



FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA DA
UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA

PROJETO DE GRADUAÇÃO

CLIMATIZAÇÃO DA PRAÇA DE MÁQUINAS DA EMBARCAÇÃO FB-17 (BALSA)



Participantes

- Alessandro Otto Pereira
- Izalis Simão
- Marcelo Siqueira Bueno
- Silvio Gemaque



Introdução

O litoral paulista possui sete ligações marítimas:



- Santos/Guarujá
- Guarujá/Bertioga
- São Sebastião/Ilhabela
- Iguape/Juréia
- Cananéia/Ilha Comprida
- Cananéia/Continent
- Cananéia/Ariri

Fonte: Secretaria de Estado dos Transportes de São Paulo



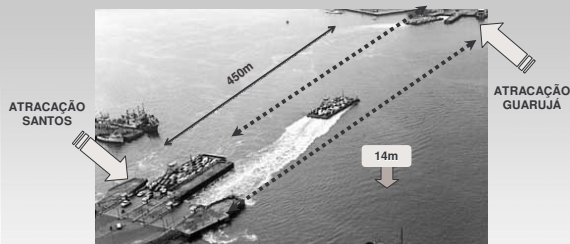
Introdução

- Em 2007 o sistema transportou 10.424.120 veículos
- 80% desse volume, através da Travessia Santos-Guarujá
- No mesmo período, mais de 7 milhões de pessoas utilizaram as travessias.

Fonte: Secretaria de Estado dos Transportes de São Paulo



Sistema Operacional Santos - Guarujá



Fonte: DERSA Desenvolvimento Rodoviário SA



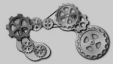
Características FB-17

CASCO

Comprimento Total:	49,00 m
Comp. entre Perpend.:	45,00 m
Deslocamento Leve:	293,92 ton.
Deslocamento Carregado:	611,84 ton.
Velocidade de Serviço:	8,00 nós



Fonte: Memorial Descritivo da embarcação FB 17
DERSA Desenvolvimento Rodoviário SA



Objetivo

• **DIMENSIONAR** um sistema de ventilação para a praça de máquinas da embarcação FB-17 (balsa), visando baixar a temperatura ambiente.

Benefícios

- **POSSIBILITAR** futura instalação de dispositivos eletrônicos nos atuais motores de propulsão, ou a substituição por mais modernos;
- **POSSIBILITAR** a redução no consumo de combustível e aumentar o desempenho da embarcação.



Motores de Combustão Interna Diferenças de ciclos Otto / Diesel

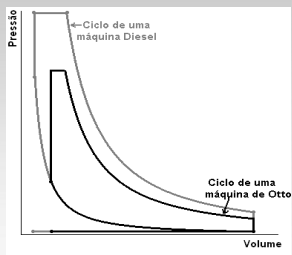
Ciclos de funcionamento	Ciclo Otto com injeção indireta de combustível	Ciclo Diesel com injeção direta de combustível
1 – admissão	Aspiração da mistura ar-combustível	Aspiração e enchimento dos cilindros apenas com ar
2 – compressão	Compressão da mistura numa taxa em torno de 9:1 (gasolina) ou 12:1 (álcool)	Compressão do ar puro, numa taxa em torno de 20:1
3 – combustão	Ignição por centelha da vela e explosão da mistura	Injeção de óleo diesel, auto-inflamação pelo calor da compressão.
4 – escape	Saída dos gases queimados	

Fonte: Artamonov e Morin. Comparação entre os motores de ciclo Otto e de ciclo Diesel. 1976

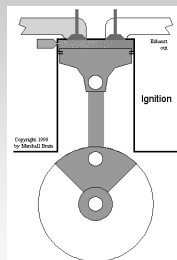


Motores de Combustão Interna

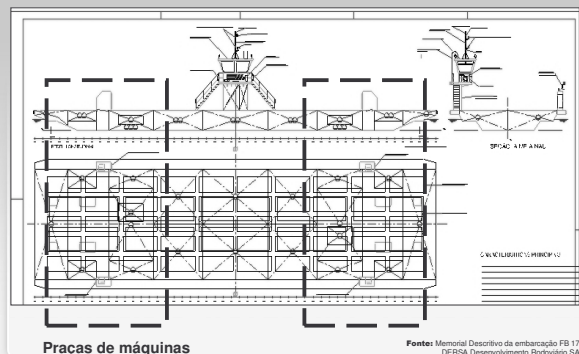
GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE CICLOS OTTO E DIESEL



Fonte: Silva. Comparação entre os ciclos das máquinas Otto e Diesel. 1973



A embarcação FB-17



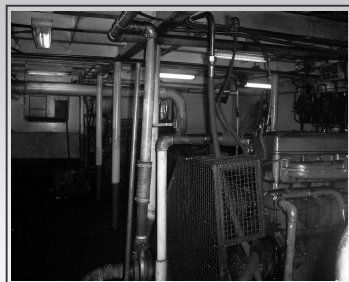
Fonte: Memorial Descritivo da embarcação FB 17
DERSA Desenvolvimento Rodoviário SA



Praça de Máquinas FB-17

Cada praça de máquinas contém:

- 2 motores diesel
- 2 Redutores / reversores
- 1 unidade hidráulica
- 2 bombas para circulação de água salgada



Fonte: Praça de Máquinas FB-17
Foto registrada no local



Sistema de Propulsão



MOTOR

- | | | | |
|---------------------------------|----------------|-------------------------|-----------|
| ▪ Quantidade: | 4 | ▪ Sistema refrigeração: | água doce |
| ▪ Modelo: | Scania-DS11 | ▪ Cilindrada: | 11,0 dm³ |
| ▪ Motor tipo: | 4 tempos | ▪ Taxa de Compressão: | 15:1 |
| ▪ Número de Cilindros: | 6 em linha | ▪ Alta potência: | 13,5:1 |
| ▪ Sistema de alimentação comb.: | injeção direta | ▪ Rotação: | 1800 rpm |
| | | ▪ Potência (por motor): | 316HP |

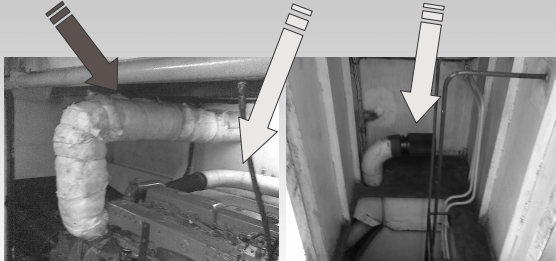
Fonte: Memorial Descritivo da embarcação FB 17
DERSA Desenvolvimento Rodoviário SA



Sistema de Propulsão

Rede de escapamento: isolamento em fase final de instalação

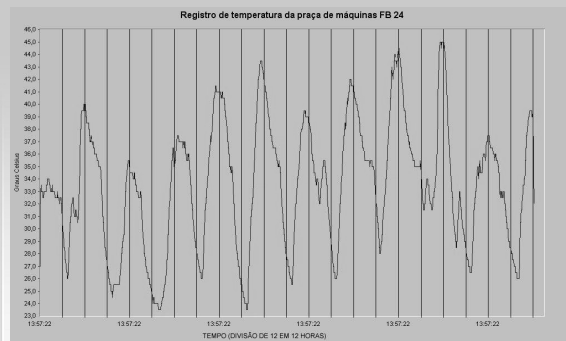
Rede instalada para tomada de ar externo: sobre-alimentação do motor



Fonte: Praça de Máquinas FB-17
Foto registrada no local



Temperatura da praça de máquinas



Fonte: Praça de Máquinas FB-17
Foto registrada no local



Cálculo de Ventilação para Praça de Máquinas

- O cálculo de ventilação para a praça de máquinas da balsa FB-17, em nosso trabalho, foi referenciado pela norma NBR 8807, com publicação de 01 de março de 1985.
- Segundo a norma, a quantidade de ar necessária na praça de máquinas (q_{total}) é dado por :

$$q_{total} = q_f + q_v$$

q_f = quantidade de ar necessária ao consumo dos equipamentos

q_v = quantidade de ar necessária a dissipação do calor



Cálculo de Ventilação para Praça de Máquinas

Para os cálculos de ventilação, foram considerados os seguintes itens:

- Vazão de ar necessária ao consumo dos equipamentos.
*Os únicos equipamentos que consomem ar são os motores de propulsão (02 motores em cada praça de máquinas);
- Vazão de ar necessária para a dissipação de calor.
* Calor emitido pelos 2 motores diesel;
* Calor emitido pela ocupação de pessoas;
* Calor emitido pela iluminação do ambiente;
* Calor emitido por condução, do convés ao interior da praça de máquinas, através da radiação solar.



Cálculo de Ventilação para Praça de Máquinas

$$q_f = q_h + q_g + q_p + q_o$$

q_f = quantidade de ar necessária ao consumo, em m^3/s

q_h = quantidade de ar necessária à combustão do motor diesel principal, em m^3/s

q_g = quantidade de ar necessária à combustão de motores diesel auxiliares, em m^3/s

q_p = quantidade de ar necessária à combustão das caldeiras, em m^3/s

q_o = quantidade de ar necessária ao consumo de outros equipamentos

$$q_f = 2 \quad q_h$$



Cálculo de Ventilação para Praça de Máquinas

$$q_v = \frac{\phi_h + \phi_g + (k_p \times \phi_p) + \phi_r + \phi_d + \phi_e + \phi_s + \phi_a + \phi_o}{\rho \times c \times \Delta T} - 0,4 \times (q_h + q_g) - q_p$$

q_v = quantidade de ar necessária à dissipação de calor, em m^3/s

ϕ_h = calor emitido pelo motor diesel principal, em kW

ϕ_g = calor emitido pelos motores diesel auxiliares, em kW

k_p = fator de posicionamento da caldeira na praça de máquinas

ϕ_p = calor emitido pelas caldeiras, em kW

ϕ_r = calor emitido pelas tubulações de vapor e de condensado, em kW

ϕ_d = calor emitido pelos geradores, em kW

ϕ_e = calor emitido por equipamentos elétricos, em kW

ϕ_a = calor emitido pelos tanques aquecidos, em kW

ϕ_o = calor emitido pelos dutos de exaustão dos gases de descarga, em kW

ϕ_s = calor emitido por outros componentes, em kW

ρ = massa específica do ar a 35°C: 1,15 kg/m³

c = calor específico do ar: 1,01 kJ/kg.°C

ΔT = aumento da temperatura média na praça de máquinas : 12,5°C

q_h = quantidade de ar necessária à combustão do motor diesel principal, em m^3/s

q_g = quantidade de ar necessária à combustão de motores diesel auxiliares, em m^3/s

q_p = quantidade de ar necessária à combustão das caldeiras, em m^3/s



Cálculo de Ventilação para Praça de Máquinas

$$qv = \frac{\phi h + \phi e + \phi o}{\rho \times c \times \Delta T} - 0,4 \times (qh)$$

Sendo:

qv = quantidade de ar necessária à dissipação de calor, em m³/s

φh = calor emitido pelo motor diesel principal, em kW

φe = calor emitido por equipamentos elétricos, em kW

φo = calor emitido por outros componentes, em kW

ρ = massa específica do ar a 35° C: 1,15 kg/m³

c = calor específico do ar: 1,01 kJ/kg.°C

ΔT = aumento da temperatura média na praça de máquinas: 12,5°C

qh = quantidade de ar necessária à combustão do motor diesel principal, em m³/s



Seleção dos Ventiladores

A seleção dos ventiladores foi baseada em produtos de empresas que atuam no mercado nacional e que atendam as condições de vazão de ar, pressão estática e temperatura necessárias, além da limitação de espaço e tipo de ventilador de melhor adaptação.



Seleção dos Ventiladores

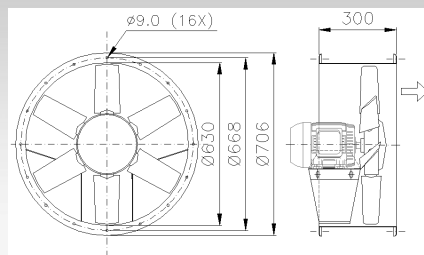
As condições exigidas para a seleção do ventilador são:

Tipo de ventilador	Axial
Vazão Necessária	9425 m³/h
Temperatura de Operação	47,5 °C
Densidade do Fluido (ar)	1,067 kg/m³
Pressão Estática	19 mmCA



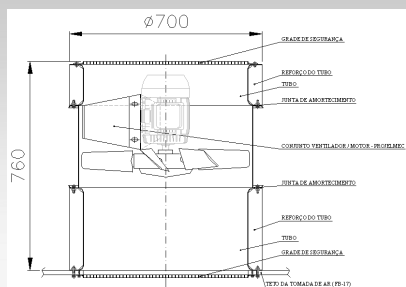
Seleção dos Ventiladores

Após consulta em fabricantes, foi selecionado um ventilador do tipo axial para cada praça de máquinas, com diâmetro da hélice de 630 mm, acoplado a um motor de 2 C.V..



Adaptação

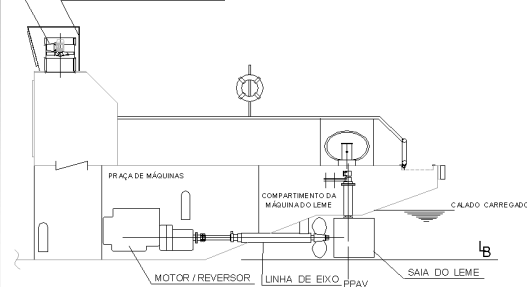
Para os ventiladores selecionados, é necessária a adaptação nas instalações da embarcação.



Adaptação

CONJUNTO ADAPTADOR PARA VENTILADOR

TAMPA DE PROTEÇÃO





Manutenção

Segundo a norma NBR 13971, publicada em 30 de outubro de 1997, é estabelecida orientações básicas para as atividades e serviços necessários na manutenção programada de conjuntos e componentes em sistemas e equipamentos de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação.



Custos de Implementação

ITEM	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO (R\$)	SUB-TOTAL (R\$)
CONJUNTO VENTILADOR/ MOTOR - INCLUSO EMBALAGEM E MONTAGEM DO MOTOR ELÉTRICO	2	1.571,00	3.142,00
CONJUNTO DE ADAPTAÇÃO	2	3.870,00	7.740,00
INSTALAÇÃO	2	2.750,00	5.500,00
TOTAL			16.382,00



Conclusão

- Estudos realizados mostram a necessidade da implantação de um sistema de ventilação forçada, visando uma melhor condição operacional do motor.
- Melhoria das condições para os funcionários que atuam na praça de máquinas.
- A montagem de um ventilador em uma das praças permitirá estudos sobre rendimento dos motores e conseqüente economia de combustível.
- Retirada da tubulação de admissão de ar do motor



Sugestões para trabalhos futuros

- Estudar exaustão forçada
- Climatização da cabine de comando
- Possibilidade de utilização de isolante térmico



Agradecimentos

- Prof. M.Sc. Valmir Demarchi
- Prof. Dr. José Carlos Morilla
- Prof. M.Sc. Carlos Alberto Amaral Moino
- Prof. M.Sc. Osvaldo Guilen Lopes
- Engº Conrado Manfred Zepf e Engº Luiz Paulo – SER Engenharia
- Engº Jocyr Sanchez de Almeida
- PROJELMEC Ventilação Industrial Ltda
- DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S/A, na pessoa da Sra. Talita Maffei (Coordenadora Técnica)
- Familiares e amigos



FACULDADE DE ENGENHARIA INDUSTRIAL MECÂNICA DA
UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROJETO DE GRADUAÇÃO

FIM

CLIMATIZAÇÃO DA PRAÇA DE MÁQUINAS DA EMBARCAÇÃO FB-17