

UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

WILLIAM CESAR BURLANI

AVALIAÇÃO E CONTROLE DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO PARA TRABALHADORES
EM TURBINAS A GÁS DE AERONAVES

São Paulo

2012

WILLIAM CESAR BURLANI

AVALIAÇÃO E CONTROLE DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO PARA TRABALHADORES
EM TURBINAS A GÁS DE AERONAVES

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-graduação Lato Sensu da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

ORIENTADORA: Dr.^a YARA MARIA BOTTI MENDES DE OLIVEIRA

São Paulo

2012

RESUMO

Os trabalhadores de unidades de manutenção de aeronaves habitualmente estão expostos a níveis sonoros mais elevados que o permitido em lei. Visando a grande responsabilidade que um Engenheiro de Segurança do Trabalho tem com a promoção e preservação da saúde e integridade física dos trabalhadores, este trabalho teve a intenção de auxiliar no cumprimento das exigências legais para promover um ambiente seguro e controlado buscando um maior envolvimento dos conhecimentos técnicos diante à realidade vivida pelos trabalhadores em seu ambiente profissional. Foram abordados os conhecimentos com qualificação necessária ao profissional, para que o resultado final fosse um documento para fins acadêmicos imparcial, de credibilidade e principalmente, contribuinte no controle e melhoria do ambiente de trabalho em questão.

Palavras-chave: Manutenção. Responsabilidade. Resultado.

ABSTRACT

Workers of aircraft maintenance units usually are exposed to noise levels higher than allowed by law. Aiming at the great responsibility that a Safety Engineer has with the promotion and preservation of health and physical integrity of workers, this work intended to aid to compliance with legal requirements to promote a safe and controlled environment looking for a greater involvement of knowledge technical on the reality experienced by workers in their professional environment. Were addressed with the knowledge necessary to professional skills, so that the end result was a paper for academic purposes impartial, credible and especially contributor in control and improvement of the work environment in question.

Keywords: Maintenance. Responsibility. Result.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agencia Nacional de Aviação Civil
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
GE	<i>General Electric</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
NE	Nível de Exposição
NEN	Nível de Exposição Normalizado
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NR	Norma Regulamentadora
NRR	<i>Noise Reduction Rating</i>
NRRsf	<i>Noise Reduction Rating Subject Fit</i>
PAIR	Perda Auditiva induzida pelo Ruído
PCA	Programa de Conservação Auditiva
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PNAC	Política Nacional de Aviação Civil
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PZR	Plano de Zoneamento de Ruído
SESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
1.1	OBJETIVOS.....	7
1.2	JUSTIFICATIVA.....	7
1.3	METODOLOGIA.....	8
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	9
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	10
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
3.1	RUÍDO E EFEITOS NA SAÚDE.....	12
3.1.1	Som e Ruído.....	12
3.1.2	Tipos de Ruído.....	13
3.1.3	Efeitos do Ruído na Saúde.....	13
3.2	PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO AUDITIVA (PCA).....	15
3.3	MOTOR A REAÇÃO COMO FONTE DE RUÍDO.....	16
3.4	EVOLUÇÃO DOS MOTORES AERONÁUTICOS.....	18
3.5	PROTETORES AUDITIVOS.....	20
3.5.1	Tipos de Protetores Auditivos.....	20
3.5.2	Atenuação dos protetores auditivos.....	23
3.6	DUPLA PROTEÇÃO AUDITIVA.....	24
3.7	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO.....	25
4	EXPOSIÇÃO AO RUÍDO NA ROTINA DO TRABALHADOR.....	27
4.1	DESVELANDO O COTIDIANO.....	27
4.2	MEDIÇÕES DE RUÍDO.....	27
5	ANÁLISE E RECOMENDAÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE.....	29
5.1	ESCOLHA DO PROTETOR AUDITIVO.....	29
5.1.1	Escolha do Protetor pelo NEN.....	29
5.1.2	Escolha do Protetor pelo pico de medição máximo de ruído.....	31
5.1.3	Escolha de dupla Proteção Auditiva.....	32
5.2	MUDANÇA COMPORTAMENTAL.....	34
6	CONCLUSÕES.....	35
	REFERÊNCIAS.....	37

1 INTRODUÇÃO

A fim de preservar a saúde e integridade física dos trabalhadores, este estudo teve a intenção de avaliar e proporcionar um ambiente salubre para trabalhadores expostos ao ruído de Turbinas a Gás de Aeronaves.

Embora a exposição ao ruído possa causar diversos efeitos nocivos à saúde como estresse, irritabilidade, hipertensão arterial entre outras, este trabalho visou especificamente a avaliação do ambiente de trabalho.

Este assunto foi amplamente abordado, buscando a difusão dos conhecimentos sobre som e ruído, efeitos do ruído na saúde, teoria e evolução dos motores aeronáuticos, limites de tolerância, equipamento de proteção individual e medidas de controle. Portanto, foram abordados os conhecimentos necessários a fim de que o resultado final tenha sido um documento acadêmico contribuinte no controle e melhoria do ambiente de trabalho.

1.1 OBJETIVOS

a) Objetivo geral

Analisar os níveis de ruído e propor um ambiente seguro e controlado para trabalhadores exercendo atividades próximas ou em turbinas a gás de aeronaves.

b) Objetivos específicos

Avaliar os níveis de ruído em turbinas a gás;

Ponderar os níveis de ruído considerando os limites de tolerância;

Propor medidas para promover a proteção do trabalhador.

1.2 JUSTIFICATIVA

O trabalho do técnico de manutenção de aeronaves se insere no processo de produção do transporte aéreo assegurando que a aeronave e seus componentes estejam em plenas condições de voo. Por isso, a atividade do técnico implica em exercer uma atividade em que não há lugar para erros. Trata-se de uma atividade em que o risco faz parte do cotidiano.

Desta forma o trabalhador necessita de condições ideais de trabalho. O ruído por sua vez somado a pressão e ao ritmo de trabalho contribuirá para a construção de um cenário potencialmente perigoso desta atividade.

Para a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), o tema ruído é de extrema importância para o transporte aéreo, pois está diretamente ligado às emissões de gases poluentes na atmosfera. Quanto maior a emissão de gases, conseqüentemente maior será o ruído gerado (ANAC, 2012).

1.3 METODOLOGIA

A fundamentação teórica foi baseada na literatura pertinente. Foram apresentados conhecimentos teóricos sobre som e ruído, assim como o mecanismo da audição e as conseqüências da exposição a níveis elevados de ruído.

Para simplificar a nomenclatura, as Turbinas a gás aeronáuticas foram tratadas a partir deste momento por Motores a Reação que é o termo mais comumente usado para este componente (HOMA, 2011).

O estudo de campo contemplou os motores a reação instalados em aeronaves de grande porte que operam nos aeroportos brasileiro. Os dados foram coletados por meio de pesquisa documental e por observação do pesquisador.

Os Motores a reação foram apresentados a fim de promover conhecimento sobre princípios básicos de funcionamento, operação e demonstrar a fonte de ruído.

Em campo foram utilizadas medições dos níveis de ruído oriundos de motores a reação. Tais medições foram fornecidas por uma empresa de transporte aéreo Brasileira a qual solicitou sigilo. Por este motivo, a proposta de pesquisa foi submetida à Comissão de Ética da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie e aprovada. O documento está de posse do pesquisador.

Os valores de medição foram analisados e comparados com os limites de tolerância estabelecidos por lei. Depois de comparados, foi constatado que tais níveis excederam os limites estabelecidos pelas Normas aplicáveis. Foram feitas análises a fim de adotar medidas preventivas e/ou corretivas para reduzir a exposição do trabalhador ao ruído.

As medidas preventivas foram propostas através de mudança comportamental dos trabalhadores e conscientização sobre o uso de equipamento de proteção individual (EPI).

As medidas corretivas foram propostas através da utilização de EPIs compatíveis com as atividades dos trabalhadores.

Foram utilizadas observações do pesquisador que exerceu a função de Técnico de Manutenção de Aeronaves por mais de 13 anos para o auxílio na avaliação do ambiente assim como na composição de um ambiente de trabalho mais seguro.

Foi demonstrada a evolução dos motores a reação a fim de elucidar a redução de emissão de ruídos dos motores a reação com o decorrer do tempo.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

A Introdução contemplou os objetivos gerais e específicos, justificativa, metodologia e contextualização do tema. Ainda na justificativa foi demonstrada a necessidade de avaliação assim como a necessidade de propor um ambiente de trabalho seguro e controlado para trabalhadores que exercem atividades próximas ou em Motores a reação. Foi mencionada a metodologia utilizada e o estado da arte proporcionando conhecimento atual deste assunto.

A Revisão da Literatura apresentou um breve histórico sobre a exposição ao ruído assim como os principais tópicos para a familiarização dos assuntos a serem detalhados nos próximos capítulos. Foram apresentados os conceitos sobre ruído e efeitos na saúde. Também foram apresentados conceitos sobre protetores auditivos e seus principais modelos para posteriormente aplicá-los no capítulo quatro e cinco sobre exposição ao ruído e medidas de controle respectivamente. A perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) assim como suas características também foram abordadas na Fundamentação Teórica.

A Fundamentação Teórica forneceu as características de atenuação dos protetores auditivos, recomendação da dupla proteção auditiva e apresentou os conceitos básicos de Motores a Reação a fim de demonstrar a fonte geradora de ruído. Os limites de tolerância, teoria sobre levantamento de ruído, programa de conservação auditiva e evolução dos motores aeronáuticos encerraram a Fundamentação Teórica.

O cotidiano do trabalhador foi desvelado no capítulo quatro sobre exposição ao ruído na rotina do trabalhador para que juntamente com as medições de ruído dispostas neste mesmo capítulo fossem comparadas e analisadas detalhadamente no capítulo seguinte a fim de adotar medidas de controle onde o trabalhador é submetido aos elevados níveis de ruído.

As conclusões assim como sugestões para futuras pesquisas foram demonstradas no capítulo seis.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Foi divulgado pela Agencia Nacional de Aviação Civil (ANAC) o Decreto 6.780, de 18 de Fevereiro de 2009 que aprovou a política nacional de aviação civil (PNAC) englobando um conjunto de diretrizes e estratégias que norteiam o planejamento das instituições responsáveis pelo desenvolvimento da aviação civil brasileira, estabelecendo objetivos e ações estratégicas para esse setor, integrando-se ao contexto das políticas nacionais brasileiras e estimulando a redução dos níveis de ruídos de motores das aeronaves.

Conforme o Decreto 6.780. (BRASIL, 2009, p.3),

Minimizar os efeitos prejudiciais da aviação civil sobre o meio ambiente é dever de todos, principalmente dos órgãos, entidades e pessoas vinculadas a aviação, particularmente no que diz respeito ruídos [...] dos motores das aeronaves. Estimular a adoção de mecanismos visando atenuar tais efeitos é ação que se faz necessária para a proteção do meio ambiente.

A ideia geral da PNAC consistiu em incentivar a redução dos níveis de ruídos dos motores das aeronaves, estabelecendo como ação específica a redução dos impactos adversos provocados pelo ruído aeronáutico e emissões de gases de motores das aeronaves no meio ambiente e adotar medidas mitigadoras de acordo com os interesses nacionais.

A ANAC realizou uma audiência pública sobre os Planos de Zoneamento de Ruído (PZR), para debater as normas sobre o ruído causado pelas operações de aviação nos aeroportos. A ideia foi substituir regras estabelecidas em uma portaria de 1987 por normas atualizadas. Foram sugeridas restrições ao uso do solo em áreas próximas a aeroportos com o objetivo de conter a expansão imobiliária em regiões que sofrem com ruídos de aviões e evitar desgastes como os que atualmente ocorrem com Congonhas, na Zona Sul de São Paulo, cuja vizinhança luta para limitar os horários de operação. O PZR teve por objetivo estabelecer a representação geográfica da área que sofre impacto do ruído aeronáutico dos terminais aéreos. Segundo a agência, esse instrumento ajuda a promover o desenvolvimento dos terminais em harmonia com as comunidades vizinhas. A ANAC explica que um dos principais fatores que estimulou a revisão da metodologia foi o avanço tecnológico das aeronaves.

Segundo Wu Y (2008), os trabalhadores que desenvolvem atividades de manutenção aeronáutica expostos a níveis elevados de ruído necessitam de proteção auditiva adequada, caso contrário terão uma perda auditiva irreversível. Inicialmente, pode ocorrer perda auditiva temporária, isto é, um efeito de curto prazo da redução na sensibilidade auditiva, que retorna gradualmente ao normal depois de cessada a exposição. Entretanto, através da exposição

continuada sem o uso da devida proteção auditiva ocorrerão alterações permanentes do limiar de audição denominada Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR).

Para a Fundacentro (2010, p.1) “[...] a exposição a ruído excessivo pode ocasionar perda da audição [...] passageira ou irreversível decorrente de fatores como a intensidade, tempo de exposição ao longo da jornada e suscetibilidade individual”.

Quanto aos efeitos extra-auditivos induzidos pelo ruído, podem ocorrer problemas psicológicos e fisiológicos, distúrbios de comunicação, do sono, circulatórios e comportamentais. Também são diagnosticadas alterações na atenção e concentração mental, no ritmo respiratório e cardíaco. Há aumento da irritabilidade e perturbações no trabalho, que acabam alterando o rendimento do trabalhador.

Para se resguardarem dos danos causados pelo ruído no ambiente laboral, os trabalhadores devem ser orientados e capacitados sobre os efeitos da exposição e que resultados negativos o ruído provoca na sua qualidade de vida. As empresas devem criar procedimentos para auxiliar na redução da exposição ao agente emissor do ruído: a aplicação, os cuidados e as limitações do uso de protetores auditivos e as medidas e programas de controle da exposição, tais como o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). (FUNDACENTRO, 2010, p.1)

Segundo Itani (2012), a preocupação com o ambiente de trabalho assim como os riscos ao que os trabalhadores são expostos não é recente e tem sido reforçada, considerando os problemas observados nos ambientes de trabalho, os quais resultam em danos e agravos à saúde do trabalhador causando afastamentos e diminuição da qualidade de vida. A compreensão dos riscos e das condições de trabalho apresenta-se sempre como uma problemática que requer análise cuidadosa. “Apenas com avanços nesses estudos é que se pode contribuir para a prevenção de danos à saúde, eliminação e redução de riscos, promoção da saúde e melhoria da qualidade das relações de trabalho” (ITANI, 2012, p.2).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica a seguir teve a intenção de agregar conhecimentos sobre ruído e seus efeitos na saúde, teoria sobre proteção e conservação auditiva, conhecimentos sobre o motor a reação e sua evolução, e também a metodologia utilizada na medição e avaliação do ruído.

3.1 RUÍDO E EFEITOS NA SAUDE

O trabalhador exposto em um ambiente insalubre como, por exemplo, com a presença de ruídos elevados pode vir a desenvolver uma doença que o incapacitará para o trabalho. Se isso acontecer, ele será afastado, tratado e retornará ao trabalho. Se o ambiente de seu trabalho não for modificado, provavelmente ele voltará a ficar doente. Por este motivo o ambiente precisa ser tratado, ou seja, tratar a causa e não a consequência (BREVIGLIERO; POSSEBON; SPINELLI, 2010).

3.1.1 Som e Ruído

Define-se como Som qualquer conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas.

Conforme Brevigliero, Possebon e Spinelli (2010), o ruído é um fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variação de pressão (no caso, ar) em função da frequência, isto é, para uma dada frequência podem existir, em forma aleatória através do tempo, variações de diferentes pressões.

Do ponto de vista da física, ruído é, por definição, a variação de pressão sonora sob a forma de ondas mecânicas, que representam oscilações dos sistemas materiais elásticos. Elas podem ser descritas como variações da pressão atmosférica, originando vibrações ou turbulências. Essas oscilações propagadas no ar podem constituir-se em estímulos para o nosso organismo e que poderá causar um efeito desagradável.

O agente ruído constitui um dos maiores riscos para a saúde dos trabalhadores.

3.1.2 Tipos de Ruído

Os ruídos podem ser classificados das seguintes formas (BREVIGLIERO; POSSEBON; SPINELLI, 2010):

a) Ruído contínuo

Permanece estável com variações máximas de 3 a 5 dB(A) durante um longo período como por exemplo o ruído originado pelo motor a reação das aeronaves.

b) Ruído intermitente

É um ruído com variações, maiores ou menores de intensidade em períodos muito curtos. Exemplo: alarmes.

c) Ruído de impacto

Apresenta picos com duração menor de 1 segundo, a intervalos superiores a 1 segundo. Exemplo: o disparo de armas de fogo ou explosões em pedreiras.

3.1.3 Efeitos do Ruído na Saúde

Os efeitos auditivos no organismo causados pelo ruído podem ser apresentados das seguintes formas:

a) Deslocamento temporário do limiar auditivo

O deslocamento temporário ocorre devido a fadiga auditiva após uma exposição prolongada a níveis elevados de ruído, considerando tempo de exposição, intensidade e frequência do ruído, mas que se recupera após um período de descanso.

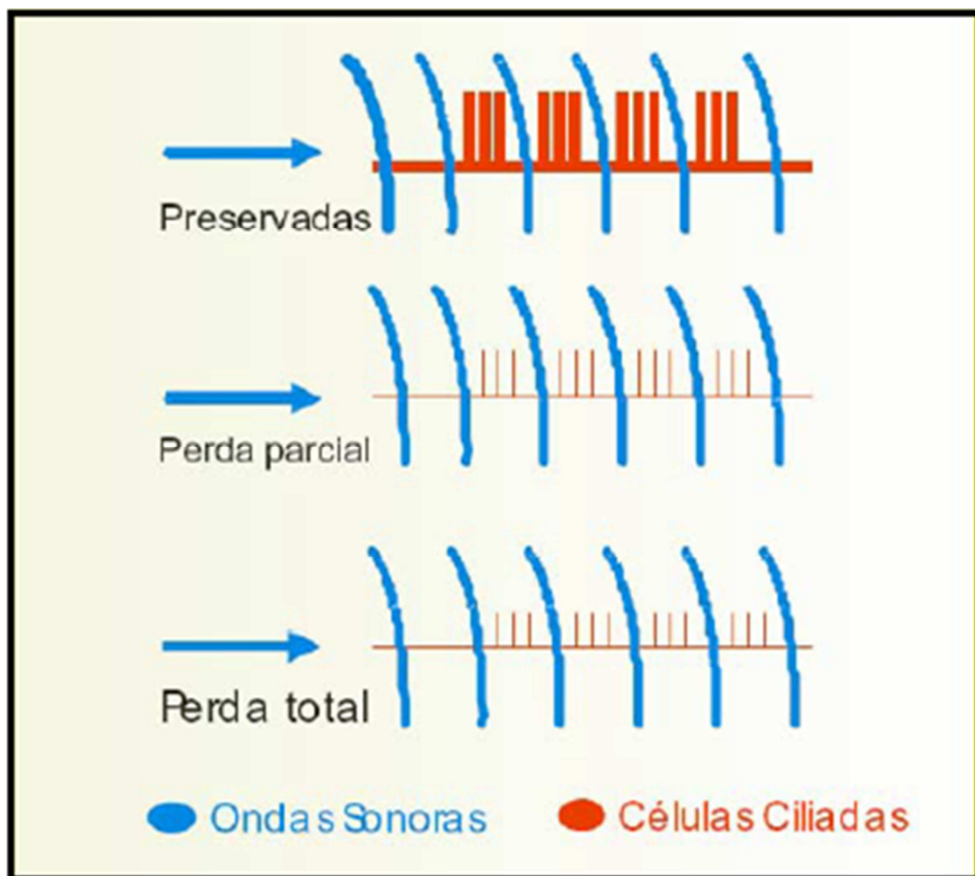
b) Surdez Profissional causada pela Perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR)

A Surdez Profissional causada pela PAIR pode acontecer repentinamente com perda súbita de audição devido a exposição à níveis elevados de ruído, geralmente acompanhado de um zumbido onde pode ocorrer sangramento devido ao rompimento do tímpano ou danos na cadeia ossicular. Pode ser também neurossensorial, quando ocorre a destruição das células ciliadas de Corti.

Quando neurossensorial é indolor, gradual e seus sinais são quase imperceptíveis apresentando zumbidos durante ou após a exposição a elevados níveis de ruído, dificuldade em manter conversação em tom normal e sensação dos sons estarem abafados. A perda neurossensorial apresenta perda em torno da frequência de 4000 Hz (*Hertz*).

Com a destruição das células ciliadas (Desenho 01) a orelha interna perde a capacidade de transformar as ondas sonoras em impulsos nervosos e, conseqüentemente, é o fim da audição.

Desenho 01 – Destruição das Células Ciliadas



Fonte: Bastos (2005, p.33)

3.2 PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO AUDITIVA (PCA)

De acordo com Breviglieri, Possebon e Spinelli (2010), o PCA pode ser definido como um conjunto de medidas que têm o objetivo de impedir e/ou prevenir a perda auditiva em determinado grupo de trabalhadores.

Para que o PCA seja satisfatório, é necessário um trabalho em conjunto entre vários departamentos da empresa como, por exemplo, engenharia, medicina e manutenção.

Para a implantação do PCA as seguintes etapas devem ser seguidas:

a) Objetivos

Estabelecer o público alvo e qual o objetivo do programa, considerando a área de atuação e fatores administrativos, como mudança comportamental devido trabalho sob escala de revezamento, análise de riscos, metodologia, estratégias de melhoria e a divisão de responsabilidades.

b) Monitoramento

Periodicamente avaliar a exposição em campo visando identificar a progressão ou redução dos níveis de ruído tendo em vista constantes alterações no cenário aeronáutico. Avaliar, através da audiometria, a audição dos trabalhadores. Com o auxílio do exame, obter um perfil audiológico dos trabalhadores para futuro monitoramento, evitando dessa forma, a instalação e/ou progressão de possível perda auditiva.

c) Educação

Medidas educativas são extremamente importantes para a eficácia do programa pois visam a conscientização do trabalhador, devem ser apresentadas de forma que abranjam os deveres dos trabalhadores. Estes devem ser informados periodicamente a respeito dos resultados atualizados das medições de ruído, efeitos do ruído no organismo e a importância da utilização do protetor auditivo. Poderão ser utilizados vídeos educativos e cartazes para melhor entendimento. Desta forma o trabalhador se sentirá integrante do PCA. O envolvimento e participação são essenciais para o sucesso da prevenção à exposição a ruídos.

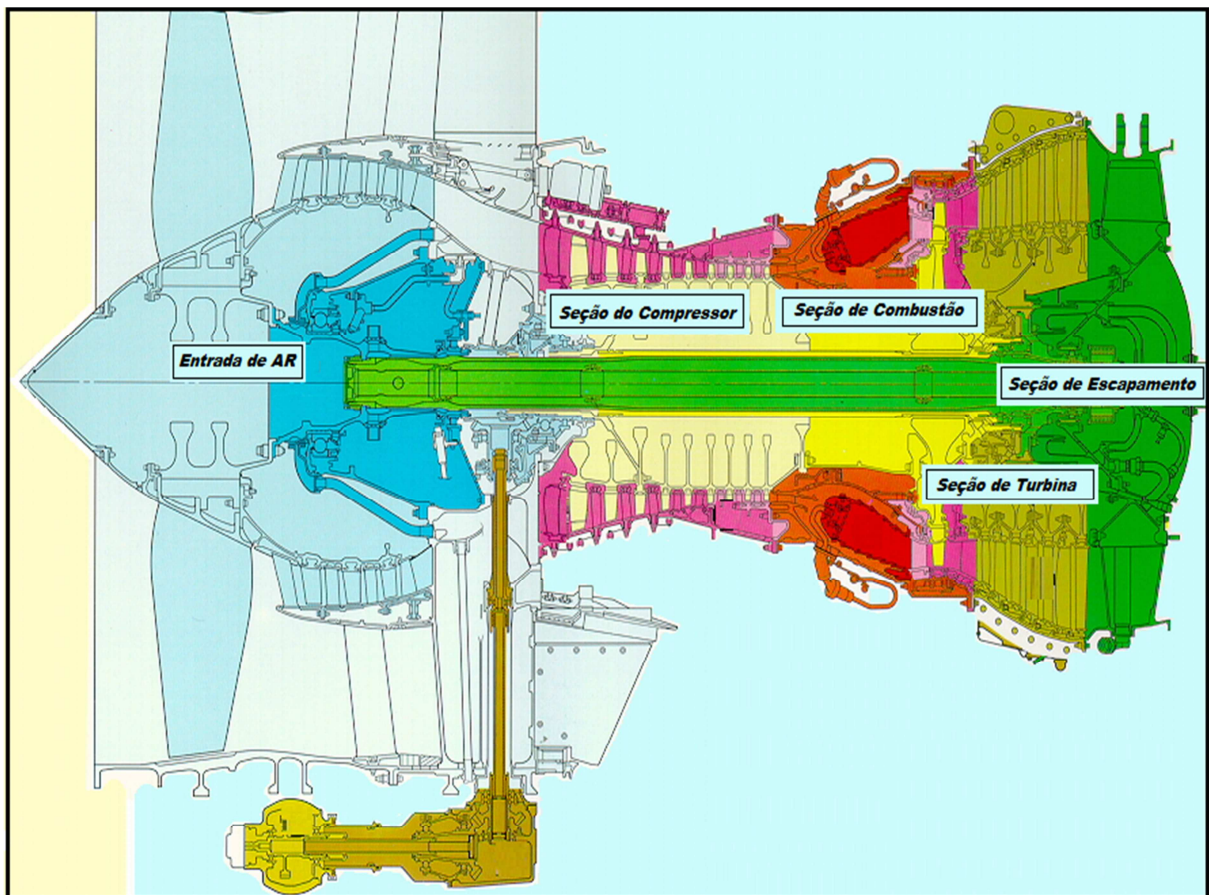
3.3 MOTOR A REAÇÃO COMO FONTE DE RUÍDO

Um motor de turbina a gás tem seu funcionamento baseado na 3ª lei de Newton ou Lei de Ação e Reação. Uma turbina a gás de aeronave expelle um jato em alta velocidade, gerando empuxo e, com isto, gerando força propulsora para a aeronave (HOMA, 2011).

Os principais componentes das turbinas a gás são basicamente os mesmos; contudo, a nomenclatura das peças, componentes de diversos motores de uso corrente, varia ligeiramente devido à diferença na terminologia de cada fabricante. Essas diferenças são refletidas nos manuais de manutenção aplicáveis, pois cada manual detalha o funcionamento de cada componente e suas particularidades (HOMA, 2011).

Conforme desenho 02, um motor a reação é constituído basicamente por entrada de ar, seção do compressor, seção de combustão, seção de turbina e seção de escapamento.

Desenho 02 – Modelo típico de motor a reação



Fonte: Giampaolo (2006, p.6)

a) Entrada de Ar

A entrada de ar é projetada de forma a dirigir o ar para o compressor com um mínimo de perda de energia, resultante do arrasto aerodinâmico ou pressão de impacto; ou seja, o fluxo de ar no compressor deve estar livre de turbulência para alcançar o máximo de eficiência de operação.

b) Seção do Compressor

O compressor tem a finalidade de comprimir o ar admitido e direcioná-lo a Seção de Combustão, ou também chamada Câmara de Combustão. Da entrada para a saída, o ar flui por um caminho axial, e é comprimido a cada estágio.

c) Seção de Combustão

O volume de ar comprimido produzido pelo compressor é relativamente modesto e não se compara com o fluxo do jato do motor. Essa transformação ocorre na câmara de combustão. Em princípio a câmara de combustão é apenas um tubo suficientemente alargado para acomodar a expansão dos gases de combustão. Sem esse alargamento, o ar não teria como se expandir e a pressão aumentaria, fazendo o ar retornar ao compressor.

d) Seção de Turbina

A turbina serve para extrair potência dos gases queimados, a fim de acionar o compressor e outros acessórios. As pás de turbina estão sujeitas a altas temperaturas, e por isso são fabricadas com materiais resistentes ao calor, podendo ter canais e orifícios de resfriamento através de ar comprimido. Além das lâminas rotativas, a turbina possui também lâminas fixas assim como o compressor que constituem o estator.

e) Seção de Escapamento

Um motor a reação poderia funcionar sem o bocal propulsor, mas os gases deixariam a turbina ainda pressurizados, desperdiçando essa energia na atmosfera. O bocal propulsor serve para aproveitar a energia de pressão, aumentando a velocidade dos gases gerando mais tração e ainda corrigir o fluxo que se encontra desalinhado ao deixar a turbina. É neste estágio que a maior parte do ruído é produzido, pois o encontro dos gases de escapamento em alta temperatura com os gases da atmosfera de menor temperatura faz com que o turbilhamento do ar e o choque das moléculas produzam o ruído.

3.4 EVOLUÇÃO DOS MOTORES AERONÁUTICOS

A indústria da aviação é o setor de transporte que tem continuamente implementado melhorias na preservação ambiental. (ANAC, 2012)

A preocupação dos organismos internacionais de aviação civil a respeito do impacto da aviação no meio ambiente teve seu marco em 1944 durante a Convenção de Aviação Civil Internacional de Chicago. Neste período, o ruído das aeronaves, que era motivo de preocupação, era apenas o ruído causado pelas hélices. Esta preocupação aumentou com a introdução da primeira geração de reatores no início dos anos 60 juntamente com o aumento do número de aeronaves à reação, propulsadas a jato.

Em 1969 foi adotada uma resolução em que se reconhecia a gravidade do problema plantado pelo ruído das aeronaves que estabelecia especificações internacionais e textos de orientação para controlar o ruído das aeronaves.

Por meio de inúmeras mudanças técnicas nos motores a reação, os engenheiros conseguiram reduzir o ruído produzido desde a década de 60. Com o avanço tecnológico de tornar a aeronave menos ruidosa, o transporte aéreo detém atualmente aeronaves 50% mais silenciosas do que aeronaves de décadas atrás. A expectativa é que até 2020 a redução dos ruídos possa ser de 50% comparados aos dias atuais.

A GE (2012) afirma que está reduzindo seus níveis de ruído em motores aeronáuticos. Em um relatório apresentado declarou que desenvolveu a frota de aviões comerciais a jato mais silenciosas da história, e previu uma baixa recorde nos níveis de ruído para o próximo século. A GE tem minimizado o ruído do compressor a turbina passando pelo processo de queima de combustível que também contribui para o som até o escapamento que produz mais ruído que todos, especialmente a plena potência.

A GE aperfeiçoou a forma, espaçamento e número de aerofólios em motores, e foi incorporando novos tipos de materiais de absorção de som. Nos últimos dez anos, esses materiais se tornaram mais leves e significativamente mais eficazes.

A GE (2012, p.1) afirma que:

À medida que avançamos no século 21, nós, da GE, em conjunto com a indústria da aviação, continuaremos o nosso compromisso de longa data para o meio ambiente, investindo em pesquisa e desenvolvimento para identificar novas tecnologias que vão tornar os motores de hoje ainda mais silencioso, disse Fred Herzner, engenheiro-chefe da GE Aircraft Engines. Afirmou também que, juntos, nós reconhecemos a necessidade e estamos totalmente empenhados em reduzir níveis de ruído e emissões e enfrentar o desafio de manter e melhorar nosso meio ambiente.

Para a Rolls-Royce (2012), o ruído dos aviões afeta diretamente milhões de pessoas ao redor do mundo e devem ser tratados. A empresa foi pioneira em avanços em áreas como a Entrada de Ar e Seção do Escapamento. As melhorias de componentes dos motores reduziram radicalmente o ruído do motor desde a primeira geração de aviões a jato. Contudo o ruído ainda é elevado e por este motivo, esforços contínuos são feitos para sua redução. Os Motores atuais são mais silenciosos devido à incorporação de recursos avançados tais como o equilíbrio entre os fluxos de ar e isolamento acústico em alguns componentes que contribuem para a emissão de ruído.

Segundo a Pratt & Whitney (2012), a *Federal Aviation Administration (FAA)* anunciou que firmará um contrato que ajudará a desenvolver e amadurecer novas tecnologias de motores destinadas a reduzir a queima de combustível, ruído e emissões. O financiamento apoiará o desenvolvimento contínuo de tecnologias avançadas para a criação do novo motor. Neste programa a FAA vai apoiar o desenvolvimento e comercialização de tecnologias para os atuais e futuros aviões civis subsônicos e motores a jato para ajudar a alcançar estes objetivos. Estes objetivos têm a intenção de reduzir significativamente o impacto das emissões de ruído e qualidade do ar nas comunidades.

Metas do programa incluem o amadurecimento de tecnologias de novas aeronaves para a introdução no mercado em 2015. Conforme Pratt & Whitney seus motores são projetados para alimentar a próxima geração de aeronaves de passageiros. A combinação de seu sistema de engrenagens e núcleo avançado permite que os motores proporcionem melhorias na eficiência de combustível e emissões, com uma redução de 50% do ruído sobre os motores atuais.

A Pratt & Whitney informa que é líder mundial no projeto, fabricação e serviço de motores de aeronaves, sistemas de propulsão espacial e turbinas industriais a gás. É uma

empresa diversificada que fornece produtos de alta tecnologia e serviços para a indústria aeroespacial mundial.

O grande desafio dos fabricantes é reduzir o consumo de combustível em seus motores, pois atualmente este é o item de maior custo operacional da aviação. Quanto mais combustível gasto, maior será o ruído gerado, pois maior será o trabalho necessário para gerar a potencia do motor. Isto reforça a necessidade da indústria de aviação comercial ser um dos setores que mais investem em pesquisas a fim de prover melhorias na questão de reduções de emissões.

3.5 PROTETORES AUDITIVOS

Os principais tipos de protetores auditivos foram apresentados a seguir.

3.5.1 Tipos de Protetores Auditivos

a) Protetores Auditivos de Inserção Pré-Moldados

Conforme 3M (2012), os protetores auditivos pré-moldados (fotografia 01) são protetores com formato definido confeccionados de borracha, silicone e PVC. A vantagem deste protetor é que ele pode ser lavado, reutilizado e é compatível com outros equipamentos de segurança tais como capacetes, óculos e respiradores.

Fotografia 01 - Protetores Auditivos de Inserção Pré-Moldados



Fonte: 3M (2012, não paginado)

b) Protetores Auditivos de Inserção Moldáveis

São protetores auditivos de espuma moldável de superfície lisa que evita irritações no conduto auditivo proporcionando maior conforto ao usuário. A vantagem é que estes protetores proporcionam maior conforto e ótima vedação até mesmo em ambientes quentes (fotografia 02).

Fotografia 02 - Protetores Auditivos de Inserção Moldáveis



Fonte: 3M (2012, não paginado)

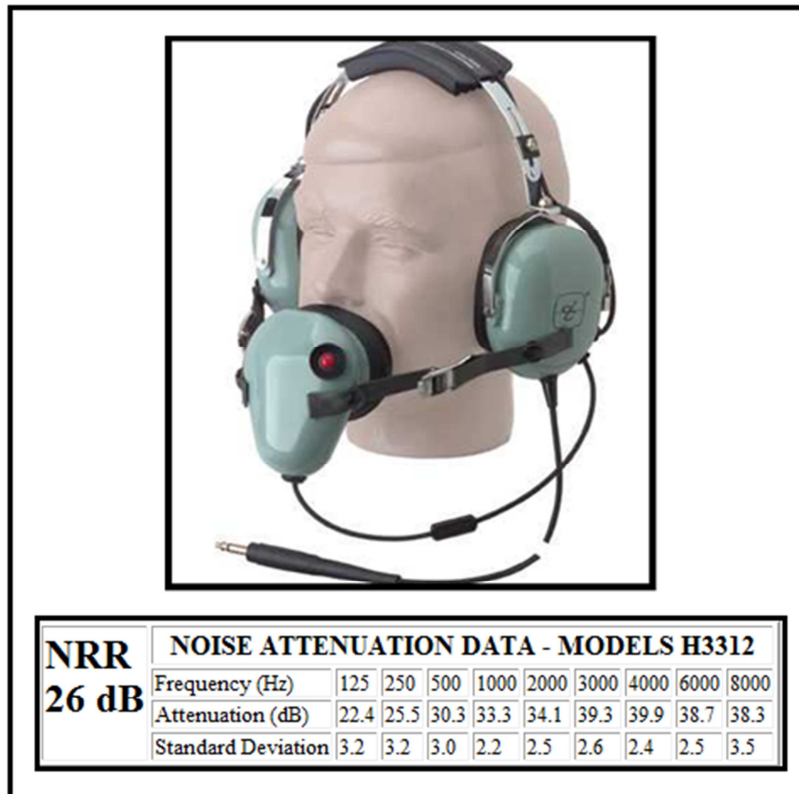
c) Protetores Auditivos especiais tipo Concha

Os protetores tipo concha são formados por um arco de metal ligado a duas conchas plásticas revestidas internamente por espuma, que ficam sobre as orelhas. Possuem almofadas externas para ajuste confortável da concha ao redor da orelha do usuário (3M, 2012).

O protetor tipo concha especial conforme fotografias 03 e 04 da David Clark e 3M respectivamente difere-se do protetor comum por conter alto falantes integrados nas conchas internas e microfone embutido próximo a boca do usuário.

Na atividade pesquisada, a comunicação se faz necessária entre a cabine de comando da aeronave e a manutenção, sendo este tipo de protetor/comunicador equipamento de uso compulsório. (DAVID CLARK, 2012 e 3M, 2012).

Fotografia 03 - Protetores Auditivos especiais tipo Concha
David Clark



Fonte: David Clark (2012, não paginado)

Fotografia 04 - Protetores Auditivos especiais tipo Concha 3M



Fonte: 3M (2012, não paginado)

3.5.2 Atenuação dos protetores auditivos

A atenuação dos protetores auditivos são informadas nas embalagens dos produtos através de valores fornecidos pelo fabricante denominados NRR, RC e NRRsf.

a) NRR e Rc

São valores obtidos através de ensaios em laboratório em condições ideais de uso com pessoas treinadas para a utilização do EPI.

Em 1998 a *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) efetuou um estudo com vários protetores auditivos e constatou grande diferença entre os valores fornecidos pelo fabricante e a real proteção do trabalhador. No teste, as condições são ideais e os protetores são colocados da forma mais correta possível, pois o fabricante quer mostrar que seu produto é eficiente. No uso real, a colocação nem sempre é adequada, o protetor não é utilizado em tempo integral e existem outras interferências, como conversação, mastigação, suor, barba, manuseio de graxa, óleo querosene, etc. que podem provocar alteração e desconforto na utilização do EPI (BREVIGLIERO; POSSEBON; SPINELLI, 2010).

O resultado deste estudo culminou na recomendação da NIOSH para que os valores de atenuação constantes das embalagens e dados técnicos sobre o desempenho do produto fossem reduzidos de acordo com o seguinte critério:

- a) 25% para protetores auditivos tipo concha;
- b) 50% para protetores de espuma moldável;
- c) 70% para protetores pré-moldados.

A NIOSH ainda recomenda que se faça uma correção de 7 dB nos casos em que o nível de ruído representativo da exposição do trabalhador tenha sido medido utilizando-se a curva “A” de compensação. Desta forma, o nível de atenuação de ruído oferecido por um protetor auditivo, ficaria:

- a) $(NRR \text{ ou } Rc - 7) \times 0,75$ para protetores auditivos tipo concha;
- b) $(NRR \text{ ou } Rc - 7) \times 0,50$ para protetores de espuma moldável;
- c) $(NRR \text{ ou } Rc - 7) \times 0,30$ para protetores pré-moldados.

b) NRRsf

Devido a necessidade de obter valores mais confiáveis de proteção, foi criado o Método “B” com base na norma *American National Standards Institute* (ANSI) 12.6/97. Este método de ensaio utiliza pessoas sem treinamento ou qualquer familiaridade com o protetor. Assim os valores obtidos são mais próximos da realidade vivida pelos trabalhadores.

Os valores de atenuação obtidos através desta metodologia são inferiores aos valores de NRR e Rc até então divulgados pelo fabricante. Portanto, temos hoje valores de atenuação dos protetores auditivos um terço menor que aqueles indicados nas embalagens dos mesmos produtos em 1987, sem que necessariamente estes produtos tenham perdido eficiência. Mudaram apenas os critérios para ensaio dos referidos produtos.

Para aplicar o valor de atenuação NRRsf, basta subtraí-lo do valor da exposição individual medida em dB(A).

3.6 DUPLA PROTEÇÃO AUDITIVA

Segundo Berger (2012), quando a atenuação do ruído não pode ser provida por um único EPI, a única alternativa é a dupla proteção auditiva utilizando dois EPIs concomitantemente. É importante lembrar que a resultante da dupla proteção auditiva não é a soma algébrica dos valores de atenuação, ou seja, quando utilizamos um EPI, por exemplo, com atenuação de 15 dB e outro de 20 dB, a resultante de proteção não será de 35 dB. Estudos comprovam que a dupla proteção proporciona pelo menos 5 dB a mais sobre a atenuação do protetor de maior valor, ou seja, no caso apresentado a atenuação seria de 25 dB.

A *Federal Aviation Administration* (FAA) órgão controlador da aviação civil nos Estados Unidos a qual dita as diretrizes a serem seguidas pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) órgão regulamentador do Brasil recomenda a combinação de protetores auditivos do tipo inserção juntamente com o do tipo concha quando os níveis de ruído ultrapassam 115 dB(A) (FAA,2012).

3.7 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO

Conforme Fundacentro (2001) em concordância com a recomendação da Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO-01), a avaliação foi feita determinando inicialmente o Nível de Exposição (NE). O Nível de Exposição é o Nível Médio representativo da exposição diária do trabalhador avaliado.

Para fins de comparação com o limite de exposição, deve-se determinar o Nível de Exposição Normalizado (NEN), que corresponde ao NE convertido para a jornada padrão de 8 horas diárias.

O NEN é determinado pela seguinte expressão:

$$NEN = NE + 10 \log \frac{TE}{480} [dB(A)]$$

Onde:

NE= Nível médio representativo da exposição ocupacional diária.

TE= Tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

Atendendo aos requisitos da NHO-01, a avaliação da exposição do trabalhador foi feita por meio da utilização de medidor integrador de uso pessoal (dosímetro de ruído), pois o trabalhador avaliado não exerce a atividade através de posição fixa junto a um equipamento, e sim, possui uma rotina de trabalho por locais variados.

A fim de compor a proteção do trabalhador em todas as situações do seu cotidiano, os valores de medições de pico máximo de ruído foram analisados separadamente do valor obtido através do Nível de Exposição Normalizado (NEN), pois o trabalhador é exposto a níveis de ruído que necessitam de atenuação especial, que no caso será a dupla proteção auditiva.

Foram utilizados os limites de tolerância da Norma Regulamentadora 15 (NR-15) e da NHO-01 conforme adaptado pelo pesquisador na tabela 01.

Tabela 01 – Limites de Tolerância para ruído contínuo ou intermitente – NR15 e NHO 01

Nível de Ruído dB(A)	Limite de Exposição em Minutos	
	NR-15	NHO-01
80	***	1.523,90
81	***	1.209,52
82	***	960
83	***	761,95
84	***	604,76
85	480	480
86	420	380,97
87	360	302,38
88	300	240
89	270	190,48
90	240	151,19
91	210	120
92	180	95,24
93	160	75,59
94	135	60
95	120	47,62
96	105	37,79
97	***	30
98	75	23,81
99	***	18,89
100	60	15
101	***	11,9
102	45	9,44
103	***	7,5
104	35	5,95
105	30	4,72
106	25	3,75
107	***	2,97
108	20	2,36
109	***	1,87
110	15	1,48
111	***	1,18
112	10	0,93
113	***	0,74
114	8	0,59
115	7	0,46

*** Sem dados Equivalentes

Fonte: Adaptada pelo Autor de Brasil (1978, p. 2) e Fundacentro (2001,p. 19)

4 EXPOSIÇÃO AO RUÍDO NA ROTINA DO TRABALHADOR

A análise abaixo foi elaborada embasada na observação do pesquisador que exerceu a função de Técnico de Manutenção de Aeronaves por mais de 13 anos.

4.1 DESVELANDO O COTIDIANO

Foram apresentadas as consequências do ruído no ouvido humano e o funcionamento dos motores aeronáuticos. A seguir serão apresentadas as medições de nível de ruído mostrando o cotidiano dos técnicos de manutenção de aeronaves. Estes valores de medição foram confrontados com a legislação pertinente e foram propostas medidas de controle para a proteção deste trabalhador.

Analisando o cotidiano do Técnico de Manutenção de Aeronaves conclui-se que a situação onde ocorre a maior exposição ao ruído é no transito da aeronave no aeroporto, ou seja, no recebimento e saída da aeronave.

No recebimento de voo o técnico deve balizar a aeronave até o local correto de estacionamento e aguardar o corte dos motores.

Na liberação para voo, o técnico de manutenção caminha junto à aeronave desde a partida dos motores até a liberação da aeronave para decolagem. Este acompanhamento deve ser provido por comunicação entre o técnico e o comandante da aeronave. Esta comunicação é feita através de um fone de rampa que consiste em um protetor auricular tipo concha integrado a um microfone ligado a aeronave por um fio.

Toda recebimento e saída da aeronave deve ter este acompanhamento para assegurar que nenhuma falha ocorra neste trajeto.

4.2 MEDIÇÕES DE RUÍDO

A pedido da empresa, os dados da mesma assim como o local de medição foram ocultados. A Universidade Presbiteriana Mackenzie autorizou a utilização destes dados através de aprovação da Comissão de Ética da Escola de Engenharia emitindo o formulário de aprovação que está de posse do pesquisador.

As medições foram feitas em turnos e dias diferentes a fim de garantir maior confiabilidade dos dados coletados. As leituras foram tomadas utilizando dosímetro de ruído, circuito de ponderação 'A' e resposta lenta (*Slow*).

Foram feitas 06 medições. Estas medições foram tabeladas a seguir a fim de customizar os resultados obtidos. A tabela 02 apresenta os valores de medições que serão considerados nesta pesquisa.

Tabela 02 – Medições de Ruído

Medição	Período Avaliado (Min)	NE Nível de Exposição dB(A)	Dose (Para o período avaliado) %	Dose Diária %	NEN Nível de Exposição Normalizado dB(A)	Pico de Ruído dB(A)
1	319	95,7	392,6	195,7	92,8	118
2	315	94,7	336,9	165,8	91,7	122
3	317	92,2	237,6	117,7	89,2	110
4	377	86,4	126,7	98	84,6	105
5	368	80,1	61,9	40	81,3	102
6	289	84,9	79,7	36	78,2	103

Fonte: O Autor

5 ANÁLISE E RECOMENDAÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE

Das 06 medições efetuadas, conclui-se que as medições 01 e 02 são as medições que refletem o cenário de maior exposição ao ruído pelo trabalhador. A medição 01 reflete o maior valor de ruído pelo NEN enquanto a medição 02 reflete o maior valor de pico. Desta forma, estas medições foram tomadas como o pior cenário e as medidas de controle serão tomadas a partir destes valores de medição. Controlando os piores cenários, conclui-se que o ambiente de trabalho das medições 03,04,05 e 06 também serão controlados.

A seguir foram propostas as medidas de controle para compor um ambiente seguro para o trabalhador.

5.1 ESCOLHA DO PROTETOR AUDITIVO

Para a escolha do protetor auditivo, foram considerados os limites de tolerância da Norma de Higiene Ocupacional NHO-01 e os limites de tolerância da NR-15 conforme tabela 01 adaptada em minutos pelo pesquisador.

5.1.1 Escolha do Protetor pelo NEN

Para a escolha do protetor auditivo pelo Nível de Exposição Normalizado, foram retirados os dados da medição 01 conforme tabela 03.

Tabela 03 – Medição 01

Medição	Período Avaliado (Min)	NE Nível de Exposição dB(A)	Dose (Para o período avaliado) %	Dose Diária %	NEN Nível de Exposição Normalizado dB(A)
1	319	95,7	392,6	195,7	92,8

Fonte: O Autor

O Valor do NEN do pior cenário (Tabela 03) apresentado resultou em 92,8 dB(A) para o período avaliado de 319 minutos.

$$NEN = 95,7 + 10 \log \frac{319}{480} [dB(A)]$$

$$NEN = 92,8 \text{ dB(A)}$$

Conforme mencionado no Capítulo 4.1, o técnico necessita de comunicação com a Cabine de Comando. Por este motivo foi selecionado para este cenário o protetor auditivo especial do tipo concha da 3M conforme mostrado no capítulo 3.5.1 fotografia 4 com valor de NRRsf de 23dB. Este protetor também foi selecionado devido seu maior valor de atenuação conforme método “B” mencionado no capítulo 3.5.2 item B sobre NRRsf. Lembrando que pelo método “B” basta somente subtrair o índice NRRsf do valor de medição de ruído em dB(A). Desta forma o valor que chega ao ouvido do trabalhador por este método será de 69,8 dB(A).

$$dB(A)Atenuado = 92,8 - 23$$

$$dB(A)Atenuado = 69,8$$

Por observação do pesquisador, atualmente são utilizados nesta atividade somente os protetores do tipo concha da David Clark conforme fotografia 3 (capítulo 3.5.1). Este protetor não possui índice NRRsf e sim NRR. Por este motivo para calcular a atenuação deste protetor deve-se aplicar o fator de correção conforme capítulo 3.5.2 sobre atenuação dos protetores auditivos com índice NRR ou Rc. Lembrando que por esse método é necessário subtrair 7 dB(A) e 25% do NRR ou Rc.

$$dB(A)Atenuação = (26 - 7) \times 0,75$$

$$dB(A)Atenuação = 14,25$$

Assim o valor que chega ao ouvido do trabalhador será:

$$dB(A)Atenuado = 92,8 - 14,25$$

$$dB(A)Atenuado = 78,55$$

Conclui-se que para o valor do NEN do pior cenário, a utilização do protetor auditivo especial do tipo concha da 3M e também o protetor da David Clark protegerá o trabalhador, pois não o deixará exposto a valores acima dos limites de tolerância da NHO-01 e da NR 15 mostrados na tabela 01 do capítulo 3.7 para a jornada de trabalho de 06 horas (360 minutos).

5.1.2 Escolha do Protetor pelo pico de medição máximo de ruído

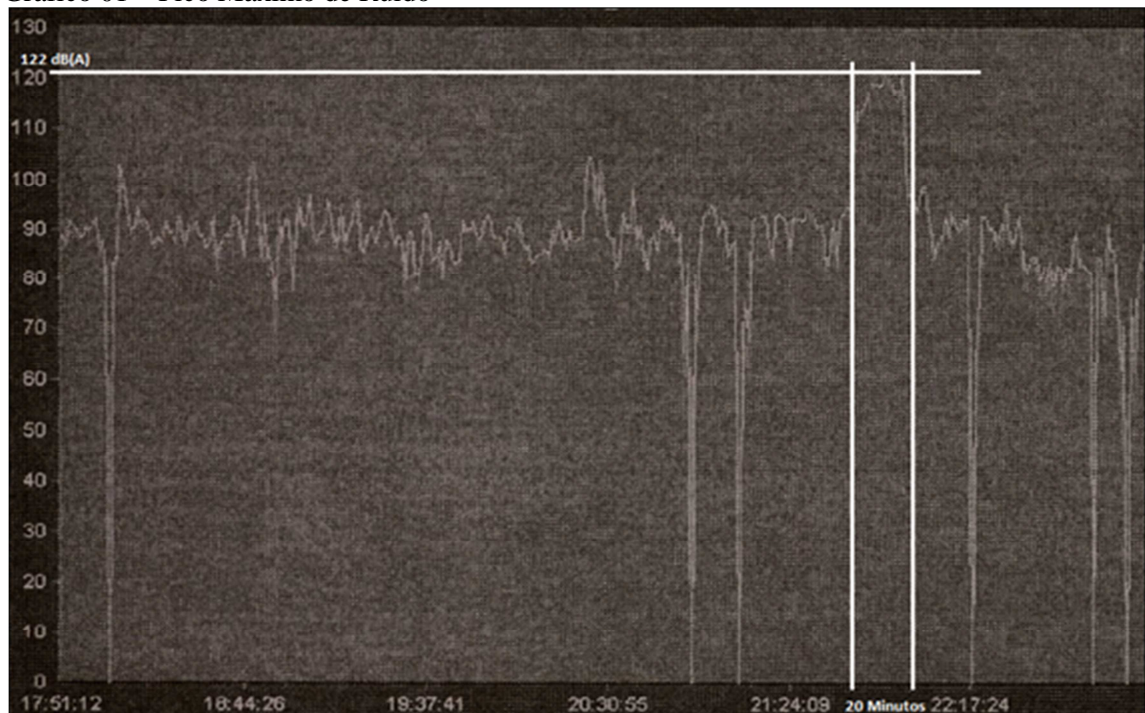
No pior cenário apresentado (Medição 02), houve um pico de 122 dB(A) com duração de 20 minutos conforme tabela 04 e gráfico 01.

Tabela 04 - Medição 02

Medição	Periodo Avaliado (Min)	NE Nível de Exposição dB(A)	Dose (Para o periodo avaliado) %	Dose Diária %	Pico de Ruído dB(A)
2	315	94,7	336,9	165,8	122

Fonte: O Autor

Gráfico 01 – Pico Máximo de Ruído



Fonte: O Autor

Utilizando o mesmo protetor da 3M tipo concha previamente mencionado, dos 122 dB(A) gerados pela fonte menos os 23 dB(NRRsf) da atenuação do protetor resultaria em 99 dB(A) chegando ao ouvido do trabalhador.

$$dB(A)_{Atenuado} = 122 - 23$$

$$dB(A)_{Atenuado} = 99$$

Aplicando os limites de tolerância da NHO-01, este trabalhador pode ser exposto a este nível de ruído por aproximadamente 18 minutos. Utilizando os limites de tolerância da NR-15 a exposição máxima será de 60 minutos.

Para o protetor David Clark de atenuação de 14,25 dB(A) subtraído do valor de pico de 122 dB(A) resultaria em 107,75 dB(A) chegando ao ouvido do trabalhador.

$$dB(A)Atenuado = 122 - 14,25$$

$$dB(A)Atenuado = 107,75$$

Por observação do pesquisador, este é o cenário encontrado na grande maioria senão em todas as empresas aéreas atualmente. Esta situação é a mais perigosa para o trabalhador, pois é o momento de liberação da aeronave onde os motores estão acionados causando este pico de ruído e somente o protetor da David Clark é utilizado.

Aplicando os limites de tolerância da Fundacentro NHO-01, este trabalhador pode ser exposto a este nível de ruído por menos de 03 minutos. Utilizando os limites da NR-15, a exposição máxima será de aproximadamente 20 minutos.

5.1.3 Escolha de dupla Proteção Auditiva

Ainda seria inviável e inseguro adotar os cenários dos capítulos 5.1.1 e 5.1.2 para a proteção do trabalhador, pois apesar de todos os valores atenuados serem enquadrados abaixo dos limites da NR-15, esta norma não sofre alterações de limites de tolerância para ruídos contínuos desde a década de 70 e que a NHO-01 foi criada para suprir esta necessidade. Por este motivo foi sugerido a seguir a dupla proteção auditiva conforme recomendado no capítulo 3.6. A dupla proteção auditiva contribuirá na proteção de mais 5 dB(A) sobre o valor do protetor de maior índice RC, NRR ou NRRsf. É conhecido que o melhor índice a ser utilizado é o NRRsf, pois para este basta somente subtraí-lo do valor medido em dB(A).

É conhecida também a necessidade da utilização do protetor tipo concha especial na liberação da aeronave para voo, sendo assim, o protetor tipo concha escolhido foi o protetor da 3M com atenuação de 23 dB(NRRsf).

O outro protetor auditivo para uso concomitante deverá ser um do tipo inserção. O protetor tipo inserção moldável apresentado no capítulo 3.5.1 (fotografia 02, item B) foi descartado como opção, pois o público alvo avaliado manuseia graxa, óleo, querosene entre outros contaminantes e isto contaminará o protetor no momento de moldá-lo com os dedos

para a inserção no canal auditivo do trabalhador. Desta forma, será adotado como segunda proteção auditiva o protetor auditivo do tipo inserção pré-moldado com valor de NRRsf de 17dB conforme apresentado no capítulo 3.5.1 (fotografia 01, item A).

Adicionando os 5 dB da dupla proteção ao protetor de maior atenuação, ou seja, o protetor tipo concha da 3M com atenuação de 23 dB(NRRsf) em conjunto com o protetor de inserção pré-moldado de 17 dB(NRRsf) resultará em uma atenuação total de 28 dB(A).

Portanto, dos 122 dB(A) de pico menos os 28 dB(A) de atenuação resultará na exposição de 94 dB(A).

$$dB(A)Atenuado = 122 - 28$$

$$dB(A)Atenuado = 94$$

Adotando a dupla proteção auditiva, este trabalhador pode ficar exposto ao pico máximo de ruído por 60 minutos (01 hora) pelo limite de tolerância da NHO-01 e por 135 minutos (02horas e 15minutos) pelo limite de tolerância da NR-15.

Relembrando que o pico máximo de exposição ao ruído não dura mais do que 01 hora na jornada do trabalhador. Conforme mostrado na tabela 04 e gráfico 01 (capítulo 5.1.2) esta exposição dura aproximadamente 20 minutos, o que deixa uma margem de segurança de 40 minutos.

Ainda assim, quando o trabalhador não estiver liberando a aeronave para voo, somente a utilização do protetor do tipo inserção pré-moldado o protegerá, pois conforme visto na tabela 03 (capítulo 5.1.2) este é o valor do NEN que não ultrapassa 92,8 dB(A). Assim dos 92,8 dB(A) menos a atenuação de 17 dB(NRRsf) resultará em 75,8 dB(A) chegando ao ouvido do trabalhador.

Desta forma, o ambiente de trabalho estará seguro e controlado e o trabalhador estará protegido em todos os cenários possíveis em sua jornada de trabalho.

5.2 MUDANÇA COMPORTAMENTAL

A medida preventiva proposta é a mudança comportamental. É preciso treinar e conscientizar os Líderes de equipe que o trabalho deve ser feito utilizando a correta proteção auditiva. Comumente são encontrados técnicos de manutenção manifestando seu descontentamento em utilizar protetores auditivos alegando que sua audição não sofreu alteração mesmo sem o uso destes protetores. Isto é um erro comum, pois a perda auditiva ocorre inicialmente nas altas frequências e este trabalhador não percebe que está perdendo a audição uma vez que ainda não afeta sua conversação.

Para Pinheiro (2012), mudar hábitos e comportamentos já instalados é complexo porque na maioria das vezes não são percebidos, ou seja, o indivíduo não tem consciência sobre a necessidade de mudança. Desta forma, quanto maior for a consciência da necessidade de mudança, mais rapidamente será a transformação.

Por este motivo a empresa deve conscientizar o trabalhador através do Programa de Conservação Auditiva (PCA) sobre a importância da utilização do EPI e as consequências da exposição a elevados níveis de ruído.

Ainda no PCA devem ser apresentados os deveres dos trabalhadores e ao mesmo tempo buscar seu envolvimento e participação no programa. A mudança de comportamento exige motivação e reforço positivo, pois sair da zona de conforto é um exercício difícil para qualquer pessoa, e a percepção do benefício positivo da mudança comportamental é fator fundamental para esta motivação. Isto será alcançado divulgando periodicamente os resultados do programa. O trabalhador precisa sentir-se parte do programa para passar a contribuir com a melhoria e eficácia do programa.

Segundo Pinheiro (2012, não paginado) “Mudar é fator crítico de sobrevivência para todos nós. Saber como fazê-lo é imprescindível para a superação de nossos objetivos”.

6 CONCLUSÕES

Os trabalhadores de unidades de manutenção de aeronaves formam um grupo prioritário para pesquisas sobre ruídos porque habitualmente estão expostos a níveis sonoros mais elevados que o permitido por lei. Portanto este trabalho contribuiu para a promoção e preservação da saúde e integridade física dos trabalhadores proporcionando um documento acadêmico de credibilidade para compor um ambiente seguro e controlado para trabalhadores expostos ao ruído de Motores a reação.

Embora a exposição ao ruído possa causar outros efeitos à saúde como estresse, irritabilidade e hipertensão arterial, este trabalho proporcionou especificamente o controle de exposição ao ruído. Este assunto foi amplamente abordado e buscou um maior envolvimento dos conhecimentos técnicos diante à realidade vivida pelo Engenheiro de Segurança do Trabalho no ambiente profissional dos Técnicos de Manutenção.

Foi proporcionado conhecimento teórico sobre definição de som e ruído, produção e propagação, características, disfunções auditivas e danos ao ouvido. Foram apresentados conceitos sobre turbinas a gás de aeronaves, assim como sua construção e principais componentes a fim de demonstrar a fonte de ruído.

Os riscos da atividade, níveis de ruído em turbinas a gás e limites de tolerância foram analisados e após comprovada a necessidade de controle do nível de ruído, medidas como a mudança comportamental e a adoção de um segundo protetor auditivo foram propostas para a proteção do trabalhador.

Foi concluído que a proteção do trabalhador avaliado pode somente ser provida utilizando a dupla proteção auditiva, entretanto por observação do pesquisador, a dupla proteção não é conhecida e tão pouco utilizada pelos trabalhadores. Foi demonstrado que somente um protetor auditivo não o protegerá nos momentos de maior exposição ao ruído onde os motores estão acionados fornecendo o pico máximo de ruído.

A empresa deve implementar um Programa de Conservação Auditiva (PCA) e buscar o envolvimento do trabalhador desde o projeto inicial até a execução do programa reforçando positivamente sua participação e ressaltando que suas impressões são fundamentais para a eficácia do programa. Através de palestras, informativos e treinamentos os trabalhadores devem ser instruídos sobre a importância da prevenção e conservação auditiva apresentando o objetivo do programa, metas, responsabilidades e atribuições de cada área, além de fornecer treinamento específico para a utilização do EPI detalhando as situações onde cada um deve ser empregado.

A empresa deve estar atenta às mudanças na rotina de trabalho através de monitoramento constante do programa acompanhando os resultados e tratando ponto a ponto mudanças necessárias a fim de melhorar o processo.

As empresas em geral devem prover em seu ambiente de trabalho situações regularizadas perante a legislação vigente, proporcionando melhor qualidade de vida aos seus funcionários, gerando reflexos positivos à empresa, ao meio ambiente e a sociedade.

Os fabricantes de motores aeronáuticos têm continuamente aplicando melhorias para a proteção ambiental e redução de ruídos na fonte, porém ainda estão longe de serem enquadrados dentro dos limites de tolerância sem a utilização de proteção auditiva. Desta forma a proteção do trabalhador frente ao nível de ruído elevado deve ser priorizada.

Existem 02 tabelas de limites de tolerância pertinentes a ruído, uma da NR-15 e outra da Fundacentro (NHO-01) sendo que a primeira não é revisada desde a década de 70, e a segunda surgiu para suprir a necessidade de valores mais coerentes com a realidade atual. A NR-15 tem força de lei enquanto a NHO-01 é uma recomendação. Devido ao elevado nível de ruído que o trabalhador pesquisado neste trabalho é submetido, é extremamente recomendável que sejam utilizados os limites de tolerância da NHO-01 da Fundacentro.

Por observação do pesquisador, a avaliação do ambiente de trabalho poderia ser mais efetiva se efetuada com decibelímetro e cronometro, pois apesar de recomendada a dosimetria, este trabalhador é exposto a níveis muito elevados em um período de tempo relativamente curto. Utilizando o decibelímetro e cronômetro, os picos de exposição poderão ser detalhados em função do tempo.

Ainda por observação do pesquisador, atualmente só são utilizados os protetores auditivos do modelo David Clark no acionamento dos motores. Porém este protetor tem somente índice NRR. Este índice sofre diversas correções devido sua inexatidão de atenuação. Assim, sugere-se o modelo Peltor da 3M que apesar de ser novo no mercado, possui índice NRRsf que não sofre correções de atenuação e aparentemente fornece melhor proteção contra o ruído.

REFERÊNCIAS

3M. Proteção Auditiva 3M. Disponível em:

<http://solutions.3m.com.br/wps/portal/3M/pt_BR/PPE_SafetySolutions_LA/Safety/Products/PoW-Product-Catalog/?PC_7_U00M8B1A00OH60I56N6RPL3PF5000000_nid=7QZ6QNF15LbeQQFFG1G8R7gl>. Acesso em: 26 nov. 2012.

ANAC - AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. ANAC PUBLICA NOVAS REGRAS SOBRE RUÍDOS. Site Aeronautas. Disponível em:

<<http://www.aegoes.com.br/aviacao/anac-publica-novas-regras-sobre-rudos/>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

BASTOS, R. S. Reconhecimento da Perda de Eficácia de Protetor Intra-Auricular. Tese de Mestrado. Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2005. Disponível em:

<http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bba/33004056082P0/2005/bastos_rs_me_bauru.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2012.

BERGER, E. (USA). Attenuation of Earplugs. Indianapolis: Earlog, 2012. 02 p. Disponível em: <<http://www.e-a-r.com/pdf/hearingcons/earlog13.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2012.

BRASIL. DECRETO N° 6.780, DE 18 DE FEVEREIRO DE 2009. ANAC - AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (Brasil).. Disponível em:

<<http://www2.anac.gov.br/biblioteca/decretos/DECRETO6780.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO (Brasil). NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES. São Paulo: Ministério do Trabalho, 2012. Disponível em:

<[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20\(atualizada_2011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20(atualizada_2011).pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2012.

BREVIGLIERO, E; POSSEBON, J; SPINELLI, R. Higiene Ocupacional: Agentes Biológicos, Químicos e Físicos. 5. ed. São Paulo: Senac, 2010.

DAVID CLARK (USA). Noise Attenuating Headset H3312. Disponível em:

<<http://www.davidclark.com/HeadsetPgs/h3313.htm>>. Acesso em: 21 fev. 2012.

FAA - FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (USA). HEARING AND NOISE IN AVIATION. Disponível em: <www.faa.gov/pilots/training/airman_education>. Acesso em: 21 fev. 2012.

FUNDACENTRO - Doenças Ocupacionais: Exposição a ruído no trabalho pode causar surdez definitiva. São Paulo: Fundacentro, 2010. Disponível em:

<http://www.protecao.com.br/noticias/doencas_ocupacionais/exposicao_a_ruído_no_trabalho_pode_causar_surdez_definitiva/JyyJAcjj>. Acesso em: 13 nov. 2012.

FUNDACENTRO – NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL-NHO-01, 2001, São Paulo. Procedimento técnico para avaliação da exposição ocupacional ao ruído. São Paulo: Fundacentro, 2001.

GE (USA). **GE Instrumental in Historic Aircraft Noise Reduction Milestone**. Disponível em: <http://www.geaviation.com/aboutgeae/presscenter/other/other_19990823.html>. Acesso em: 26 nov. 2012.

GIAMPAOLO, T. **Gas Turbine HandBook: Principles and Practices**. 3. ed. Lilburn, Ga: The Fairmont Press, 2006.

HOMA, J. M. **Aeronaves e Motores: Conhecimentos Técnicos**. 31. ed. São Paulo: Asa, 2011.

ITANI, A. (São Paulo). **CONDIÇÕES DE TRABALHO E RISCOS À SAÚDE DO TRABALHADOR DA AVIAÇÃO**. Disponível em: <<http://www.revistas.sp.senac.br/index.php/ITF/article/view/26>>. Acesso em: 12 out. 2012.

PINHEIRO, C. **Mudança de Comportamento**. São Paulo: Othinkknowledge, 2012. Disponível em: <<http://knowledge.othink.com/index.php/pessoas/115-mudanca-de-comportamento>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

PRATT & WHITNEY (USA). **FAA Selects Pratt & Whitney for CLEEN Technologies Program, Targets the Environmentally-Friendly PurePower® Engines**. [s.l]: Pratt & Whitney, 2012. Disponível em: <<http://www.prnewswire.com/news-releases/faa-selects-pratt-whitney-for-cleen-technologies-program-targets-the-environmentally-friendly-purepower-engines-97094034.html>>. Acesso em: 29 nov. 2012.

ROLLS-ROYCE (USA). **Trent and the environment**. [s.l]: Rolls-royce, 2012. Disponível em: <http://www.rolls-royce.com/Images/trent_env_tcm92-5900.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2012.

WU Y, D. C. **Effect of fighter cockpit noise on pilot hearing**. Space Med Eng. Beijing, 1998. Disponível em: <http://www.pjorl.com/index.php?option=com_content&view=article&id=58>. Acesso em: 29 nov. 2012.