o período de ocorrência e com a existência de mudanças compatíveis com exposição à NPSE observadas nos limiares auditivos próximos da data do acontecimento, verificando audiometrias anteriores. Não foi encontrada nenhuma relação entre a perda auditiva observada nos trabalhadores que mencionaram ter trabalhado alguma vez sem EPI e o período em que relataram a sua não utilização.

A tabela 3 apresenta a Razão de Prevalências para algumas categorias de variáveis que poderiam estar relacionadas à perda auditiva entre os trabalhadores

com ou sem exposição à NPSE de $\geq 85\text{dB}$ no ambiente (considerando o limite de 8 horas de trabalho).

Quanto à história ocupacional e história pessoal de saúde encontramos em algumas diferenças significativas entre ambos os grupos ($<0,05$). Destas a única variável que apresentou uma importante Razão de Prevalência foi o tempo de trabalho em anos (RP = 2,27). Quanto à história social, somente a frequência a locais com níveis sonoros elevados foi diferente entre ambos. A proporção de respostas positivas para fatores de risco auditivo da história social foi considerada importante.

Tabela 3: Distribuição das variáveis sociodemográficas, antecedentes ocupacionais e atividades sociais de risco auditivo nos trabalhadores com perda auditiva, segundo exposição à NPSE (sem ser considerada a atenuação do EPI pelo NRR-sf)

Variáveis selecionadas	Trabalhadores expostos a NPSE (n = 577)		Trabalhadores sem exposição à NPSE (n = 571)		RP (IC)	χ^2 Sig*
	n	%	N	%		
Faixa etária > 50 anos	299	51,8	299	52,4	0,99 (0.881-1.109)	P=0,86
Tempo de trabalho em anos >15 anos	532	92,2	431	75,5	2,27 (1.750-2.946)	P=0,00 *
Antecedentes de saúde DCNT's**	129	22,4	162	28,4	0,84 (0.734-0.979)	P=0,02 *
Medicamentos***	13	2,3	29	5,1	0,60 (0.384-0.979)	P=0,01 *
Infecções [‡]	340	58,9	398	69,7	0,79 (0.711-0.892)	P=0,00 *
Surdez na família	21	3,6	26	4,6	0,88 (0.640-1.222)	P=0,43
História social Ouvir musica mp3	61	10,6	78	13,7	0,86 (0.704-1.045)	P=0,12
Freq. em locais de som elevado ^{±±}	124	21,5	158	27,7	0,75 (0.654-0.869)	P=0,01 *
Pratica tiro ao alvo	5	0,9	10	1,8	0,66 (0.322-1.353)	P=0,20

RP – Razão de Prevalência e IC – Intervalo de Confiança; P valor utilizando-se o Teste qui-quadrado; DCNT's Doenças e agravos crônicos não transmissíveis como diabetes mellitus, hipertensão arterial, hipercolesterolemia e hipertrigliceridemia; **medicamentos ototóxicos sem considerar ácido acetilsalicílico; [‡]infecções sistêmicas com risco de perda auditiva; ^{±±}cultos religiosos, boates, show com som elevado.

6 DISCUSSÃO

Não existem dúvidas em relação ao NPSE ser um agente causal importante na perda auditiva nos ambientes de trabalho industrial (Stanbury, 2008; Tak, 2008). A prevalência de perda auditiva sugestiva de ser neurosensorial por exposição a NPSE neste estudo foi considerada elevada, entretanto só uma minoria pode ser relacionada ao ambiente de trabalho. As prevalências encontradas na literatura são extremamente variáveis tanto em estudos nacionais como internacionais devido à exposição, diversidade dos fatores de risco fora do ambiente de trabalho e as próprias características dos trabalhadores das populações estudadas (DIAS, CORDEIRO & GONÇALVES 2006; GONÇALVES & IGUTI, 2006; MARQUES & COSTA, 2006; PALMER et al., 2002; RIBEIRO & CÂMARA, 2006; RUBAK ET AL. 2006; STAMBURY, RAFFERTY & ROSENMAN 2008). No Brasil, além dos precários sistemas de informação e de fiscalização, tem-se ainda a questão da sub-notificação, fato que dificulta a determinação da magnitude do problema. Por outro lado, a maioria dos estudos desconsidera os mecanismos de proteção auditiva adotados, embora pesquisas mostrem uma associação entre perda auditiva induzida por ruído e a inadequada utilização de protetores auriculares (GUERRA et al., 2005).

A exceção de três casos, as avaliações individuais dos trabalhadores do nosso estudo não estavam relacionadas aos NPSE dos ambientes de trabalho, considerando nossos critérios para caracterização do nexo ocupacional. Para uma determinada perda auditiva estar relacionada ao desenvolvimento das atividades de trabalho é imprescindível para o estabelecimento da relação causa-efeito a demonstração da inadequação dos mecanismos utilizados para proteção auditiva. É importante saber que a probabilidade de ocorrência de uma perda auditiva não é distribuída homogeneamente entre diferentes trabalhadores executando diferentes tarefas em diferentes ocupações. Tarefas e ocupações diferenciam-se quanto ao grau e tempo efetivo de exposição ao NPSE, além da suscetibilidade individual. Suscetibilidade essa, muitas vezes atribuída como justificativa para a caracterização de perdas relacionadas ao trabalho, comodamente por alguns, muito mais por falta de uma investigação aprofundada caso a caso, do que por esse fator. Se verdadeiros os casos onde ocorreu, hipoteticamente, a perda auditiva sendo em decorrência de “hipersusceptibilidade” individual, deveríamos rasgar todas as tabelas

de limites de tolerância, qualquer que fosse o critério de dobra de tempo ($q=3$ ou $q=5$), e as certificações dos equipamentos de proteção individual, pois o número de “hipersusceptíveis” que só apresentam tal hipersuscetibilidade quando em idade adulta, após ingressarem no mercado de trabalho em ambientes com barulho, sem nunca terem manifestado tal condição durante os períodos anteriores a seus pactos laborais, somente seria viável se vivêssemos em um mundo plenamente silencioso, sem poluição sonora, fora dos ambientes de trabalho com barulho, o que ainda nos parece um sonho distante. Todas estas situações descritas dificultam a avaliação real do risco de perda auditiva e a sua definição como *nexo ocupacional*.

Por outro lado, ambientes de trabalho barulhentos podem conter outros riscos ocupacionais para perda auditiva que não foram contemplados na avaliação desse estudo, pelo fato de esses riscos não se mostrarem homogêneos na amostra estudada, mas que possuem relevância, como a vibração excessiva e substâncias tóxicas (ALVARENGA et al., 2003). Estudos vêm apontando para efeitos ototóxicos e neurotóxicos de vários produtos químicos, dentre eles, os álcoois (álcool butílico), os gases asfixiantes (monóxido de carbono e gás sulfídrico), os solventes orgânicos (tolueno, xileno, dissulfeto de carbono), o solvente organoclorado (tricloroetileno) e metais (arsênico, cádmio, chumbo, manganês e mercúrio) (MELLO & WAISSMANN 2004).

Mundialmente, a prevalência de perda auditiva neurosensorial considerada incapacitante por NPSE em adultos, relacionada aos ambientes de trabalho, é de 16% (NELSON, et al., 2005.).

Dados da Health and Nutrition Examination Pesquisa Nacional (NHANES), para determinar a prevalência de exposição ocupacional a partir de auto-relatório constatou que 22 milhões de trabalhadores (17% do levantamento ponderado pela população) relataram exposição ao ruído ocupacional perigosos, e entre estes, 34% relataram não uso de protetor auricular. Na amostra estudada neste trabalho, 3% dos trabalhadores com perda auditiva referiram não usar o EPI, 9,2% informaram já ter trabalhado sem a utilização de protetores na empresa atual e 6,8% não utilizaram quando trabalhavam em outra empresa. Um fator em nosso meio que pode contribuir para o não uso habitual de alguns trabalhadores talvez seja a afirmativa feita por alguns palestrantes se dirigindo a trabalhadores (como já tivemos a oportunidade de presenciar, debater e rebater), de que protetores auditivos de nada adiantariam, pois o som atingiria a orelha interna pela “via óssea”. Isso, no nosso

entender, só atesta o desconhecimento de princípios elementares da fisiologia da audição por parte de quem alega tal impropriedade.

O som advindo pela “Via Óssea” não é amplificado pelo sistema tímpano-ossicular, e, portanto, deixa de possuir o incremento de aproximadamente 40dB conferido por todo o sistema (pavilhão auricular + membrana timpânica + cadeia ossicular).

O som que chega por “Via Óssea” é, portanto, algo próximo a 40dB menos intenso que o som transmitido pela chamada “Via Aérea”. Por esta razão a transmissão óssea é incapaz de causar lesão auditiva. Nos ambientes onde o uso de protetores auriculares está corretamente dimensionado e utilizado de forma correta por seus usuários, a lesão auditiva por NPSE é praticamente impossível, pelo menos pelo som transmitido pelo ar. Se o crânio estiver em contato direto com a Fonte emissora isso é possível, pela transmissão de energia diretamente à caixa craniana, e por conseguinte, à orelha interna, que nela está contida. Por estas entre outras razões, as autoridades certificadoras de EPIs auditivos os certificam como seguros. Quando usados de modo adequado, pode ser considerada uma leviandade se dizer que protetores auditivos não protegem, denotando falta de conhecimento sobre a matéria, por parte de quem faz tal afirmação.

As ondas sonoras para atingirem a orelha humano, necessitam de um meio de propagação. O som se propaga melhor nos sólidos, depois nos líquidos e, da pior forma possível, nos gases. Isso acontece dessa forma porque quanto mais próximas estiverem as moléculas que compõem o meio de transmissão, mais fácil é a transmissão de energia e vice-versa.

A transmissão de um som pelo ar é pouco eficiente, e, somente graças ao sistema de amplificação constituído pela cadeia ossicular é que nos é possível escutar bem os sons cotidianos. O sistema pavilhão-conduto-tímpano-ossículos é fruto de nossa evolução como espécie, ao passarmos do meio líquido para a vida terrestre. Houve necessidade de adaptação com o surgimento da membrana timpânica, da orelha média e da cadeia ossicular⁶, que através de um sistema de alavancas, amplifica a tênue vibração da membrana timpânica, aumentando a

⁶Nota do Autor.: A os anfíbios não possuem orelha média nem cadeia ossicular sendo a transmissão feita através de membrana diretamente ao que seria a nossa orelha interna

energia transmitida à janela oval da orelha interna, que possui uma área, como já dito, aproximadamente 20 vezes menor que a do tímpano.

A remoção da cadeia ossicular implica, em última análise, em uma redução do volume de um determinado som em até 40 – 45dB, pela neutralização do sistema amplificador. É nesse fato que está a base do princípio que norteia o uso de protetores auditivos: A redução da amplificação proporcionada pelas orelhas externa e média. Daí o uso de fones abafadores, “plugs”, tampões, etc. Tudo visando o não contato, ou pelo menos a redução significativa desse contato, através da imposição de obstáculos e absorventes da energia com o sistema de amplificação natural.

Considerando-se a via óssea na propagação de um som intenso pelo ar, a energia se dissipa, não tendo o benefício da amplificação proporcionada pelo tímpano e ossículos, ficando um som com seu volume significativamente mais baixo, algo em torno de 35 a 40dB menos intenso do que seria percebido pela via aérea. Daí considerarmos um equívoco conceitual grave a alegação de que protetores auditivos não protegem, porque a via óssea ficaria exposta ao barulho. Fisiologicamente um som propagado pelo ar diretamente ao osso temporal para ser capaz de lesionar a cóclea teria, necessariamente, que possuir uma energia (nível de pressão sonora) no mínimo 35 a 40 dB maior que a passível de causar lesão por via aérea desprotegida. Só assim conseguiria ultrapassar a neutralização do efeito amplificador da cadeia ossicular proporcionado com o uso do EPI adequadamente utilizado.

Considerando-se um som de 90dB chegando a uma orelha sem cadeia ossicular, a sua percepção seria equivalente a de um som equivalente a 55dB ($90-35=55$) ou 50dB ($90-40=50$).

No sentido inverso, para um som ser percebido com equivalência energética a 90 dB, em uma orelha sem cadeia ossicular (ou com um protetor auditivo próximo do ideal), seria necessário que possuísse um nível de pressão sonora que equivaleria, para uma orelha normal, a 125 ou 130dB ($90+35$ dB ou $90+40$ dB)⁷.

⁷A NORMA REGULAMENTADORA DO MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO DE NÚMERO 15 (NR15) estabelece em seu anexo 1, item 7, que as atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente. Nesses níveis (maiores que 115 dB, para sons contínuos ou intermitentes) é que existe a possibilidade de agressão por meio da energia sonora que pode chegar às orelhas internas pela chamada via óssea, como explicado.

Ou seja, salvo se alguém deliberadamente encostar seu crânio numa Fonte emissora vibrante proporcionando uma transmissão direta de meio sólido a meio sólido, com nível de pressão sonora maior que 85dB, e permaneça nessa condição por tempo superior aos limites de tolerância de tempo estabelecidos para o nível de pressão sonora transmitido, a possibilidade de lesão por “via óssea” de um som através do ar é fisicamente impossível em ambientes onde o nível de pressão sonora ocorra, de modo contínuo ou intermitente, resultando em dosimetrias com níveis menores que 115dB, e, por isso, incapazes de lesionar o sistema auditivo na maioria dos ambientes de trabalho.

Na população por nós estudada encontramos uma prevalência de perda auditiva audiométrica compatível com NPSE de 8,6% no grupo total de trabalhadores da indústria petrolífera, o que se mostrou semelhante com as estimativas da incidência das doenças auditivas consideradas ocupacionais, que variam de 7% em países desenvolvidos e até 21% nas regiões em desenvolvimento (TAK, S; DAVIS, R.R; CALVERT, G.M. 2009). Quando foi feita a estratificação por setores, a prevalência encontrada por nós foi maior na manutenção (n=260; 10,8%) e os setores operacionais (n=702; 9,8%) do que no setor administrativo (n=186; 5,0%). Mas nossos dados não puderam ser comparados com o de outros autores porque a análise de indivíduos expostos a NPSE foi por eles avaliada de forma global. Embora acreditemos que a agrupação geral em três funções possa diminuir a sensibilidade das nossas análises, já que podem existir peculiaridades internas diferentes em cada grupo, considerando que são mais de 50 atividades específicas, acreditamos que, para os fins aqui propostos, elas permitiram definir um perfil geral em relação à convivência nas áreas de risco auditivo a saber: i) O pessoal administrativo que em raras situações frequenta as áreas de risco e quando acontece, ocorre em um tempo curto, ii) O pessoal de manutenção que transita temporariamente nas áreas de risco, embora acrescente níveis gerados pela própria atividade (Soldadores, Caldeireiros, Mecânicos, etc.) e iii) O pessoal *operacional* que trabalha diretamente e constantemente nas áreas com NPSE (Operadores de maquinarias e equipamentos), considerado o grupo com maior risco de exposição para perda auditiva.

Atribuímos nossos resultados, após estratificação, às peculiaridades de cada setor oferecendo menor ou maior risco à NPSE.

Não foram detectadas irregularidades em relação à fiscalização, qualidade e fornecimento dos EPI, além do treinamento por parte da empresa. Esta informação foi confirmada pelos próprios trabalhadores, com um percentual pequeno que refere não usar, não ser treinado ou receber fornecimento adequado. A diferença proporcional da resposta nas perguntas “Já trabalharam sem EPI na empresa atual?” com “Ocorre falta de EPI na empresa?” e “Já trabalharam sem EPI por falta de fornecimento da empresa?”, induz a pensar que, caso fossem verdadeiras a responsabilidade do não uso do EPI, esta recairia no próprio trabalhador, e não na empresa. Isto é corroborado pelo fato de que um pequeno número dos trabalhadores respondeu que desconhece os riscos do não uso dos EPI. De forma geral, existe consistência entre os dados da empresa e as informações do trabalhador. As análises retrospectivas dos históricos audiométricos confirmam estas informações e descartam a possibilidade da existência de mudanças compatíveis com exposição à NPSE observadas nos limiares auditivos próximos da data do acontecimento. Podemos afirmar que existe um elevado nível de percepção do risco para perda auditiva relacionado à NPSE no ambiente de trabalho. Esses dados não podem ser comparados com o de outros autores pois os mesmos não foram investigados em outras populações como fez o presente estudo.

O fato de termos encontrado diferenças significativas quanto à história ocupacional e história de saúde, mostra que a população de trabalhadores não é homogênea quanto aos possíveis riscos. Chama nossa atenção uma proporção importante de respostas positivas quanto aos riscos de perda auditiva nas atividades sociais, especialmente no que se refere ao hábito de frequentar locais de som elevado, de modo significativamente maior, nos indivíduos sem exposição a NPSE no trabalho. Esta variável inclui cultos religiosos barulhentos, boates e shows com música eletronicamente amplificada. Entretanto estas variáveis não foram construídas para terem uma avaliação qualitativa de percepção do risco, mas, simplesmente, como de exposição a um determinado fator. Por ex. “*Costuma frequentar roda de samba/pagode?*” É presumível que tais atividades não sejam reconhecidas como de risco para perda auditiva. Talvez a elevada percepção do risco auditivo na empresa, conviva com ausência de percepção dos riscos nos ambientes sociais. As pessoas em geral e nessas incluídos os trabalhadores, quando em atividades de lazer, cultos religiosos, etc. não costumam estar atentos para o risco barulho, pois de um modo geral, o risco NPSE só é reconhecido e tem

seus efeitos deletéreos prevenidos, ou mesmo neutralizados, nos ambientes de trabalho onde são passíveis de gerar multas e indenizações. Via de regra, fora do ambiente de trabalho, não se costuma ter a quem responsabilizar pelos problemas deveriam acompanhar investigações epidemiológicas, para entender melhor comportamentos de risco, representações sociais e percepções da doença. Estudos qualitativos futuros deveriam acompanhar investigações epidemiológicas, para entender melhor comportamentos de risco, representações sociais e percepções da doença (BARATA, 2005; RANGEL, 1993). Existem numerosos equívocos cometidos ao serem desconsiderados fatores como o nível educacional, o lazer, o fumo, levando a uma superestimativa do efeito da exposição ocupacional ao “ruído” como fator determinante de Perdas Auditivas (AGRAWAL, NIPARKO & DOBIERA 2010; AGRAWAL, PLATZ NIPARKO, 2009; ROYSTER, DRISCOLL et al. 1980), além várias várias doenças que podem apresentar perfis audiométricos semelhantes aos das perdas atribuídas a NPSE (SATALOFF, 1980), quando esses perfis são levados em conta isoladamente em relação a presença do risco NPSE no ambiente de trabalho.

Com isto, todas as perdas que eventualmente são observadas ao longo de um pacto laboral, acabam sendo atribuídas ao ambiente de trabalho, por melhor que sejam os mecanismos de proteção e prevenção, nos locais onde o barulho está presente.

A prevalência da perda auditiva por exposição à NPSE pode ainda ser considerada elevada em nosso estudo, entretanto uma pequena proporção foi considerada como passível de ser atribuído um *nexo ocupacional*, seguindo os critérios da legislação brasileira vigente. O anexo B estabelece um fluxograma para a análise da possibilidade do nexo ocupacional ou mesmo a sua exclusão, diante de uma perda auditiva com características de possível exposição a NPSE. Não detectamos irregularidades em relação à fiscalização do uso, qualidade e fornecimento dos EPI, nem falta de treinamento dos trabalhadores por parte da empresa. Podemos afirmar que por causa disto, existe um elevado nível de percepção do risco para perda auditiva no ambiente de trabalho. Encontrou-se, por outro lado, uma importante proporção de respostas positivas, quanto aos riscos de perda auditiva nas atividades sociais, especialmente no que se refere ao hábito de frequentar locais de som elevado. Aprofundando nossa crítica em relação à perda auditiva, a investigação da perda auditiva no trabalhador impõe uma série de

desafios, não só na identificação e discriminação das Fontes sonoras nos ambientes de trabalho e mecanismos utilizados para proteção auditiva, mas fundamentalmente na avaliação dos riscos externos os quais têm sido negligenciados, dando causa a atribuição de nexos ocupacionais em casos onde a proteção efetiva atende ao disposto na legislação e na literatura, ocorrendo inclusive a neutralização do risco. Enfatizamos a necessidade de se desenvolverem novas estratégias de investigação para perda auditiva nos trabalhadores, a fim de avaliar melhor os riscos dentro e fora do ambiente de trabalho, para que possam orientar programas de Prevenção e Conservação Auditiva de maneira eficaz e contínua. O anexo C apresenta esquematicamente a evolução típica de uma perda auditiva por NPSE. Quanto melhor compreendida a sua evolução, mais evidente fica a necessidade de uma investigação criteriosa dos possíveis fatores determinantes no caso de suspeita de um nexo com a atividade de trabalho. Não se deve utilizar para o estabelecimento do nexo ocupacional somente as alterações audiométricas sugestivas de perda por NPSE e a simples presença do risco barulho no ambiente de trabalho, conforme demonstrado nesse estudo. Diversas podem ser as causas determinantes dos entalhes audiométricos em 4000Hz e próximos a essa frequência, como demonstrou Sataloff em 1980, não sendo esta alteração fator patognomônico de perda auditiva adquirida no ambiente de trabalho. Este fato, quando desconsiderado, pode induzir a graves equívocos na atribuição do nexo de perdas auditivas com o trabalho, resultando em autuações equivocadas, multas indevidas, sobrecarga do judiciário com a propositura de ações que tomam por base a possibilidade de doença auditivas relacionada ao trabalho baseadas em premissas sem fundamento, gerando grandes prejuízos, com danos diretos e indiretos, tanto para trabalhadores como para empregadores.

7 CONCLUSÕES

A prevalência de perdas auditivas compatíveis audiometricamente com Nível de Pressão Sonora Elevados (NPSE) nos trabalhadores da área de negócios do ramo petroquímico por nós estudada foi de 8,6%, compatível com a literatura.

As perdas auditivas nos diferentes setores mostrou que a área Operacional e de Manutenção apresentaram as maiores prevalências em relação a área Administrativa.

Correlacionando estas perdas auditivas com a atividade ocupacional tomando por base critérios logicamente hierarquizados, coerentes com a literatura científica e a legislação brasileira encontramos, menos de 1% atribuíveis ao trabalho.

A percepção do Risco NPSE nos trabalhadores estudados da indústria de transformação do petróleo, foi elevada.

Não encontramos evidências estatísticas claras de fatores de risco extra laborais associados com perda auditiva dentro dos fatores estudados.

Ao se investigar a história familiar de surdez, não foi encontrada nenhuma relação estatisticamente significativa.

A perda auditiva por NPSE foi significativamente associada ao maior intervalo de tempo de trabalho (mais do que 15 anos).

Alguns fatores se mostraram distribuídos de modo estatisticamente significativo entre os trabalhadores sem exposição e os trabalhadores expostos a NPSE tais como doenças crônicas, uso de medicamentos, infecções e a frequência a ambientes barulhentos, que merecem ser estudados com maior profundidade.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, Y; NIPARKO, J.K; DOBIERA, R.A. Estimating the effect of occupational noise exposure on hearing thresholds: The importance of adjusting for confounding variables. *Ear Hear.*[S.I], v.31, n. 2, p. 234-7, 2010.

AGRAWAL, Y; PLATZ, E.A; NIPARKO, J.K. Risk factors for hearing loss in US adults: Data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 to 2002. *Otol. Neurotol.* [S.I], v. 30, p. 139-45, 2009.

ALBERTI, P.W. Noise, the most ubiquitous pollutant. *Noise Health.* [S.I], v. 1, p. 3-5, 1998.

ALVARENGA, K.F; JACOB, L.C.B; MARTINS, C.H.F; COSTA, A.O; COUBE, C.Z.V; MARQUES, J.M. Distortion product otoacoustic emissions in workers exposed to lead & noise. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* [S.I], v. 69, n. 5, p. 681-9, 2003.

BARATA, R.B. Epidemiologia social. *Rev. Bras. Epidemiol.* [S.I], v. 8, n. 1, p. 7-17, 2005.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança do Trabalho. Portaria 3214 de 8 de junho de 1978. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 1978.

BROWNELL, W.E. How the Ear Works – Nature's Solutions For Listening. *Volta Review* . [S.I], v. 99, p. 9-28, 1999.

CALDAS, N.S; MELO, JR; GARCIA MARTINS, R.H; COSTA, S.S. Tratado de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico Facial. 2.ed. São Paulo: Roca, 2011. v. 2.

CORDEIRO, R; CLEMENTE, A.P.G; DINIZ, C.S; DONALISIO, M.R; DIAS, A. Exposição ao ruído ocupacional como fator de risco para acidentes de trabalho. *Rev. Saúde Pública.* [S.I], v. 39, n. 3, p. 461-6, 2005.

DIAS, A; CORDEIRO, R. Attributable fraction of work accidents related to occupational noise exposure in a Southeastern city of Brazil. *Cad. Saúde Pública.* [S.I], v. 23, n. 7, p.1649-55, 2007.

DIAS, A; CORDEIRO, R; GONÇALVES, C.G.O. Exposição ocupacional ao ruído e acidentes do trabalho. *Cad. Saúde Pública.* [S.I], v. 22, n. 10, p.2125-30, 2006.

DURRAND, J.D.; LOVRINIC, J.H. Bases of hearing science. 3^d ed. United States of America: Williams & Wilkens, 1995.

GONÇALVES, C.G.O; IGUTI, A.M. Análise de programas de preservação da audição em quatro indústrias metalúrgicas de Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Cad. Saúde Pública*. [S.l.], v. 22, n. 3, p. 609-18, 2006.

GUERRA, M.R; LOURENÇO, P.M.C; BUSTAMANTE-TEIXEIRA, M.T; ALVES, M.J.M. Prevalência de perda auditiva induzida por ruído em empresa metalúrgica. *Rev. Saúde Pública*. [S.l.], v. 39, n. 2, p. 238-44, 2005.

LEE'S, K.J. Essential Otorrinolaryngology Head & Neck Surgery. 10 ed. United States of America: Mc Graw Hill, 2012.

MARQUES, F.P; COSTA, E.A. Exposure to occupational noise: otoacoustic emissions test alterations. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.* [S.l.], v. 72, n. 3, p. 362-6, 2006.

MELAMED, S; LUZ, J; GREEN, M.S. Noise exposure, noise annoyance and their relation to psychological distress, accident and sickness absence among blue-collar workers – the Cordis Study. *Isr. J. Med. Sci.* [S.l.], v. 28, p. 629-35, 1992.

MELLO, A.P; WAISMANN, W. Exposição Ocupacional ao ruído e Químicos Industriais e seus efeitos no Sistema Auditivo: Revisão da Literatura. *Arq. Inter. Otorrinolaringol.* [S.l.], v. 8, n. 3, p. 226-34, 2004.

MUNHOZ, S.L; CAOVILO, H.H; SILVA, M.L.G; GANANÇA, M.M. Audiologia Clínica. São Paulo: Atheneu, 2003.

NELSON, D. I., NELSON, R.Y., CONCHA-BARRIENTOS, M., & FINGERHUT, M. 2005 The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine*, 48(6), 446-458, 2005.

NUDELMANN, A.A; COSTA, E.A; SELIGMAN, J; IBAÑEZ, R.N. Perda auditiva induzida pelo ruído. Porto Alegre: Bagagem Comunicação, 1997. p. 291-7.

OSHA. Occupational noise exposure; proposed requirements and procedures. *Occupational Safety and Health Administration. Fed. Reg.* [S.l.], v. 39, n. 207, p. 37774-8, 1974.

PALMER, K.T; GRIFFIN, M.J; SYDDALL, H.E; ET AL. Occupational exposure to noise and the attributable burden of hearing difficulties in Great Britain. *Occup. Environ. Med.* [S.I], v. 59, p. 634-39, 2002.

RABINOWITZ, P.M; GALUSHA, D; SLADE, M.D; ET AL. Audiogram notches in noise-exposed workers. *Ear Hear.* [S.I], v. 27, p. 742-50, 2006.

RANGEL, M.L. Saúde do trabalhador: identidade dos sujeitos e representações dos riscos a saúde na indústria petroquímica. *Cad. Saúde Pública.* [S.I], v. 9, n. 3, p. 333-48, 1993.

RIBEIRO, A.M.D; CÂMARA, V.M. Hearing loss by continuous exposure to high sound pressure among maintenance workers at a Brazilian Air Force helicopters unit. *Cad. Saúde Pública.* [S.I], v. 22, n. 6, p. 1217-24, 2006.

ROYSTER, L.H; DRISCOLL, D.P; THOMAS, W.G. Age effect hearing levels for a black nonindustrial noise exposed population (NINEP). *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* [S.I], v. 41, p. 113–19, 1980.

RUBAK, T; KOCK, S.A; KOEFOED-NIELSEN, B; BONDE J. P; KOLSTAD, H.A. The risk of noise-induced hearing loss in the Danish workforce. *Noise Health.* [S.I], n. 8, p. 80-87, 2006.

SATALOFF, RT. The 4000-Hz. audiometric dip. *Ear Nose Throat J*; n. 59(6):p.251–7, 1980

SMITH, G.S; WELLMAN, H.M; SOROCK, G.S; WARNER, M; COURTNEY, T.K; PRANSKY, G.S; ET AL. Injuries at work in the US adult population: contributions to the total injury burden. *Am. J. Public Health.* [S.I], n. 95, p. 1213-9, 2005.

SOUSA, L.C.A; PIZA, M.R.T; ALVARENGA, K.F; CÓSER, P.L. Eletrofisiologia da Audição e Emissões Otoacústicas. São Paulo: Novo Conceito, 2008.

SPOENDLIN, H. The organization for the cochlear receptor. *Biblio. Otorhinolaryngol.* [S.I], n. 13, p. 1-227, 1966.

STANBURY, M; RAFFERTY, A.P; ROSENMAN, K. Prevalence of hearing loss and work-related noise-induced hearing loss in Michigan. *J. Occup. Environ. Med.* [S.I], n. 50, p. 72-79, 2008.

TAK, S; CALVERT, G.M. Hearing difficulty attributable to employment by industry & occupation: an analysis of the National Health Interview Surveyd United States, 1997 to 2003. *J. Occup. Environ. Med.* [S.I], v. 50, p. 46-56, 2008.

TAK, S; DAVIS, R.R; CALVERT, G.M. Exposure to hazardous workplace noise and use of hearing protection devices among US workers NHANES, 1999 e 2004. *Am. J. Ind. Med.* [S.I], n. 52, p. 358-71, 2009.

WHITLON, D.S. Cochlear development: hair cells don their wigs and get wired. *Curr. Opin. Otolaryngol. Head Neck Surg.* [S.I], n. 12, p. 449-54, 2004.

APÊNDICE A - CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DOS TRABALHADORES

ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS - não estavam associadas diretamente à exposição do NPSE. Elas abrangem à preparação de dados, documentos (relatórios, textos, contratos, etc), atividades financeiras e contábeis e estavam adaptadas ao nível dos 65dB para conforto acústico, ou seja, não representam risco para perda auditiva por NPSE. Da mesma forma nos NPS^{GHR} dos seus trabalhadores. Por isso, ela representou a maior parte dos trabalhadores sem exposição (*sem risco*) a NPSE.

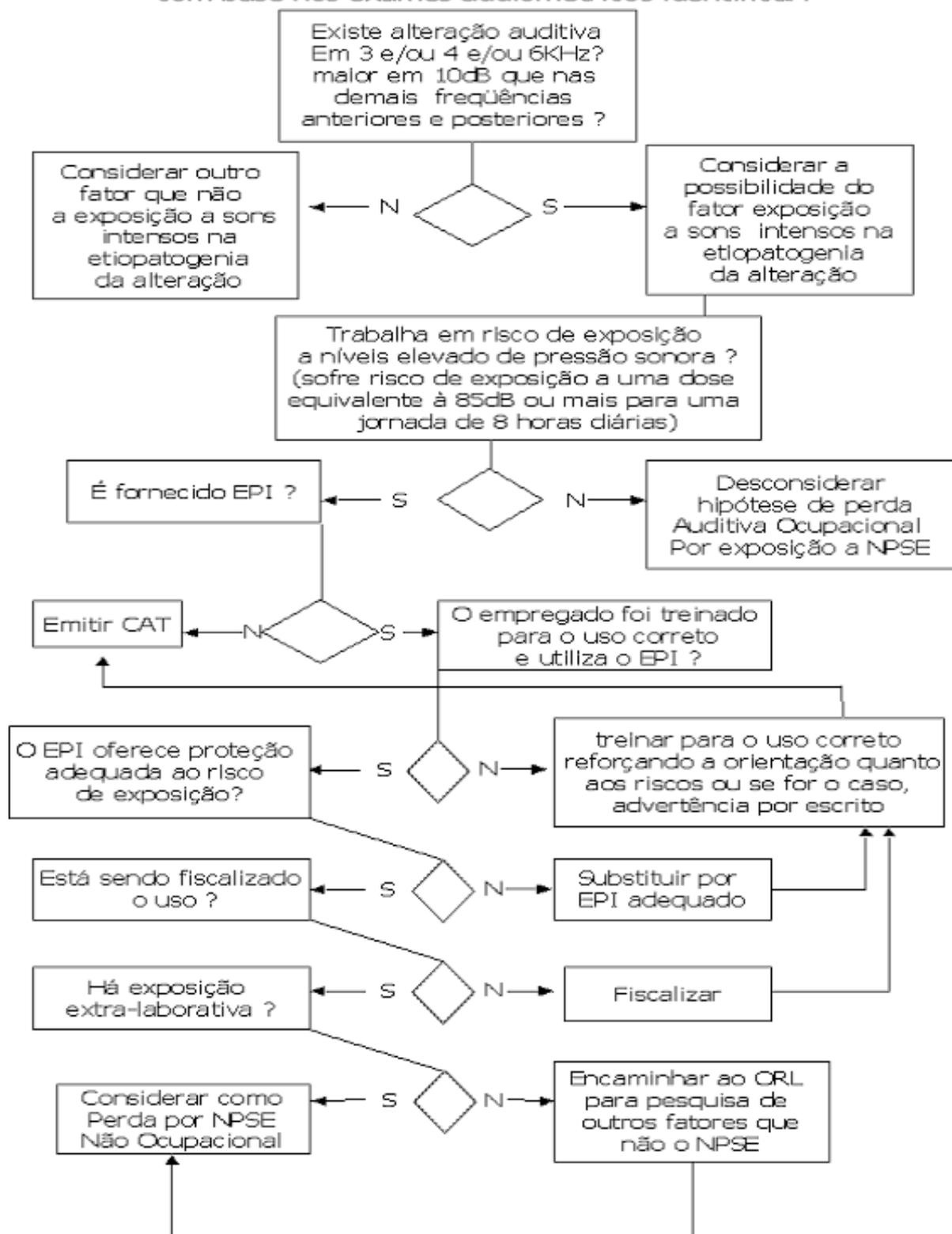
ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO - trabalham nas unidades ficando sujeitos aos níveis de ruído presentes na Unidade Operacional somado aos níveis gerados pela própria atividade que executa, como por exemplo, atividades com máquina de elevação de carga, com níveis de ruído na faixa de 88dB ou atividades de caldeiraria com níveis na faixa de 92dB. Dentre as principais atividades de manutenção estariam às tarefas de manutenção corretiva, preventiva nas instalações e equipamentos industriais, empregando conhecimentos técnicos e operacionais específicos e complementares, de acordo com as instruções técnicas, desenhos, normas e legislação pertinentes; a preservação e reparo de materiais, equipamentos, ferramentas e dispositivos de manutenção, dentro de sua área de especialização. Entretanto, há que se levar em conta o fato de que quando uma máquina entra em fase de manutenção, esta se dá com ela desligada. Sua entrada em funcionamento somente se dá quando se realizam testes, o que acaba, de fato, sendo um fator de redução do tempo de exposição, ao contrário alguns imaginam, ao considerar o trabalho em manutenção uma atividade de alto risco auditivo. Exceção se faz às situações onde o equipamento sofre manutenção no próprio local onde se dá a produção, com outras máquinas ligadas, que não aquela objeto da manutenção. Por outro lado, com frequência, na indústria petrolífera são programadas paradas de áreas inteiras de produção para que a manutenção ocorra preventivamente, reduzindo-se com isso o nível de barulho nesses locais.

ATIVIDADES OPERACIONAIS - são exercidas onde estão às principais Fontes de barulho e são realizadas durante toda a jornada completa de trabalho. O nível de pressão sonora vai depender do setor, da função e dos equipamentos nas Unidades Operacionais. Por exemplo, em setores responsáveis em fazer o

bombeamento do produto (em estado fluído) na Unidade Operacional, o nível de ruído das bombas elétricas e a vapor está relacionado diretamente a potência e capacidade dessas bombas. O sistema de ventilação do motor é a maior Fonte sonora de uma bomba. Quanto maior a capacidade da bomba maior o nível de ruído gerado, variando entre 80 a 110dB, estando à maioria na faixa dos 92dB. Por outro lado, existem situações em que o ruído gerado pela própria bomba pode ser incrementado por algum outro fator como o deslocamento dos fluidos nas tubulações ou o vazamento de vapor que pode alcançar uma exposição média na faixa dos 95dB. Outros equipamentos são os compressores e geradores. Os compressores são equipamentos responsáveis em comprimir fluidos gasosos, visando o seu deslocamento ou utilização no processo produtivo. Os geradores são equipamentos utilizados para gerar energia elétrica. Os níveis de ruído nestes equipamentos estão na faixa de 90 a 110dB, estando à maioria deles na faixa dos 95dB.

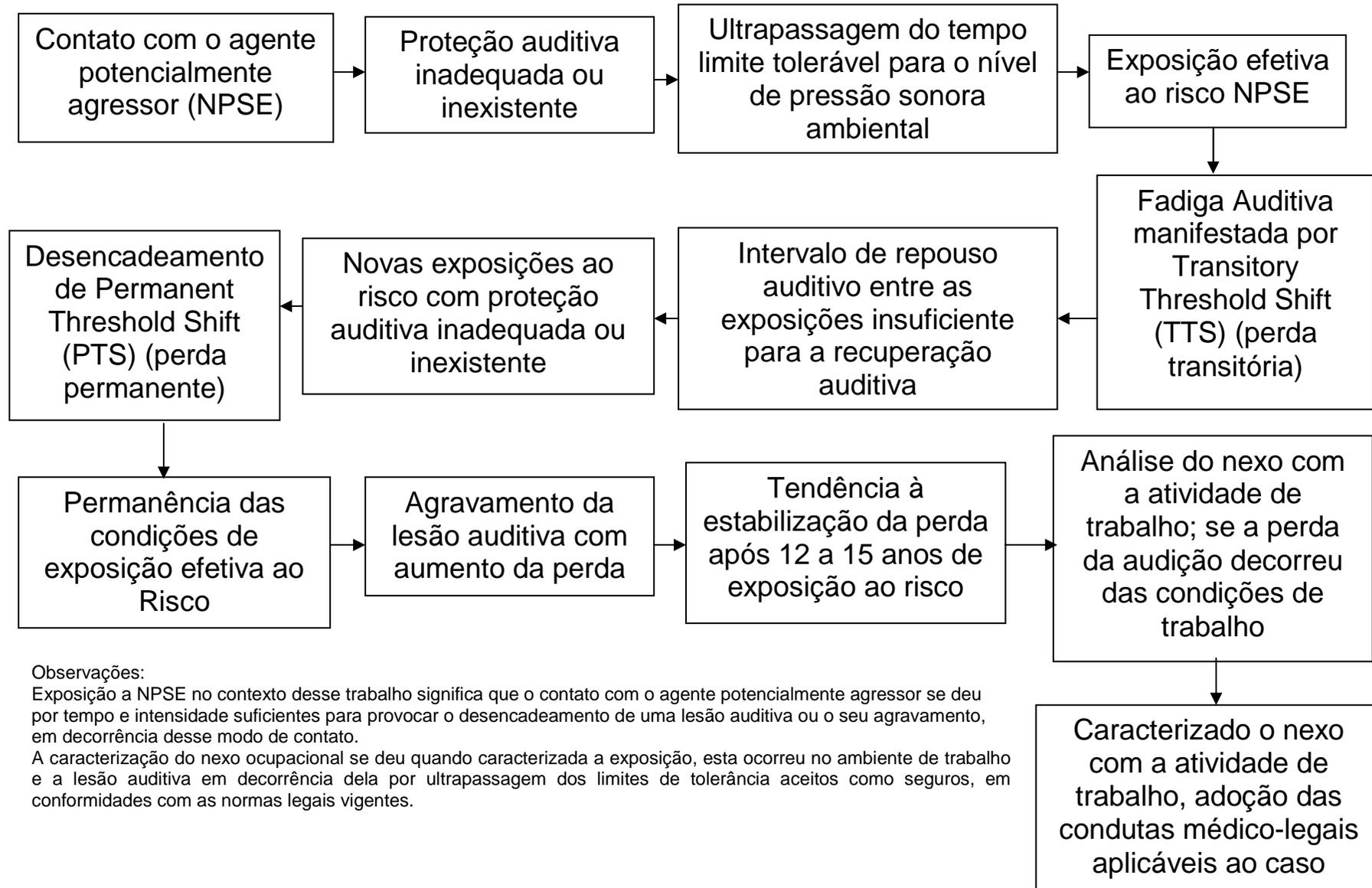
APÊNDICE B - FLUXOGRAMA PARA CARACTERIZAÇÃO DO NEXO OCUPACIONAL

Após a anamnese e o exame físico o médico deverá com base nos exames audiométricos identificar:



APÊNDICE C - EVOLUÇÃO DE UMA PERDA AUDITIVA POR EXPOSIÇÃO AO RISCO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA ELEVADO (NPSE)

(por Jorge Leite)



Observações:

Exposição a NPSE no contexto desse trabalho significa que o contato com o agente potencialmente agressor se deu por tempo e intensidade suficientes para provocar o desencadeamento de uma lesão auditiva ou o seu agravamento, em decorrência desse modo de contato.

A caracterização do nexos ocupacional se deu quando caracterizada a exposição, esta ocorreu no ambiente de trabalho e a lesão auditiva em decorrência dela por ultrapassagem dos limites de tolerância aceitos como seguros, em conformidades com as normas legais vigentes.

APÊNDICE D – ARTIGO SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO



jorge leite <jorgemilck@gmail.com>

AJPM - Submission Confirmation

American Journal of Preventive Medicine <ajpm@umich.edu>

30 de janeiro de 2015 15:43

Para: jorge.leite@unirio.br, jorgeleite@otologica.com.br

Dear Prof. Leite:

Thank you for submitting your manuscript, "Hearing loss in the Brazilian petrochemical industry: labor nexus and hearing protection.," to the American Journal of Preventive Medicine. You will be notified via a separate email of the number assigned to your manuscript.

New author guidelines are now in effect. Most notably we are discontinuing the "special" article category for regular issues. (We will continue to accept such articles only in theme and supplement issues.) We are also following JAMA standards and limiting research and review submissions to a total of 4 tables/figures including reporting diagrams.

The editors first review each manuscript for appropriateness to the Journal. Based upon this review, approximately 50% of all submissions are sent on for external review. We typically make our decision about this within about 7-10 business days of receipt of your paper and notify you via e-mail shortly thereafter.

If you have any questions, please contact our editorial office. Thank you for your support of AJPM through your manuscript submission.

Matthew Redding
Editorial Assistant

American Journal of Preventive Medicine
University of Michigan
1415 Washington Heights
Ann Arbor, MI 48109-2029
Tel: [734-936-1591](tel:734-936-1591)
Fax: [734-936-1615](tel:734-936-1615)
Email: ajpm@umich.edu

Manuscript Number:

Title: Hearing loss in the Brazilian petrochemical industry: labor nexus and hearing protection.

Article Type: Research Manuscript

Corresponding Author: Prof. Jorge da Cunha Barbosa Leite Leite, PhD

Corresponding Author's Institution: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

First Author: Jorge da Cunha Barbosa Leite Leite, PhD

Order of Authors: Jorge da Cunha Barbosa Leite Leite, PhD; Sandro J Pacheco, Md, PhD; Hugo F Barbosa-Leite, Md, MSc; Maria H Araújo-Melo, Md, PhD

Abstract: Background: Over 600 million workers worldwide are exposed to high sound pressure levels (HSPLs).

Purpose: Establish labor nexus in individuals at risk for hearing loss regarding the efficacy of hearing protection.

Methods: An investigation of hearing performed from medical records with respect to 13,289 Brazilian individuals, between 20 and 60y/o, working in locations with HSPLs. Registers of 1,148 employees with hearing loss were selected. The variables were analyzed according to the work environmental and associated with others non-labor risks.

Results: The prevalence of losses by HSPLs was 8.6%. In maintenance and operation sectors was higher than that in the administrative. Considering hearing protection, the labor nexus was less than 1% (operation). The age over 50y/o was not important, but there was an association between working time greater than 15 years (92.2% versus 75.5%) and hearing loss. Other risks for hearing were observed significantly more prevalent in workers not at risk of hearing loss caused by HSPL: hypertension, type II diabetes, and hypercholesterolemia (22.4% versus 28.4%); using or had used ototoxic drugs (2.3% versus 5.1%) and history of systemic infections (58.9% versus 69.7%), all p-values<0.05.

Conclusions: Our results suggest that hearing loss is associated with the risk of occupational exposure time and to co-morbidity risk factors. It appears to be the result of multiple factors beyond HSPL exposure. Although even more frequent among specific sectors, the hearing loss presented a low frequency. These results possibly reveal that protector tools are more effective with a commitment to self-protection among the workers.

Keywords: hearing loss, sensorineural hearing loss, occupational deafness, occupational noise, occupational health

Cover Letter

The manuscript "Hearing loss caused by loud sounds in the Brazilian petrochemical industry: Identifying risk factors and the labor nexus considering the use of hearing protection", has been submitted solely to AJPM and that it has not been previously published, either in whole or in part, nor have the findings been posted online.

The corresponding author, Soniza V Alves-Leon,(sonizavleon@globo.com) confirms full access to all aspects of the research and writing process, taking final responsibility for the paper.

1 Hearing loss caused by loud sounds in the Brazilian petrochemical industry: Identifying risk
2 factors and the labor nexus considering the use of hearing protection.

3

4 Jorge da C. Barbosa-Leite, MD¹, MSc, Sandro J. B. Pacheco, MD, PhD², Hugo F. Barbosa-Leite,
5 MS³, Maria H. de Araujo-Melo, MD, PhD⁴, and Soniza V. Alves-Leon, MD, PhD⁵

6

7 ¹Associate Professor, responsible for the Otorhinolaryngology course - ENT and Labor.

8 University Hospital Gaffrée and Guinle - Federal University of the State of Rio de Janeiro
9 (Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO) Rio de Janeiro, Brazil.

10 ²Epidemiologist. Research Institute Evandro Chagas – FIOCRUZ, Rio de Janeiro, Brazil.

11 ³Assistant Professor of Otorhinolaryngology - ENT and Labor. University Hospital Gaffrée and
12 Guinle - Federal University of the State of Rio de Janeiro – UNIRIO, Rio de Janeiro, Brazil.

13 ⁴Associate Professor, Chief of Otorhinolaryngology Clinical Service, University Hospital
14 Gaffrée and Guinle - ENT and Labor Federal University of the State of Rio de Janeiro –
15 UNIRIO, Rio de Janeiro, Brazil.

16 ⁵Associate Professor, Chief of Neurology Post Graduate Program Clinical Service, University
17 Hospital Gaffrée and Guinle, Neurologist, Federal University of the State of Rio de Janeiro –
18 UNIRIO, Rio de Janeiro, Brazil.

19

20 **Corresponding author:** Soniza V.A. Leon, PhD - Hospital Universitário Gaffrée
21 e Guinle. Programa de Pós Graduação em Neurologia. Rua Mariz e Barros 775 Tijuca. Rio de
22 Janeiro – RJ Brazil. CEP 20270-004; Tel/Fax +55 21 2264-2123; Telephone +55 21 98204-
23 7777; E-mail: sonizavleon@globo.com

24 **Total word count:** 2981

25 Number of pages: 27

26 Number of tables: 3

27 Number of figures: 1

28

29 Conflict of interest statement: The authors of this paper report no conflicts of interest.

30 Financial disclosure: The authors of this paper report no financial disclosures beyond

31 themselves.

32

33 **ABSTRACT**

34 **Background:** Over 600 million workers worldwide are exposed to high sound pressure levels
35 (HSPLs).

36 **Purpose:** Establish labor nexus in individuals at risk for hearing loss regarding the efficacy of
37 hearing protection.

38 **Methods:** An investigation of hearing performed from medical records with respect to 13,289
39 Brazilian individuals, between 20 and 60y/o, working in locations with HSPLs. Registers of
40 1,148 employees with hearing loss were selected. The variables were analyzed according to the
41 work environmental and associated with others non-labor risks.

42 **Results:** The prevalence of losses by HSPLs was 8.6%. In maintenance and operation sectors
43 was higher than that in the administrative. Considering hearing protection, the labor nexus was
44 less than 1% (operation). The age over 50y/o was not important, but there was an association
45 between working time greater than 15 years (92.2% versus 75.5%) and hearing loss. Other risks
46 for hearing were observed significantly more prevalent in workers not at risk of hearing loss
47 caused by HSPL: hypertension, type II diabetes, and hypercholesterolemia (22.4% versus
48 28.4%); using or had used ototoxic drugs (2.3% versus 5.1%) and history of systemic infections
49 (58.9% versus 69.7%), all p-values<0.05.

50 **Conclusions:** Our results suggest that hearing loss is associated with the risk of occupational
51 exposure time and to co-morbidity risk factors. It appears to be the result of multiple factors
52 beyond HSPL exposure. Although even more frequent among specific sectors, the hearing loss
53 presented a low frequency. These results possibly reveal that protector tools are more effective
54 with a commitment to self-protection among the workers.

55 **Keywords:** hearing loss, sensorineural hearing loss, occupational deafness, occupational noise,
56 occupational health

57 INTRODUCTION

58 Over 600 million workers worldwide are exposed to high sound pressure levels (HSPLs).

59 Occupational hearing loss caused by HSPLs is an important occupational disease.^{1,2} This is
60 considered a permanent loss of auditory acuity, which results in sensorineural chronic acoustic
61 trauma, usually bilateral and symmetrical. The audiogram is characterized by a "V"-shaped notch
62 in the ranges of 6,000, 4,000, and/or 3,000 Hz. It may reach 8,000, 2,000, 1,000, 500, and 250
63 Hz, reaching a maximum level at higher frequencies within the first 10 to 15 years of exposure.

64

65 Studies suggest a relationship with HSPLs according to their audiometric thresholds. Hearing
66 loss may be associated with an increased risk of accidents in the workplace.^{3,4,5} Workers in the
67 oil and gas industry segment represent a group at risk for developing HSPL hearing loss. The
68 *Pré-Sal* in Brazil caused a remarkable development in the petrochemical industry. It increases
69 the number of workers to meet the demand. Significant progress was made in the understanding
70 and use of adequate collective (CPE) and personal (PPE) protective equipment to prevent HSPL
71 hearing loss.⁷ Thus, it is important to develop studies on occupational risk.

72

73 Our objective was to quantitatively evaluate the sound pressure level in the workplace (SPL^{WP})
74 and hearing loss in workers in a business area of the petrochemical branch, investigating other
75 possible determinants outside the work environment and determining the frequency of cases with
76 a labor nexus attributable to HSPLs during the registration of working individuals; establish or
77 rule out the nexus of hearing loss with labor activity; estimate the workers' perception of the
78 HSPLs risk; investigate extra-labor factors possibly associated with hearing loss, as well as a

79 possible association between a family history of deafness and an increased risk for hearing loss
80 in individuals exposed to NPSE.

81

82 **METHODS**

83 A cross-sectional study with a retrospective analysis was conducted with the participation of the
84 Department of Occupational Safety and Health of the petrochemical industry in 2010. This study
85 was approved by the research ethics committee of Gaffrée e Guinle University Hospital.

86

87 Study setting and population

88 The cohort of medical records of 13,289 individuals between 20 and 60 years of age was drawn
89 from 14 units of different states. The inclusion criteria were hearing loss and environmental
90 noise exposure risk, independent of hearing loss complaints. All workers were supposed to be
91 under adequate CPE. The PPE was substituted for the CPE when necessary. The employers were
92 stratified into the following three groups, according to their functions: administrative,
93 maintenance, and operational. Hearing loss risk factors outside the work environment were
94 assessed.

95

96 Instruments for information collection: Questionnaire and medical records.

97 We analyzed information about working conditions, labor, and past medical history. All these
98 variables came from a self-perception questionnaire and physician registers.

99

100 Audiometric tests

101 The audiometric tests were in accordance with International Standard for Organization-ISO
102 8253-1 and the Brazilian work law.⁶

103 HSPL hearing loss was required to fulfill at least one of the following criteria:

104 1. Hearing thresholds above 25 dB hearing level (dBHL) for frequencies of 3,000 Hz, 4,000 Hz,
105 or 6,000 Hz.

106 2. Worsened results for at least 3,000 Hz, 4,000 Hz, or 6,000 Hz equal to or exceeding 15dBHL.

107 3. Improvement in the mean 3,000 Hz, 4,000 Hz, 6,000 Hz greater than or equal to 10dBHL
108 when compared in sequence.

109

110 Analysis of the environment and homogeneous risk groups.

111 The risk factor (noise) was considered in the Homogeneous Risk Group (HRG). An audio-
112 dosimeter monitored each 10-minute interval for eight working hours, resulting in reports of
113 noise levels (the maximum, minimum, and mean values). The goal was to establish the
114 relationship between the workplace SPL (SPL^{WP}) and the SPL of a specific activity group or the
115 homogeneous risk group using the exposure time for each worker (SPL^{HRG}). This last variable
116 defined two different conditions: with risk and without risk.

117

118 The PPE provided by the company and used by the workers was tested and approved by
119 *FUNDACENTRO* (Brazilian government). Most of them, when used by the employees, were
120 found to be adequately dimensioned for the SPL risk when adequate for the SPL^{HRG} levels
121 throughout the working day, regarding training and supervision in the use of PPE. The risk areas
122 were those for which the SPL was ≥ 85 dB. There are two situations of auditory risk in relation to
123 mandatory PPE use when there is no access to CPE. Compulsory use occurs when demand is

124 "constant" for those who work directly in HSPL areas and "temporary" for those who eventually
125 frequent them.

126

127 The record of PPE non-use reported by the workers in the questionnaire was correlated with the
128 time of occurrence and the existence of changes consistent with HSPL exposure and observed in
129 the hearing thresholds near the date of the event.

130

131 Criteria for establishing the labor nexus:

132 The exposure considered for the labor nexus corresponds to the SPL^{HRG} , adjusted to the noise
133 reduction level of the PPE (Noise Reduction Rating subject-fit or NRR-sf).

134 Exposure to HSPLs means contact with the potentially offending agent sufficient in time and
135 intensity to cause the onset of hearing damage or its worsening. The connection with work was
136 assigned by characterizing the exposure occurring in the workplace (Figure 1).

137

138 Statistical analysis

139 We used the prevalence ratio (PR) to analyze the discrepancy between the observed frequencies
140 of the socio-demographic variables, occupational history, and social activities in the group at risk
141 for a $HSPL \geq 85dB$ without considering the PPE NRR-sf and the unexposed group.

142 The significance level was obtained using the chi-square test, with the significance level at $p <$
143 0.05 . The statistical analysis was conducted using SPSS version 16 software (SPSS, Inc.,
144 Chicago, IL).

145

146 **RESULTS**

147 From a cohort of 13,289 individuals, 1,148 workers (8.6%) have hearing loss suggestive of
148 HSPL exposure detected by audiometric. The distribution according to the type of activity in the
149 company, the levels of workplace noise exposure, and the mitigation effectiveness of PPE is
150 shown in Table 1. By sector, the prevalence was higher in the maintenance and operational
151 sectors than in the administrative sector (p-value < 0.05).

152

153 Less than 1% of the hearing losses were related to labor activities when characterized by the so-
154 called labor nexus (n = 3 among 1148). All subjects works in the operational sector. The
155 assessment in relation to the audiometric characteristics of this type of injury and HRG exposure
156 regarding the limits of the tolerable time was adjusted to the exposure variable, as demonstrated
157 in Table 1.

158

159 We found that the SPL^{WP} mean in the maintenance and operational sector exceeded 85dB.
160 Moreover, the mean SPL^{HRG} without PPE showed that only the operational sector slightly
161 exceeded the maximum level (86.5dB).

162

163 The mitigation effectiveness achieved by PPE was 95% among all workers. The SPL exposure
164 was reduced to 80dB in accordance with NRR-sf; for 4.5% of the workers, it was reduced to 81-
165 85dB, and for less than 0.5% of the workers, it exceeded 85dB (Table 1).

166

167 The voluntary responses on use PPE and other regarding the adequate training and HSPL-related
168 risk perception were identified by the applied questionnaire (Table 2). The responses
169 demonstrated that the company had conducted training and supervision in the use of such

170 equipment well. The risk areas were adequate signage. Regarding the information related to PPE,
171 approximately 3% of the workers with hearing loss did not use the equipment (the causes were
172 not being trained, not receiving adequate supplies, or decided by themselves not to use the
173 equipment). Less than 1% reported not knowing the risks of PPE non-use. We found no
174 relationship between hearing loss with or without PPE during the period in which they reported
175 the non-use (Table 2).

176
177 The age of the workers at the time of our evaluation showed an equal proportion of individuals
178 over 50 years between the groups. However, there was a significant association between a
179 working time interval greater than 15 years (92.2% versus 75.5%, $p < 0.01$) and the presence of
180 hearing loss.

181
182 On the other hand, the hearing loss was significant more frequent in the group who were not
183 exposed to HSPLs but referred hypertension, type II diabetes mellitus, and hypercholesterolemia
184 (22.4% versus 28.4%, $p = 0.02$) The same occurs in those who were using or had used drugs
185 potentially toxic to the ear (2.3% versus 5.1%, $p = 0.01$) or had a history of systemic infections
186 (58.9% versus 69.7%, $p < 0.01$).

187
188 Considering the social history of the individual, we found that the risk of prevalence in the group
189 of workers considered at risk to higher noise levels at work was significantly lower when we
190 analyze their frequency to religious cults, nightclubs, and concerts with loud sounds (21.5%
191 versus 27.7%, $p = 0.01$) (Table 3).

192

193 **DISCUSSION**

194 The prevalence of hearing loss suggestive of HSPL exposure, herein found to be 8.6% in the
195 total group of workers, was similar to estimates of disease burden ranging from 7% in developed
196 countries⁹. Data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) to
197 determine the prevalence of occupational exposure from self-report found that 22 million
198 workers (17% of the population-weighted survey) reported exposure to hazardous occupational
199 noise, and among these, 34% reported the non-use of hearing protective devices (HPDs)¹⁰.

200

201 In this study, the prevalence was higher in the maintenance (n = 260; 10.8%) and operational
202 sectors (n = 702; 9.8%) than in the administrative sector (n = 186; 5.0%) (Table 1).

203 Our findings provide important insight as to when logical criteria, based on technical standards
204 established by the Brazilian legislation on workplace safety, were adopted. These data are from
205 the oil industry segment; however, they can be extrapolated to other activities in which the HSPL
206 is considered a predominant cause of hearing loss. There are no doubts that HSPLs can be an
207 important causal agent in hearing loss in industrial work environments.^{11, 12} The prevalence of
208 sensorineural hearing loss suggestive of exposure to HSPLs in the present study was high.

209 However, only a minority of cases were considered to be related to the HSPL risk factor in the
210 workplace, based on a lack of conviction offered by the workers regarding effective protection
211 against this risk. The prevalence found in the literature is extremely variable in national and
212 international studies because of the exposure, diversity of risk factors outside the workplace, and
213 characteristics of the workers in the populations under study.^{4, 11, 13, 14,15,16,17} In Brazil, in addition
214 to unreliable information and auditing systems, there is underreporting, which hampers the
215 determination of the problem magnitude. By contrast, most studies disregard the hearing

216 protection mechanisms adopted, although research has demonstrated an association between
217 noise-induced hearing loss and the level of use of protective devices.^{18,19}
218 Individual assessments of workers leave no doubt that most hearing losses in our study were not
219 related to the workplace. For a given hearing loss to be considered caused by work, it is essential
220 to observe a cause-effect relationship and to demonstrate the inadequacy of protective
221 mechanisms (Figure 1). Importantly, the likelihood of hearing loss is not homogeneously
222 distributed among different workers performing different tasks in different occupations. The
223 workers vary by risk complexity and length of HSPL exposure, in addition to differences in
224 individual susceptibility. All these factors hinder the assessment of the hearing loss risk and its
225 definition as a labor nexus. By contrast, noisy work environments can pose other risks for
226 hearing, such as vibration or one or more toxic substances.²⁰ Such risks were not the subject of
227 the present investigation, which focused on HSPLs and certain possibly non-work-related risks.
228 These other factors should be considered in future studies.

229

230 The general categorization according to three groups/functions may have decreased the
231 sensitivity of our analysis because of different internal peculiarities in each group. However,
232 there were over 50 activities, and we believe that we were able to define an overall profile
233 according to the time spent in areas of auditory risk as follows:

- 234 i) administrative staff who rarely frequent the risk areas and, if so, only for a short time;
235 ii) maintenance personnel (e.g., welders, boilermakers, and mechanics) who temporarily
236 transit the risk areas, although they add risk generated by their own activities; and

237 iii) operational staff who work directly and constantly in HSPL areas (e.g., machinery and
238 equipment operators), which was considered to be the group most at risk for hearing
239 loss.

240

241 Administrative activities are not related to HSPL exposure. They consist of the preparation of
242 data and documents (e.g., reports, texts, and contracts) and financial and accounting activities.
243 The environmental sound level is approximately 65dB for acoustic comfort. Administrative
244 workers are not at risk for hearing loss by HSPLs. Thus, this sector represented the majority of
245 workers with no exposure (i.e., without risk) to HSPLs.

246

247 The maintenance sector works in the units and is subject to noise levels present in the operating
248 unit in addition to the noise generated by its own activities—such as using lifting machines, with
249 noise levels in the range of 88dB, or boiler making activities, in the range of 92dB. The primary
250 activities include corrective and preventive maintenance of industrial installations and
251 equipment.

252

253 The operational activities are performed throughout the work day in areas in which the major
254 noise sources are found. The SPL depends on the sector, the work, and the equipment in the
255 operational units. In sectors responsible for displacing the product in the operational unit, the
256 noise level depends on the equipment power and capability. The engine's ventilation system is a
257 pump's largest noise source. The greater the capacity of the pump is, the higher the noise level
258 generated, which ranges from 80 to 110dB, typically remaining at approximately 92dB. In
259 contrast, there are situations in which the noise can be increased by the displacement of fluids in

260 the pipes or steam leakage, producing an average risk in the range of 95dB. The equipment
261 would operate by compressing gaseous fluids to displace them or for their use in the production
262 process and generators used to generate electricity. The noise level of these devices is in the
263 range of 95dB. In contrast, we did not detect irregularities regarding the inspection, quality, and
264 supply of PPE as well as the training provided by the company, as confirmed even by some of
265 the workers, who reported no use, no training, or no adequate supply of PPE. The proportion of
266 the differences found in the answers to the question, "Have you worked without PPE in the
267 current company?", compared with the questions, "Is there a lack of PPE in the company?" and
268 "Have you worked without PPE because of a lack of supply by the company?", leads us to the
269 conclusion that if positive responses to the first question, with negative responses to the other
270 two, were true, then the responsibility for the PPE non-use would be on the workers, not the
271 company. We found 9.2% who reported not working with PPE in the present company and 6.8%
272 at another company at any given moment. Data from the National Health and Nutrition
273 Examination Survey (NHANES) to determine the prevalence of occupational exposure from
274 self-reports found that 22 million workers (17% of the population-weighted survey) reported
275 exposure to hazardous occupational noise, and among these, 34% reported non-use of HPDs⁵.
276 This is corroborated by the fact that, in our study, a small number of workers answered that they
277 are unaware of the risks of PPE non-use. Generally, the company data and the information from
278 the workers were consistent. The retrospective analyses of the audiometric records confirm this
279 information and eliminate the possibility of changes consistent with HSPL exposure, observed in
280 the hearing thresholds close to the date of the event. We can assert that there is a high level of
281 perceived risk of hearing loss related to HSPLs in the workplace. We found significant
282 differences in the occupational and health histories, which indicate that the working population is

283 not homogeneous with respect to possible risks. This outcome draws our attention to a
284 significant number of positive responses related to the risks of hearing loss in social activities,
285 particularly frequenting locations with high noise levels. This variable includes noisy religious
286 cults, nightclubs, and electronically amplified music. These variables were not constructed to
287 provide a qualitative assessment of risk perception but simply to register an exposure to a given
288 factor, for example, "Do you usually attend *samba/pagode* circles?" We presume that such
289 activities are not recognized as risk factors for hearing. Perhaps the acute awareness of auditory
290 risk in the work environment would be simultaneous with the ignorance of the risk of social
291 environments.

292

293 Qualitative studies should follow epidemiological investigations to better understand risk
294 behaviors, social representations, and perceptions of the disease.^{21,22}

295

296 Mistakes are made when disregarding factors such as educational level, leisure, and use of high-
297 sound devices. Several diseases present similar audiometric profiles, which can cause an
298 overestimation of the effect of occupational noise as a determining factor of hearing
299 loss.^{23,24,25,26,27}

300

301 **CONCLUSIONS**

302 A quantitative analysis of the sound pressure level in the workplace (SPL^{WP}) revealed values
303 above 92dB(A), and hearing loss in workers was also related to their previous medical history
304 and lifestyle habits. The cases of deafness with loss attributable to HSPLs in individuals working
305 in the oil processing industry were 8.6%. The use of hierarchical legal and scientific criteria has

306 proved effective as a logical tool for characterizing a labor nexus. The low labor nexus frequency
307 in the population studied (< 1%) is below the estimate of global occupational losses in developed
308 countries (7%) and developing countries (21%). The causal nexus of occupational hearing loss
309 showed a low frequency in the study population. Less than 1% had established its relationship
310 with labor activity, all in the operational sector, which shows a high perception of NPSE risk by
311 workers in the petroleum-refining industry. HSPL-induced hearing loss was significantly
312 associated with increased working time (more than 15 years), but not to chronic diseases, use of
313 drugs, infection, and frequency in noisy environments. A family history of deafness was not
314 significantly associated with HSPL-induced hearing loss in the records of the subjects.

315

316 **ACKNOWLEDGMENTS**

317 The authors provided the financial support for this study.

318 The authors thank the workers and the respective managements of the participating units for their
319 cooperation. In addition, we acknowledge the Safety, Environment, and Occupational Health
320 Management and the medical services and healthcare teams of the participating units for their
321 cooperation. We are grateful to Profs. Drs. Regina M. P. Alvarenga and Denise D. Neves for
322 their criticisms and suggestions for this study.

323

324

325 **REFERENCES**

- 326 1. Alberti PW. Noise, the most ubiquitous pollutant. *Noise Health* 1998;1(1):3–5.
- 327 2. Smith GS, Wellman HM, Sorock GS, et al. Injuries at work in the US adult population:
328 contributions to the total injury burden. *Am J Public Health* 2005;95(7):1213–9.
- 329 3. Cordeiro R, Clemente APG, Diniz CS, Dias A. Exposição ao ruído ocupacional como fator de
330 risco para acidentes de trabalho [Occupational noise exposure as a risk factor for workplace
331 accidents]. *Rev Saúde Pú* 2005;39(3):461–6.
- 332 4. Dias A, Cordeiro R, Gonçalves CGO. Exposição ocupacional ao ruído e acidentes do trabalho.
333 *Cad Saúde Pú* 2006;22(10):2125–30.
- 334 5. Dias A, Cordeiro R. Attributable fraction of work accidents related to occupational noise
335 exposure in a Southeastern city of Brazil. *Cad Saúde Pú* 2007;23(7):1649–55.
- 336 6. Brasil NR7. Available at:
337 <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080814295F16D0142E2E773847819/NR->
338 [07%20\(atualizada%202013\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080814295F16D0142E2E773847819/NR-07%20(atualizada%202013).pdf), accessed 25/08/14.
- 339 7. Brasil NR15. Available at:
340 <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR->
341 [15%20%28atualizada_2011%29.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20%28atualizada_2011%29.pdf), accessed 25/08/14.
- 342 8. Brasil NR7 annex 1 of the Ministry of Labor and Employment (Ministério do Trabalho e
343 Emprego - MTE). Available at: <http://www3.dataprev.gov.br/sislex/paginas/05/mtb/7.htm>,
344 accessed 25/08/14.
- 345 9. Nelson, D. I., Nelson, R.Y., Concha-Barrientos, M., & Fingerhut, M. (2005). The global
346 burden of occupational noise-induced hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine*,
347 48(6), 446–458.

- 348 10. Tak, S., Davis, R. R., & Calvert, G. M. (2009). Exposure to hazardous workplace noise and
349 use of hearing protection devices among US workers—NHANES, 1999–2004. *American*
350 *Journal of Industrial Medicine*, 52(5), 358–371.
- 351 11. Stanbury M, Rafferty AP, Rosenman K. Prevalence of hearing loss and work-related noise-
352 induced hearing loss in Michigan. *J Occup Environ Med* 2008;50(1):72–9.
- 353 12. Tak S, Calvert GM. Hearing difficulty attributable to employment by industry & occupation:
354 an analysis of the National Health Interview Survey United States, 1997 to 2003. *J Occup*
355 *Environ Med* 2008;50(1):46–56.
- 356 13. Gonçalves CGO, Iguti AM. Análise de programas de preservação da audição em quatro
357 indústrias metalúrgicas de Piracicaba, São Paulo, Brasil [Analysis of hearing preservation
358 programs in four metallurgical factories in Piracicaba, São Paulo, Brazil]. *Cad Saúde Púb*
359 2006;22(3):609–18.
- 360 14. Marques FP, da Costa EA. Exposure to occupational noise: otoacoustic emissions test
361 alterations. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2006;72(3):362–6.
- 362 15. Palmer KT, Griffin MJ, Syddall HE, Davis A, Pannet B, Coggon D. Occupational exposure
363 to noise and the attributable burden of hearing difficulties in Great Britain. *Occup Environ*
364 *Med* 2002;59(9):634–9.
- 365 16. Ribeiro AMD, Câmara VM. Hearing loss by continuous exposure to high sound pressure
366 among maintenance workers at a Brazilian Air Force helicopters unit. *Cad Saúde Púb*
367 2006;22(6):1217–24.
- 368 17. Rubak T, Kock SA, Koefoed-Nielsen B, Bonde JP, Kolstad HA. The risk of noise-induced
369 hearing loss in the Danish workforce. *Noise Health* 2006;8(31):80–7.

- 370 18. Nudelmann AA, da Costa EA, Seligman J, Ibañez RN. Perda Auditiva Induzida Pelo Ruído
371 [Noise-Induced Hearing Loss]. Porto Alegre: Bagagem Comunicação, 1997.
- 372 19. Guerra MR, Lourenço PMC, Bustamante-Teixeira MT, Alves MJ. Prevalência de perda
373 auditiva induzida por ruído em empresa metalúrgica [Prevalence of noise-induced hearing
374 loss in a metallurgical company]. Rev Saúde Púb 2005;39(2):238–44.
- 375 20. Alvarenga KF, Jacob LCB, Martins CHF, Costa OA, Coube CZ, Marques JM. Distortion
376 product otoacoustic emissions in workers exposed to lead & noise. Rev Bras Otorrinolaringol
377 2003;69(5):681–9.
- 378 21. Barata RB. Epidemiological social [Social epidemiology]. Rev Bras Epidemiol 2005;8(1):7–
379 17.
- 380 22. Rangel ML. Saúde do trabalhador: identidade dos sujeitos e representações dos riscos a saúde
381 na indústria petroquímica [Worker's health: individual identification and representations of
382 health risks in the petrochemical industry]. Cad Saúde Púb 1993;9(3):333–48.
- 383 23. Royster LH, Driscoll DP, Thomas WG. Age effect hearing levels for a black nonindustrial
384 noise exposed population (NINEP). Am Ind Hyg Assoc J 1980;41(2):113–9.
- 385 24. Agrawal Y, Platz EA, Niparko JK. Risk factors for hearing loss in US adults: data from the
386 National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 to 2002. Otol Neurotol
387 2009;30(2):139–45.
- 388 25. Agrawal Y, Niparko JK, Dobiera RA. Estimating the effect of occupational noise exposure
389 on hearing thresholds: the importance of adjusting for confounding variables. Ear Hear
390 2010;31(2):234–7.
- 391 26. Sataloff RT. The 4000-Hz. audiometric dip. Ear Nose Throat J 1980;59(6):251–7.

- 392 27. Helfer TM, Canham-Chervak M, Canada S, Mitchener TA. Epidemiology of hearing
393 impairment and noise-induced hearing injury among U.S. military personnel, 2003–2005.
394 Am J Prev Med 2010;38(1):S71–7.
395

396 **Figure titles**

397 **Figure 1.** Hearing loss evolution due to exposure to high sound pressure level (HSPL) risk.

Tables

Table 1. Prevalence of hearing loss, levels of noise exposure, and mitigation effectiveness, according to group activity.

Type of activity	T ⁿ	AP ⁿ	Ph	OR	CI	SPL ^{WP} (mean) ^G	SPL ^{HR} (mean)	Mitigation effectiveness/ME			NL
								≤ 80 dB	81-85 dB	> 85 dB	
Administrative	3,720	186 (16.2%)	5.0	1	-	65 dB	74.6 dB	100.0%	.	.	.
Maintenance	2,392	260 (22.6%)	10.8	2.31	1.89-2.83	88 dB	84.4 dB	98.0%	2%	.	.
Operational	7,176	702 (61.2%)	9.8	2.06	1.73-2.44	92 dB	86.5 dB	92.8%	6.8%	0.4%	3
Total	13,289	1,148 (100.89 %)	8.6			-	-	95.2%	4.5%	0.3%	-

APⁿ, number of workers with compatible audiometry and hearing loss caused by HSPLs (high sound pressure levels); CI, confidence interval (95%); NL, cases of hearing loss with a labor nexus, which corresponds to the hearing loss compatible with the high sound pressure levels (HSPLs) in the workplace; OR, odds ratio; Ph, prevalence of hearing loss; SPL^{WP}, sound pressure level of the workplace; SPL^{HRG}, sound pressure level of the homogeneous risk group (HRG) according to the exposure time of the worker; ME, mitigation effectiveness - represents the actual exposure, which corresponds to the HSPL adjusted by NRLsf (noise reduction level). The maximum exposure limit to noise is considered to be 85 dB(A) per eight-hour workday with a 3

dB correction factor, taking into account the specific workplace and hours of exposure of each professional; T^n , total number of employees. The significance level was fixed at $p < 0.05$.

Table 2. Responses to questions regarding the use of PPE, training, and risk perception related to HSPLs.

Answers	N	%
Do not use PPE when it is necessary	38	2.8
Mentioned unmarked areas in connection with the compulsory use of PPE	23	1.7
Have not been trained regarding the correct use of PPE	44	3.2
Do not know how to properly use the hearing PPE	15	1.1
The use of PPE is not mandatory in the areas	16	1.2
There is a lack of PPE in the company	36	2.6
Have worked without PPE because the company failed to supply it	46	3.4
The PPE is replaced free of charge	14	1.0
Have worked without PPE at the current company	123	9.2
Have worked without PPE at another company	91	6.8
Have not attended lectures on hearing loss ^a	117	8.7
Unaware of the risks of the non-use of PPE ^b	11	0.8

PPE - personal protective equipment.

^aWorker's education on the risk of hearing loss.

^bPerceived worker health through knowledge of the risks inherent in working in loud-noise environments.

Table 3. Distribution of sociodemographic variables, occupational history, and activities that involve a risk for hearing loss.

Selected variables	Workers		Workers considered		PR	Sig*	CI
	considered at risk to HSPLs (n = 577)	%	not at risk to HSPLs (n = 571)	%			
Age group						χ^2	
> 50 years old	299	51.8	299	52.4	0.99	0.86	0.881-1.109
Length of work in years							
> 15 years	532	92.2	431	75.5	2.27	0.00*	1.750-2.946
Health history							
NCDs ^a	129	22.4	162	28.4	0.84	0.02*	0.734-0.979
Medications ^b	13	2.3	29	5.1	0.60	0.01*	0.384-0.979
Infections ^c	340	58.9	398	69.7	0.79	0.00*	0.711-0.892
Deafness in the family	21	3.6	26	4.6	0.88	0.43	0.640-1.222
Social history							
Listens to MP3 music	61	10.6	78	13.7	0.86	0.12	0.704-1.045

Freq. places with high sound levels ^d	124	21.5	158	27.7	0.75	0.01*	0.654-0.869
Practices target shooting	5	0.9	10	1.8	0.66	0.20	0.322-1.353

*p-value using the Chi-square test. The significance level was fixed at $p < 0.05$.

CI, confidence interval (95% CI); PR, prevalence ratio

^aNCDs - Chronic non-communicable diseases, such as diabetes mellitus, hypertension, and hypercholesterolemia

^bOtotoxic medication not including acetylsalicylic acid

^cSystemic infections with risk of hearing loss

^dReligious cults, nightclubs, and concerts with loud sounds. Confidence interval (95%).

Figure

