

FÁBIO MARCELINO DA SILVA
GUSTAVO HENRIQUE VIEIRA DA SILVA
PAULO ROBERTO ELIAS

**EFEITOS DA EXPOSIÇÃO COMBINADA DE TOLUENO E
RUÍDO NO SISTEMA AUDITIVO**

São Paulo

2008

FÁBIO MARCELINO DA SILVA
GUSTAVO HENRIQUE VIEIRA DA SILVA
PAULO ROBERTO ELIAS

**EFEITOS DA EXPOSIÇÃO COMBINADA DE TOLUENO E
RUÍDO NO SISTEMA AUDITIVO**

**Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Engenheiro de Segurança do
Trabalho**

São Paulo

2008

DEDICATÓRIA

Dedicamos este estudo aos
trabalhadores brasileiros.

AGRADECIMENTOS

Aos amigos que conquistamos durante estes anos, e com especial atenção ao Engenheiro André Beltrame, por seu companheirismo e dedicação. Também agradecemos às nossas famílias pela paciência e compreensão com nossa ausência.

“Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu”.

(Luiz Fernando Veríssimo)

RESUMO

Do ponto de vista ocupacional, os solventes orgânicos são considerados nocivos ao trabalhador por diversos aspectos. Devido à possibilidade de causar dano à orelha interna (ototoxicidade), e também pela sua sinergia com o ruído (potencializando os prejuízos causados à audição), o presente estudo tem como objetivo demonstrar que um trabalhador exposto simultaneamente ao tolueno e ao ruído tem maior probabilidade de apresentar perda auditiva em comparação com trabalhadores que estão expostos individualmente a cada agente. Através da revisão bibliográfica e estudo de caso em uma fábrica de tintas, foram analisadas três populações distintas, distribuídas em áreas expostas ao ruído, ao tolueno e à exposição combinada. O resultado do levantamento de dados baseados nos documentos de referentes à segurança do trabalho e saúde ocupacional da empresa (PPRA, audiometria, entre outros) mostra a diferenças entre as perdas auditivas de cada grupo, apontando a necessidade de continuar os estudos na área. A área também deve ser alvo de um programa de conservação auditiva específico onde se é levada em consideração a sinergia entre os agentes. As ações da prevenção da perda auditiva deveriam ser mais abrangentes, pois a legislação trabalhista brasileira não trata do conceito de ototoxicidade na exigência dos limites de tolerância para produtos químicos e a simultaneidade de exposição com o ruído.

Palavras-chave: solventes orgânicos, Tolueno, perda auditiva, ototoxicidade.

ABSTRACT

From the occupational point of view, the organic solvents are considered harmful to the worker's health. Due to the possibility of causing damage to the inner ear and the synergy of this exposure with noise (increasing the damage caused to hearing) this study demonstrates that a worker exposed simultaneously to toluene and noise has a higher probability of showing hearing losses when compared to workers that are exposed only to toluene or only to noise at the same levels. Through literary research and case study of a paint factory where three groups of workers were analyzed, one that was exposed only to noise, one that was exposed only to toluene and the third group that was exposed to both toluene and noise, the study shows that there is a difference in hearing losses between these groups and that it's necessary to adopt specific measures to prevent this from happening. The current regulation in Brazil does not cover the situations where there is a simultaneous exposure to organic solvents and noise and does not account for the synergy between these two exposures.

Keywords: organic compounds, toluene, hearing losses, ototoxic.

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
dB(A)	Decibel em curva de compensação "A"
EPI	Equipamento de proteção individual
mg/m ³	miligramas por metro cúbico de ar
NR	Norma Regulamentadora
ppm	Partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado
PCMSO	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	11
Tabela 2 – Limite de tolerância para o agente químico tolueno	12
Tabela 3 – Relação e informações dos funcionários pertencentes à população A	15
Tabela 4 – Relação e informações dos funcionários pertencentes à população B	16
Tabela 5 – Relação e informações dos funcionários pertencentes à população C	16
Tabela 6 – Níveis de pressão sonora dos setores relativos às populações A B C	17
Tabela 7 – Comparação entre as populações com foco em perdas auditivas	19

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	1
1.2 Justificativa.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Sistema da audição	3
2.2 Perda Auditiva induzida por Ruído (PAIR)	4
2.3 Ototoxicidade	5
2.4 Solventes Orgânicos	5
2.4.1Tolueno.....	6
2.5 Perda Auditiva induzida por Solventes Orgânicos	7
2.6 Estudos realizados sobre a exposição simultânea entre os agentes	7
2.7 Normas e Legislações brasileiras em vigor para avaliação do ruído e tolueno	9
2.7.1Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente.....	10
2.7.2Limites de Tolerância para o Tolueno	12
3. METODOLOGIA	13
3.1 Dados da Empresa.....	13
3.2 Uso de Tolueno	14

3.3	Descrição das Populações.....	14
3.4	Níveis de Pressão Sonora das Populações Consideradas	17
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	18
4.1	Análise Comparativa.....	18
4.2	Análise Crítica das Normas Brasileiras	20
5	CONCLUSÃO	21
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Norma Regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, em seus anexos 1 e 11, o ruído e produtos químicos são considerados nocivos ao trabalhador quando são superados os limites de tolerância nela estabelecida. Segundo Queiroz (2005), produtos químicos como solventes podem causar uma perda auditiva independente da presença ou ausência de ruído. Os solventes orgânicos são os agentes ototoxicos ocupacionais mais estudados sendo citados, em especial o tolueno, xileno e estireno (AZEVEDO, 2004).

Estudos como os de Morata (1997), sugerem que a exposição simultânea entre solventes orgânicos e o ruído geram perdas auditivas que seriam maiores do que aquela produzida pela soma de cada agente agindo isoladamente, ou seja, haveria um sinergismo na exposição combinada.

1.1 Objetivos

Demonstrar que um trabalhador exposto simultaneamente ao tolueno e ao ruído tem maior probabilidade de apresentar perda auditiva em comparação com os demais trabalhadores expostos individualmente a cada agente.

1.2 Justificativa

A doença ocupacional predominante nos países industrializados é a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR). Sua grande incidência é devida a muitos trabalhadores encontrarem-se expostos diretamente a um nível de ruído potencialmente lesivo em seu ambiente de trabalho. É importante que se reconheça o efeito aditivo causado pelos agentes químicos, como solventes orgânicos, presentes no ambiente de trabalho. (AZEVEDO, 2004)

Estudos como os de Bertoncello (1999), de Azevedo (2004) e de Gerges (1993), apresentam indícios a que a exposição combinada entre o

ruído e produtos químicos, em especial solventes orgânicos, gera uma perda auditiva maior do que aquela produzida pela soma de cada um agindo isoladamente, isto é, a união destes dois agentes gera um sinergismo que acaba por potencializar a perda auditiva ocupacional.

Nossa Legislação Trabalhista atual conforme a Portaria N.º 3.214 de 08 de junho de 1978, que aprova as Normas Regulamentadoras, como por exemplo, a de número 15 – ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES, onde em seu item 15.1.5 dispõem que limite de tolerância é a “concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador durante sua vida laboral”. Referindo-se o Anexo N.º 1 aos limites de tolerância para ruído (contínuo ou intermitente) e o Anexo N.º 11 aos agentes químicos. Porém, a Legislação atual, não estabelece limites de tolerância para a combinação entre os agentes (ruído e químico), o que dificulta a implantação de parâmetros quantitativos para o monitoramento da saúde ocupacional de trabalhadores expostos a tal situação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente estudo procura demonstrar a existência de lesões auditivas provocadas pela exposição ocupacional ao ruído e produtos químicos como solventes orgânicos, em especial o Tolueno, abordando o sistema da audição, PAIR (Perda Auditiva Induzida pelo Ruído), ototoxicidade, legislação brasileira e estudos realizados sobre a interação entre Tolueno e Ruído.

2.1 Sistema da audição

Segundo publicação da Otocentro-RN (2008), o sistema auditivo humano pode se dividido em duas partes, Periférico e Central, sendo o Sistema Auditivo Periférico formado pela Orelha externa, Média e Interna. A Orelha Externa é formada pelo pavilhão auricular (conhecida como orelha), conduto auditivo externo, o qual é totalmente fechado pela membrana timpânica (Tímpano).

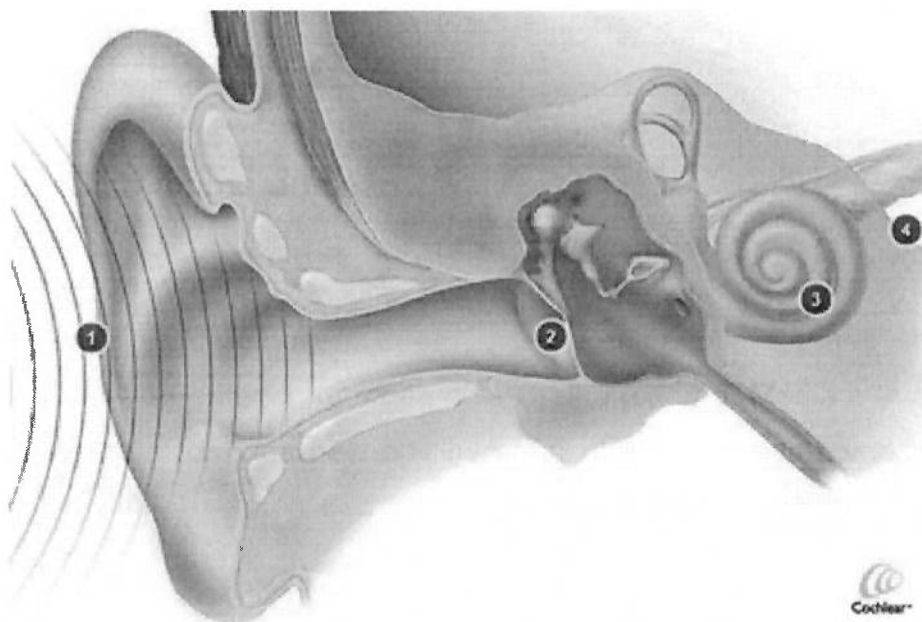


Figura 1- Sistema auditivo humano

Fonte (www.otocentro.com.br)

1- O som (sons ambientais, ruídos e a fala) é captado pelo pavilhão auricular, atravessa todo o conduto auditivo externo e choca-se contra o tímpano (2), pondo-o em movimento.

2- Como o tímpano está preso aos três ossículos da orelha média, através do martelo, todo o sistema, tímpano e ossículos, vibra fazendo com que o som alcance os líquidos da cóclea (3).

3- Na cóclea o som alcança as células ciliadas e estas o transformam em impulsos nervosos estimulando as fibras do nervo auditivo (4). Daí estes impulsos chegam ao cérebro onde os interpretamos.

Vilela (2008) descreve que, na Orelha Média o centro da membrana timpânica conecta-se com o cabo do martelo. Este, por sua vez, conecta-se com a bigorna, e a bigorna com o estribo. Essas estruturas encontram-se suspensas através de ligamentos, razão pela qual oscilam para trás e para frente. A movimentação do cabo do martelo determina também, no estribo, um movimento de vaivém, de encontro à janela oval da cóclea, transmitindo assim o som para o líquido coclear.

Otocentro-RN (2008) descreve que na Orelha Interna se localiza a cóclea (responsável pela audição) e o vestíbulo e canais semicirculares (responsáveis pelo equilíbrio). A cóclea tem a forma de um caracol e o seu interior é preenchido por líquidos onde encontramos pequenas células, chamadas de células ciliadas, as quais mantêm um íntimo contato com as fibras do nervo auditivo.

O Sistema Auditivo Central por sua vez inicia-se nas fibras do nervo auditivo (4), enviando os impulsos nervosos para o cérebro, permitindo-nos percebê-los como som.

2.2 Perda Auditiva induzida por Ruído (PAIR)

Segundo Nudelmann (et al. 2001), diferentes trabalhadores, considerando a susceptibilidade individual, podem ter respostas opostas à exposição. Essa variabilidade não depende exclusivamente das características físicas do som, mas de uma série de fatores endógenos e exógenos que podem afetar a audição e interagir com o ruído.

Lista ainda algumas das principais características da PAIR como sendo a perda auditiva irreversível, neurossensorial e predominantemente coclear, o histórico prolongado de exposição. Outro fator é a característica de perda auditiva de desenvolvimento gradual, isto é, estabiliza-se quando a exposição ao ruído for eliminada.

Para Seligman (1997), inicialmente, os portadores de PAIR não costumam queixar-se de perda auditiva. Mais freqüentemente, eles se queixam de dificuldades para entender a fala, em ambientes ruidosos. À medida que esta lesão auditiva avança em direção às freqüências mais baixas, o paciente sente dificuldade na discriminação auditiva de palavras, resultando em um isolamento do indivíduo. Este passa a apresentar dificuldades nas interações familiares, no trabalho e no lazer.

Conforme Brito (1999) na instalação da PAIR, três fatores devem ser considerados: o nível de pressão sonora ao qual o trabalhador está exposto, o tempo de exposição a este nível de pressão sonora elevado, isto é, quantas horas por dia e há quantos anos este indivíduo encontra-se exposto e a sua hipersusceptibilidade.

2.3 Ototoxicidade

“Agente ototóxico é definido como substância, químico ou droga que causa dano funcional ou lesão celular na orelha interna, afetando a audição e o equilíbrio” (QUEIROZ, 2005).

Há uma grande variedade de drogas ototóxicas, entre os mais comuns temos os antibióticos e diuréticos de alça. Dentre os produtos químicos, podemos citar alguns metais como o chumbo, mercúrio e manganês e solventes orgânicos como o tolueno, xileno e estireno.

2.4 Solventes Orgânicos

Os solventes orgânicos são obtidos do refino do petróleo cru (constituídos por hidrocarbonetos, enxofre, oxigênio, compostos

nitrogenados e traços de metais) e são de grande uso industrial, comercial e doméstico, (BARTONCELLO, 1999).

Segundo Klaassen apud Bartoncello (1999) os solventes orgânicos por serem voláteis, sua maior via de absorção é a respiratória. Também segundo Klaassen, uma segunda via principal de exposição é a pele. O contato freqüente com solventes pode levar a um desengorduramento da pele ou a sua irritação. A ACGIH (2005) ressalta que existem evidências de que a irritação da pele pode iniciar, favorecer ou acelerar os danos físicos pela interação com outros agentes.

Entre os principais solventes orgânicos ototóxicos largamente utilizados na indústria temos o tolueno, xileno e estireno (GERGES, 1993).

2.4.1 Tolueno

O tolueno é um hidrocarboneto aromático, líquido e incolor, que é derivado do petróleo bruto. É bastante utilizado como solvente para tintas, na produção de corantes, medicamentos e também como solvente industrial em indústrias gráficas. O tolueno também é conhecido como toluol e metil benzeno, sendo um solvente volátil e seus vapores permanecem em baixas alturas, por isso a intoxicação ocorre por inalação ou por via de absorção dérmica, causando depressão do Sistema Nervoso Central (FOSTER, 1994).

Distúrbios de equilíbrio são algumas das primeiras manifestações da ação neurotóxica dos solventes industriais, incluindo tolueno. O tolueno pode afetar o sistema nervoso. É facilmente absorvido pelos pulmões (40 a 60% do inalado). Níveis baixos ou moderados podem produzir cansaço, confusão mental, debilidade, perda da memória, náusea, perda do apetite e perda da visão e audição. Estes sintomas geralmente desaparecem quando a exposição termina. Inalar níveis altos de tolueno por um período pode produzir sonolência, e até mesmo perda de consciência. (MORATA, 1997).

Porém a exposição exclusiva ao tolueno é rara, isto é, tal substância está geralmente associada, em suas preparações comerciais, a outros

agentes químicos. Tal fator representa um problema grave no estudo de sua potencial ototoxicidade, por ser complicado sua mensuração nos ambientes de trabalho, e levando em consideração o fator do tolueno ter sua ototoxicidade aumentada na presença de ruído (BERTONCELLO, 1999)

2.5 Perda Auditiva induzida por Solventes Orgânicos

A perda auditiva das substâncias químicas industriais pode ser muito semelhante àquela observada em drogas ototóxicas como aminoglicosídeos, bem como àquela relacionada ao ruído. Descrições dessas desordens são muito semelhantes: bilateral, simétrica, irreversível, perda auditiva neurosensorial para altas frequências, com lesão principalmente em células cocleares (PEREIRA, 2003).

A associação entre a exposição ocupacional a solventes e alterações auditivas ainda são pouco estudadas. É freqüente a presença de ruído em ambientes de trabalho onde ocorrem exposições a solventes. Por isso, as alterações auditivas encontradas são, na maioria das vezes, atribuídas ao ruído, sem maior cuidado na investigação de outros fatores (NUDELMANN, 2001).

2.6 Estudos realizados sobre a exposição simultânea entre os agentes

Em Azevedo (2004, apud, WILSON, 1943; ARLIEN-SØBORG et al., 1981), analisaram-se dados sobre a origem dos distúrbios relacionados aos efeitos do tolueno na audição que foram obtidos pelo estudo com animais e relatos de casos de inalação voluntária. Constatou-se que distúrbios de equilíbrio são algumas das primeiras manifestações da ação neurotóxica dos solventes industriais, incluindo tolueno. Os estudos sobre os efeitos da inalação voluntária de tolueno relataram dramáticas perdas auditivas de origem central. Embora o mecanismo das lesões não tenha sido completamente entendido, se aceita que a exposição excessiva de tolueno altera a função auditiva dos humanos. Estudos mostram uma perda auditiva coclear de alta frequência em animais experimentais expostos a tolueno.

As perdas auditivas foram avaliadas por métodos comportamentais e confirmadas por testes de impulsos elétricos de resposta fisiológica.

Para evitar a possibilidade de interação com ruído e para avaliar os efeitos do tolueno através de uma outra via de administração; pesquisadores injetaram tolueno em ratos por via subcutânea. Os resultados demonstraram que o ruído gerado na inalação do solvente não era uma condição necessária para que o tolueno causasse uma perda auditiva. Ainda permanecia aberta a questão sobre os efeitos de exposições combinadas. (PRYOR & HOWD, 1986). Foram testadas as funções auditivas de ratos expostos só a tolueno, só a ruído ou a tolueno seguido por ruído. O tolueno assim como o ruído, em isolado, causou perdas auditivas cocleares, particularmente nas altas frequências ($p < 0,001$ em ambas as exposições). O achado de maior relevância nesse estudo foi o fato de que a alteração auditiva dos ratos expostos a tolueno seguido por ruído foi maior que a soma ($p < 0,0001$) dos efeitos das exposições isoladas ao tolueno e ao ruído, isto é, um efeito sinérgico. (JOHNSON et al., 1988).

Em Morata apud Bertoncello (1999) está descrita a realização do estudo dos efeitos da exposição simultânea entre ruído e tolueno sobre a audição e equilíbrio dos trabalhadores. O estudo foi conduzido através de entrevistas e testes de audição e equilíbrio aplicados a três grupos de trabalhadores de uma indústria gráfica. A audição e o equilíbrio de um grupo atuantes no setor de impressão expostos simultaneamente a ruído (85-94dB(A)) e tolueno (78-75ppm) foram comparados com um grupo de impressores expostos exclusivamente a ruído (87-93dB(A)) e a um terceiro grupo não exposto nem a ruídos (63-75 dB(A)) nem a tolueno. A porcentagem da perda auditiva observada no grupo exposto aos dois agentes foi significativamente maior do que os nos dois outros grupos expostos a ruídos no que se refere a provável localização da lesão. A porcentagem de falhas na triagem de equilíbrio foi significativamente maior no grupo de trabalhadores expostos a ambos agentes do que nos dois demais grupos. Os resultados dessas investigações sugerem que a exposição a altas concentrações de tolueno num ambiente ruidoso pode

aumentar de maneira significativa o risco de adquirir uma deficiência auditiva ocupacional e que o ruído elevado não pode mais ser considerado como a única ameaça a audição dos trabalhadores.

Um estudo audiológico com 190 trabalhadores de uma fábrica de manufatura de tintas e pinturas utilizou questionários sobre a duração do emprego, histórico médico e exposições passadas relevantes e categorizou os trabalhadores em quatro grupos: I- não-exposto (n=50, ruído <85 dB(A) e sem exposição aos solventes), II- exposto apenas ao ruído (n=50, 88-97 dB(A)), III- exposto ao ruído e ao tolueno (n=51, 88-98 dB(A) com tolueno no ar: 600 ppm em 1978 a 75 ppm em 1990, como pico de 1860 ppm em 1978), e IV- exposto somente ao grupo de solventes (n=39, <85 dB(A), 70 ppm de tolueno, 40 ppm de xileno, 2 ppm de benzeno, 20 ppm de acetona metil-etil e 16 ppm de etanol). Os resultados mostraram um aumento de risco para o grupo com ruído e tolueno e para o grupo de somente exposição aos solventes, sendo o primeiro o mais danoso. Conseqüentemente, o excesso de perda auditiva observada no grupo exposto ao ruído e ao tolueno ao mesmo tempo pode representar um efeito dose-resposta relacionado à exposição do tolueno. Este grupo ainda apresentou uma porcentagem significativamente maior de casos com anormalidades na caída rápida do reflexo acústico, indicativo de dano retrococlear não característico na perda auditiva induzida pelo ruído (NIHL). É plausível que do dano retrococlear reduziria a efetividade do reflexo acústico e, em conseqüência, expõe a cóclea a energias maiores de ruído (Morata et al., 1993).

2.7 Normas e Legislações brasileiras em vigor para avaliação do ruído e tolueno.

Lei nº 6514, de 22 de dezembro de 1977 – Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à Segurança e Medicina do Trabalho.

Portaria nº 3124, de 08 de junho de 1978 – Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V do Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho.

NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, Anexo nº 01 - Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente.

NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, Anexo nº 11 – Agentes Químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho.

NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, Anexo I, com redação dada pela Portaria nº 19, de 09 e abril de 1998 – Diretrizes e Parâmetros Mínimos para Avaliação e Acompanhamento da Audição em Trabalhadores Expostos a Níveis de Pressão Sonora Elevados.

2.7.1 Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente

A Norma Regulamentadora Nº 15 – ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES, em seu Anexo de N.º 01, de acordo com o proposto pela Portaria N.º 3.214, de 08 de junho de 1978, apresenta valores de limites entre o nível de pressão sonora e o tempo máximo de exposição diária em qual o trabalhador se encontra (tabela 1). Tais valores são fixados excluindo a hipersuscetibilidade individual, bem como outras variações ambientais e também algum uso de dispositivo de amenização ou anulação do fator ruído.

Tabela 1 – Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

<i>Nível de Ruído dB (A)</i>	<i>Máxima Exposição Diária Permissível</i>
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte Norma Regulamentadora 15 – Anexo 1

2.7.2 Limites de Tolerância para o Tolueno

A Norma Regulamentadora nº 15 – ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES, Anexo de nº 11, apresenta limites de tolerância para agentes químicos em geral, em valores de partes por milhão de vapor ou gás de partes de ar contaminado (ppm) e miligramas por metros cúbicos de ar (mg/m^3).

Os limites de tolerância estabelecidos neste anexo (tabela 2), são válidos somente para absorção por via respiratória. Porém, na coluna “Absorção também pela pele”, os agentes químicos com “SIM” podem ser absorvidos por via cutânea, e, portanto, exige na sua manipulação, o uso de EPI (Equipamento de Proteção Individual) necessário à proteção do trabalhador.

Tabela 2 – Limite de tolerância para o agente químico tolueno

<i>Agente Químico</i>	<i>Absorção pela pele</i>	<i>ppm*</i>	<i>mg/m^3**</i>	<i>Grau de insalubridade considerado</i>
<i>Tolueno (toluol)</i>	<i>sim</i>	<i>78</i>	<i>290</i>	<i>médio</i>

Fonte Norma Regulamentadora 15 – Anexo11

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminadas

** mg/m^3 - miligramas por metro cúbico de ar

3. Metodologia

Para a execução deste estudo, foi realizada revisão bibliográfica em matérias e pesquisas executadas sobre a interação entre os agentes tolueno e ruído, de onde foram extraídas as conceituações técnicas, bem como os principais fatores e processos envolvidos para um breve entendimento técnico sobre o assunto. Sendo assim, depois de executado o estudo bibliográfico do trabalho, foi selecionada uma empresa no ramo de tintas que possui em seu processo produtivo o tolueno como matéria-prima. Após a escolha da empresa realizou-se visita para levantamento e coleta de dados. De acordo com os valores dos níveis de ruído setoriais obtidos no PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), foram escolhidos três tipos de populações para comparação de dados, sendo elas: População A - exposta somente ao ruído; População B - exposta a ruído e tolueno; População C - exposta somente ao tolueno. Foram solicitados, ao departamento de saúde ocupacional da empresa, os exames audiométricos, de uma amostra aleatória de 50% de cada população considerada, devido o atendimento dos critérios de amostragem, sendo tal critério adotado, a escolha dos funcionários com: mais de 01 ano de empresa, idade superior à 20 anos e do sexo masculino. Estas informações foram dispostas em tabelas para visualização e validação da população segundo tais critérios estabelecidos. Em outra tabela, foram elencados os valores do nível de pressão sonora em cada setor, fornecido no PPRA (Programa de Prevenção dos Riscos Ambientais), referente às populações escolhidas. Para unificar as informações acima descritas, criou-se nova tabela comparativa com os dados referentes à população, exposição ao ruído, exposição ao tolueno, exposição ao ruído e ao tolueno e a existência de perda auditiva, para a quantificação da percentagem dos funcionários que apresentaram perdas auditivas em cada população.

3.1 Dados da Empresa

A Indústrias Químicas FGP (nome fictício), possui em seu principal ramo de atividade a fabricação de tintas, vernizes, esmaltes e derivados.

A empresa é dividida em setores administrativos (Diretoria, Departamento Comercial e Departamento Pessoal) e setores fabris (Estoque e embalagem de gesso, Controle de Produção, Laboratório, Expedição, Fabricação e Envase de Thinners e Massa Corrida, Envase de Tintas, Manutenção).

3.2 Uso de Tolueno

A empresa FGP utiliza o tolueno em seu processo produtivo, devido a sua alta pureza aromática, seu elevado poder de solvência e volatilidade moderada. O Tolueno é utilizado como matéria-prima na fabricação de Thinners. De acordo com informações fornecidas pela empresa, o volume médio é de 20.000 (vinte mil) litros de tolueno por mês.

3.3 Descrição das Populações

Sugerindo o potencial de perda auditiva, levando em consideração o sinergismo entre ruído e tolueno, tomou-se como metodologia a escolha de três situações distintas na mesma empresa. Portanto, primeiramente optou-se pela análise de trabalhadores expostos somente ao agente ruído, buscando-se o enfoque de riscos auditivos em específico.

O primeiro setor escolhido foi o de empacotamento de gesso, que realiza o empacotamento e o armazenamento de gesso em pó. Tal setor se encontra em um ambiente considerado ruidoso, isto é, que pode gerar perda auditiva em alguns funcionários que exercem suas atividades neste local. Na tabela a seguir foram transcritos os dados da população em questão, que é composta de uma amostra de 06 funcionários identificados com a letra "A" de 01 a 06.

Tabela 3 – Relação e informações dos funcionários pertencentes à população A

Funcionário	Função	Data de nascimento	Data de admissão	Última audiometria realizada
A1	Operador de máquina	02/06/1972	01/08/2006	17/01/2008
A2	Operador de máquina	15/08/1975	01/07/2006	10/03/2008
A3	Encarregado do setor de empacotamento de gesso	24/01/1981	01/10/2002	17/01/2008
A4	Encarregado do setor de empacotamento de gesso	25/08/1960	01/04/1999	17/01/2008
A5	Operador de máquina	25/08/1960	20/04/1984	10/03/2008
A6	Auxiliar de manutenção	21/12/1986	16/01/2006	12/01/2008

Valores obtidos após análise da última audiometria (ANEXO 1) realizada pelos funcionários desta população estudada

Outro setor considerado para a análise do efeito sinérgico entre ruído e tolueno foi o setor de envase de thinners. Este setor possui em seu processo produtivo, como matéria-prima, o uso de tolueno, e devido o uso de máquinas centrífugas para mistura dos produtos químicos, há inclusive, a presença de ruído. Na tabela a seguir foram transcritos os dados da população em questão, que é composta de uma amostra de 05 funcionários identificados com a letra "B" de 01 a 05.

Tabela 4 – Relação e informações dos funcionários pertencentes à população B

Funcionário	Função	Data de nascimento	Data de admissão	Última audiometria realizada
B1	Colorista	09/01/1974	01/08/2006	17/01/2008
B2	Supervisor	01/09/1966	29/03/2007	10/03/2008
B3	Oficial mecânico	14/09/1954	02/09/2002	12/01/2008
B4	Operador de máquina	07/11/1977	13/01/2005	17/01/2008
B5	Ajudante geral	06/03/1954	14/02/2005	12/01/2008

Valores obtidos após análise da última audiometria (ANEXO 2) realizada pelos funcionários desta população estudada

O último grupo analisado foi identificado como grupo controle, que não está exposto consideravelmente ao agente ruído, nem ao produto químico tolueno. O grupo controle está locado no laboratório e na tabela a seguir foram transcritos os dados da população em questão, que é composta de uma amostra de 04 funcionários identificados com a letra "C" de 01 a 04.

Tabela 5 – Relação e informações dos funcionários pertencentes à população C

Funcionário	Função	Data de nascimento	Data de admissão	Última audiometria realizada
C1	Auxiliar de laboratório	26/08/1976	08/11/2004	12/01/2008
C2	Supervisor de laboratório	29/04/1968	08/11/2004	10/03/2008
C3	Analista químico	24/06/1972	01/04/2003	10/03/2008
C4	Conferente	25/08/1960	01/04/1999	17/01/2008

Valores obtidos após análise da última audiometria (ANEXO 3) realizada pelos funcionários desta população estudada

3.4 Níveis de Pressão Sonora das Populações

Conforme metodologia apresentada, foram recolhidos do PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) os níveis de pressão sonora setorialmente em cada população e dispostos na tabela a seguir juntamente com o tempo máximo de exposição permitida sem o uso de EPI (Equipamento de Proteção Individual).

Tabela 6 – Níveis de pressão sonora dos setores relativos às populações A B C

Setor	Nível de Ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível* (Anexo nº 1, NR 15)	Limite de Tolerância (08 horas/dia)
Empacotamento de gesso (População A)	88	5 horas	85
Envase de Thinners (População B)	76	8 horas	85
Laboratório (População C)	64	8 horas	85

As medições dos níveis de pressão sonora foram transcritas do PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) executado pela empresa.

*Sem uso de EPI

4. Resultados e Discussões

Para obtenção de valores comparativos entre as populações, criou-se tabela consolidando as informações coletadas e suas interações na gênese de perda auditiva ocupacional, para criação de parâmetros numéricos.

4.1 Análise Comparativa

A tabela 08 apresenta demonstrativo das populações, fornecendo informações necessárias para avaliação e comparação dos valores, de perdas auditivas em caráter leve, moderado, de acordo com os exames audiométricos, analisados e interpretados pelo departamento de saúde ocupacional da empresa. Também descrito nesta tabela, os níveis de pressão sonora em que as populações se encontram, bem como a exposição por tolueno, jornada de trabalho e os equipamentos de proteção individual utilizados pelos funcionários de cada população conforme PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), com o intuito de caracterização de amenização da exposição aos agentes.

Os valores percentuais obtidos de perdas leves foram: População A (33,3%), Poulção B (40%) e População C (25%). Os valores de perda moderada foram: População A (16,7%), População B (40%) e População C (0%). Também foi mensurado o percentual de trabalhadores por população que não sofreram perdas auditivas, sendo estes: População A (50%), População B (20%) e População C (75%). Com estes dados numericamente expostos, deve-se relevantemente relacionar o uso de EPI (Equipamento de Proteção Individual) utilizados pelos funcionários, bem como o tempo de trabalho de cada funcionário, seus antecedentes ocupacionais e a susceptibilidade de cada indivíduo.

Tabela 7 – Comparação entre as populações com foco em perdas auditivas

	População A	População B	População C
Número da população	06	05	04
Setor da população	Empacotamento de gesso	Envase de thinners	Laboratório
Nível de ruído no setor	88 dB (A)	76 dB (A)	64 dB (A)
Exposição ao Tolueno	Não	Sim	Eventual
Jornada de trabalho da população	08 horas diárias	08 horas diárias	08 horas diárias
Equipamento de Proteção Individual utilizados	Protetor auricular de inserção, óculos de segurança, máscara respirador e purificador de ar e luva de segurança	Óculos de segurança, máscara respirador e purificador de ar e luva de segurança	Óculos de segurança e luva de segurança
Perda auditiva leve (%)	33,3%	40%	25%
Perda auditiva moderada (%)	16,7%	40%	0%
Sem perda auditiva (%)	50%	20%	75%
Total de perdas auditivas (%)	50%	80%	25%

Valores obtidos através de consolidação de informações referentes às populações.

4.2 Análise Crítica das Normas Brasileiras

No Brasil, a legislação trabalhista não exige a realização de audiometrias periódicas em trabalhadores expostos a produtos químicos, somente para trabalhadores expostos ao ruído. O anexo nº 11, da Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres apresenta um limite de tolerância para a concentração semanal de tolueno no ambiente de trabalho, entretanto, tal valor de referência não abrange parâmetros de limites para perdas auditivas para o solvente orgânico tolueno. Variantes como: a suscetibilidade individual e seu caráter de exposição, que raramente se apresenta sozinha, ou seja, o tolueno é comumente encontrado em conjunto com outros produtos químicos volatilizados no ar. É necessário também analisar a dificuldade encontrada em relacionar os valores de ruído dB(A) e de tolueno (ppm) juntamente com a jornada de trabalho e estabelecer um único limite de tolerância consideravelmente seguro para tal exposição combinada. Criticamente, podem representar um vazio em nossa legislação, que de acordo com Morata (1997), a não existência dos parâmetros para exposições combinadas entre agentes impõe a necessidade de estudos adicionais neste setor. Tais estudos deveriam desenvolver um padrão de procedimentos para avaliar as funções auditivas, determinar o efeito da exposição a solventes a concentrações comumente encontradas nas indústrias e aos efeitos interativos entre solventes e ruído na função auditiva do trabalhador.

5 Conclusão

A análise comparativa entre as exposições diferenciadas nas populações estudadas, em especial a população "B", demonstrou indícios sobre a ototoxicidade e a interação sinérgica entre ruído e tolueno, que mesmo exposta a ruído abaixo dos limites de tolerância descritos no Anexo nº 1, da Norma Regulamentadora 15, apresentou perda auditiva percentualmente mais elevada do que os da população "A" e "C", o que nos leva a crer que a presença de tolueno neste ambiente de trabalho potencializou esse índice elevado. Entretanto, a população "A", exposta a níveis de ruído superiores aos estabelecidos na referida norma, não estando exposta ao tolueno, apresentaram perda significativamente menor em relação à população "B". Acredita-se que o uso de proteção auditiva neste setor, bem como a ausência de solventes orgânicos, tenha colaborado para a redução de disfunções auditivas nesta população. Na população "C" não houve perdas auditivas significantes, somente perdas leves, devido à ausência de exposição elevada aos dois agentes.

Em suma, devido a não existência de parâmetros para imposição de limites de exposição para efeitos ototóxicos destes solventes químicos, conclui-se que, é necessário um monitoramento audiométrico destes trabalhadores expostos a solventes orgânicos em combinação com o ruído, independentemente do nível de ruído ao qual se encontram expostos e de acordo com indicações dos profissionais da área de Saúde Ocupacional.

6 Referência Bibliográfica

AZEVEDO, A.P. 2004. **Efeito de produtos químicos e ruído na gênese ocupacional**. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Fundação Oswaldo Cruz.

BERTONCELLO, L. 1999. **Efeitos da exposição ocupacional a solventes orgânicos, no sistema auditivo**. Monografia de conclusão de curso de especialização, Porto Alegre: Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica.

BRASIL, 1978. **Ministério do Trabalho – Portaria nº 3214, de 08 de junho de 1978**. (Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. In: Manuais de Legislação ATLAS).

BRASIL, 1998a. **Ministério do Trabalho-Portaria nº 19, de 09 de abril de 1998**. Diretrizes e Parâmetros Mínimos para Avaliação e Acompanhamento da Audição em Trabalhadores Expostos a Níveis de Pressão Sonora Elevados. DOU de 22/04/1998.

BRASIL, 1998b. **Ministério da Previdência e Assistência Social. OS/INSS no 608, de 05/08/1998**- Aprova Norma Técnica sobre Perda Auditiva Neurossensorial por Exposição Continuada a níveis de Pressão Sonora de origem ocupacional. Brasília. DOU de 19/08/1998.

BRITO, V.P., 1999 - **Incidência de perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores de uma fábrica**. Monografia de conclusão do curso de especialização em Audiologia Clínica, Goiás: Centro de especialização em fonoaudiologia clínica.

FOSTER, L. M. K.; TANNHAUSER, M. & TANNHAUSER, S. L., 1994. **Toxicologia do tolueno: aspectos relacionados ao abuso**. *Revista de Saúde Pública*, 28(2): 167-172.

GERGES, N.Y., **Exposição ocupacional a ruído e tolueno - Os efeitos nocivos da combinação ruído + tolueno**, Revista Acústica & Vibrações 12 Ed, 1993.

LIMA, D. P. **Programa de Implante Coclear**, Otocentro, 2008, Rio Grande do Norte. Hospital do Coração. Disponível em:
<<http://www.otocentro.com.br>>. Acesso em 02 de maio de 2008.

MELNICK W., 1999. **Saúde auditiva do trabalhador**. In: **Tratado de audiologia clínica** (KATZ, J., org.), pp. 529-547, São Paulo: Manole.

MORATA, T.C., 1986. **Saúde do trabalhador: estudo sobre a exposição simultânea a ruído e dissulfeto de carbono**. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

MORATA, T.C.; DUNN, DE; SIEBER, K.W. – Perda auditiva e a exposição ocupacional a agentes ototóxicos. Em: NUDELMANN, A.A.; COSTA, E.A.; SELIGMAN, J.; IBAÑEZ, R.N. orgs. **PAIR: perda auditiva induzida pelo ruído**. Porto Alegre, Bagagem Comunicação, 1997. p. 189-201.

PEREIRA, D.A., **Solventes ototóxicos: efeitos do tolueno e estireno na perda auditiva**, Revista Universitas Ciências da Saúde, vol 1 – p. 01-12

QUEIROZ, G.A.S., 2005. ototoxicidade. In: SEMINÁRIO ORL, 50 ,2005, São Paulo: Fundação Otorrinolaringologia

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2006. 59 Ed. São Paulo: Atlas. (Manuais de Legislação Atlas).

SELIGMAN, J., 1997, **Sintomas e sinais na PAIR**. In: **PAIR: perda auditiva induzida pelo ruído** (Nudelmann, A.A., Costa, E.A, Seligman, J. & Ibañez, R.,orgs.), pp. 143-151, Porto Alegre: Bagaggen Comunicação.

SOUZA, M.M.; BERNARDI, A.P.; Ototoxicidade dos produtos químicos: enfoque ocupacional, 2001, Publicação, Porto Alegre: Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica.

SOUZA, M.T. 1994. **Efeitos auditivos provocados pela interação entre ruído e solventes. Uma abordagem preventiva em audiologia voltada à saúde do trabalhador**. Dissertação de Mestrado, São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.

TLVs e BELs, 2005. ACGIH. American Conference of Governamental Industrial Hygienists. Tradução realizada pela ABHO – Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais.

VILELA, A. L.M. **O Mecanismo da audição**, Anatomia e Fisiologia Humanas. Sistema sensorial, Maio 2008, disponível em: <<http://www.afh.bio.br/sentidos/Sentidos4.asp>>. Acesso em 02 mai. 2008

ANEXO 1

Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - P.C.M.S.O.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS FGP

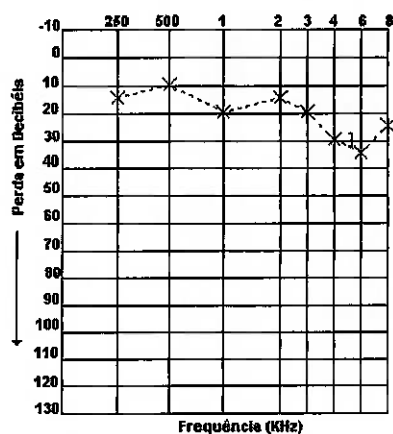
Funcionário: A1

Cargo: Ajudante Geral - Empacotamento

Atestado Audiométrico: PERIÓDICO

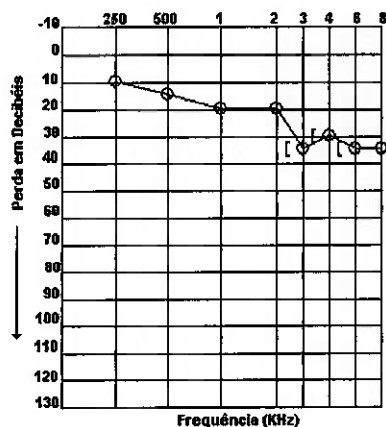
Atesto para os devidos fins que A1, foi por mim examinado em 17/01/2008 tendo sido considerado Normal.

ORELHA DIREITA



	VIA AÉREA	VIA ÓSSEA
S/MASCARAMENTO	X	>
C/MASCARAMENTO	□	]
S/RESPOSTA & S/MASCARAMENTO	X ₂	> ₂
S/RESPOSTA & C/MASCARAMENTO	□ ₂	]

ORELHA ESQUERDA



	VIA AÉREA	VIA ÓSSEA
S/MASCARAMENTO	o	<
C/MASCARAMENTO	△	]
S/RESPOSTA & S/MASCARAMENTO	o ₂	< ₂
S/RESPOSTA & C/MASCARAMENTO	△ ₂	]

V. C.G.

Fonoaudiólogo Responsável

ANEXO 2

Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - P.C.M.S.O.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS FGP

Funcionário: B1

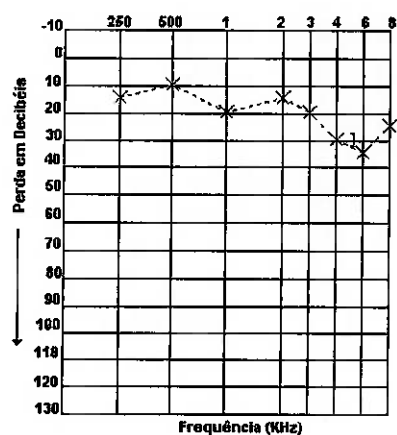
Cargo: Operador de Máquina

Atestado Audiométrico: PERIÓDICO

Atesto para os devidos fins que B1., foi por mim examinado em 16/02/2008 tendo sido considerado Alterada.

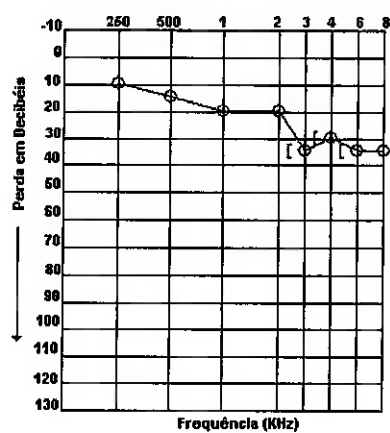
Diagnóstico: Disacusia neurosensorial de grau moderado bilateral

ORELHA DIREITA



	VIA AÉREA	VIA ÓSSEA
S / MASCARAMENTO	X	>
C / MASCARAMENTO	□	]
S / RESPOSTA & S / MASCARAMENTO	X ₂	2
S / RESPOSTA & C / MASCARAMENTO	□ ₂	]

ORELHA ESQUERDA



	VIA AÉREA	VIA ÓSSEA
S / MASCARAMENTO	o	<
C / MASCARAMENTO	△	]
S / RESPOSTA & S / MASCARAMENTO	o ₂	2
S / RESPOSTA & C / MASCARAMENTO	△ ₂	]

V. C.G.

Fonoaudiólogo Responsável

ANEXO 3

Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - P.C.M.S.O.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS FGP

Funcionário: C2

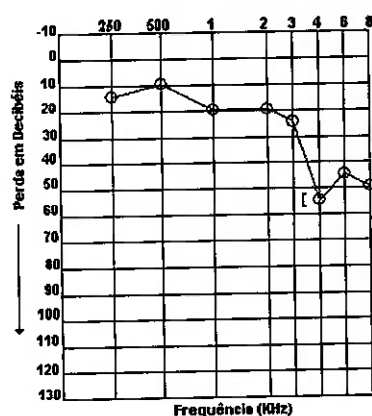
Cargo: Supervisor de Produção - Controle

Atestado Audiométrico: PERIÓDICO

Atesto para os devidos fins que C2, foi por mim examinado em 10/03/2008 tendo sido considerado Alterado.

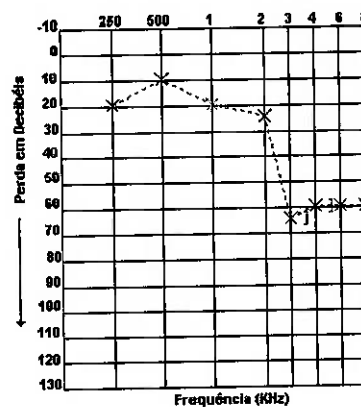
Diagnóstico: Disacusia neurosensorial de grau leve unilateral

ORELHA DIREITA



	VA AÉREA	VA ÓSSEA
S/MASCARAMENTO	○	<
C/MASCARAMENTO	△	]
S/RESPOSTA & S/MASCARAMENTO	⊙	⋈
S/RESPOSTA & C/MASCARAMENTO	⊕	⋇

ORELHA ESQUERDA



	VA AÉREA	VA ÓSSEA
S/MASCARAMENTO	x	>
C/MASCARAMENTO	□	]
S/RESPOSTA & S/MASCARAMENTO	⊗	⋈
S/RESPOSTA & C/MASCARAMENTO	⊕	⋇

V. C.G.

Fonoaudiólogo Responsável