

REDUÇÃO DE RUÍDOS EM MOTORES MARÍTIMOS PELO MÉTODO DE ISOLAMENTO ACÚSTICO

Francisco de Assis Martins Leão¹

Rafael Henrique Souza da Silva²

Eduardo Barreda³

RESUMO

Ruídos e vibrações são elementos inerentes à motores de combustão de interna, e tornam-se ainda mais intensos em motores à diesel. Tais fatores são incômodos e desconfortáveis, assim como prejudiciais, em altos níveis, a saúde das pessoas. Há diversas técnicas para reduzir os efeitos dos ruídos e vibrações. A proposta deste trabalho é apresentar os resultados de redução de ruídos obtidos através da aplicação do método conhecido como cabinacão, a fim de produzir um isolamento acústico em dois motores a diesel de 600 HP modelos 6HYM-WET marca YANMAR. A técnica consiste na montagem de uma cabine acústica modular em torno dos motores instalados em uma lancha de passeio particular ancorada no porto do Condomínio Porto Tarumã, na cidade de Manaus. Todo o serviço de construção da cabine foi realizado pela empresa terceirizada Amazon Marine. As medições de decibéis realizadas mostraram que com as cabines o valor estava na faixa de 96 a 100 dB(A) e com cabines fechadas foi para a faixa de 74 a 76 dB(A), portanto uma redução na faixa de 22 a 24 Db(A). Sendo assim, houve uma diminuição considerável e positiva para níveis recomendados, atestando assim a utilidade e eficiência do método empregado.

Palavras-chave: Redução de ruídos. Motores marítimos. Poluição sonora.

ABSTRACT

Noises and vibrations are inherent elements of the internal combustion engines, and become even more intense in diesel engines. Such factors are uncomfortable, in addition, people's health is harmful at high levels. There are several techniques to reduce the effects of noise and vibrations. The purpose of this work is to present the noise reduction results obtained through the application of the method known as cabinacão, in order to produce an acoustic insulation in two diesel engines of 600 HP models 6HYM-WET brand YANMAR. The technique consists of the assembly of a modular acoustic cabin around the engines, which were installed in a private boat of arrival in port Tarumã in the city of Manaus. The entire construction service of the cabin was carried out by the outsourced company Amzon Marine. The decibels

¹ Graduando de Engenharia Mecânica – Centro Universitário do Norte – Manaus/AM – franciscoassis-leao@hotmail.com

² Graduando de Engenharia Mecânica – Centro Universitário do Norte – Manaus/AM – rafaelegleyce@hotmail.com

³ Doutor em Engenharia Mecânica – Centro Universitário do Norte – Manaus/AM – eduardoserapio@yahoo.com.br

measurements showed that in open cabins the value was in the range of 96 to 100 dB (A) and in enclosed cabins in the range of 74 to 76 dB, therefore a reduction in the range of 22 to 24 Db (A). There was a considerable and positive decrease, attesting to the utility and efficiency of the method used.

Keywords: Reduction of noise. Marine engines. Noise pollution.

1 INTRODUÇÃO

Os motores à combustão interna de ciclo diesel são conhecidos por proporcionar altas potências de trabalho. Por conta disso, são ideais para serem empregados em automóveis de transporte, na indústria e no transporte hidroviário. Em contrapartida, são também os mais ruidosos se comparados à motores de ciclo otto, devido ao processo de queima do combustível. Apesar das profundas inovações tecnológicas no aprimoramento desses motores, o ruído é um fator desagradável que ainda incomoda. Para Araújo (2008) a demanda por conforto acústico e controle de ruído têm exigido soluções de engenharia e desenvolvimento de materiais e processo, e constitui uma gama de desafios para os futuros profissionais da área de engenharia.

Os efeitos do ruído têm tornando-se um problema proeminente a ser solucionado no seguimento de embarcações, dado o desconforto acústico aos tripulantes e problemas relacionados à saúde. Segundo Ferrari *et al* (2015) o ruído é um som desagradável e indesejável e que constitui causa de incômodo para o trabalho, obstáculo às comunicações verbais e sonoras, pode provocar fadiga geral e, em casos extremos, trauma acústico e alterações fisiológicas extra-auditivas. A exposição contínua ao ruído pode provocar uma série de problemas, os quais são: perda auditiva (crônica ou aguda), perda auditiva temporária ou permanente, zumbido, deterioração da discriminação da fala e otalgia. Komniski e Watzlawick (2006) acrescentam ainda prejuízos extra-auditivos, como estresse, hipertensão arterial, aumento do tônus muscular, alterações cardiovasculares, dificuldade mental, irritabilidade, fadiga dentre outros.

Estevam (2013) citando Braga *et al* (2005) afirma que a unidade de medida do nível de ruído é o decibel (dB), definido como sendo igual a 10 vezes o logaritmo decimal da razão entre a pressão sonora e uma pressão de referência, conforme fórmula:

$$N_p = 10 \log \left(\frac{P_{ef}^2}{P_o^2} \right) = 20 \log \left(\frac{P_{ef}}{P_o} \right) \quad (1)$$

Onde:

N_p é o nível de pressão ou intensidade sonora em dB;

P_{ef} é a pressão Sonora efetiva;

P_o é a pressão sonora de referência: 2×10^{-5} Pa (20 micropascal), sendo esse valor o mínimo audível.

O ruído tem como origem em sua grande maioria uma máquina ou equipamento em funcionamento, e se transmite num meio, geralmente o ar atmosférico. Segundo a Organização

Mundial de Saúde (OMS) o limite para que tenha início o desconforto auditivo é de 75 dB(A). De acordo com Ferrari (2015) os ruídos:

- Com intensidade de até 55 dB não causam nenhum problema;
- Com intensidade de 56 a 75 dB podem incomodar, porém não causam malefícios à saúde; e
- Com intensidade de 76 a 85 dB podem afetar a saúde e acima dos 85 dB a saúde será afetada, a depender do tempo de exposição.

A Tabela 1 apresenta de forma esclarecida o tempo máximo de exposição ao ruído e suas respectivas frequências conforme a norma regulamentadora nº 15.

Tabela 1. Tempo máximo de exposição permissível ao ruído contínuo ou de impacto.

Nível de ruído dB(A)	Exposição máxima permissível por dia
85	8 horas
90	4 horas
100	1 hora
105	30 min
110	15 min
115	7 min

Fonte: Norma Regulamentadora nº 15

Os motores a diesel são conhecidos pelas altas potências de trabalho empregadas, mas também são pelos altos níveis de ruídos emitidos. Tais ruídos são resultado do processo de queima do combustível atrelado ao emitido pelas superfícies de vibração do motor. O código da International Maritime Organization (IMO) define que o nível de ruído limite de uma praça de máquina é de 90 dB(A), para exposição contínua, e 110 dB(A), para exposição não contínua. O IMO recomenda que para níveis acima de 85 dB(A) faça-se uso de protetores auriculares e que, sempre que possível, o nível de ruído seja inferior aos níveis máximos especificados. A Tabela 2 especifica os níveis máximos para cada compartimento da embarcação.

Tabela 2. Limites dos níveis de ruído para diversos espaços nos navios.

Espaços de Trabalho	dB(A)
Praça de Máquina (exposição contínua)	90
Praça de Máquinas (exposição não contínua)	110
Espaços de Navegação	
Sala de comando ou navegação	65
Espaços de acomodação	
Camarotes	60
Refeitórios	65
Espaço de serviço	

Espaços de trabalho	
Cozinha, sem equipamentos operando	75
Despensas	75
Espaços normalmente não ocupados	
Espaços não especificados	90

Fonte: LAVANDER, 2016.

Apesar de um navio não ser o objeto de estudo deste trabalho, é útil a informação do nível de ruído da praça de máquina, já que os motores avaliados fazem parte desta zona da embarcação. A propagação de ruídos numa praça de máquinas, segundo Lavander (2016), é quase que inteiramente feita através do ar. A vibração mecânica na estrutura do motor provoca a emissão do ruído que se propaga pelo ar e se espalha pelas demais estruturas da embarcação.

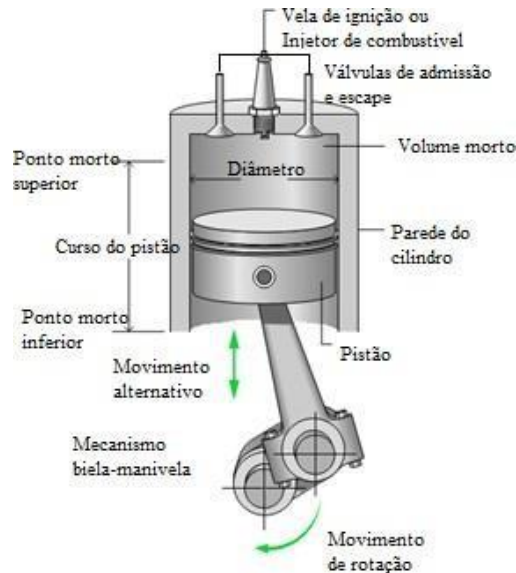
Este trabalho objetiva mostrar os resultados obtidos da aplicação de um método de redução na propagação de ruídos numa lancha particular de passeio. A embarcação está localizada em Manaus/AM, no porto do Condomínio Porto Tarumã, tem instalado em sua praça de máquinas dois motores a diesel de 600 HP da marca Yanmar®. O método, conhecido como cabinacão, propõe, através da construção de cabines em torno dos motores, o isolamento acústico dos mesmos com o intuito de reduzir a propagação dos ruídos para as demais regiões e assim proporcionar melhor conforto acústico aos tripulantes e passageiros, tendo em vista as recomendações das normas e saúde auditiva dos envolvidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TÉORICA

2.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS MOTORES A DIESEL

Os motores a diesel são classificados como MCI's (Motores de Combustão Interna) e funcionam baseado no ciclo diesel. Admitem ar na admissão, a ignição ocorre por compressão e o movimento realizado pelo pistão é alternativo. Em motores com ignição por compressão, o ar é comprimido até uma pressão e temperatura elevadas o suficiente para que a combustão ocorra. São aplicados quando se procuram altas potências e economia de combustível. Na Figura 1 observa-se as partes do sistema de movimento cilindro-pistão de um motor a combustão interna.

Figura 1. Partes do sistema de movimento cilindro-pistão de um MCI.

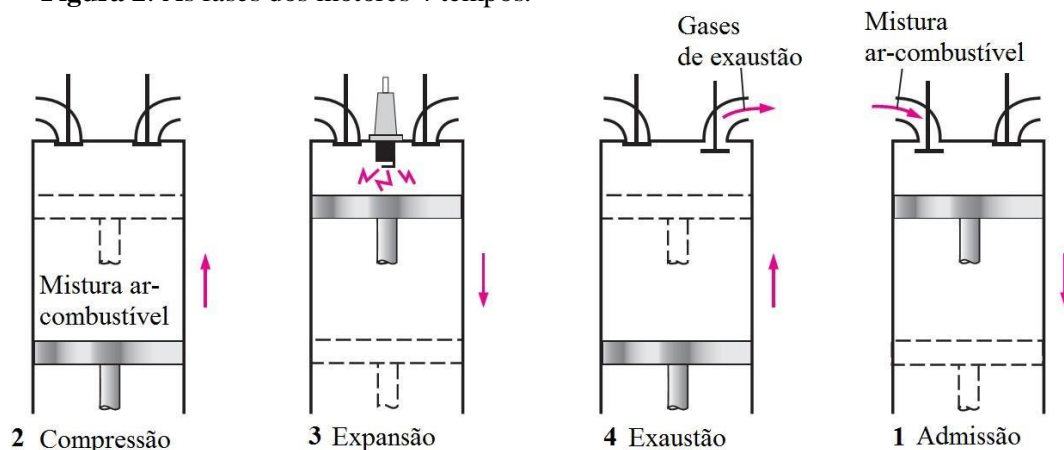


Fonte. BRUNETTI, 2012.

O MCI consiste de um pistão que se move dentro de um cilindro dotado de duas válvulas. O calibre do cilindro é o seu diâmetro. O curso é a distância que o pistão se move em uma direção. O pistão está no ponto morto superior (PMS) quando o volume do cilindro é mínimo (volume morto), já quando o volume é máximo estará no ponto morto inferior (PMI). O volume percorrido pelo pistão quando se move do ponto morto superior é o volume de deslocamento. A razão entre o volume no PMI e no PMS é denominado de taxa de compressão (r).

Um MCI pode ser de dois ou de quatro tempos. Em um MCI de quatro tempos o pistão executa quatro cursos distintos dentro do cilindro para cada duas rotações do eixo de manivelas. A Figura 2 mostra de forma explicativa as quatro fases.

Figura 2. As fases dos motores 4 tempos.



Fonte. BRUNETTI, 2012.

Primeiramente, com a válvula de admissão aberta, o pistão executa um curso de admissão quando aspira uma carga fresca para dentro do cilindro. Para MCI com ignição por compressão, a carga é somente ar. Depois, com ambas as válvulas fechadas, o pistão passa por um curso de compressão, elevando a temperatura e a pressão da carga. A partir daí ocorre o início de um processo de combustão, que resulta numa mistura gasosa de alta pressão e temperatura. Logo em seguida, no caso dos motores com ignição por compressão, a combustão é iniciada pela injeção de combustível no ar quente comprimido, começando próximo ao final do curso de compressão e continuando através da primeira etapa da expansão. Logo após um curso de potência ocorre, durante a qual a mistura gasosa se expande e é realizado trabalho sobre o pistão à medida que este retorna ao ponto morto inferior. Finalmente, o pistão executa um curso de escape no qual os gases queimados são expulsos do cilindro através da válvula de escape aberta.

A taxa de compressão ou relação de compressão é um conceito que indica quantas vezes o ar aspirado para dentro dos cilindros é comprimido dentro da câmara de combustão antes que se inicie o processo de queima. O motor a diesel possui uma taxa de compressão de aproximadamente 19:1, o que significa que o volume aspirado para dentro do cilindro foi comprimido dezenove vezes antes que houvesse a combustão advinda da compressão do ar e injeção do combustível. Do ponto de vista termodinâmico, a taxa de compressão é diretamente responsável pelo rendimento térmico do motor. Sendo assim, quanto maior a relação de compressão maior será o rendimento do motor.

2.2 ORIGEM DO RUÍDO NOS MOTORES A DIESEL

Segundo Oliveira (2015) o ruído dos motores a diesel pode ser dividido em duas partes principais: o ruído de combustão e o ruído mecânico.

Ruído de combustão: é causado principalmente pelo rápido aumento de pressão causado pela ignição;

Ruído mecânico: é causado por uma série de componentes quando em utilização, sendo a cabeça do pistão um dos mais importantes.

O movimento do pistão subindo em direção ao volume morto superior é uma das fontes mecânicas que resulta em uma vibração estrutural do motor, e assim, gera ruídos. Este processo é influenciado pelas forças no pistão, produzidas pelo processo de combustão. Há também, também outras fontes mecânicas de vibração que resultam em ruído, como abertura e fechamento de válvulas de admissão e escape, as forças dos rolamentos causadas pela rotação do sistema e o desbalanceamento do motor.

Rodrigues (2011) citando Dectong *et al* (1982) separa o processo gerador de ruídos nos motores diesel em quatro etapas:

1) são produzidas no interior do motor pressões e esforços dinâmicos variáveis e periódicos devidos a combustão, ao mecanismo biela-manivela, ao cabeceamento dos pistões e aos mecanismos de injeção, comando de válvulas e acionamento de acessórios;

2) tais esforços propagam-se por toda a estrutura do motor gerando vibrações localizadas em diversas regiões.

3) as vibrações da estrutura transmitem-se às paredes externas do motor.

4) as superfícies externas do motor ao vibrarem produzem os ruídos que se propagam pelo ar, chegando aos ouvidos das pessoas.

A Figura 3 mostra um modelo em forma de diagrama de blocos para geração de ruído em um motor diesel.

Figura 3. Diagrama de blocos do modelo de geração de ruído do motor



Fonte: QUINTAS, 2009

2.2.1 RUÍDO DE COMBUSTÃO

O ruído de combustão é gerado dentro da câmara e depende da velocidade da queima, do rendimento volumétrico e do tipo de combustível (RODRIGUES, 2011). Nos motores a diesel o ar é comprimido perto de um décimo sexto a um vigésimo de seu volume original e o combustível líquido é injetado na forma vaporizada, então ocorre a ignição e combustão espontâneas. Devido a taxa de aumento de pressão ser abrupta há rápidas mudanças de pressão no cilindro, o que, conseqüentemente, excita a estrutura do motor e provoca os ruídos. Um exemplo é o que ocorre com as flutuações de velocidade do virabrequim, que é consequência da pressão do cilindro, e podem causa ruído no trem de engrenagens ou pulsos na cadeia do sincronismo das partes móveis.

Figura 4. Pressão do cilindro em função do Movimento do Pistão.



Fonte: RODRIGUES, 2011.

Como mostrado na Figura 4, a pressão no cilindro aumenta suavemente até após o começo da injeção do combustível. Após a injeção, ocorre a autoignição onde, praticamente, todo o combustível é queimado de forma explosiva causando um súbito aumento na pressão do cilindro.

2.2.2 RUÍDO MECÂNICO

Em sua maioria, os ruídos mecânicos são consequência das folgas existentes que permitem o funcionamento do motor. Tais folgas provocam ruído e impacto na estrutura do motor. A subida do pistão que balança o cilindro e se choca contra a parede, é um exemplo.

Da mesma forma, biela e rolamentos causam excitações de impacto nos componentes em movimento por meio das folgas. A abertura e fechamento das válvulas de admissão e escape, que são comandadas pelo comando de válvulas provocam impactos. As engrenagens, da mesma forma, podem sofrer impactos, devido ao impulsionamento dos torques cíclicos aplicados a alguns componentes, como o virabrequim, eixo de comando e sistema de combustível. Há também que ressaltar que algumas folgas são oriundas dos desgastes das peças.

Pacheco (2002), relacionou o ruído de um motor a diesel com três parâmetros: velocidade, tamanho do motor e carga. Constatou que para cada década (10 vezes) da velocidade de rotação há um aumento de ruído de 30 dB(A). Aumentando o tamanho do motor em dez vezes haverá um de ruído de 17 dB(A). No tocante a variação de carga, observou que para maioria dos casos não haveria diferenças significativas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste trabalho foi de aplicação prática de um método de isolamento acústico empregado em embarcações para a redução de propagação de ruídos produzidos nos motores. Em seguida os resultados são coletados e comparados com os anteriores ao emprego do método. Desta forma, é possível medir a eficiência e veracidade da ação aplicada. Para conferir as medições foi utilizado um aplicativo para smartphone chamado Decibelímetro (Sound Meter).

O procedimento técnico para redução da propagação de ruídos, conhecido comumente como Cabinação, foi o aplicado neste artigo. A embarcação onde a técnica foi empregada é de propriedade particular e localiza-se no porto do Condomínio Porto Trumã, na cidade de Manaus/AM. Conta instalados na praça de máquinas dois motores a diesel de 600 HP modelo 6HYM-WET da marca Yanmar®. O sistema de combustão é por injeção direta, isto é, o combustível é injetado diretamente na câmara de combustão. São 6 cilindros em linha com um curso de pistão de 165 mm por 132,9 mm de diâmetro do pistão, o qual confere uma capacidade 13,733 litros de volume. A Tabela 3 fornece mais informações sobre os motores.

Figura 5. Vista de frente dos motores instalados na embarcação. Alguns operadores realizam serviço de montagem da base das cabines.



Fonte: Os autores.

Tabela 3. Especificações técnicas motores marítimos modelo 6HYM-WET.

Model		Unit	6HYM-WET			
Type		–	Vertical, 4-cycle, turbo-charged diesel engine			
Combustion system		–	Direct injection			
No. of cylinders		–	6			
Bore × Stroke		mm	132.9 × 165			
Displacement		ℓ	13.733			
Rated output (flywheel output)		Rating	S	L	M	H
		kW/min ⁻¹ (hp/rpm)	515/2200 (700/2200) (0.5hour rating)	478/2150 (650/2150) (2hour rating)	441/2100 (600/2100) (10hour rating)	368/1950 (500/1950) (24hour rating)
Direction of rotation		–	Counterclockwise (Viewed from flywheel side)			
Cooling system		–	Constant temperature cooling system (with heat exchanger)			
Coolant capacity	Engine	ℓ	40			
	Reservoir tank	ℓ	1.5			
Lubrication system		–	Forced lubrication with gear pump			
Lubricating oil capacity	Engine	ℓ	46 (oil pan: 36, engine piping: 10)			
	Marine gear	ℓ	Refer to marine gear manual			
Turbocharger type		–	Exhaust gas turbocharger (with air cooler)			
Starting system		–	Electric starting (Starter motor)			
Engine mass (without marine gear)		kg	1385			

Fonte: Manual de Operação de Motores Marítimos de Propulsão 6HYM-WET

Foi contratada uma empresa especializada em construção de embarcações de passeio em alumínio, Amazon Marine, para realizar o serviço de fabricação e montagem das cabines.

A cabinacão é um procedimento que consiste na montagem de uma cabine acústica modular com ventilação forçada e admissão de ar externa para redução do ruído emitido do motor propulsor na praça de máquinas da embarcação.

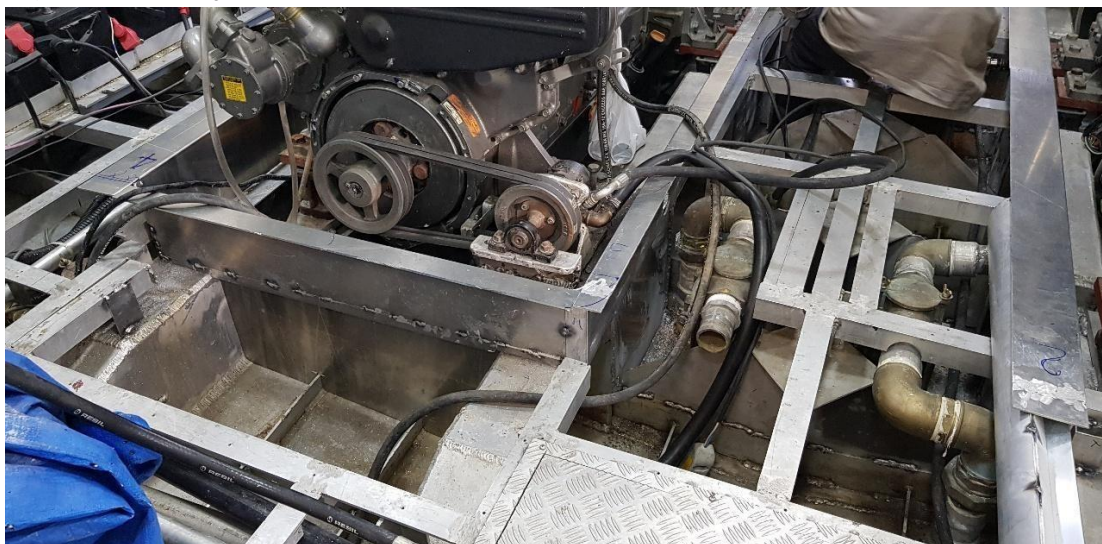
As cabines foram construídas com perfis e chapas de alumínio naval, formando com guarnições de borracha para vedação e travas em alumínio, tratamento térmico acústico em painéis duplos de espuma aluminizada com chumbo e sistema de ventilação com exaustor industrial.

Figura 6. Confeção da base das cabines.



Fonte: Os autores.

Figura 7. Confeção da base das cabines.

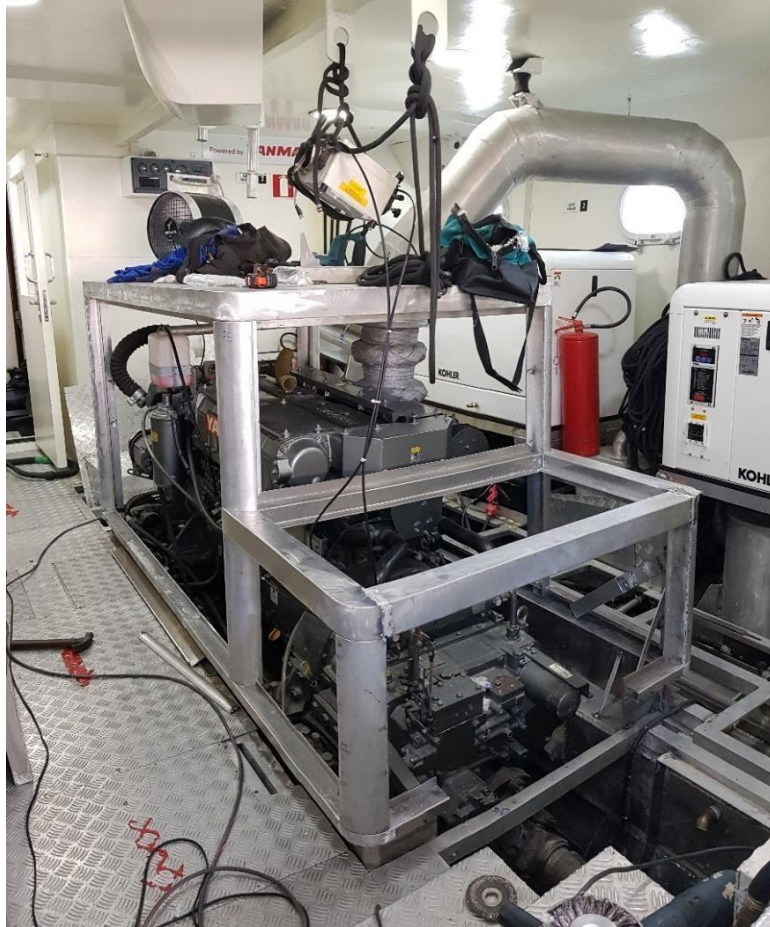


Fonte: Os autores.

Conforme pode ser observado na Figura 6 e 7 o processo inicia-se com a confecção da base, da chapa do fundo do casco que vai até o nível do convés. As cabines precisam prever as transições necessárias para as mangueiras e os cabos dos motores.

Após a confecção das bases é formado os chassis da bases, de onde parte a estrutura da cabine, que envolve o conjunto de propulsão.

Figura 8. Chassis e estrutura da cabine prontos.



Fonte: Os autores.

Em seguida vem a confecção dos painéis, o qual é responsável pelo tratamento acústico por meio da absorção das ondas sonoras. A camada de chumbo tem a função de reter o calor emanado da máquina a combustão. Já o revestimento aluminizado confere maior praticidade de limpeza de resíduos advindo do óleo. Após, são construídos defletores na admissão e exaustão da ventilação, uma espécie de “chachimbo” ou “sifão”, cujo objetivo é favorecer a entrada e saída de ar sem que as ondas sonoras consigam percorrer o mesmo trajeto.

É necessário observar a importância dos exautores industriais, responsáveis por realizar a circulação de ar da cabine com o ambiente externo. Nota-se também a presença de aftercoolers posicionados acima dos motores. Os mesmos tratam-se da admissão do ar da máquina para a combustão, que por sua vez, necessitam de ar mais frio que o disponível dentro da cabine. O ar frio é mais denso, portanto mais comprimido pela turbina e com mais oxigênio por volume aumenta o rendimento da queima de combustível.

Após as etapas de construção vem as de acabamento, pintura das peças, revestimento interno com os painéis acústicos e montagem final da cabine, conforme detalha a Figura 9.

Figura 9. Parede das cabines sendo colocadas. Elas isolam os motores por todos os lados.



Fonte: Os autores.

Figura 10. Pintura das peças da cabine.



Fonte: Os autores.

Figura 11. Montagem final das cabines.



Fonte: Os autores.

Após a montagem da cabine foi realizado medição em duas etapas. Primeiramente foi medido os valores de emissão de ruído com as cabines abertas e depois com as cabines fechadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

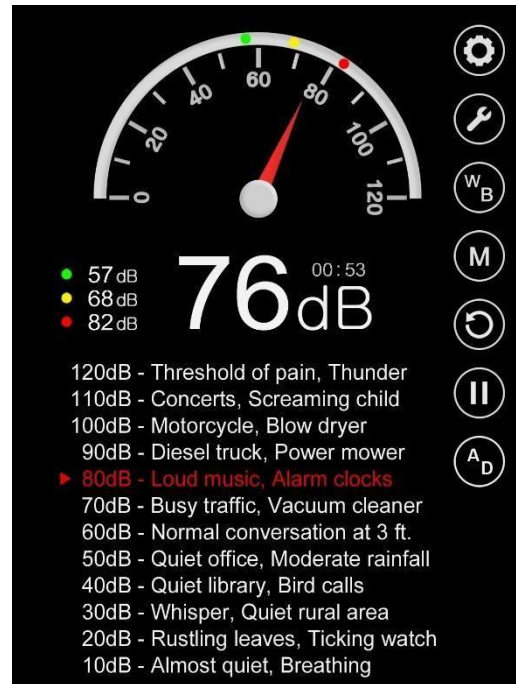
As medições realizadas mostraram que houve uma redução significativa na propagação de ruídos. Com as cabines abertas os valores variaram na faixa de 96 a 100 dB(A). Já com as cabines fechadas variaram na faixa de 74 a 76 dB, portanto uma redução na faixa de 22 a 24 Db(A).

Figura 12. Valor mínimo encontrado após realizada medição com as cabines fechadas.



Fonte: Os autores.

Figura 13. Valor máximo encontrado após realizada medição com as cabines fechadas.



Fonte: Os autores.

Apesar da embarcação não ser utilizada frequentemente, a exposição aos ruídos por tripulantes e passageiros pode ultrapassar a faixa de tempo recomendada pela NR 15, que é de até 1 hora para níveis de pressão sonora de 100 dB(A). Tal valor de emissão de ruído foi o registrado com as cabines abertas. Em relação as recomendações da Organização Mundial da Saúde, tais valores representam danos à saúde, já que com intensidade acima dos 85 dB a saúde será afetada. Tomando a referência do código da International Maritime Organization (IMO), os valores capturados estão inadequados, dado o fato que a IMO recomenda para este espaço valores em torno de 90 dB(A), para exposição contínua. Sendo assim, é correto afirmar que as configurações do ambiente quanto à emissão de ruídos, representava sérios danos futuros à saúde dos passageiros e tripulantes.

Tendo em vista as recomendações da OMS, os valores obtidos com a medição das cabines fechadas, comprovam uma redução significativa aos valores recomendados. A organização estabelece que para intensidade de 56 a 75 dB haverá incômodo aos ouvidos, contudo não representam malefícios à saúde. Os valores obtidos na faixa de 74 a 76 dB(A), representam uma redução de 22 a 24 dB(A), o que significa em termos percentuais, uma diminuição da ordem de 24 %.

A cabinacão dos motores não impede a produção e emissão dos ruídos, dado que isto é característica inerente do processo de combustão e movimentos de componentes. A ação é de isolamento acústico que reduz a propagação desses ruídos à sala de máquinas. Isto é possível devido aos isolantes colocados na parte interna das cabines, denominado de tratamento acústico, que foi realizado com painéis duplos de espuma aluminizada com chumbo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conforto acústico tem sido requisitado tanto quanto é o conforto térmico. As questões relacionadas à saúde ocupacional vêm sendo cada vez mais colocadas em pauta e as normas e recomendações têm obrigado às empresas a implantarem formas e procedimentos que amenizem os efeitos sobre os envolvidos. A engenharia surge como principal fonte de soluções para este impasse.

Apesar dos inúmeros avanços na tecnologia de fabricação de motores, os MCI's a diesel ainda são os mais ruidosos. Conforme estudos apontaram, a exposição contínua à níveis de ruídos acima do recomendado, podem afetar de forma negativa a saúde das pessoas. A medida de atenuar esses efeitos surge com bastante força nas embarcações onde esses motores são pesadamente empregados.

A cabinacão proporcionam o isolamento acústico dos motores por intermédio da construção e montagem de uma cabine feita de material isolante. A técnica não consiste numa simples montagem de cabine, dado ao fato que tal construção priva o motor de funcionar de forma adequada devido ao processo de arrefecimento. Portanto, algumas medidas e mecanismos precisam serem criados e adaptados a fim de recriar um sistema onde os motores operem normalmente. Este procedimento contempla todos esses detalhes.

Os resultados apontaram uma redução considerável na propagação dos ruídos, de forma a deixar nas condições adequadas e recomendadas pela OMS, IMO e NR 15, colocadas como referência de estudo. O processo de medição deu-se em duas etapas: com a cabine aberta e outra com a cabine fechada, para fins de comparação. A primeira medição produziu valores na faixa de 96 a 100 dB(A), e a segunda na faixa de 74 a 76 dB(A). Uma redução na faixa de 22 a 24 dB(A) ou 24%. Os números confirmam a utilidade e eficiência do método empregado. Apesar de envolverem alguns custos, a iniciativa proporciona como retorno a garantia de que a saúde dos envolvidos está sendo preservada, assim como também contribui para redução da poluição sonora e demais impactos causados ao meio ambiente.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, F. E. *Controle de ruído em motores de indução trifásicos de médio e grande portes*. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, p. 1. 2008.

ESTEVAM, G. D. *Poluição sonora e seus efeitos na saúde humana: estudo da região metropolitana de campinas*. Monografia (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade São Francisco. Campinas, p. 16. 2013.

FERRARI, A. *et al. Os possíveis impactos ocasionados pela geração de ruídos em um porto marítimo*. 2015. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (engep), 2015, Fortaleza.

NR, Norma Regulamentadora Ministério do Trabalho e Emprego. NR-15-Atividades e Operações Insalubres. 2011.

LAVANDER, L. G. *Controle De Ruído Em Navio De Apoio Offshore*. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Naval e Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p... 2016.

OLIVEIRA, P. H. P. *Métodos de redução de ruídos e vibrações nas embarcações*. TCC (Graduação em Ciências Náuticas do curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante) – Centro de Instrução Almirante Graça Aranha Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante. Rio de Janeiro, p. 29. 2015.

PACHECO, E. A. *Quantificação do ruído de combustão em um motor ciclo Otto usando diferentes combustíveis de competição através da técnica de intensidade sonora*. Tese de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federação do Paraná. Curitiba, p. 37-41. 2002.

QUINTAS, J. P. R. *Metodologia para avaliação de ruído e vibração no corpo humano em navios de transporte de cargas perigosas*. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 181. 2009.

RODRIGUES, M. C. *Estudo da influência dos parâmetros de injeção de combustível no ruído emitido por motores Diesel, fazendo uso do planejamento multivariado de experimentos*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, p. 15. 2011.

KOMNISKI, T. M.; WATZLAWICK, L. F. *Problemas Causados pelo Ruído no Ambiente de Trabalho*. Artigo (Curso de Especialização em Gestão Ambiental) – Unicentro. Guarapuava, p. 16. 2006.

BRUNETTI, F. *Motores de combustão interna*. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2012.