



**Projeto conceitual do laboratório de máquinas marítimas da UFPE**

*Conceptual project of the laboratory of maritime machines of UFPE*

Recebido em 03.07.2017. Aprovado em 01.12.2017



Flávio Souza de Moraes\*; José Claudino Lira Júnior  
Universidade Federal de Pernambuco | \* [flavio\\_sdm@outlook.com](mailto:flavio_sdm@outlook.com)

187

**RESUMO**

*A realização de experimentos em laboratórios é um passo bastante importante no desenvolvimento de pesquisa científica. Do ponto de vista pedagógico, laboratórios podem trazer um senso prático aos estudantes proporcionando a eles uma base mais sólida na teoria desenvolvida em sala de aula. Neste trabalho foi realizado um projeto conceitual para implantação do Laboratório de Máquina Marítimas (LMM) do curso de engenharia naval da UFPE. Também foram identificadas as principais necessidades para o desenvolvimento do projeto, viabilizando sua implantação através da submissão em órgãos de fomento e parcerias com empresas fornecedoras de equipamentos. O laboratório irá promover o desenvolvimento de pesquisa e atenderá disciplinas da área de máquinas dos cursos de engenharia. Para a realização desse projeto foi feita a seleção de um motor diesel marítimo e a partir de uma visão geral dos sistemas auxiliares numa praça de máquinas foram definidos quais desses sistemas estarão presentes no laboratório. Ao final foi apresentado um fluxograma geral do laboratório, com seus principais equipamentos dimensionados e algumas ideias de atividades a serem desenvolvidas no laboratório. A implantação do LMM será uma grande ferramenta para o desenvolvimento de pesquisa na área de máquinas do curso de engenharia naval, e áreas afins.*

*PALAVRAS-CHAVE: Engenharia Naval, Laboratório de Máquinas Térmicas, Praça de Máquinas, Sistemas Auxiliares.*

**ABSTRACT**

*The realization of experiments in laboratories is a big step in the development of scientific research. The purpose of this work was to make a conceptual project for the implantation of the Laboratory of Maritime Machines (LMM) from the UFPE. With this work we also expected to identify the needs for the development of the project, enabling its implantation by raising funds or by partnerships with equipment supply companies. The laboratory will promote the development of research and also will answer the demands from the subjects of the thermal area. To make this project it was chosen a diesel engine and from a general view from auxiliaries systems of an engine room it was decided the main components of the laboratory that will keep the engine working. By the end of this work, it was presented an engineering flowchart from the laboratory and the indications for the main components from each system of the LMM.*

*KEY WORDS: Auxiliary Systems, Laboratory of Thermal Machines, Naval Engineering.*

**1. INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento de pesquisa é uma atividade importante para qualquer curso universitário. Na área de ciências e tecnologia, algumas destas pesquisas necessitam de dados experimentais tanto para sua validação como para seu desenvolvimento. Esses dados experimentais podem ser retirados da literatura ou de experimentos feitos em laboratórios com instrumentação adequada. Este trabalho teve como objetivo fazer um projeto conceitual de um laboratório de máquinas marítimas para o curso de Engenharia Naval da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), o qual irá dar suporte às disciplinas dos cursos de engenharia da UFPE, assim como possibilitar a realização de experimentos para pesquisas na área. O laboratório ficará alocado no galpão de Engenharia Naval, de Minas e Incêndio, o projeto desse espaço já foi definido e ao laboratório de máquinas foi disponibilizado um espaço de 6 x 15 x 3 m. Porém, ainda não existe um projeto para os equipamentos a serem instalados dentro desse espaço.

A ideia deste laboratório é representar uma praça de máquinas de uma embarcação com a maioria dos sistemas auxiliares que possibilitam o funcionamento da embarcação. Dessa maneira ele terá um motor

**Projeto conceitual do laboratório de máquinas marítimas da UFPE**

diesel marítimo, de dimensões restringidas pelo espaço do disponibilizado para o laboratório, e a partir da escolha do motor, serão dimensionados os demais sistemas para manter o laboratório em funcionamento, para cada um desses foi indicado os equipamentos principais que os constituem. Devido à falta de aplicabilidade de certos sistemas auxiliares para o laboratório, alguns deles não foram levados em consideração no projeto, como é o caso do sistema de lastro.

Em seu trabalho, Kyrtatos et al. (2001) descreve a estrutura e as pesquisas realizadas no Laboratório de Engenharia Marítima (LME – Laboratory of Marine Engineering) da National Technical University of Athens (NTUA). A Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) possui o Laboratório de Máquinas Térmicas (LMT) onde são desenvolvidas pesquisas na área de máquinas térmicas e de combustão, na página da internet do LMT podem ser encontradas mais informações sobre linhas de pesquisa e o maquinário presente na instalação.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Podemos definir uma praça de máquinas como o compartimento do navio onde se encontram a maioria dos maquinários que fazem a embarcação desempenhar sua tarefa, a qual depende do tipo de maquinário. Na Tabela 1 podemos encontrar a listagem dos principais sistemas auxiliares de uma embarcação, um pequeno resumo de sua função e a sua aplicabilidade para o laboratório. Esses sistemas encontram-se descritos de maneira detalhada na obra de Brinati (2010) e Silva (2007).

**Tabela 1.** Resumo dos principais sistemas auxiliares de uma embarcação.

Sistema	Função	Aplicável ao Laboratório?
Propulsivo	Propelir a embarcação na velocidade requerida.	Não
Água de Arrefecimento	Arrefecer os motores da embarcação.	Sim
Água Doce	Gerar água doce a partir da água do mar para serviços diversos a bordo.	Não
Óleo Lubrificante	Amenizar o desgaste por atrito das partes móveis do motor.	Sim
Óleo Combustível	Fornecer combustível para os diversos consumidores a bordo.	Sim
Água de Lastro	Ajustar o trim e o calado da embarcação nas mais diversas condições de carga.	Não
Água de Baldeação e Incêndio	Lavagem de compartimentos e combate a incêndios dentro do navio, respectivamente.	Não
Ar de Partida	Fornecer ar comprimido de alta pressão para partida do motor.	Sim

**Projeto conceitual do laboratório de máquinas marítimas da UFPE**

Ventilação e Ar de Combustão	Garantir a troca de ar da praça de máquinas.	Sim
Esgoto	Tratamento de efluentes a bordo.	Sim
Produção de Vapor	Produzir vapor para diversos serviços a bordo.	Não
Geração de Energia Elétrica	Gerar energia elétrica a bordo.	Não
Governo	Controle do leme para manobra da embarcação.	Não

Não podemos replicar exatamente uma praça de máquinas num ambiente acadêmico, dessa maneira, como mencionado, alguns desses sistemas não se aplicam ao laboratório.

O sistema propulsivo, composto pelo eixo, mancais e hélice, não é aplicável ao laboratório, pois para que tenhamos uma hélice acoplada ao motor necessitaríamos de uma estrutura para imersão desta num meio fluido diferente do ar. Uma alternativa seria representar esse sistema por um dinamômetro, onde poderíamos simular diversas condições de carregamento do motor, como é feito no LME.

O sistema de água doce não se faz necessário pelo fato de que diferentemente de um navio, iremos ter água doce sendo fornecida ao laboratório não se fazendo necessária a sua produção.

Sendo o motor a parte mais vital da praça de máquinas, partiu-se dele para decidir quais os sistemas que estarão no laboratório. A metodologia utilizada no projeto foi partindo de a definição do motor tentar identificar quais sistemas são necessários para mantê-lo em operação.

Para o funcionamento do motor podemos destacar dois sistemas, o sistema de partida por ar comprimido e o sistema óleo combustível. A operação do motor gerará atrito entre as partes móveis do motor e calor devido à combustão, dessa forma precisaremos de um sistema de lubrificação e de refrigeração para o motor. Para condicionar o ambiente será necessário um sistema de ventilação da sala e um sistema de exaustão para expelir os gases resultantes da combustão de maneira adequada.

### **2.1. Motor Diesel**

Os motores marítimos têm grandes dimensões, por isso foi optado por escolher um motor diesel de alta rotação, geralmente utilizado na geração de energia a bordo e para propelar embarcações de menor porte. O motor diesel escolhido para o laboratório foi o Wartsila 20 de 4 cilindros, este opera em quatro tempo e pode utilizar óleo diesel marítimo e óleo diesel pesado.

O motor possui as características indicadas na Tabela 2 e na Figura 1 temos uma figura disponibilizada pelo fabricante.

**Tabela 2.** Características principais do Wartsila 20.

Potência do Motor (Kw)	800
Gerador (Kva)	950
Diâmetro do Cilindro (mm)	200
Curso do Pistão (mm)	280
Número de Cilindros	4
Rotação (rpm)	1000
Velocidade Média do Pistão (m/s)	9,3

**Figura 1**



WARTSILA, 2013

A maioria dos dados e equações utilizadas para dimensionar os equipamentos principais dos sistemas auxiliares do laboratório foram obtidos com base no Guia de Produto do Wartsila 20, disponibilizado pela empresa.

## 2.2. Sistema de Lubrificação

O óleo lubrificante indicado pelo fabricante para uso no motor deve ser da classe de viscosidade SAE 40. O sistema deve ser composto por um tanque de óleo lubrificante, o qual estará conectado a unidade de separação e ao motor. A unidade de separação funciona de maneira off-line no sistema para tratar 1,8 litros de óleo (volume designado pelo fabricante do motor). A vazão volumétrica,  $L \cdot h^{-1}$ , do separador foi calculada pela Eq. (1) a seguir.

$$Q = \frac{1,35 P n}{t} \quad (1)$$

Onde P é a potência do motor em kW, n é igual a 4 e representa o número de passagem de fluxos do tanque de volume por dia. O tempo de funcionamento é representado por t e ao contrário de uma embarcação

**Projeto conceitual do laboratório de máquinas marítimas da UFPE**

no laboratório não termos um funcionamento de 24 horas por dia. Para o cálculo da vazão deste equipamento será considerado esse valor, pois quanto menor o tempo de uso maior a capacidade do separador, o que não representa bem a realidade. Calculando temos uma vazão da unidade de separação de 180 L .h<sup>-1</sup>.

Para a unidade de separação do sistema em questão será indicado o uso da unidade de separação MIB-303 da Alfa Laval (Figura 2). Esse separador tem uma vazão máxima de 760 L .h<sup>-1</sup>, podendo ser ajustado. Ele é indicado para óleos lubrificantes, destilados e óleo diesel leve. Essa unidade vem acompanhada do separador, do aquecedor e da bomba.

**Figura 2.** Unidade de separação P-626 da Alfa Laval



(Fonte: Alfa Laval).

O óleo lubrificante será bombeado para o motor por uma bomba acoplada a ele a qual tem uma vazão de 27 m<sup>3</sup> .h<sup>-1</sup>.

### 2.3. Sistema de Ar Comprimido

Esse sistema é composto por uma unidade de compressão, a qual entrega ar comprimido a uma pressão máxima de 3 MPa. Assim, o reservatório de ar comprimido, chamado de garrafa de ar, deve ser dimensionado para uma pressão nominal de 3MPa. O volume desse reservatório é dado pela Eq. (2).

$$V_E = \frac{p_E V_E n}{p_{R \max} - p_{R \min}} \quad (2)$$

Onde o fator p<sub>E</sub> é a pressão barométrica normal a qual é 0,1 MPa, V<sub>E</sub> é o consumo de ar por partida o qual possui o valor de 1,2 m<sup>3</sup>. A constante n é o número de partidas do motor segundo a Sociedade Classificadora, no caso da American Bureau Shipping (ABS – Parte 4 – Cap. 6 – Seção 5 – 9.51 (b)) esse

**Projeto conceitual do laboratório de máquinas marítimas da UFPE**

valor é igual a 6. O denominador da Eq. (2) é composto pela diferença entre a pressão de partida máxima (3MPa) e a mínima (1,8 MPa). Utilizando a Eq. (2) encontramos um volume de 0,6 m<sup>3</sup> para o reservatório.

Para entregar ar comprimido à garrafa de ar do laboratório será usado o compressor LT 3-30 Khe da Atlas (Figura 3). Nele, o ar é comprimido a uma pressão de 3 MPa por um motor diesel de 1800 rpm e uma potência de 3,4 kW.

**Figura 3.** Compressor LT 3-30 Khe da Atlas



Fonte: Atlas

#### **2.4. Sistema de Ar Combustível e de Ventilação**

O dimensionamento do sistema de ventilação do laboratório foi feito através da NBR 8807, a qual trata do dimensionamento do sistema de ventilação de embarcações mercantes. Essa norma é baseada na ISO 8861 – Shipbuilding – Engine-room ventilation in diesel engine ships – Design requirements and basis of calculations.

Ao final do cálculo proposto pela norma teremos uma vazão volumétrica de ar total a ser fornecida a praça de máquinas. Essa é dividida entre a vazão volumétrica de ar necessária para o consumo dos equipamentos ( $q_f$ ) e a vazão volumétrica de ar necessária para a dissipação do calor gerado pelos equipamentos ( $q_v$ ), ambos em m<sup>3</sup> .s<sup>-1</sup>.

No caso do laboratório o único consumidor de ar instalado será o motor diesel, dessa maneira  $q_f$  é calculado através da Eq. (3) a seguir:

$$q_f = q_h = \frac{P q_m}{\rho} \quad (3)$$

**Projeto conceitual do laboratório de máquinas marítimas da UFPE**

Onde na Eq. 3 temos que P é a potência do motor,  $q_m$  a quantidade de ar necessária ao motor a qual segundo o guia de produto é  $0,00186 \text{ kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ , e  $\rho$  é a densidade do ar,  $1,13 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Calculando temos que  $q_f$  é igual a  $1,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Segundo a NBR 8807, em um navio a vazão volumétrica de ar para dissipação do calor gerado pelos equipamentos é dada pela soma do calor emitido por todos os motores presentes no compartimento, caldeiras, tubulações de vapor e de condensado, tanques aquecidos, geradores e dutos de gases de exaustão.

Novamente teremos apenas um motor diesel no laboratório, assim a vazão  $q_v$  é calculada através da Eq. (4).

$$q_v = \frac{\phi_h + \phi_a}{\rho c \Delta T} - 0,4 q_h \quad (4)$$

O calor emitido pelo motor diesel ( $\phi_h$ ) é encontrado de acordo com a Eq. (5).

$$\phi_h = \frac{P U_d}{100} \quad (5)$$

Na Eq. (5), P é novamente a potência do motor e  $U_d$  é a perda percentual por radiação, esta é dada por uma curva presente nos anexos da NBR 8807, para motores diesel de quatro tempos com potência de 800 kW, esta constante é 4,5%. Substituindo os valores na Eq. (5) temos que o calor emitido pelo motor é igual a 36 kW.

Já o calor emitido pelos dutos dos gases de descarga do motor é dado pela Eq. (6) a seguir.

$$\phi_a = \tau_h l_h \quad (6)$$

Onde  $\tau_h$  é o calor emitido por metro de duto de gases de exaustão essa grandeza é encontrada no gráfico presente nos anexos da NBR 8807, para o diâmetro do duto igual a 300 mm (escolha da dimensão indicada em seções posteriores do artigo) e pra uma potência de 800 kW, o valor de  $\tau_h$  é igual a  $0,25 \text{ Kw} \cdot \text{m}^{-1}$ . O comprimento do duto de exaustão ( $l_h$ ) foi considerado igual a 3 m, valor da distância entre o teto do laboratório e o piso. Calculando temos que  $\phi_a$  é igual a  $0,57 \text{ kW}$ .

A norma indica para tomarmos a variação de temperatura média do ar da praça de máquinas ( $\Delta T$ ) igual a  $12,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , a densidade do ar ( $\rho$ ) de  $1,15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  e um calor específico do ar ( $c$ ) de  $1,01 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , substituindo os valores na Eq. (4), o valor de  $q_v$  é igual a  $2,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Somando temos uma vazão total de ar a ser retirado da sala igual a  $3,37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ( $12121,78 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ).

O ventilador foi selecionado através do VORTEX 1.3, software disponibilizado pela OTAM (Organização Técnica de Assistência e Manutenção) no site da S&P Brasil Ltda. Para a sala serão instalados quatro ventiladores axiais em cada extremo. A linha de ventiladores escolhidos foi a de ventiladores axiais de pás fixas (AFR-AL) usada na ventilação ou exaustão industrial. Essa linha opera numa faixa de vazão entre  $1000$  e  $8000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  e de pressão estática de  $3$  a  $50 \text{ mmca}$ . Considerando que eles irão operar a uma pressão

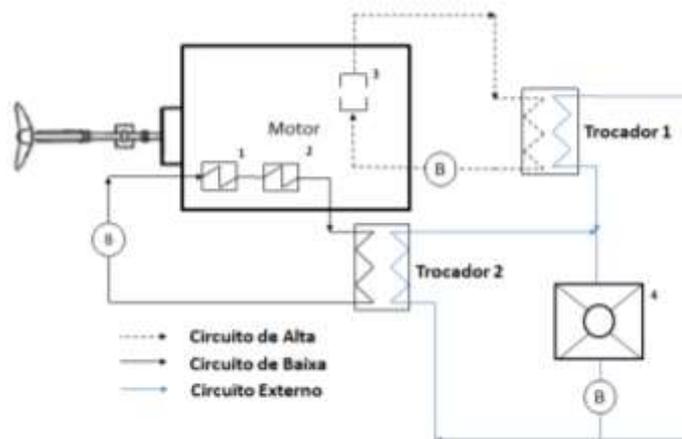
estática de 5 mmca e com um quarto da vazão calculada, o ventilador indicado para troca de ar do laboratório foi o 1000 CLASSE I, com um diâmetro da hélice de 1000 mm e motor com potência de 0,31 kW e 441 rpm.

## 2.5. Sistema de água para Refrigeração do Motor

O sistema de refrigeração do motor foi dividido em dois circuitos independentes, o circuito de refrigeração de baixa temperatura (BT) e o de alta temperatura (AT). O primeiro resfria o ar de alta temperatura que sai do turbocompressor e o óleo de lubrificação do motor. O segundo resfria os cilindros e o cabeçote do motor. A água de resfriamento do motor irá ser refrigerada para suas respectivas temperaturas de entrada no motor através de um circuito externo, esse irá fornecer água fria proveniente de uma torre de resfriamento.

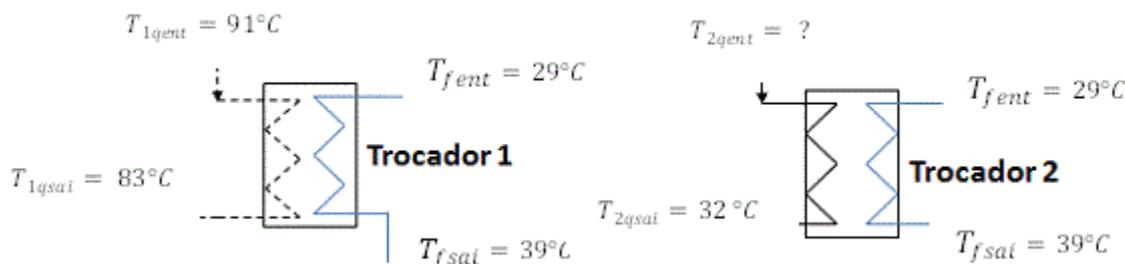
A Figura 4 ilustra o sistema de resfriamento do motor do laboratório. As bombas do circuito interno (circuitos de BT e de AT) serão as bombas acopladas ao motor. Tanto o circuito de BT como o de AT serão dimensionados de maneira a terem uma perda de pressão máxima de 120 kPa (122,45 mca) na linha. O circuito externo será dimensionado de maneira a termos a mesma perda de pressão máxima no circuito, e para fornecer pressão à água será indicada a bomba Meagabloc 50-160 da KSB. Esta pode fornecer 12 mca a uma vazão de  $55 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  com um motor de aproximadamente 2,35 kW.

Figura 4. Sistema de arrefecimento do motor do laboratório.



Os trocadores de calor dos circuitos de BT e de AT foram dimensionados com base nas temperaturas fornecidas pelo guia de produto da Wartsila. A Figura 5 mostra um esquema para os trocadores 1 e 2, do circuito de AT e de BT, respectivamente. A temperatura de entrada do fluido do circuito externo é limitada pela temperatura ambiente, a temperatura de saída deste fluido foi estipulada com base no  $\Delta T$  da torre, que será de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Figura 5. Esquemas de temperaturas nos trocadores de calor do laboratório.



A temperatura de entrada do fluido quente do trocador de calor 2, foi achada através de um balanço de energia no trocador de calor, pois o fabricante indica que deve ser retirado 405 kW de calor do fluido do circuito de BT. As vazões mássicas dos fluidos quentes no trocador também são dadas pelo fabricante, 6,67 kg .s<sup>-1</sup> no circuito de BT e 5,56 kg .s<sup>-1</sup> no circuito de AT.

Com o balanço de energia também foi encontrado o valor da vazão da água no circuito externo, que será a soma da vazão do fluido frio do trocador de calor 1 e a do trocador de calor 2, essas são 16 m<sup>3</sup> .h<sup>-1</sup> e 34,9 m<sup>3</sup> .h<sup>-1</sup>, respectivamente.

Para achar a área de troca foi usado o Método da Diferença Logarítmica das Temperaturas. Segundo o método a troca de calor na área da superfície do trocador de calor é dada Eq. (7).

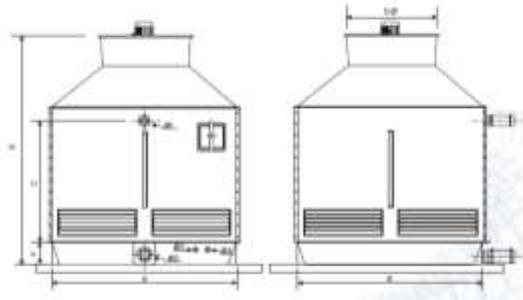
$$q = U A \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)} \quad (7)$$

Na Equação (7),  $\Delta T_1$  é igual a temperatura do fluido quente que entra no trocador de calor ( $T_{qent}$ ) menos a temperatura do fluido frio que sai do trocador de calor ( $T_{fsai}$ ), e  $\Delta T_2$  é igual a temperatura do fluido quente que sai do trocador de calor ( $T_{qsai}$ ) menos a temperatura do fluido frio que entra no trocador de calor ( $T_{fent}$ ). O fator U é o coeficiente global de transferência de calor, o qual segundo Incropera et al. (2008) está em uma faixa de valores representativos entre 8,5 kW .m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup> e 1,7 kW .m<sup>2</sup>.K<sup>-1</sup> para trocadores de calor onde os fluidos envolvidos são água-água, dessa maneira será tomando o valor médio entre esses valores. Por último temos A e q, um é a área de troca do trocador de calor, o outro é o calor que é trocado entre os fluidos, achado com o balanço de energia.

Substituindo os dados na Eq. (7) encontramos uma área de troca de 2,715 m<sup>2</sup> para o trocador de calor 1 de 63,7 m<sup>2</sup> para o trocador de calor 2. Para o trocador de calor 1 foi indicado o AlfaNova HP 76 da Alfa Laval, o qual é do tipo placa e para ter a área desejada deverá ter 28 placas. Já para o trocador de calor 2 foi indicado o trocador de calor desmontável FR 19 da Alpema, que também é do tipo placa e para ter a área de troca desejada deverá ter 114 placas.

A torre de resfriamento deverá fornecer uma vazão de 51 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> e um  $\Delta T$  de 10°C. Para tal tarefa será indicado a torre de resfriamento ADC – 80 da Adecl'air (Figura 6), esta consegue resfriar água a uma vazão máxima de 54,54 m<sup>3</sup> .h<sup>-1</sup>.

**Figura 6.** Torre de resfriamento ADC-80 da Adecl'air (Fonte: Adecl'air).



## 2.6. Sistema de Exaustão

O sistema de exaustão irá eliminar os gases resultantes da combustão nos cilindros do motor. Antes de serem soltos na atmosfera os gases passam por um catalizador para tratamento dos gases e reduzir a produção de  $\text{NO}_x$  e depois passam por silenciadores para atenuar o ruído provocado pelo escape do motor.

O fabricante do motor indica que para o fluxo de gases de escape tenha velocidade máxima de 40 m/s e a atenuação do ruído deve ser de 25 dB ou de 30 dB. O fabricante do motor recomenda que os dutos do sistema de exaustão sejam curtos, diretos e que as expansões e as curvaturas dos dutos sejam suaves de maneira a evitar pressão de retorno no duto, a qual deve ser no máximo 4,0 kPa.

Para o motor Wartisila 20 com 4 cilindros o diâmetro do duto de exaustão é de 300 mm, o duto é ligado ao motor através de uma junta de expansão de diâmetro igual a 200 mm, valor também indicado pelo fabricante do motor. Todo o comprimento do duto deve ser isolado com um material apropriado com no mínimo uma espessura de 30 mm. O isolamento deve ser contínuo e protegido por uma placa de cobertura para mantê-lo intacto.

## 2.7. Sistema de Combustível

O motor funciona tanto com óleo diesel leve como também com óleo diesel pesado. Neste trabalho será indicado que o motor use apenas óleo diesel leve de maneira contínua. Para esse perfil operacional, o fabricante indica apenas o uso de um filtro para tratar o combustível ao invés do conjunto de centrifugas para o tratamento do óleo. Além disso, não será necessário o aquecimento dos tanques, pois esse combustível pode ser mantido em uma faixa de 20 °C a 40 °C, ou seja, temperatura ambiente.

O uso de óleo pesado e óleo leve no laboratório iria enriquecer bastante a instalação, pois iríamos ter um sistema de combustível mais real quando comparado a uma embarcação. Em adição poderiam ser feitos estudos com os gases resultantes da queima do óleo diesel pesado, combustível mais nocivo ao meio ambiente do que o diesel leve. O uso de ambos os combustíveis no laboratório irá depender dos recursos que serão disponibilizados para a construção do laboratório.

Comparado com um navio, o tempo de funcionamento do motor do laboratório será muito pequeno. Considerando que o consumo de combustível do motor em 100% de carga seja 199 g .kW .h<sup>-1</sup> (179 L .h<sup>-1</sup>), se

**Projeto conceitual do laboratório de máquinas marítimas da UFPE**

tivermos um tanque de armazenamento de 3000 L o motor conseguirá funcionar por 16 h 46 min, suficiente para realização de experimentos e aulas práticas.

A Figura 7 tem como objetivo ilustrar o tamanho do tanque de armazenamento que se pretende instalar no laboratório, este tanque é fabricado pela Fuel Proof, companhia inglesa que atua no campo de tanques para armazenamento de combustíveis.

**Figura 7.** Tanque de armazenamento de 3000 litros



(Fonte: Fuel Proof).

Abaixo do tanque será instalada uma bacia de contenção para comportar eventuais vazamentos de combustível.

Para o abastecimento do tanque será indicado uma bomba de engrenagem da Bremen, essa possui uma vazão de  $60 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$  e potência de 0,25 kW, ela é usada para abastecimento de óleo diesel e querosene. Para o seu dimensionamento o único fator considerado foi o tempo a ser gasto ao transferir o combustível do tanque de transporte para o tanque de armazenamento do laboratório. Com essa bomba, o tanque pode ser cheio em menos de 20 min.

O transporte do fluido do tanque de armazenamento para o motor será através da bomba acionada pelo motor a qual irá entregar combustível a uma vazão de  $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

Os dejetos oleosos gerados pelo tanque e pela sala serão tratados por um Separador Água e Óleo (SAO). Esse separador será instalado abaixo do nível da sala e do tanque, de modo que água oleosa da sala e da bacia de contenção seja canalizada para essa unidade de tratamento. Esse processo será como o sistema de esgoto de uma embarcação.

**Figura 8.** SAO SPR 800 da Alpina



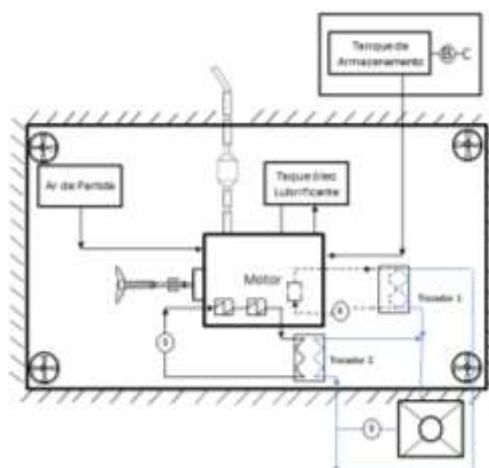
(Fonte: Alpina).

No sistema de tratamento de efluentes, será utilizado o SAO SPR 800 da Alpina (Figura 8), o qual possui uma capacidade de tratamento de  $800 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$ . Apesar de esse SAO ser o de menor capacidade disponibilizada pelo fabricante, ele nos dá uma capacidade considerável considerando a sua função e o tempo de funcionamento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho foi desenvolvido um projeto conceitual do LMM, onde foram definidos os sistemas e seus principais equipamentos. Durante o trabalho foi tentado pensar nos sistemas de maneira que eles trabalhem para que o motor funcione durante certo tempo (realização de algum experimento para coleta de dados ou o tempo de uma aula prática das disciplinas). Dessa forma, os dimensionamentos de certos sistemas presentes num navio não são necessários, como é o caso do sistema de água doce, sistema de lastro, sistema de governo e sistema de geração de vapor. Na Figura 9 temos um fluxograma do laboratório indicado no presente trabalho.

Figura 9. Fluxograma do laboratório



**Projeto conceitual do laboratório de máquinas marítimas da UFPE**

Deve ser pensado na instrumentação do laboratório, pois sem essa a medição de parâmetros operacionais dos equipamentos fica impossibilitada. Atrelado a isso pode ser pensado numa sala de controle para a laboratório, de onde seriam monitorados e variados diversos parâmetros dos sistemas para realização dos estudos.

#### **4. CONCLUSÕES**

O projeto deverá ser refinado passando por todas as etapas da metodologia de um projeto, ou seja, todos os cálculos devem ser refinados, os sistemas devem ser detalhados de maneira a gerar os documentos para sua construção.

Fatores financeiros também devem ser levados em conta no decorrer do projeto, serão tentadas parcerias com empresas fornecedoras de equipamentos e órgãos de fomento, portanto outros fornecedores devem ser levados em consideração no projeto tentando barateá-lo para se adequar a disponibilidade de recursos financeiros do projeto.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALPINA AMBIENTAL, **Separador de Água e Óleo**. SPR, São Paulo, Brasil.s/d

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1985, “**NBR 8807 - Cálculo de Ventilação para Praça de Máquinas de Embarcações Mercantes de Propulsão Diesel**”, Rio de Janeiro, Brasil.

ATLAS COPCO. **Atlas Copco Marine Air Solutions**, Bélgica.

BRINATI, Hernani.. **PNV 2324 Instalações de Máquinas Marítima**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010.

INCROPERA, Frank. P. *et al.* **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos S.A, 2008.

KSB BOMBAS HIDRÁULICAS S/A, **Manual de Curvas Características Meganorm, Megabloc e Magechem**. S/d

KYRTATOS, Nikolaos. P. et al. **The New Laboratory Facility MARTHA for Marine Propulsion Research and Development**. Hamburg: CIMAC Congress, 2001.

MOLLAND, Anthony F. **The Maritime Engineering Reference Book a Guide to Design, Construction and Operation**. 1. Ed. Oxford: Elsevier, 2008.

SILVA, João E. C. **Tecnologia Marítima: Equipamentos e Sistemas do Navio**. Oeiras: Escola Nautica Infante D. Henrique, 2007.

WARTSILA. **Wartsila 20: Product Guide**. Vaasa, 2013.

**Dossiê I JIPEEIS - Primeira Jornada Internacional de Pesquisa, Ensino, Extensão, Inovação e Sustentabilidade**

**Projeto conceitual do laboratório de máquinas marítimas da UFPE**

WOUD, Hans K.; STAPERSMA, Douwe. **Design of Propulsion and Electric Power Generation**. London: IMaEST, 2002.