

ALBERTO OLIVEIRA DE ALMEIDA
HENRIQUE HENRIQUES NASCIMENTO SAMPAIO

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL À RUÍDO DA FUNÇÃO MECÂNICO NA CASA
DE MÁQUINAS DA PLATAFORMA AUTOELEVATÓRIA PETROBRAS VI**

São Paulo
2006

ALBERTO OLIVEIRA DE ALMEIDA
HENRIQUE HENRIQUES NASCIMENTO SAMPAIO

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL À RUÍDO DA FUNÇÃO MECÂNICO NA CASA DE
MÁQUINAS DA PLATAFORMA AUTOELEVATÓRIA PETROBRAS VI**

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Especialista em
Higiene Ocupacional.

Área de Concentração:
Higiene Ocupacional

São Paulo
2006

Aos mestres que estão sempre empenhados em transmitir conhecimentos que influenciem na trajetória de vida de seus discípulos.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por nos fornecer disposição, motivação e perseverança para enfrentar os desafios e permitir realizar esta e muitas outras conquistas.

Ao Gerente Geral da Unidade de Negócio de Exploração e Produção da Bahia-UN-BA, Antônio Rivas, Gerente do Ativo de Produção Sul, Paulo Masieiro, e Gerente Geral do US-SAE, Francisco Frederico Andrade Neto, Gerente Setorial de SMS, Carlos Roberto de Franco Derossi por ter permitido a participação no Curso de Higiene Ocupacional da Faculdade de Engenharia de Minas e de Petróleo da Universidade de São Paulo – USP.

Aos profissionais da PETROBRAS, que contribuíram para a materialização do projeto de implementação do Curso de Higiene Ocupacional, em parceria com a Universidade de São Paulo - USP, visando a qualificação e especialização dos empregados neste tema que tem como foco a saúde do trabalhador.

Aos Coordenadores, responsáveis pela realização do Curso de Higiene Ocupacional da Universidade de São Paulo – USP, e por ter acreditado na possibilidade de parceria com a PETROBRAS

Aos Professores que estiveram, constantemente, envolvidos em transmitir as disciplinas de maneira que os alunos absorvessem ao máximo os conhecimentos.

Aos colaboradores do PECE que estiveram sempre atentos às nossas solicitações e que forneciam um pronto atendimento.

Às nossas famílias pelo constante apoio e cooperação no sentido de atingir os objetivos e realizações educacionais e, principalmente, pela compreensão nos momentos das ausências motivadas pelas viagens durante as aulas presenciais.

E a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a consecução deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho é o resultado de pesquisas a respeito do ruído provocado por motores geradores em recintos fechados, no caso específico à sala de máquinas da plataforma Petrobras VI. Em plataformas os espaços são restritos e as soluções são muitas vezes combinações de várias idéias. O mecânico em virtude das necessidades da manutenção, é a função que fica mais exposta ao ruído da sala de máquinas. O texto apresenta as atividades desenvolvidas pelo mecânico no referido recinto e propõe diferentes soluções para as diversas atividades. São propostas como o uso de dupla-proteção, informatização de levantamento de parâmetros, mudanças de "lay-out", e corredores com tratamento acústico. Os dados das avaliações pessoais de ruído foram obtidos conforme a NHO-01 da Fundacentro, e os ensaios do uso combinado de protetores tipo concha e de inserção foram feitos no Laboratório de Ruído Industrial da Universidade de Santa Catarina conforme o método B da ANSI S12.6/1997.

ABSTRACT

The following paper is about a indoors engines and generators noise research project . The Petrobras VI jack-up engine room is studied in particular. In jack-up there is a lack of space, and the answers, sometimes, come from uncoordinated ideas. Because of their job, the maintenance task with an specific solution. Some of the maiors ideas are: ear double-protection, a better digital register (data base), changes in the room lay-out and halls with acoustic isolation treatment. All personal assay of noise came from the Fundacentro NHO-01 protocol. The ear protection trials were done at the Santa Catarina Federal University Industrial Noise Lab, by the "B" method from the ANSI S12.6/1997 protocol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Plataforma auto-elevatória PETROBRAS VI.....	2
Figura 2 – Orelha simplificada.....	11
Figura 3 – Células ciliadas sadias (esq) e células ciliadas lesadas por ruído (dir.).	12
Figura 4 – Conjunto 1. Protetores auriculares MSA MARK V e 3M 1210.....	26
Figura 5 – Conjunto 2. Protetores auriculares Peltor H6B e 3M 1210.....	26
Figura 6 – Motor EMD 16-645-E8 e gerador EMD AB20-6.....	29
Figura 7 – Mecânico fazendo acompanhamento diário do motor EMD.....	30
Figura 8 – Lay-out atual da sala de geradores e recintos adjuntos.....	34
Figura 9 – Teto da sala de geradores.....	34
Figura 10 – Parede da sala de geradores.....	35
Figura 11 – “Lay-out” modificado da sala de geradores.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentagem do calor contido no combustível injetado.....	7
Tabela 2 – Valores de “C” que depende do ambiente interno de enclausuramento.....	22
Tabela 3 – Correção do tempo real de uso do protetor auricular.....	25
Tabela 4 – Resultados das avaliações ambientais na sala de máquinas.....	36
Tabela 5 – Resultados das avaliações pessoais, na função Mecânico.....	37
Tabela 6 – Atenuação de ruído obtida pelo conjunto 1 de protetores.....	38
Tabela 7 – Atenuação de ruído obtida pelo conjunto 2 de protetores.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.....	1
°C – Graus Celsius.....	5
kHz – Quilo Hertz.....	6
dB – Decibel.....	6
CV – Cavalo vapor.....	7
kVA – Quilo Volt Ampère.....	7
Pa – Pascal.....	9
cm ³ - Centímetro.....	10
mm – Milímetro.....	10
NR 15 – Norma Regulamentadora 15.....	12
NRC – “Noise Reduction Coefficient”	15
Hz – Hertz.....	15
kg – Quilograma.....	18
PT – Perda por Transmissão sonora.....	19
NR – “Noise Reduction” (Redução de ruído).....	21
NRR – “Noise Reduction Range” (Taxa de redução de ruído).....	23
NIOSH – “National Institute for Occupational Safety and Health”	23
EPI – Equipamento de proteção pessoal.....	23
NRRsf - “Noise Reduction Rate subjective fit”	23
ANSI – “American National Standards Institute”	24
CA – Certificado de aprovação.....	25
EMD – Electro-Motive Division.....	28
RPM – Rotação por minuto.....	28
kW – Quilowatts.....	28
AC – “Alternating Current” (Corrente alternada).....	28
HP – “Horse Power” (Força de cavalo).....	28
V – Volts.....	28

pH – Potencial de Hidrogênio.....	31
NHO – Normas de higiene ocupacional.....	35
ISO – “International Standards Organization”.....	37
LARI – Laboratório de ruído industrial.....	38

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 Os motores geradores.....	3
2.1.1 Níveis de ruídos dos geradores.....	6
2.1.2 Calor irradiado.....	7
2.1.3 Gases de escape dos geradores.....	8
2.2 O agente ruído.....	9
2.3 Fenômeno da reverberação.....	12
2.4 Acústica em ambientes fechados.....	14
2.4.1 Absorção.....	14
2.4.2 Isolação.....	19
2.5 Atenuação do protetor auricular.....	23
3. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO.....	28
3.1 Geração e demanda de energia elétrica.....	28
3.2 Planejamento de manutenção dos motores geradores.....	30
4. METODOLOGIA E RESULTADOS.....	33
4.1 Análise de ruído da casa de máquina.....	33
4.2 Métodos de avaliação de ruídos e resultados.....	36
4.3 Normas de ensaios para atenuação de protetores auriculares.....	37

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	39
5.1 Recomendações.....	39
5.2 Dificuldades encontradas.....	40
5.3 Trabalhos futuros.....	41
 ANEXO 1 Tipos de manutenção dos motores geradores.....	42
ANEXO 2 Formulário de acompanhamento diário do motor.....	44
 LISTA DE REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A exposição ocupacional ao ruído da função mecânico na casa de máquinas da plataforma auto-elevatória PETROBRAS VI e formas de controle é o tema escolhido para este estudo de caso, devido o nível de ruído da casa de máquinas influenciar de maneira significativa na dosimetria de ruído do mecânico. Neste trabalho são apresentadas as características dos motores da sala de máquinas, a demanda de energia da plataforma, a importância do sistema de geração de energia, a forma contínua de operação dos motores, as manutenções necessárias e as frequências que são realizadas as referidas manutenções.

Este trabalho sintetiza diversos assuntos relevantes para o tema escolhido, tais como: o agente ruído, reverberação, acústica em ambientes fechados e atenuação de protetores auriculares. No que diz respeito aos resultados encontrados, são apresentadas avaliações de ruído ambiental e pessoal, os ensaios para estabelecer a atenuação através do uso combinado de protetores auriculares tipo concha e de inserção e a indicação de propostas para diminuir a exposição ao agente ruído.

A plataforma PETROBRAS VI é formada por uma balsa flutuante, composta por: casario, convés principal, convés de perfuração, torre de perfuração, salas de bombas, sala de cimentação, oficinas, tanques de óleo Diesel e de água, heliponto e três pernas metálicas, de aproximadamente oitenta metros cada uma, que se apóiam no fundo do mar e são elevadas quando a plataforma necessita ser deslocada para um novo ponto de perfuração. Para transportar a plataforma são utilizados rebocadores, que a depender de sua potência poderá ser necessário mais que um rebocador. Ao chegar no novo ponto de perfuração e as âncoras serem lançadas ao mar, os motores do sistema elevatório baixam as pernas até o fundo do mar e elevam a balsa a cerca de 15 metros da superfície da água. Antes de iniciar a perfuração, algumas etapas são realizadas antecipadamente, a exemplo de posicionar a torre de perfuração, cravar os primeiros revestimentos (cilindros de aço com 20 polegadas de diâmetro), montar o equipamento de segurança do poço, e a partir desta última etapa começar realmente a operação de

perfuração com a descida pelo revestimento do conjunto broca e coluna de perfuração. Todo o processo é feito através de motores elétricos, alimentados por energia gerada a partir dos motores geradores, que movimentam o sistema elevatório da plataforma, os guinchos de âncora, guincho de perfuração, guindastes, bombas de lama, sistema exaustor, compressores de ar e peneiras de lama.

Portanto, este estudo de caso tem por objetivo analisar os aspectos que interferem, sistematicamente, na exposição ao ruído da função mecânica da Plataforma Auto-elevatória PETROBRAS VI. Visando atingir o objetivo, será apresentada a metodologia aplicada no cálculo da atenuação de protetores auriculares e a proposição de alternativas para melhorar o sistema acústico da casa de máquinas da plataforma, a qual está representada na figura 1.



Figura 1 – Plataforma Auto-elevatória PETROBRAS VI.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A seguir é apresentado o material resultante da pesquisa realizada em torno do tema principal e dos demais que serviram de preâmbulo para a formação desta monografia.

Tendo como foco a pesquisa sobre motores geradores para suprimento de energia elétrica produzida a partir do consumo de óleo Diesel, com a finalidade de apresentar os aspectos significativos destes, que são os equipamento que motivaram este estudo de caso. Daí a oportunidade de se ter realizado pesquisas em temas correlatos, como nível de ruído gerado a partir do seu funcionamento, bem como o calor irradiado e os gases de escape provenientes do processo de operação dos referidos geradores.

2.1 OS MOTORES GERADORES

Grupo gerador é o conjunto de motor Diesel e gerador de corrente alternada, denominado alternador, dotados dos componentes de supervisão e controles necessários ao seu funcionamento autônomo e destinado ao suprimento de energia elétrica produzida a partir do consumo de óleo diesel. Os grupos geradores são construídos com características especiais que os tornam apropriados para diversas aplicações.

São muitos os fatores a serem considerados antes da aquisição do equipamento adequado. Outros fatores, como nível de ruído, capacidade de operar em paralelo com outro grupo ou com a rede local, tempo de partida, capacidade de partida e parada automática, telemetria e controle remoto, durabilidade estendida do óleo lubrificante, em muitos casos, são exigências inerentes aos consumidores a serem atendidas pelo equipamento. Em todas as situações, uma avaliação criteriosa deve ser feita como parte do projeto da instalação de um grupo gerador. “Na maioria das vezes, o grupo gerador oferecido pelo fornecedor não é a melhor solução”^[1]

Alternador é o gerador de corrente alternada, assim como o dínamo é denominado de gerador de corrente contínua. Os geradores são máquinas destinadas a converter energia mecânica em energia elétrica. A transformação de energia nos geradores fundamenta-se no princípio físico conhecido como Lei de Lenz. Esta lei afirma que “quando existe indução magnética, a direção da força eletromotriz induzida é tal, que o campo magnético dela resultante tende para o movimento que produz a força eletromotriz”.^[1]

Os alternadores pertencem à categoria das máquinas síncronas, isto é, máquinas cuja rotação é relacionada ao número de pólos magnéticos e a frequência da força eletromotriz. Não há, basicamente, diferenças construtivas entre um alternador e um motor síncrono, podendo um substituir o outro sem prejuízo de desempenho. Assim, um alternador quando tem seu eixo acionado por um motor, produz energia elétrica nos terminais e, ao contrário, recebendo energia elétrica nos seus terminais, produz energia mecânica na ponta do eixo, com o mesmo rendimento.

A indução magnética ocorre sempre que há movimento relativo entre um condutor e um campo magnético.

“O gerador elementar, concebido por Michael Faraday em 1831, na Inglaterra e na mesma época por Joseph Henry, nos Estados Unidos, era constituído por uma espira que girava entre os pólos de um ímã”.^[1]

Os alternadores podem ser subdivididos, nas seguintes classes: industriais, navais, marinizados, para telecomunicações, à prova de explosão. Podem ainda distinguir os alternadores segundo o número de fases: os monofásicos, que possuem as bobinas do enrolamento induzido de tal forma que a tensão de saída é obtida em dois pontos terminais, e os trifásicos, que possuem três grupos independentes de bobinas, montadas defasadas em 120° entre si, sendo ligadas de tal maneira que podemos ter três ou quatro pontos de ligação para os consumidores.

Entretanto, os alternadores possuem limitações, sendo o que limita sua potência é a temperatura alcançada pelo enrolamento do induzido. Por isso, são máquinas que sofrem perdas por aquecimento, que pode resultar da temperatura ambiente ou da altitude. Os alternadores de linha normal de produção são fabricados

para operar com temperatura ambiente máxima de 40 °C e altitude de 1.000 m acima do nível do mar. Para serviços em condições adversas, é necessário corrigir para menos a potência do alternador.

Com relação aos motores Diesel, são máquinas térmicas alternativas, de combustão interna, destinadas ao suprimento de energia mecânica ou força motriz de acionamento. O nome é devido a Rudolf Diesel, engenheiro francês nascido em Paris, que desenvolveu o primeiro motor em Augsburg – Alemanha, no período de 1893 a 1898. Oficialmente, o primeiro teste bem sucedido foi realizado no dia 17 de fevereiro de 1897, na “Maschinenfabrik Augsburg”.

Segundo sua aplicação, os motores geradores são classificados em quatro tipos básicos:

Estacionários – destinados ao acionamento de máquinas estacionárias, tais como geradores, máquinas de solda, bombas ou outras máquinas que operam em rotação constante;

Industriais – destinados ao acionamento de máquinas de construção civil, tais como tratores, carregadeiras, guindastes, compressores de ar, máquinas de mineração, veículos de operação fora-de-estrada, acionamento de sistema hidrostáticos e outras aplicações onde se exijam características específicas do acionador;

Veiculares – destinados ao acionamento de veículos de transporte em geral, tais como caminhões e ônibus;

Marítimos – destinados à propulsão de barcos e máquinas de uso naval.

Além dos segmentos de aplicações, os motores diesel podem ser classificados pelo sistema de arrefecimento que utilizam, normalmente a água ou o ar e pelo número e disposição dos cilindros, que normalmente são dispostos em linha, quando os cilindros se encontram em linha reta, ou em ‘V’, quando os cilindros são dispostos em fileiras oblíquas.

As diferenças básicas entre os diversos tipos de motores Diesel residem, essencialmente, sobre os sistemas que os compõem. Todos funcionam segundo as mesmas leis da termodinâmica, porém as alterações de projeto que se efetuam sobre os

sistemas e seus componentes resultam em características de operação que os tornam adequados para aplicações diferentes.

2.1.1 NÍVEIS DE RUÍDOS DOS GERADORES

São quatro as fontes de ruídos em um grupo gerador:

- a) **ruídos mecânicos**: nas variações rápidas de pressão as frequências próprias são levadas ao encontro da velocidade de deformação dos componentes sujeitos a essas pressões;
- b) **ruídos da combustão**: causados pelo rápido aumento da pressão na câmara de combustão ou vibrações de pressão provocadas por combustão anômala (batidas, etc.). A frequência é de 0,5 até 2,5 kHz no primeiro caso ou 5 até 10 kHz no segundo. Estes ruídos se tornam mais desagradáveis quando os ruídos mecânicos são atenuados;
- c) **ruídos por variação de carga**: provocados pela pulsação do fluxo no sistema de sucção e descarga. Os amortecedores de ruído não oferecem muita resistência ao fluxo contínuo, mas amortecem os picos das pulsações. O filtro de ar amortece os pulsos da admissão e o silencioso de escape amortece os pulsos da descarga dos gases;
- d) **ruído dos ventiladores ou ventoinhas**: o ventilador do alternador, aliado ao movimento do rotor, bem como o ventilador do radiador do motor diesel e, ainda, nos motores turbo-alimentados, o ruído dos rotores do turbo-alimentador, que se aguçam com o aumento da carga.

“O nível de ruído, a sete metros de distância do grupo gerador, chega a 95 dB. Os recursos disponíveis para amortecimento desses ruídos são poucos, dada a dificuldade de se lidar com uma gama de frequências e intensidades variadas. A solução mais adotada é o enclausuramento do equipamento em container com as paredes revestidas com material atenuador, o que possibilita uma redução do nível de ruído para até 75 dB. Esta providência implica no dimensionamento adequado das passagens para o fluxo de ar de alimentação do motor Diesel e para a refrigeração do radiador e do alternador, para não incorrer em perda de potência ou possibilidade de superaquecimento. Quando a

aplicação assim o exigir, podem ser adquiridos grupo geradores silenciados, montados em containeres com tratamento acústico para níveis de ruído abaixo de 75 dB".^[1]

2.1.2 CALOR IRRADIADO

O calor irradiado pelo motor Diesel, geralmente, é indicado como uma porcentagem do calor contido no combustível injetado. Os valores da tabela 1 podem ser tomados como base para o cálculo das quantidades de calor irradiado e de ar.

Tabela 1 – Porcentagem do calor contido no combustível injetado^[1]

Potência do motor	% de calor
Até 100 CV	6
De 100 a 500 CV	5
Acima de 500 CV	4
Para motores refrigerados a ar (todos)	7

As porcentagens são valores de referência, pois é muito difícil determinar os valores exatos do calor irradiado. Para motores turbo-alimentados, os valores podem ser tomados com cerca de 1% abaixo e para motores com pequeno número de cilindros os valores podem ser bastante superiores. O tubo coletor de escape montado no motor está sendo considerado, mas não a tubulação do escape que vai além.

Portanto, o calor total, irradiado por um motor Diesel, poderá ser calculado a partir de expressões matemáticas, pressupondo que os tubos de escape, de considerável comprimento, estejam isolados. E no caso de o rendimento do alternador não for conhecido, adotar 85% para alternadores até 100 KVA e 90% para alternadores maiores que 100 KVA.

2.1.3 GASES DE ESCAPE DOS GERADORES

O sistema de escapamento de gases deverá ser cuidadosamente projetado, porque uma execução inadequada influenciará a potência, bem como o nível de ruído do motor. Em nenhuma circunstância poderá a contrapressão, no sistema de escapamento, exceder o valor permitido pelo fabricante do motor. Em casos de temperatura excessiva dos gases de escape, a contrapressão no coletor de escape ou a temperatura do ar de admissão é inadmissivelmente alta.

Os valores de resistência máximos admissíveis do sistema de escapamento total são os seguintes:

- para motores com aspiração natural: 600 a 1.200 mm de coluna d'água.
- para motores turbo-alimentados: 250 a 500 mm de coluna d'água.

A resistência ao fluxo é medida imediatamente na extremidade do tubo de escape ou na parte posterior do turbo-alimentador.

Para a conexão do coletor de escape do motor com a tubulação instalada rigidamente, deverá ser empregada uma peça de conexão flexível, instalada diretamente no motor, a fim de compensar as vibrações e expansão térmica. A tubulação não poderá transmitir quaisquer esforços ao motor, especialmente se for turbo-alimentado, onde a conexão flexível é montada diretamente na saída do turbo-alimentador. Como a maioria dos grupos geradores são elasticamente apoiados, os tubos estão sujeitos não apenas à expansão térmica, mas também a vibrações, que poderão ser particularmente intensas quando da partida e parada do motor Diesel.

A tubulação de escape de diversos motores não deve desembocar numa tubulação comum, porque a contrapressão e o refluxo dos gases de exaustão provocam a formação de sedimentos quando o motor não estiver funcionando, colocando em risco a segurança operacional.

Devem ser adotadas as mesmas medidas de proteção, tanto para tubos de admissão quanto para tubos de escape, contra a entrada de água de chuva e respingos. A entrada de água no motor pode acusar danos consideráveis ocasionados pela corrosão ou por calço hidráulico na partida.

Nos motores em 'V', é mais conveniente combinar os dois tubos de escape, a fim de facilitar sua disposição e suprimir o ruído.

Os cálculos de escoamento de gases através de tubulações apresentam um certo nível de complexidade. Em determinados casos, não se pode evitar executar os cálculos com certa precisão, porém, nas aplicações mais freqüentes, podemos adotar gráficos e fórmulas empíricas para avaliar as dimensões das tubulações de escape de uma forma mais prática.

O método mais simples consiste em:

- a) medir o comprimento geométrico da tubulação;
- b) calcular as perdas de carga, devida às curvas ou outros acidentes, com o auxílio de tabelas aplicáveis;
- c) somar o comprimento geométrico ao comprimento equivalente das perdas de carga para encontrar o comprimento total;
- d) conhecendo-se a vazão dos gases de escape (deverá ser informada pelo fabricante do motor Diesel), calcula-se um diâmetro para a perda de carga desejada ou adota-se um valor de diâmetro conhecido e testa-se pelas fórmulas se a perda de carga produzida atende aos requisitos da instalação.

2.2 O AGENTE RUÍDO

O som é uma variação da pressão atmosférica que é detectada pelo sistema auditivo, são ondas mecânicas que se deslocam a velocidade do som. Os sons abrangem uma faixa muito grande de variação de pressão sonora, que vai de 20 micra Pa (limiar aproximado da audição) a 200 Pa (limiar da audição acompanhada de dor).

Assim “utiliza-se uma escala logarítmica de relação de grandezas, o decibel(dB). O decibel é uma relação adimensional definida na equação (1) a seguir”^[2]:

$$L = 20 \text{ Log } (P/P_0) \quad (1)$$

Onde:

L - Nível de pressão sonora (dB).

Po - pressão sonora de referência, por convenção 20 micra Pa.

P - Pressão sonora encontrada no ambiente (Pa).

Ou seja, os limiares de audição estão entre 0 e 140 dB. O som mais simples é chamado "Tom Puro", é formado por uma onda constituída por uma única frequência. Normalmente os sons são mais complexos, são formados por várias frequências. O ruído é formado por um conjunto de frequências emitidas simultaneamente, normalmente estão presentes todas as frequências audíveis. São sons cuja energia sonora está distribuída em uma faixa de frequências, como a energia se distribui pelas frequências, o somatório será a sensação de intensidade do som. Os ruídos onde predominam as altas frequências são menos toleráveis que os ruídos onde predominam as baixas frequências.

A orelha humana é sensível a sons que possuem frequências entre 20Hz e 20 KHz, esta é a chamada faixa audível. A sensibilidade da orelha humana é diferente para diferentes frequências, "desta forma foram introduzidos nos medidores de nível sonoro filtros eletrônicos com a finalidade de aproximar a resposta do instrumento à resposta do ouvido humano"^[2]. A curva que melhor correlaciona nível sonoro com probabilidade de dano auditivo é a curva "A", assim o aparelho de pressão sonora fará a compensação e fornecerá o nível de pressão sonora em dB(A).

O complexo sistema auditivo pode ser dividido em três partes: a orelha externa, a orelha média, e a orelha interna. A orelha externa é formada pela orelha e o canal auditivo. A orelha média é composta pelo tímpano e os ossículos: martelo, bigorna e estribo. O tímpano transmite as vibrações sonoras para os ossículos que funcionam como uma alavanca, aumentando a força das vibrações mecânicas. A figura 2 representa de forma simplificada a orelha humana.

"A orelha interna inicia-se na janela oval, que recebe a força do estribo. É formado por um tubo enrolado, daí o nome de caracol, que representa comprimento aproximado de 30 mm (ao ser desenvolvido) e volume de 1 cm³. O tubo caracol é dividido internamente, ao longo do seu comprimento, em três canais denominados de canal vestibular, canal timpânico e canal coclear. Estes canais contêm fluidos. Os canais vestibulares e timpânicos contêm a perilinfa, e o canal coclear contém endolinfa. Sobre a

membrana basilar assenta-se o chamado órgão de Corti, responsável por captar as ondas de pressão que viajam pela perilinfa. A principal estrutura do órgão de Corti é um conjunto em torno de 20.000 células ciliadas que respondem seletivamente conforme as frequências do som que o ouvido está recebendo”.^[13]

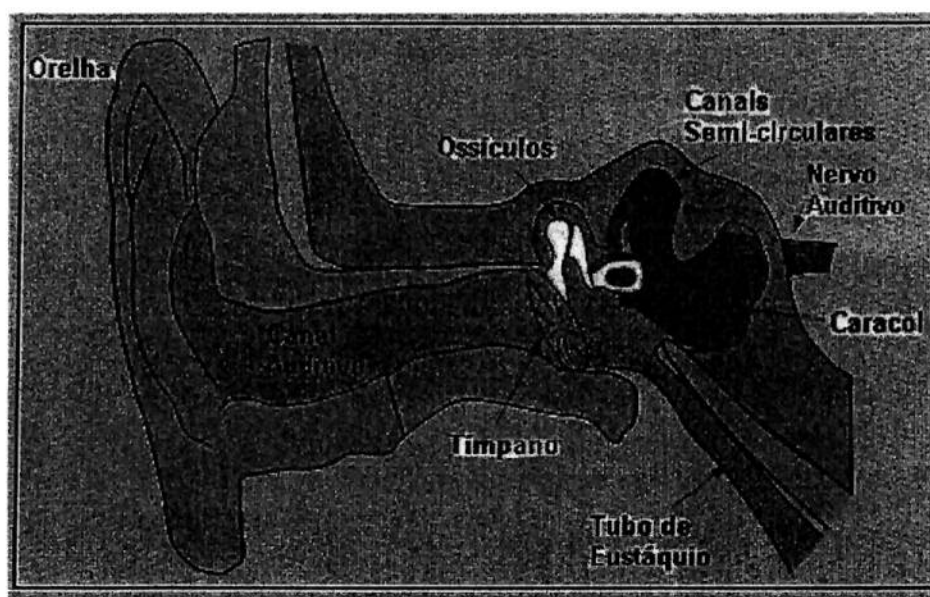


Figura 2 – Orelha simplificada.

As células ciliadas, quando excitadas, geram impulsos elétricos que são enviados ao cérebro através do nervo auditivo. Quando estas células são danificadas ocorre perda de audição. Quando o ouvido é exposto a um nível sonoro de determinada intensidade a capacidade auditiva é prejudicada durante um certo tempo, voltando ao normal depois de cessada a exposição, mas caso a exposição seja prolongada ou o nível de exposição seja muito alto, haverá o dano nas células ciliadas, e como estas são células nervosas o dano na audição será irreversível. A figura 3 mostra as células ciliadas saudáveis e células ciliadas lesadas por ruído.

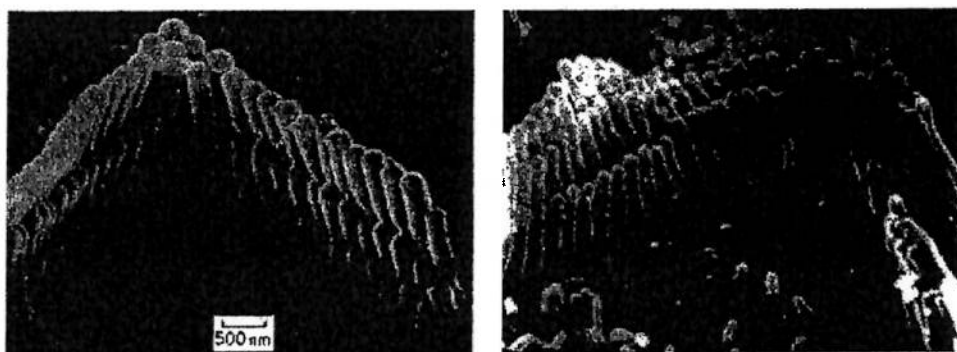


Figura 3 – Células ciliadas saudáveis (esq.), e células ciliadas lesadas por ruído (direita).

Geralmente o som em determinada frequência provoca dano em uma frequência superior. Através do audiograma é possível avaliar a perda da sensibilidade auditiva.

De acordo com a Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho, NR-15 o Limite de Tolerância para exposição a ruído contínuo ou intermitente é de 85 dB(A) para uma jornada de 8 horas, ou seja a dose será 100% quando o trabalhador for exposto a um nível médio de 85 dB(A) durante 8 horas. Na plataforma PETROBRAS VI onde a jornada de trabalho é de 12 horas, o nível médio de exposição deverá ser menor ou igual a 82 dB(A) para que a Dose, representada na fórmula (2), seja menor que 100%, pois:

$$\text{DOSE} = (\text{Tei} / \text{Tpi}) \quad (2)$$

Onde:

Tei - Tempo de exposição a um determinado nível (i).

Tpi - Tempo de exposição permitido pela legislação para o mesmo nível (i).

2.3 FENÔMENO DA REVERBERAÇÃO

Reverberação é a continuação da propagação do som que se reflete das superfícies até a onda sonora perder toda a energia por absorção e desaparecer, após a interrupção de sua geração na fonte. A amplificação do som dentro de um espaço

fechado, causada por múltiplas reflexões a partir de superfícies refletoras (paredes, tetos, pisos, etc.) de uma sala.

Antes de simular os fenômenos físicos da reverberação e reflexão do som, é preciso analisar como a reverberação é gerada, e como ela é percebida pela orelha humana. “Numa sala de concerto, o som que o espectador ouve contém tanto o som original produzido pela fonte (voz, instrumento acústico, equipamentos mecânicos, sistema de sonorização, etc) quanto as milhares de reflexões desse som original, que bate no chão, paredes e teto, até chegar às orelhas, com um pequeno atraso”.^[3]

“Essas reflexões são como milhares de ecos do sinal direto que, devido à sua grande quantidade, não são percebidas exatamente como ecos, mas sim como ‘reverberação’. Basicamente, as porções do sinal refletido atingem a orelha depois do sinal direto, e por isso dão ao ouvinte a sensação de ‘espaço’, isto é a percepção de que o som original está inserido num determinado ambiente acústico”.^[3]

A informação espacial é um meio importante de orientação, porque a orelha humana também é usada para determinar a posição da fonte sonora. Em certas situações, essa capacidade pode ser muito útil ou mesmo de vital importância.

As formas mais naturais de reverberações são obtidas nas câmaras de reverberação. Em geral, cada recinto possui propriedades acústicas específicas que não só dependem de suas dimensões, mas também de sua forma e dos materiais usados na construção e acabamento. Por essa razão, os especialistas em acústica projetam salas que produzam determinada característica sonora e reverberação ambiente.

“O intervalo de tempo em segundos requerido para que a intensidade do som se reduza em 60 dB após sua geração ser interrompida na fonte, é denominado de período de reverberação”.^[3] É a continuação da propagação do som que se reflete das superfícies até a onda sonora perder energia suficiente por absorção para desaparecer, após a interrupção de sua geração na fonte. Uma propriedade acústica básica que depende somente das dimensões e das propriedades de absorção das superfícies e dos objetos de uma sala. O efeito da reverberação é importante para a inteligibilidade da voz.

2.4 ACÚSTICA EM AMBIENTES FECHADOS

As principais medidas de desempenho acústico de um determinado material são suas capacidades em absorver e isolar o ruído. A absorção sonora é utilizada fundamentalmente para controle de tempo de reverberação de determinado recinto. A absorção contribui para redução de ruído, mas esta redução é de apenas alguns poucos dBs, assim não deve ser utilizada como principal solução para reduzir o ruído em determinado recinto. Um material absorvente deverá ser fibroso ou poroso, fazendo com que as ondas sonoras se propaguem e percam parte de sua energia, normalmente são materiais com baixo peso e sem propriedades estruturais. A isolamento sonora é desejável para impedir a propagação do ruído de um recinto para outro adjacente. “Um material com características isoladoras, é geralmente denso e reflexivo, e normalmente oferece propriedades estruturais”.^[4] É possível uma mesma estrutura possuir características isolantes e absorventes, através da combinação de materiais.

2.4.1 ABSORÇÃO

A acústica aplicada a ambientes fechados é chamada de acústica de salas. Em recintos a propagação sonora sofre interferência das superfícies que o delimitam. “Quando o som incide nestas superfícies, a energia sonora incidente é parcialmente refletida, e outra parcela é absorvida pela superfície.”^[4] O coeficiente de absorção sonora, α , é uma medida da capacidade de absorção de energia sonora de uma determinada superfície, e é definido na fórmula (3), a seguir:

$$\alpha = 1 - I_{\text{refletida}} / I_{\text{incidente}} \quad (3)$$

Onde:

$I_{\text{refletida}}$ - Intensidade sonora do som refletido.

$I_{\text{incidente}}$ - Intensidade sonora do som incidente.

O coeficiente de reflexão sonora, ρ , é definido na fórmula (4):

$$\rho = I_{\text{refletida}} / I_{\text{incidente}} \quad (4)$$

“Parte da intensidade sonora absorvida degrada-se em calor no meio material do qual a superfície é constituída, e a outra parte é re-irradiada pela outra face da superfície oposta àquela do som incidente. Esta parcela re-irradiada é a intensidade sonora transmitida, $I_{\text{transmitida}}$ ”.^[4]

Então define-se o coeficiente de transmissão sonora, τ , na fórmula (5):

$$\tau = I_{\text{transmitida}} / I_{\text{incidente}} \quad (5)$$

O coeficiente de “Sabine” é obtido experimentalmente em uma câmara reverberante, e é o normalmente utilizado nos projetos de acústica. Geralmente α aumenta com a espessura e com a densidade de materiais fibrosos e porosos. “O afastamento do material absorvente da superfície de uma parede ou teto, tende a aumentar a absorção sonora, principalmente em baixas frequências”.^[4] A velocidade das partículas é máxima onde a pressão sonora é mínima. Isto ocorre a uma distância da parede igual a $\lambda/4$ do comprimento de onda do som incidente. “Assim, o material absorvente deve ser espesso, ou estar suficientemente afastado da superfície, para interagir com as partículas de ar na região onde a velocidade é máxima”.^[4]

Como normalmente os materiais porosos e fibrosos são caros e apresentam baixos coeficientes de absorção sonora para baixas frequências, uma alternativa para melhorar a absorção é instalar o material afastado $\lambda/4$ da superfície. Para uma comparação entre a capacidade de absorção sonora de vários materiais podemos utilizar o Coeficiente de Redução Sonora – NRC. O NRC de cada material é definido como a média aritmética dos coeficientes de absorção sonora das bandas de oitava de 250 a 2.000 Hz. Os experimentos demonstram que o coeficiente de absorção sonora de materiais sólidos depende basicamente da frequência do som incidente e da rugosidade superficial. O coeficiente de absorção sonora tende aumentar com a frequência.

A capacidade de absorção sonora de uma superfície é função do coeficiente de absorção sonora e da área da superfície, e é calculada pela fórmula (6):

$$A_{\text{sup.}} = \alpha \times S, \text{ m}^2 \text{ (Sabine)} \quad (6)$$

Onde:

S - área da superfície em m²

Obs.: para diferenciar unidade de área de unidades de absorção, inclui-se (Sabine) após m².

A absorção sonora das superfícies do recinto é calculada pela fórmula (7):

$$A_{\text{sup.recinto}} = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i \quad (7)$$

O coeficiente de absorção sonora médio é:

$$\alpha_m = A_{\text{sup.recinto}} / S_{\text{total}}$$

A absorção sonora total de um recinto é dada pela fórmula (8):

$$A_{\text{recinto}} = A_{\text{sup.recinto}} + A_{\text{diversos}} + A_{\text{ar}} \quad (8)$$

Onde:

$A_{\text{sup.recinto}}$ - absorção sonora das superfícies do recinto.

A_{diversos} - absorção sonora de pessoas e mobiliário presentes no recinto.

A_{ar} - absorção sonora do ar ambiente.

Normalmente só se considera absorção sonora de pessoas em locais de reuniões para grandes públicos, como igrejas, auditórios e salas de conferência. Despreza-se a absorção sonora de mobiliário em recintos com mobílias simples e em número pequeno quando comparado com o volume do recinto. A absorção sonora do ar é considerada apenas em recintos com grandes volumes como igrejas, ginásios e galpões industriais. Pode ser calculada pela fórmula (9):

$$A_{\text{ar}} = 4Vm \quad (9)$$

Onde:

V - volume do recinto em m³

m - constante de absorção sonora do ar em m⁻¹, que depende da temperatura e umidade relativa.

“A característica comum dos materiais destinados a absorver som é a baixa absorção nas baixas frequências”.^[4] Nestes casos pode-se recorrer a dispositivos

especializados tais como: Painéis ressonantes, ressoadores de cavidade, membrana flexível sobre material fibroso ou poroso, e painéis perfurados sobre material fibroso ou poroso.

Para proteger o material fibroso/poroso é comum cobrir com painéis perfurados de madeira, plástico ou metal. O painel não altera a absorção do material fibroso/poroso caso a área de abertura das perfurações ultrapassem 20% da área do painel, se a área perfurada for menor que 20% da área do painel, ocorrerá um pico na curva de absorção sonora do conjunto na frequência dada pela fórmula (10):

$$f = c/2\pi \{ P/100 / L[t + 0,85d (1 - 0,22d/q)] \}^{1/2} \quad (10)$$

Onde:

c - velocidade do som no ar.

P - porcentagem de área aberta do painel.

L - profundidade da cavidade formada pelo painel incluindo a espessura do material absorvente.

t - espessura do painel.

d - diâmetro das perfurações.

q - espaçamento entre furos.

A condição $fLc < 0,1$ deve ser satisfeita para que a incerteza seja menor que 15%. “Quando o material absorvente preencher totalmente a espessura da cavidade, em que L é igual à espessura do material absorvente, então a velocidade do som, c, deve ser substituída na fórmula por 0,85c”.^[4]

“Materiais absorventes fibrosos ou porosos freqüentemente necessitam de proteção contra pó, respingos, sujeira, etc. É comum ensacar o painel absorvente em membrana flexível de polietileno com espessura de 6 a 35 micra. É importante que a membrana não fique esticada, permitindo que o movimento das partículas de ar do lado de fora, gere, através da membrana, movimento das partículas de ar dentro do saco, para que o material absorvente cumpra sua função”^[4]

Quando houver também painel perfurado, deve-se impedir o contato do material absorvente com o painel através da membrana. O painel ressonante é simplesmente uma chapa fina de madeira ou de metal, montado sobre espaçadores fixados a uma superfície, formando uma cavidade com ar no espaço interveniente. O painel é caracterizado pela densidade superficial (kg/m^2). Ou seja, produto da espessura (m) e a densidade (kg/m^3) da chapa. “Para ser efetivo, o painel deve ser excitado pelo campo acústico. A energia acústica é então dissipada pela flexão do painel”.^[4]

Quando uma fonte sonora é ligada em um recinto, a energia sonora aumenta até atingir o equilíbrio, situação que representa um nível sonoro estacionário. Este equilíbrio é atingido, pois a energia sonora injetada é absorvida no recinto. Desligando a fonte o nível sonoro decai com o tempo, quanto mais rápida for a queda maior é absorção sonora das superfícies do recinto. O tempo necessário para que o nível sonoro caia de 60 dB após o desligamento da fonte sonora é chamado tempo de reverberação, T_{60} . O tempo de reverberação será mais longo em recintos com pouca absorção sonora e mais curto em recintos com muita absorção sonora. A fórmula (11) relaciona o tempo de reverberação e absorção sonora:

$$T_{60} = 0,161 \cdot (V / \alpha_m \cdot S_{\text{total}}) \quad (11)$$

Onde:

V - volume do recinto, em m^3

$\alpha_m \times S_{\text{total}}$ - em m^2 (Sabine)

T_{60} - em segundos

Como os sons de baixa frequência são menos absorvidos, o tempo de reverberação é maior. É importante um tempo de reverberação compatível com o uso do recinto. Recintos destinados à salas de aula, salas de conferência e teatros, ou seja, à palavra falada, o tempo de reverberação longo é inadequado. Recintos dedicados à sons recomenda-se tempos de reverberação mais longos.

O campo acústico no interior de recintos é uma combinação do som emitido direto pela fonte, e o som refletido pelas superfícies do recinto. A pressão do som

refletido é inversamente proporcional à absorção sonora do recinto, e uniforme em todo o volume do recinto. Em termos de pressão sonora tem-se a fórmula (12):

$$L_p = L_w + 10 \log (Q_\theta / \Omega r^2 + 4/A_{\text{recinto}}) \quad (12)$$

Onde:

L_w - nível de potência sonora da fonte

Q_θ - fator de direcionalidade da fonte

A_{recinto} - absorção sonora total do recinto.

r - distância do receptor a fonte.

Ω - ângulo sólido, e é igual a:

4π - quando a fonte sonora está afastada das superfícies do recinto.

2π - quando a fonte sonora está sobre o piso da sala (situação mais comum).

π - quando a fonte sonora está sobre o piso e próxima a uma das paredes da sala.

$\pi/2$ - quando a fonte sonora está sobre o piso e em um dos cantos da sala.

Normalmente os recintos não são anecóicos nem reverberantes. São chamados de “sala prática” recintos vazios com superfícies duras e reflexivas. Salas práticas apresentam condições próximas às observadas em câmaras reverberantes.

2.4.2 ISOLAÇÃO

Uma parede entre dois recintos atua como isolante entre eles. O parâmetro normalmente utilizado para caracterizar a isolamento sonora de uma parede é a Perda por Transmissão Sonora, PT, e é função do coeficiente de transmissão da parede, τ . A Perda por Transmissão Sonora, PT, é dada pela fórmula (13):

$$PT = 10 \log(1/\tau) \quad (13)$$

A perda por transmissão de paredes é fortemente dependente da frequência do som incidente. Quanto menor a frequência, menor a isolamento sonora da parede. Como as altas frequências são mais atenuadas, o som que é transmitido para o recinto receptor apresentará um espectro diferente do som original. Na curva teórica de Perda por

Transmissão em função da Frequência do som incidente temos quatro regiões: Região controlada pela rigidez (baixas frequências), região controlada pela ressonância (baixas frequências), região controlada pela massa (médias frequências), e região controlada pela coincidência (altas frequências).

Na região controlada pela rigidez a Perda por Transmissão aumenta com a redução da frequência. A região controlada pela ressonância não é muito importante, pois na maioria das situações práticas, a menor frequência de ressonância está bem abaixo da menor frequência de interesse. Na região controlada pela massa a Perda por Transmissão é dada pela fórmula (14):

$$PT = 20\log(f M) - 47 \text{ dB} \quad (14)$$

Onde:

f - frequência do som incidente em Hz.

M - densidade superficial da parede em kg/m²

Na região controlada pela coincidência temos o fenômeno de coincidência. Ocorre quando a projeção do comprimento de onda do som proveniente de uma dada direção é igual ao comprimento de onda de flexão que viaja pela parede, o resultado é a amplificação do movimento de flexão da parede, sendo o som incidente eficazmente transmitido pela parede. Este fenômeno se dá na frequência crítica e acima dela. Na prática, a coincidência ocorrerá numa faixa de frequências conhecida como “vale de coincidência”.

Inicialmente devemos atuar na fonte para reduzir o ruído, mas nem sempre é possível, ou é muito caro. Neste caso devemos atuar na trajetória, entre a fonte e o receptor. Algumas alternativas para atenuar o ruído na trajetória são:

- Instalação de barreiras entre a fonte e o receptor.
- Biombos acústicos.
- Enclausuramentos parciais ou totais ao redor da fonte.
- Enclausuramento ao redor do operador.

As barreiras devem ser fabricadas com material com densidade mínima de

20 kg/m² e altura suficiente para que o receptor não visualize a fonte sonora. No caso de ambientes fechados o teto deverá ser revestido com material absorvente para minimizar o efeito reflexivo do teto.

Para enclausurar fontes sonoras é necessário distinguir os termos:

Redução de ruído (NR) e Perda na transmissão (PT). O NR é a diferença de ruído (em dB) medidos antes e depois da instalação de um enclausuramento, o NR é dependente do ambiente acústico, dentro e fora do enclausuramento. PT é independente do ambiente, é função do coeficiente de transmissão dos materiais, e pode ser calculado pela fórmula (15):

$$PT = 10 \log(1/\tau) \quad (15)$$

Onde:

τ - coeficiente de transmissão da parede.

A redução de ruído (NR) depende não só da perda na transmissão de seus painéis como da absorção sonora da sala de enclausuramento, Podemos adotar a fórmula (16):

$$NR = PT - 10 \log (1/4 + S_w/R) \quad (16)$$

Onde:

NR - diferença antes e depois do enclausuramento, em dB.

PT – a perda na transmissão do enclausuramento, em dB.

S_w - área exposta do enclausuramento, em m².

R - absorção sonora da sala de enclausuramento, em m².

Outra opção é utilizar o fator “C”, a partir da fórmula (17):

$$NR = PT - C \quad (17)$$

Onde:

C - fator tabelado e depende do ambiente interno do enclausuramento, conforme tabela 2.

Tabela 2 – Valores de “C” que depende do ambiente interno de enclausuramento^[4]

Condições internas do enclausuramento acústico.	FREQUÊNCIA EM BANDAS DE OITAVAS							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
VIVA	18	16	15	14	12	13	15	16
QUASE VIVA	16	13	11	9	7	6	6	6
MÉDIA	13	11	9	7	5	4	3	3
MORTA	11	9	6	5	3	2	1	1

As condições internas do enclausuramento acústico, conforme descrita na tabela 3 acima, possuem as seguintes definições:

VIVA – quando as superfícies internas e das máquinas são lisas e rígidas.

QUASE VIVA – algumas superfícies internas em painel e as superfícies das máquinas são lisas e rígidas.

MÉDIA - superfícies internas cobertas com material absorvente e as superfícies das máquinas são lisas e rígidas.

MORTA - superfícies internas e das máquinas cobertas com material absorvente.

“Ao projetar um enclausuramento, alguns fatores devem ser considerados:

- Densidade dos painéis acústicos.
- Aplicação interna de revestimento absorvente.
- Vedação adequada.
- Desacoplamento entre a cabine / equipamento e cabine / piso.
- Acessos para entrada e saída de materiais, bem como condição para retirada do equipamento.
- Necessidade de ventilação forçada, caso a máquina libere calor, e silenciosos para os dutos de entrada e saída de ar.
- Necessidade de visores, e seus PT, normalmente inferiores ao PT dos painéis”^[4]

Quando não é possível enclausurar totalmente a máquina, pode-se recorrer ao

enclausuramento parcial, que são indicados para proporcionar zona de sombra a trabalhadores sujeitos a campos sonoros de alta intensidade e altas frequências.

2.5 ATENUAÇÃO DO PROTETOR AURICULAR.

Os três métodos mais utilizados para o cálculo da atenuação do protetor auricular são:

- 1 - NRR tradicional, a partir do dB(C) ambiental.
- 2 - NRR tradicional, ajustado para uso do dB(A) ambiental ($\text{dB(C)} = \text{dB(A)} + 7$).
- 3 - NRRsf , a partir do dB(A) ambiental.

No primeiro método, para se obter o nível de ruído que atinge a orelha em dB(A) é necessário subtrair o NRR do ruído ambiental avaliado em dB(C), na fórmula (18):

$$\text{dB(C)} - \text{NRR} = \text{dB(A)} \text{ (orelha)} \quad (18)$$

O NRR fornecido pelo fabricante do protetor auricular é obtido em laboratório, em condições especialmente favoráveis: protetores novos, colocados por pessoas treinadas, de forma correta, e sem a presença prejudicial de outros EPI's (por exemplo: óculos). No campo, normalmente temos a interferência de outros EPI's, protetores gastos e colocados de forma errada, por empregados não treinados. Dessa forma o NIOSH recomenda descontos na atenuação fornecida pelo fabricante do protetor (NRR) de acordo com o tipo de protetor:

- 25 % de desconto na atenuação de protetores circum-auriculares.
- 50 % de desconto na atenuação de protetores de inserção de espuma de expansão lenta.
- 70 % de desconto na atenuação de protetores de inserção pré-moldados.

No segundo método, para se obter o nível de ruído que atinge o ouvido em dB(A) é necessário subtrair o NRR do ruído ambiental avaliado em dB(A) e somar 7. O

NIOSH admitiu $dB(C) - dB(A) = 7$, para representar a diferença desfavorável de ruído entre as curvas de C e A. Assim, a fórmula (19) pode ser verificada a seguir:

$$dB(A) + 7 - NRR = dB(A) \text{ (orelha)} \quad (19)$$

Para os dois métodos, deve-se antes corrigir o NRR de acordo com o tipo de protetor auricular conforme recomendação do NIOSH.

No terceiro método, mais moderno, os pesquisadores utilizaram nos ensaios de laboratório pessoas que desconheciam proteção auditiva, colocavam os protetores para o teste apenas lendo a embalagem, então os dados obtidos se aproximaram do desempenho (real) de campo. Utilizaram a norma ANSI S 12.6 /97 B. O NRRsf é fornecido pelo fabricante após ensaiar o protetor conforme esta norma. Assim para se obter o nível de ruído que atinge a orelha em $dB(A)$ é necessário subtrair o NRRsf do ruído ambiental avaliado em $dB(A)$, portanto, a fórmula (20), fica da seguinte forma:

$$dB(A) - NRRsf = dB(A) \text{ (orelha)} \quad (20)$$

Para este método “não é necessário fazer a correção referente ao tipo de protetor auricular”.^[5]

Antes de aplicar o NRR ou o NRRsf nas fórmulas descritas anteriormente é necessário corrigir a atenuação caso o protetor não seja utilizado em todo o tempo de exposição do trabalhador, para isso utiliza-se a tabela 3. É possível constatar que se um protetor com $NRR = 20$ não for utilizado durante 50% da jornada de 8h, deve-se subtrair 15, ou seja, seu valor efetivo será $20 - 15 = 5$.

Tabela 3 – Correção do tempo real de uso do protetor auricular.^[5]

TEMPO DE USO EM PORCENTAGEM DE JORNADA DE 8h							
50	75	87	94	98	99	99,5	100 nominal
-20	-15	-11	-7	-3	-2	-1	25
-15	-11	-7	-4	-2	-1	-1	20
-11	-7	-4	-2	-1	-1	0	15
-7	-4	-2	-1	-1	0	0	10
240	120	60	30	10	5	2,5	0
TEMPO DE NÃO USO EM MINUTOS POR JORNADA DE 8 h							

Esta correção deverá ser aplicada após as correções recomendadas pelo NIOSH segundo cada tipo de protetor, exceto para o NRRsf que será submetido apenas a correção do tempo real de uso.

Na casa de máquinas da plataforma Petrobrás VI o nível de ruído está situado próximo aos 110 dB(A)^[6]. É recomendável a utilização do uso simultâneo de protetores auriculares tipo plug e tipo concha durante a permanência na sala de máquinas. Para saber qual a atenuação com o uso simultâneo dos protetores foi encaminhado para ensaio no Laboratório de Ruído Industrial do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina os dois conjuntos mais utilizados na plataforma PETROBRAS VI, são eles:

- Conjunto 1 – “Plug” modelo 3M 1210, CA-5330, NRRsf = 11 dB, e abafador de ruído MARK V, CA-4026, NRRsf = 18 dB. Conforme a figura 4.
- Conjunto 2 – “Plug” modelo 3M 1210, CA-5330, NRRsf = 11 dB, e abafador de ruído Peltor H6B, CA-12187, NRRsf = 16 dB. Conforme a figura 5.

Após ensaio conforme a Norma ANSI S 12.6/1997 – Método B (orelha real, colocação pelo ouvinte) foram obtidos os seguintes valores de NRRsf:

- Conjunto 1 – NRRsf = 28 dB^[8]
- Conjunto 2 – NRRsf = 24 dB^[7]

Como foi demonstrado anteriormente, o nível de ruído que chega à orelha do mecânico na sala de máquinas poderá ser verificado da seguinte forma:

- Para o conjunto 1: $\text{dB(A)} (\text{orelha}) = 110 - 28 = 82 \text{ dB(A)}$
- Para o conjunto 2: $\text{dB(A)} (\text{orelha}) = 110 - 24 = 86 \text{ dB(A)}$

Portanto, considerando apenas nível de ruído da sala de máquinas igual a 110 dB(A), e os Limites de Tolerância da NR-15, o mecânico poderá permanecer na sala de máquinas por 12 horas utilizando o tempo todo o conjunto 1, e poderá permanecer por 7 horas utilizando o tempo todo o conjunto 2.

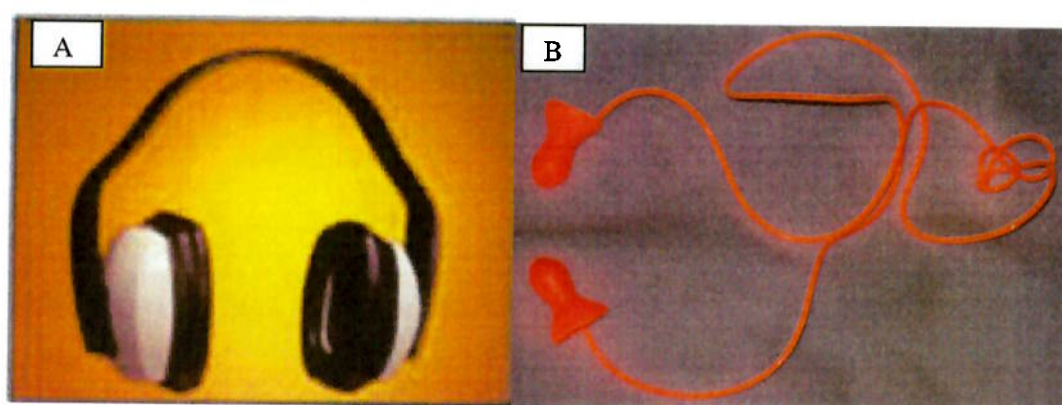


Figura 4 – Conjunto 1- Protetores auriculares: MSA MARK V (A) e 3M 1210 (B)

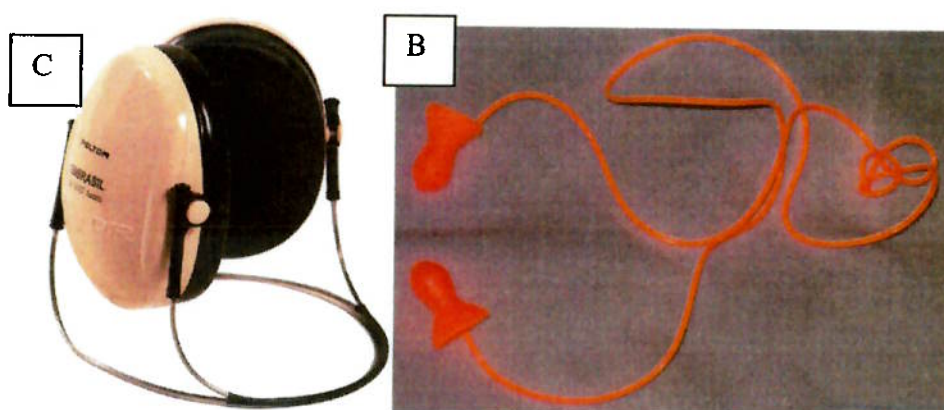


Figura 5 – Conjunto 2- Protetores auriculares: Peltor H6B (C) e 3M 1210 (B)

Outro estudo sobre dupla proteção foi desenvolvido por Elliott H. Berger. Foram escolhidos três tipos de protetores de inserção, e quatro tipos de abafadores.

Utilizando a norma ANSI S3.19-1974 foram ensaiados a combinação desses protetores, e conclusão deste trabalho foi:

- A atenuação da combinação em frequências individuais é de qualquer forma 5dB melhor do que um ou outro dispositivo sozinho, mas claramente menos do que a soma algébrica dos valores individuais.
- O ganho na Taxa de Redução de Ruído (NRR) para dupla proteção melhorou de 7 a 17 dB quando comparado com “plugs” sozinhos, de 3 a 14 dB quando comparados com protetores tipo concha sozinhos, e 3 a 10 dB quando comparados com a atenuação do melhor dos dois protetores.
- O desempenho dos dispositivos combinados é relativamente independente do abafador escolhido, mas nas frequências abaixo de 2 KHz a escolha do tipo de “plug” influencia muito. Para frequências iguais ou maiores que 2 KHz a atenuação proporcionada pela dupla proteção é limitada em função da condução óssea.^[14]

Tão importante quanto saber a verdadeira atenuação do protetor auricular, é saber qual o nível de exposição que devemos considerar para um grupo homogêneo de exposição. A média do nível de ruído não é a melhor opção. Para ser estatisticamente suportado, o cálculo da atenuação do protetor deve considerar o nível de exposição através do percentil 95%, ou seja, 95% das exposições observadas devem ser inferiores a aquela considerada como a exposição representativa daquele grupo homogêneo.^[15]

3. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

Descreve as etapas principais relacionadas ao sistema de geração e demanda de energia elétrica da plataforma PETROBRAS VI, e ao planejamento de manutenção dos respectivos motores geradores.

No que diz respeito ao sistema de geração e demanda de energia elétrica, são apresentados os tipos de geradores instalados na plataforma, os locais e equipamentos para aos quais é destinada a energia elétrica gerada e o tipo de monitoramento que é realizado pelo mecânico, em cada etapa de sua rotina de trabalho.

Com relação ao planejamento de manutenção, o referido item apresenta os tipos de manutenção realizada, as rotinas, quantidade de mecânicos envolvidos na atividade, bem como o tempo de execução e as tarefas que são realizadas em cada plano de manutenção.

3.1 GERAÇÃO E DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA

A plataforma Petrobrás VI é dotada de três motores Diesel EMD modelo 16-645-E8 com 16 cilindros e potência 2.200 HP a 900 RPM, conforme figura 7 abaixo. Estes motores são ligados a geradores EMD modelo AB20-6 com potência de 1500 kW, 2.625 kVa, 600 V AC, 2.525 A (máximo) e 2000 A (trabalho). Os três conjuntos de motores geradores formam o sistema de geração de energia elétrica.^[9] A figura 6 mostra o motor EMD 16-645-E8 e gerador EMD AB20-6.

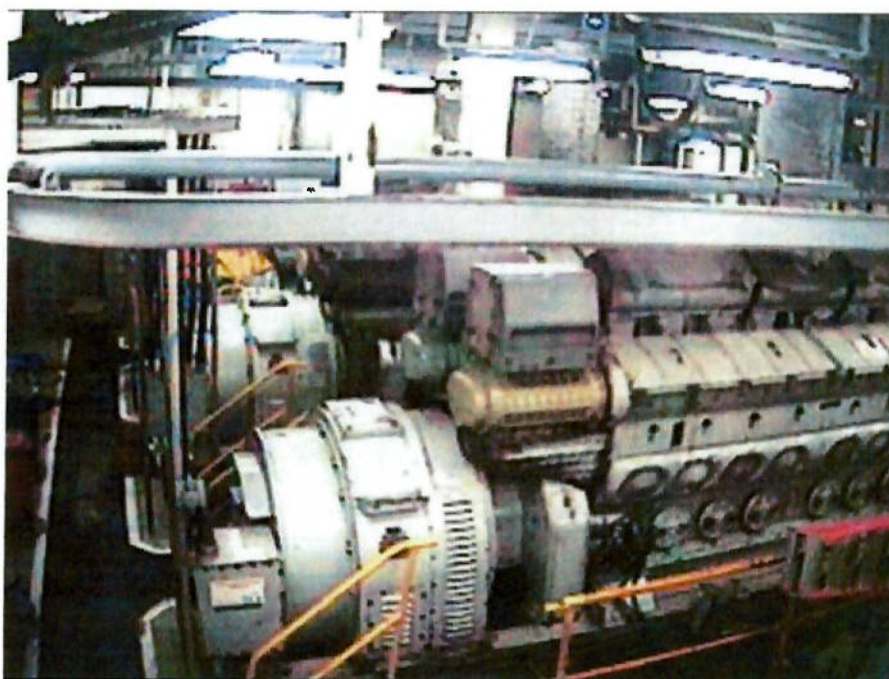


Figura 6 – Motor EMD 16-645-E8 e gerador EMD AB20-6

O sistema de geração fornece energia elétrica necessária para o sistema elevatório da plataforma, guinchos de âncora, guincho de perfuração, guindastes, bombas de incêndio, bombas de água industrial, bomba de água salgada, bomba de circulação de água salgada, bomba de circulação de água potável, bombas de óleo diesel, bombas de lastro de esgoto, bombas de lama, sistema de iluminação, sistema de refrigeração do casario, sistema exaustor, compressores de ar e peneiras de lama.^[10]

Os motores ficam localizados na casa de máquinas. Normalmente apenas um dos motores fica ligado, dessa forma o ruído na casa de máquinas oscila entre 106 e 110 dB(A). Diariamente o mecânico faz a verificação e o monitoramento dos motores EMD, este monitoramento leva 10 minutos e é feito três vezes na jornada de doze horas. No monitoramento são anotados os seguintes parâmetros: pressão de água salgada, pressão de óleo lubrificante, pressão de óleo combustível, temperatura do óleo antes e depois do trocador, temperatura da água na saída, temperatura nos 16 cilindros, diferença de temperatura entre cilindros, temperatura do gás no “manifold”, carga no gerador, “rack” no governador, e rotação por minuto.^[10] No Anexo 2, um exemplo de formulário de

acompanhamento diário do motor EMD, poderá ser verificado, e a figura 7, mostra o mecânico fazendo o acompanhamento.

Um outro aspecto preocupante é a casa de máquinas ser utilizada como passagem da oficina mecânica para a sala de bombas.



Figura 7 – Mecânico fazendo acompanhamento diário do motor EMD.

3.2 PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO DOS MOTORES GERADORES

O planejamento da manutenção dos motores EMD é feita através de um software chamado RAST, nele estão estabelecidas as seguintes rotinas de manutenção: uma manutenção semanal, uma manutenção a cada 500 horas de trabalho do motor, uma manutenção a cada 2500 horas de trabalho do motor, e uma manutenção a cada 5000 horas de trabalho do motor.^[11]

A manutenção semanal leva uma hora e consiste em verificar as tubulações e conexões quanto ao desgaste, deformação e defeito nos elementos de vedação, e verificação do nível de ruído de todos os cilindros.

A manutenção de 500 horas é feita por dois mecânicos e tem a duração de 6 horas, neste tipo de manutenção são realizadas as seguintes tarefas:

- Retirar amostra do óleo lubrificante para análise.
- Limpar filtros e caixas de ar.
- Limpar o elemento do filtro primário.
- Inspeccionar os anodos de sacrifício do trocador de calor.
- Verificar o funcionamento dos dispositivos de proteção (por sobre velocidade e pressão positiva do Carter).
- Verificar o pH da água de refrigeração.
- Conferir e verificar a integridade da identificação do equipamento, sendo que em caso de avaria ou falta, deverá comunicar o supervisor da manutenção para reposição.^[11]

A manutenção de 2500 horas é feita por dois mecânicos, tem a duração de 10 horas e são realizadas as seguintes tarefas:

- Verificar o funcionamento dos balancins e pontes de válvulas.
- Inspeccionar tubos e conexões das linhas de combustível e óleo lubrificante.
- Verificar as condições dos anéis de segmentos.
- Inspeccionar e varetar o trocador de calor.
- Limpar os filtros da caixa de crivo.
- Trocar os filtros de óleo lubrificante.
- Trocar o óleo do governador^[11]

A manutenção de 5000 horas é feita por dois mecânicos, tem a duração de 8 horas e são realizadas as seguintes tarefas:

- Trocar o óleo lubrificante do motor.
- Trocar os filtros de óleo lubrificante.
- Inspeccionar as secções e o aperto dos parafusos do “manifold” de descarga.
- Inspeccionar os tubos de resfriamento dos pistões.

- Regular as válvulas e os bicos injetores.
- Medir a vibração do motor.
- Conferir a regulagem e o livre acionamento das cremalheiras dos bicos injetores.
- Verificar as condições das articulações e partes móveis do governador.^[11]

Além dos tipos de manutenções apresentadas, o mecânico entra diariamente na sala de máquinas para anotar parâmetros do funcionamento dos motores. Essa atividade é feita 3 vezes na jornada e leva 10 minutos cada, totalizando 30 minutos na jornada.

Analizando criticamente toda a envoltória do problema do ruído como um agente de risco à saúde ocupacional é possível perceber que a necessidade de geração de muita energia, de forma contínua, e com pouco espaço disponível na plataforma são as causas do alto nível de exposição à ruído dos mecânicos, e desta forma a integridade da audição é facilmente prejudicada. O alto nível de ruído dos motores, as baixas frequências, a reverberação comum em recintos fechados agravam o problema e tornam as soluções mais difíceis. Os valores encontrados nas avaliações ambientais e pessoais, demonstrados nas tabelas 5 e 6 trazem de forma experimental o grau de exposição.

Após estudar a rotina do trabalho, diversas ações devem ser tomadas para proteção do sistema auditivo dos mecânicos, tais como adoção de nova tecnologia informatizando o levantamento dos parâmetros dos motores, a mudança de “lay-out”, e uso combinado de protetores auditivos tipo concha e tipo inserção. O uso de equipamento de proteção individual como medida de controle, é muitas vezes condenada, mas neste caso não é a única medida de controle adotada, e seria impraticável o trabalho dos mecânicos sem o uso dos protetores auriculares, apesar das limitações de conforto esta medida é sem dúvida das mais importantes. No que diz respeito à mudança do “lay-out”, será necessária a contratação de empresa especializada a fim de avaliar o ruído e determinar a frequência na sala de máquinas para qual o corredor isolante deverá ser dimensionado, e especificar as dimensões e o melhor material para construção do corredor.

4. METODOLOGIA E RESULTADOS

A análise de ruído na casa de máquina da plataforma, a metodologia para avaliação de ruído utilizada, bem como os resultados obtidos e ensaios realizados para determinar a verdadeira atenuação no uso do protetor concha e do protetor de inserção, é de maneira que ao final do capítulo seja possível saber, com confiança, o nível de ruído predominante na casa de máquinas, a exposição média do mecânico e se atenuação promovida pelo uso de protetores auriculares combinado é adequada.

4.1 ANÁLISE DE RUÍDO DA CASA DE MÁQUINA

A sala de máquinas da plataforma PETROBRÁS VI é um recinto fechado onde o ruído é elevado, sempre acima dos 100 dB(A). Nela estão situados os motores que geram energia para toda a plataforma, dessa forma sempre haverá pelo menos um dos motores funcionando e, conseqüentemente, o nível de ruído muito acima de 82 dB(A), que é o limite de tolerância para 12 horas. As atividades desenvolvidas pelo mecânico na sala de máquinas não são permanentes. Diariamente são anotados os parâmetros dos motores, sendo que essa atividade é feita pelo mecânico três vezes na jornada e dura 10 minutos cada uma das anotações realizadas.

Considerando o nível de ruído da sala de máquinas de 100 dB(A), os 30 minutos, relativos ao total do tempo gasto na jornada para realizar a atividade mencionada acima, representam 50% da dose diária máxima recomendada pela NR-15. Além desta atividade o mecânico faz uma vez por semana manutenção de uma hora, a cada 500 horas de funcionamento do motor-gerador, realiza uma manutenção de 6 horas, a cada 2500 horas de funcionamento do motor-gerador, realiza uma manutenção de 10 horas, e a cada 5000 horas de funcionamento do motor-gerador, realiza uma manutenção de 8 horas.

A sala de máquinas é utilizada como rota de passagem da oficina para a sala de bombas, contribuindo, ainda mais, para aumentar a dose de ruído de todos que

utilizam o referido percurso. A figura 8 mostra o “lay-out” da sala de máquinas e recintos adjacentes.

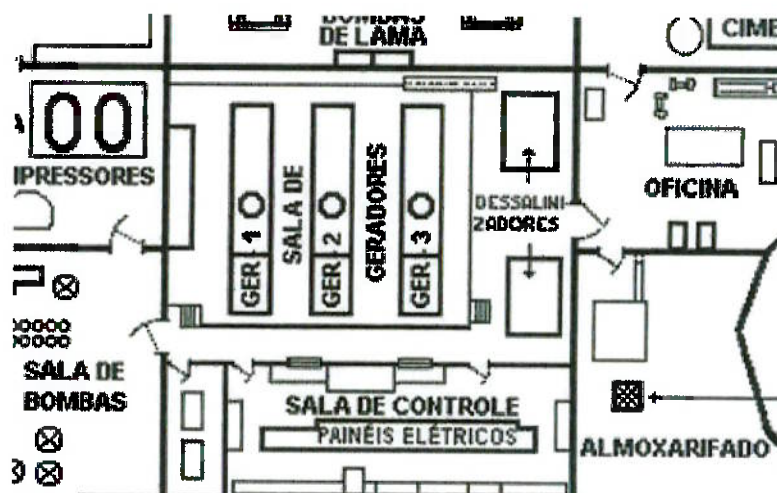


Figura 8 – Lay-out atual da sala de geradores e recintos adjuntos.

O teto e as paredes da sala de máquinas são feitos de chapa de aço e não são cobertos por materiais absorventes, como pode ser visto nas figuras 9 e 10, respectivamente, e os motores geradores não são enclausurados e não possuem amortecedores para diminuir a transmissão de vibração.



Figura 9 – Teto da sala de geradores.



Figura 10 – Parede da sala de geradores.

4.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RUÍDO E RESULTADOS.

Em janeiro de 2005 foram realizadas avaliações ambientais e dosimetrias de ruído conforme a metodologia da NHO 01 da Fundacentro^[12]. Nas avaliações ambientais foi utilizado o medidor de pressão sonora marca Simpson, modelo 886. Nas avaliações pessoais foram utilizados audiodosímetros, marca Larson Davis, modelo 703 com os microfones posicionados dentro da zona auditiva dos trabalhadores, sobre seus ombros, presos na vestimenta, de forma a fornecer dados representativos da exposição ocupacional diária ao ruído a que estão submetidos os mesmos. A avaliação foi feita durante toda a jornada de trabalho, que compreende um turno de 12 horas. O turno diurno ocorre das 06:00 às 18:00, e o turno noturno ocorre das 18:00 às 06:00. “Para a realização das dosimetrias de ruído, os dosímetros foram ajustados para os seguintes parâmetros”^[6]:

- Circuito de compensação “A”.
- Circuito de resposta lenta (slow).
- Critério de referência: 85 dB(A).
- Nível limiar de integração: 80 dB(A).
- Fator duplicativo de dose ou Incremento de duplicação de dose ($q = 3$).

Para um melhor entendimento dos parâmetros acima, segue as seguintes definições:

- Critério de referência: nível médio para o qual a exposição por um período de 8 horas corresponderá a uma dose de 100%.
- Nível limiar de integração: nível de ruído a partir do qual os valores devem ser computados na integração para fins de determinação de nível médio ou da dose de exposição.
- Incremento de duplicação de dose: incremento em decibéis que, quando adicionado a um determinado nível, implica a duplicação da dose de exposição ou a redução para a metade do tempo máximo permitido.^[6]

A partir das avaliações ambientais e pessoais realizadas nas áreas e profissionais de interesse, são apresentados nas tabelas 4 e 5, respectivamente, os resultados das avaliações ambientais e pessoal alcançados.

A tabela 4 apresenta os valores de ruído ambiental em diversos pontos localizados na casa de máquinas, conforme pode ser verificado na tabela a seguir

Tabela 4 - Resultados das avaliações ambientais na sala de máquinas.^[6]

PONTO	Ruído dB(A)
Próximo ao gerador 1	106,5
Entre os geradores 3 e 2	109,5
Entre os geradores 1 e 2	108,0
Em frente ao painel do gerador 3	110,0

Com relação à tabela 5, está disponível os valores de dosimetria do mecânico, realizada em diversos momentos do turno de trabalho daquele profissional, conforme é evidenciado na tabela a seguir:

Tabela 5 - Resultados das avaliações pessoais, na função Mecânico da PETROBRAS VI^[6]

DATA	TURNO	CARGO/FUNÇÃO	Leq dB(A)
26/01/05	06-18	Mecânico	102,8
28/01/05	18-06	Mecânico	98,6
29/01/05	06-18	Mecânico	96,1
30/01/05	06-18	Mecânico	98,5
31/01/05	06-18	Mecânico	93,3

4.3 NORMAS DE ENSAIOS PARA CÁLCULO DE ATENUAÇÃO DE PROTETORES AURICULARES E RESULTADOS.

“As principais normas internacionais utilizadas para o ensaio de atenuação de protetores auditivos são: ANSI S3.19 – 1974; ANSI S12.6 – 1984, ANSI S12.6 – 1997 – partes A e B e ISO 4869-1:1990 (EM-24869-1:1992)”.^[7] Até o surgimento da norma ANSI S12.6 – 1997, a atenuação dos protetores auriculares era obtida utilizando a norma ANSI S3.19 – 1974 (ANSI S12.6 – 1984), na qual os participantes dos ensaios são indivíduos treinados na utilização de protetores, orientados e supervisionados na colocação dos protetores. Na norma mais atual (ANSI S12.6 – 1997 – parte B) “os participantes do ensaio são pessoas que desconhecem o uso de protetores , assim como não podem ser orientadas na sua colocação, devendo apenas seguir as orientações que constam nas embalagens nas quais o produto é comercializado”.^[7] Segundo estudos este método produz valores de atenuação que mais se aproximam do uso real, o resultado do ensaio é o número indicativo da atenuação, o NRRsf. “A interpretação estatística correta deste número é que pelo menos 84% da população de usuários deverá obter uma atenuação de pelo menos o valor do NRRsf”.^[7] “Diferenças inferiores a 3 dB não são significativas para efeito de avaliação comparativa de eficiência entre modelos diversos de protetores”.^[7]

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 RECOMENDAÇÕES.

Após análise de todo o trabalho, é possível concluir que há a necessidade de serem implementadas recomendações, a título de propostas para reduzir a exposição do mecânico da Plataforma PETROBRAS VI. As recomendações são as seguintes:

1 - Permitir a leitura dos parâmetros dos motores em computadores situados fora da sala de máquinas. Sistemas informatizados, como os desenvolvidos pelo Projeto Milenium, já permitem que o mecânico acompanhe estes parâmetros através de computadores situados em locais sem ruído, contribuindo significativamente para a redução da dose diária do mecânico.

2 - Utilização de protetores auriculares tipo “plug” e tipo concha combinados nas manutenções semanais, de 500, 2500, e 5000 horas. Conforme demonstrado através de ensaios na Universidade Federal de Santa Catarina, a atenuação promovida pela dupla proteção atinge 28 NRRsf, assim o mecânico estará protegido durante o tempo dessas manutenções.

3 - Mudança no “lay-out” da sala de máquinas fazendo com que a passagem da oficina para a sala de bombas seja feita sem a necessidade de entrar na sala de máquinas. Para isso é necessário abrir uma porta entre o almoxarifado e a sala de controle, e construir um corredor isolado acusticamente entre a segunda porta da sala de controle e a porta da sala de bombas, conforme demonstrado na figura 11.

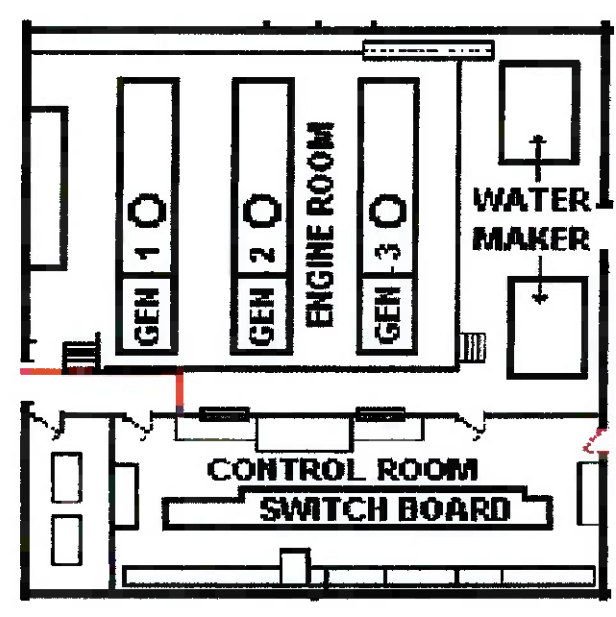


Figura 11 – “Lay-out” modificado da sala de geradores.

4 - Contratação de empresa especializada em acústica para medição do ruído da sala de máquinas em bandas de frequência, e apresentação de estudo e orçamento para utilização de materiais absorventes nas superfícies da sala de máquinas, enclausuramento dos motores, ou construção de biombo acústicos.

5.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS.

- 1 – Poucas fontes de consulta bibliográfica para controle de ruído.
- 2 – Manual técnico dos motores EMD com informações insuficientes.
- 3 – Convencer os mecânicos de que as avaliações pessoais deveriam refletir a rotina real de trabalho. Na plataforma, de forma geral, ainda existe a crença de que valores altos nas avaliações pessoais promovem a antecipação da aposentadoria.

5.3 TRABALHOS FUTUROS.

- 1 – Analisar a mesma situação para os mecânicos das plataformas PI, PIII, PIV e PV.
- 2 – Estudar a atividade do mecânico na sala de bombas de lama.

ANEXO 1

TIPOS DE MANUTENÇÃO DOS MOTORES GERADORES

A) MANUTENÇÃO DE 500 HORAS - MECÂNICO

Duração: 6 horas; 2 homens.

Tarefas:

H01- retirar amostra do óleo lubrificante para análise

H02- limpar filtros e caixas de ar

H03- limpar o elemento do filtro primário

H04- inspecionar os anodos de sacrifício do trocador de calor

H05- verificar o funcionamento dos dispositivos de proteção (por sobre velocidade e pressão positiva do cárter)

H06- verificar o pH da água de refrigeração

H07- conferir e verificar a integridade da identificação do equipamento (tag), sendo que em caso de avaria ou falta, devera comunicar o Supervisor da manutenção para reposição.

B) MANUTENÇÃO DE 2.500 HORAS - MECÂNICO

Duração: 10 horas; 2 homens.

Tarefas:

H07- verificar o funcionamento dos balancins e pontes de válvulas

H08- inspecionar tubos e conexões das linhas de combustível e óleo lubrificante

H09- verificar as condições dos anéis de segmentos

H10- inspecionar e varetar o trocador de calor

H11- limpar os filtros da caixa de crivo

H13- trocar os filtros de óleo lubrificante

H14- trocar o óleo do governador

H71- caso seja utilizado óleo no equipamento cadastrar na pasta controle de óleo lubrificante, planilha do mês correspondente, no formulário específico o tipo de óleo utilizado na data referente ao dia, os volumes colocados e retirados.

C) MANUTENÇÃO DE 5.000 HORAS - MECÂNICO

Duração: 8 horas; 2 homens.

Tarefas:

H12- trocar o óleo lubrificante do motor

H13- trocar os filtros de óleo lubrificante

H15- inspecionar as secções e o aperto dos parafusos do “manifold” de descarga

H16- inspecionar os tubos de resfriamento dos pistões

H17- regular as válvulas e os bicos injetores

H18- medir a vibração do motor

H19- conferir a regulagem e o livre acionamento das cremalheiras dos bicos injetores

H20- verificar as condições das articulações e partes móveis do governador

H71- caso seja utilizado óleo no equipamento cadastrar na pasta controle de óleo lubrificante, planilha do mês correspondente, no formulário específico o tipo de óleo utilizado na data referente ao dia, os volumes colocados e retirados.

ANEXO 2

Formulário de acompanhamento diário do motor EMD.

PETROBRAS		Título: ACOMPANHAMENTO DIÁRIO DO MOTOR EMD																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Motor:	3	Série Nº:	80K1-1018	Folha:	321																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Total do Horímetro do Motor		Horímetro Último Manual: 10.000 Hs		Horas Tralh. Após 10.000																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
141.192		DATA: 08/09/04		63.801																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
DATA:	8/9/2004	Norma, Trocado:	F1 277	Horímetro:	69.515																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Óleo Lub.	92	76 389	69.823	Total Volume Adic. 3.770																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Elemento de Filtros	Óleo Lubrificante	6 635	80 412	63 280																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Óleo Combustível	6 244	78 521	63 671																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	Ar Semente Limpo	2 645	74 422	67 270																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARAMETROS</th> <th>MIN</th> <th>MAX</th> <th>UNID</th> <th>03/04</th> <th>04/08</th> <th>08/12</th> <th>12/16</th> <th>16/20</th> <th>20/24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pressão A. Balçada</td> <td></td> <td></td> <td>PSI</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>19</td> <td>19</td> <td>21</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Pressão Óleo Lubrificante</td> <td>20</td> <td>70</td> <td>PSI</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Pressão Óleo Lub. Filtro</td> <td></td> <td>70</td> <td>PSI</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Pressão Óleo Combustível</td> <td>40</td> <td>70</td> <td>PSI</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Temp. Óleo Antes Troc.</td> <td></td> <td>220</td> <td>F</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Temp. Óleo Depois Troc.</td> <td></td> <td>210</td> <td>F</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Temp. Água na Saída</td> <td>165</td> <td>200</td> <td>F</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 1</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 2</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 3</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 4</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 5</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 6</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 7</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 8</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 9</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 10</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 11</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 12</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 13</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 14</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 15</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Temp. Cilindro No 16</td> <td></td> <td></td> <td>F</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> <td>440</td> </tr> <tr> <td>Diff. Temp. Entre Cilindros</td> <td></td> <td>100</td> <td>F</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Temp. Gás do Manifold</td> <td></td> <td>1000</td> <td>F</td> <td>400</td> <td>400</td> <td>400</td> <td>400</td> <td>400</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>Carga no Gerador</td> <td></td> <td></td> <td>KW</td> <td>250</td> <td>250</td> <td>250</td> <td>250</td> <td>250</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>Reck no Governador</td> <td></td> <td></td> <td>Pol</td> <td>1.32</td> <td>1.32</td> <td>1.32</td> <td>1.32</td> <td>1.32</td> <td>1.32</td> </tr> <tr> <td>R. P. M.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>900</td> <td>900</td> <td>900</td> <td>900</td> <td>900</td> <td>900</td> </tr> </tbody> </table>						PARAMETROS	MIN	MAX	UNID	03/04	04/08	08/12	12/16	16/20	20/24	Pressão A. Balçada			PSI	18	18	19	19	21	21	Pressão Óleo Lubrificante	20	70	PSI	60	60	60	60	60	60	Pressão Óleo Lub. Filtro		70	PSI	60	60	60	60	60	60	Pressão Óleo Combustível	40	70	PSI	60	60	60	60	60	60	Temp. Óleo Antes Troc.		220	F	180	180	180	180	180	180	Temp. Óleo Depois Troc.		210	F	180	180	180	180	180	180	Temp. Água na Saída	165	200	F	180	180	180	180	180	180	Temp. Cilindro No 1			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 2			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 3			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 4			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 5			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 6			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 7			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 8			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 9			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 10			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 11			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 12			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 13			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 14			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 15			F	440	440	440	440	440	440	Temp. Cilindro No 16			F	440	440	440	440	440	440	Diff. Temp. Entre Cilindros		100	F	100	100	100	100	100	100	Temp. Gás do Manifold		1000	F	400	400	400	400	400	400	Carga no Gerador			KW	250	250	250	250	250	250	Reck no Governador			Pol	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	R. P. M.				900	900	900	900	900	900
PARAMETROS	MIN	MAX	UNID	03/04	04/08	08/12	12/16	16/20	20/24																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pressão A. Balçada			PSI	18	18	19	19	21	21																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pressão Óleo Lubrificante	20	70	PSI	60	60	60	60	60	60																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pressão Óleo Lub. Filtro		70	PSI	60	60	60	60	60	60																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Pressão Óleo Combustível	40	70	PSI	60	60	60	60	60	60																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Óleo Antes Troc.		220	F	180	180	180	180	180	180																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Óleo Depois Troc.		210	F	180	180	180	180	180	180																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Água na Saída	165	200	F	180	180	180	180	180	180																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 1			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 2			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 3			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 4			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 5			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 6			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 7			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 8			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 9			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 10			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 11			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 12			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 13			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 14			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 15			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Cilindro No 16			F	440	440	440	440	440	440																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Diff. Temp. Entre Cilindros		100	F	100	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Temp. Gás do Manifold		1000	F	400	400	400	400	400	400																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Carga no Gerador			KW	250	250	250	250	250	250																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Reck no Governador			Pol	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32																																																																																																																																																																																																																																																																																														
R. P. M.				900	900	900	900	900	900																																																																																																																																																																																																																																																																																														
OBS			Mecânico 1 Turno:																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
13			Mecânico 2º Turno:																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
			Enc. Manutenção:																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

LISTA DE REFERÊNCIAS

- [1] JOSÉ CLÁUDIO. **Motores e Geradores** – Parte I: Motores Diesel; Págs. 1 e 2 – Parte II: Alternadores – Grupos Geradores; págs. 50 a 70. Disponível em www.joseclaudio.eng.br/gerador. Acesso em 01.dez.2005;
- [2] FANTAZZINI, Mário Luiz. **Apostila eHO – 003 – AGENTES FÍSICOS I** – Capítulo 1; pág 8 e 13;
- [3] RATTON, Miguel. **Processamento de efeitos** – Parte 2. Disponível em: www.music-center.com.br. Acesso em 10.set.2005;
- [4] BISTAFA, R. Sylvio. **Apostila eHO – 010 – CONTROLE DE RUÍDO** – Capítulo 9; págs 138 a 187 – Capítulo 10; pág. 195;
- [5] FANTAZZINI, Mário Luiz. **Apostila eHO – 003 – AGENTES FÍSICOS I** – Capítulo 2 – item 2.6 – pág 34 a 38;
- [6] FUNDAÇÃO JOSÉ SILVEIRA. **LTCAT 2005** – Plataforma PETROBRÁS VI – Capítulo 18; pág 25 e 26;
- [7] LABORATÓRIO DE RUÍDO INDUSTRIAL - LARI. **Relatório de Ensaios N° 31** – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – 2003 – págs 4 e 6;
- [8] LABORATÓRIO DE RUÍDO INDUSTRIAL - LARI. **Relatório de Ensaios N° 32** – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – 2003 – págs 4 e 6;
- [9] MANUAL DE OPERAÇÃO. **Motores GM EMD 645E8** - Unidade de Serviço – Sondas Autoelevatória – US-SAE;

- [10] MEMORIAL DESCRITIVO. **Plataforma PETROBRÁS VI** - Sistema de Qualidade, Segurança, Meio Ambiente e Saúde - QSMS da US-SAE;
- [11] RAST. **Módulo MANUTENÇÃO** - Código do Equipamento 6510101 - letra A (LTM), H3M2MD01;
- [12] FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional** - NHO 01;
- [13] BELDERRAIN, Maria Luíza. **Apostila eHO – 010 – CONTROLE DE RUÍDO** – Capítulo 5; págs 58 e 59.
- [14] Berger H., Elliot. "**Laboratory Attenuation of Earmuffs and Earplugs Both Singly and in Combination**" Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 44(5), 321-329.
- [15] FANTAZZINI, Mário Luiz. **Revista Proteção**, Edição agosto de 2005.