

**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA**  
**ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

**GUILHERME ROLIM DA SILVA MATHIAS**

**GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO**

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**GUILHERME ROLIM DA SILVA MATHIAS**

**GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Msc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

**RIO DE JANEIRO**

**2015**

**GUILHERME ROLIM DA SILVA MATHIAS**

**GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Orientador: Msc. Eng. Paulo Roberto Batista Pinto

---

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

Aos meus campanhas de camarote, integrantes do  
GMAQ, minha família e minha namorada, que me  
apoiaram nessa minha escolha.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus que me proporcionou transpassar mais uma etapa da minha vida e me mostrar que nunca estou sozinho. Aos meus pais por me criarem do jeito que sou, por sempre estarem me apoiando em todas as decisões que tomei, mesmo não agradando-os. Aos meus irmãos, que sempre estarão ao meu lado. Aos meus amigos, que são os irmãos que escolhi pra mim e que tornam sempre a caminhada da vida mais fácil e com mais humor. Aos professores e instrutores, que auxiliaram na minha formação, ou mostrando o conceito de disciplina ou me fazendo agregar o conhecimento necessário à profissão que escolhi. Ao meu orientador e professor Paulo Pinto, que me ensinou muito profissionalmente e é uma grande pessoa.

## **EPÍGRAFE**

**“Todo campeão foi um dia um competidor que se recusou a desistir.”  
(Sylvester Stallone)**

## **RESUMO**

Este trabalho mostra a importância da eletricidade a bordo dos navios e os diferentes modos de geração de energia existentes em um navio, explicando o funcionamento e ressaltando a segurança da embarcação e da tripulação.

Explica também como são feitas as distribuições elétricas para os consumidores do navio, sendo esses essenciais ou não-essenciais, a diferença entre quadro elétrico de emergência e o quadro elétrico principal e como funciona o sistema transitório do navio. E ainda mostra como é essa distribuição num sistema de propulsão elétrica.

Outro aspecto que merece importância nesse assunto é o plano de balanço elétrico de uma embarcação, pois a partir disso que se pode fazer a escolha da especificação do gerador que será responsável por alimentar o navio corretamente e de forma segura para todos e destaca a importância da reserva de energia.

Palavras-chave: navios, energia elétrica, geração de energia, consumidores

## **ABSTRACT**

This work shows the importance of electricity on board ships and the different modes of existing power generation on a ship, explaining the operation and emphasizing the safety of the vessel and crew.

It also explains how they are made electrical distributions to consumers of the ship, and these essential or non-essential, the difference between emergency switchboard and the main switchboard and how the transitional vessel system. And it shows how this distribution in an electric propulsion system.

Another aspect that deserves importance in this matter is the electrical balance plan of a vessel, because from there you can make the choice of the generator specification that will be responsible for feeding the ship properly and safely for all and highlights the importance of power reserve.

**Keywords:** ships, electrical energy, energy generation, consumers



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| Figura 1              | Circuito Elétrico Básico   |
| Figura 2              | Disposição dos geradores a bordo e banco de baterias                   |
| Figura 3              | Gerador de energia elementar   |
| Figura 4              | Sistema de um diesel gerador   |
| Figura 5              | DGE e seu Quadro Elétrico de Emergência                                |
| Figura 6              | Sistema de gerador de eixo do tipo PTO                                 |
| Figura 7              | Sistema de gerador de eixo com regulador de velocidade                 |
| Figura 8              | Sistema de um turbo gerador a vapor com caldeira de recuperação        |
| Figura 9<br>submarino | Esquema de um reator nuclear para geração de energia e propulsão de um |
| Figura 10             | Esquema elétrico com os seus quadros (principal e de emergência)       |
| Figura 11             | Sistema Transitório de um navio  |
| Figura 12             | Planta elétrica de um navio de propulsão elétrica com dois eixos       |
| Figura 13             | Exemplo de plano de balanço elétrico de um navio                       |

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

SOLAS - “Safety of Live at the Sea”  
C.A – Corrente Alternada  
C.C – Corrente Contínua  
QEP – Quadro Elétrico Principal  
QEE – Quadro Elétrico de Emergência  
GMDSS – “Global Maritime Distress and Safety System”  
HFO – “Heavy Fuel Oil”  
MDO – “Marine Diesel Oil”  
MCA – Motor de Combustão Auxiliar  
AVR – “Automatic Voltage Regulator”  
MCP – Motor de Combustão Principal  
DGE – Diesel Gerador de Emergência  
PTO – “Power Take Off”  
MEP – Motor Elétrico Principal

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância da energia elétrica a bordo</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Princípio da geração de energia</b>	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>Corrente alternada e corrente contínua</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>TIPOS DE GERADORES</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Diesel gerador</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Diesel gerador de emergência</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Gerador de Eixo</b>	<b>19</b>
<b>3.4</b>	<b>Turbo gerador</b>	<b>22</b>
3.4.1	Turbina a vapor	22
3.4.2	Turbina a gás	23
3.4.3	Turbina nuclear	24
<b>4</b>	<b>DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA NOS NAVIOS</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>QEP</b>	<b>25</b>
4.1.1	Barramento	26
4.1.2	Sincronização de geradores	26
<b>4.2</b>	<b>QEE</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Sistema Transitório</b>	<b>28</b>
<b>4.4</b>	<b>Propulsão Elétrica</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>BALANÇO ELÉTRICO DO NAVIO</b>	<b>32</b>
<b>5.1</b>	<b>Consumidores gerais e reserva de energia</b>	<b>33</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Energia é um termo de vasta aplicação no mundo, vindo do grego “ergos”, que significa trabalho. No entanto, no campo da Física, o conceito de energia está ligado à capacidade de realizar um trabalho<sup>1</sup>. Temos como exemplos as energias: muscular, solar, química, térmica, elétrica, entre muitos outros tipos. A humanidade em si faz muito o uso dessas diversas energias, seja caminhando, vendo televisão, utilizando automóveis etc. Esse uso se faz também na Marinha Mercante, responsável por mais de 80% do comércio mundial, utilizando da energia principalmente dos motores de combustão interna e da eletricidade para a locomoção e funcionamento de todos os sistemas do navio.

A energia elétrica vem sendo a mais requisitada na atualidade, pois os avanços tecnológicos necessitam cada vez mais da eletricidade, como a automação de diversos sistemas, inclusive o de supervisórios de navios. Além disso, é a forma de energia alternativa a qual mais se utiliza ultimamente em substituição ao petróleo, o qual se diz que as emissões advindas da queima deste combustível são responsáveis pelo fortalecimento de Efeito Estufa na Terra.

Neste trabalho, então, estudaremos as formas para a geração de energia elétrica, utilizando o Princípio da Conservação de Energia, dizendo que a energia não é criada e nem é destruída, e sim passa por uma transformação, transformando algum tipo de energia em eletricidade para o navio e a disposição dessa energia para os seus utilizadores, tudo conforme a Convenção SOLAS define para que haja a qualidade da geração de energia, sem esquecer-se da segurança tanto da embarcação quanto da vida humana

---

<sup>1</sup> <http://www.significados.com.br/energia/>

## 2. ENERGIA ELÉTRICA

Desde o experimento de Benjamin Franklin que, ao empinar uma pipa numa tempestade de raios, identificou que o raio é um fenômeno de natureza elétrica e a conseqüente invenção do para-raios<sup>2</sup>, a energia elétrica passou por constantes estudos, como as pilhas de Alessandro Volta ou pilhas voltáicas, que se obteve a primeira fonte de corrente elétrica estável e a descoberta de Michael Faraday da indução magnética, pode-se fazer o princípio da geração de energia elétrica.

O que se estuda atualmente como um circuito elétrico elementar é uma fonte elétrica ligada a uma resistência por fios condutores. A diferença de potencial da fonte de energia com a carga é a responsável pela passagem de elétrons pelos fios condutores até chegar ao seu utilizador, como mostra a figura abaixo.

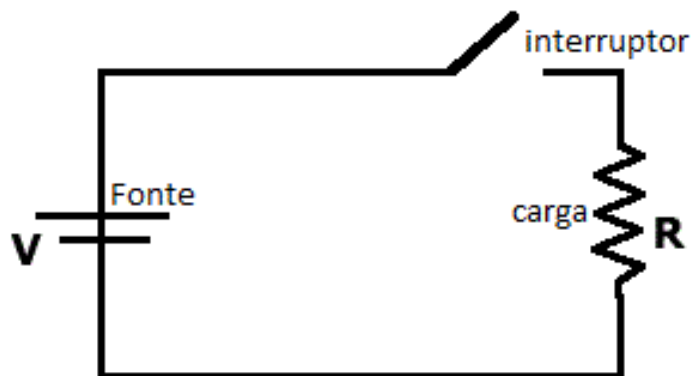


Figura 1 – Circuito Elétrico Básico

Fonte: <http://skreletrica.blogspot.com.br/>

A partir deste esquema de circuito fechado, a eletricidade pode ser fonte de luz, de calor, de força, de ondas de rádio, entre outras que são largamente utilizadas na sociedade contemporânea, ou seja, é a principal fonte de energia atualmente. Supermercados, residências, fábricas, shoppings centers, navios, plataformas, laboratórios e uma infinidade de lugares necessitam da energia elétrica a seu dispor, pois o mundo, hoje, não vive sem eletricidade. Além disso, os avanços tecnológicos se devem a capacidade de se trabalhar

<sup>2</sup> <http://www.educacao.cc/educacao/como-benjamin-franklin-descobriu-a-eletricidade/>

melhor energia elétrica, uma vez que sem essa fonte não seriam possíveis serem feitas tantas descobertas como as do século XX.

## **2.1 Importância da Energia Elétrica a bordo**

Todo navio tem em sua base de projeto um período chamado de autonomia, que consiste simplesmente no tempo em que essa embarcação se torna autossustentável, com suficiente quantidade de mantimentos e combustível, principalmente, para que possa realizar uma certa viagem. E o sistema elétrico de um navio é fundamental para o funcionamento deste, uma vez que é necessário operar refrigeradores para os mantimentos, o sistema de automação e sistemas de governo do navio precisam de eletricidade, utilização de aquecedores elétricos para melhorar a qualidade do óleo combustível do navio, além do conforto da tripulação, como iluminação, ar condicionado, internet, chuveiros quentes e outros utilizadores que os tripulantes utilizem.

Sem essa fonte de energia à disposição da nossa Marinha Mercante, se utilizariam os métodos de navegação e conservação de alimentos dos tempos das Grandes Navegações, do século XV, tendo como exemplos a utilização de especiarias em alimentos e a utilização de bússolas magnéticas e sextantes para a navegação, não podendo realizar viagens muito longas como hoje são feitas por grandes contêineres e petroleiros.

## **2.2 Corrente alternada e corrente contínua**

Corrente alternada é caracterizada pela inversão do sentido da corrente elétrica ao longo do tempo, dependendo da frequência, ou seja, muda-se de positivo para negativo em função da frequência, o qual no Brasil se utiliza 60 Hertz. Já a corrente contínua se caracteriza por manter sempre o seu sentido de corrente em função do tempo, sendo sempre positiva ou sempre negativa<sup>3</sup>.

A corrente alternada é a mais utilizada a bordo de navios, já que é mais fácil mudar a voltagem de uma C.A, com a utilização de transformadores elevadores ou abaixadores de tensão. Além disso, uma alta voltagem permite que a energia possa chegar aos seus utilizadores sem perder muita força pelo caminho e o uso de baixa quantidade de corrente para o funcionamento de um motor, por exemplo, com base na fórmula de potência,  $P = V.I$  (potência é igual a tensão multiplicado por corrente), onde tensão e corrente são inversamente

---

<sup>3</sup> [http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_t02.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_t02.asp)

proporcionais. Logo quanto maior a tensão de um motor elétrico, menor a corrente que passa por ele e mais seguro será o equipamento.

Os motores C.A trifásicos são motores de indução que não necessitam de acessórios, como capacitores, para a sua partida e têm melhor rendimento do que os motores C.C. Há mais facilidades de gerar uma energia elétrica alternada do que uma contínua, pois neste último depende-se de comutadores e escovas, o que se perderá com o tempo de uso e tendo maiores manutenções do que um motor de indução. A corrente alternada ainda tem a vantagem de ser transformada em corrente contínua por intermédio de retificadores.

No entanto, a corrente contínua é de grande utilização também em navios, porém, são utilizadas de formas diferentes. Sua fonte de energia são as baterias C.C ou retificadores de correntes presentes em computadores, sistemas supervisórios e na automação dos navios. A principal utilização se encontra nos sistemas de emergências dos navios, pois a corrente contínua pode ser armazenada em baterias, e quando há um “blackout”, o primeiro sistema a entrar é justamente do banco de baterias para a iluminação de emergência, a navegação, o sistema de governo e o GMDSS enquanto o gerador de emergência não entra no barramento. Com este sistema transitório, tem-se que nem o banco de baterias quanto o gerador de emergência devem estar na praça de máquinas, segundo a SOLAS Cap II-1 Parte D<sup>4</sup>.

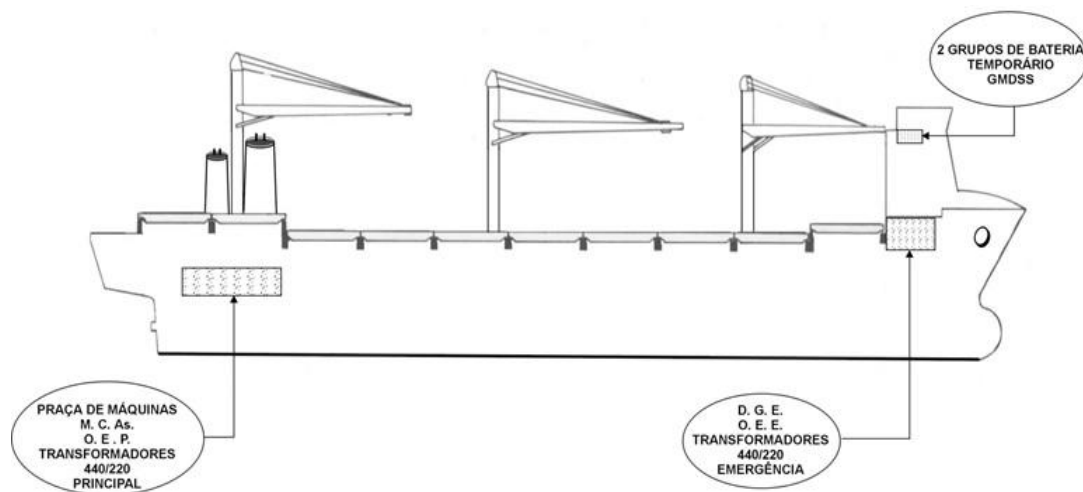


Figura 2- Disposição dos geradores a bordo e banco de baterias.

Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

### 2.3 Princípio da geração de energia elétrica

O princípio de geração de energia consiste na utilização da indução eletromagnética, descoberta por Michael Faraday ainda no século XIX, onde se produz uma força eletromotriz num meio ou corpo exposto a um campo magnético variável, ou bem num meio móvel

<sup>4</sup>SOLAS (2002): **International Convention for the Safety of Life at Sea**, International Maritime Organization, London.

exposto a um campo magnético estático. Esse corpo no caso é um condutor onde se produz a corrente elétrica induzida.

No caso da maioria dos geradores, o corpo condutor é um ímã permanente exposto ao campo magnético variável que estão nas bobinas energizadas com corrente alternada de acordo com a frequência. Logo, a corrente induzida passa pelo condutor até que aconteça captação da energia através de comutadores e escovas para os quadros elétricos e conseqüentemente para os consumidores. Nos grandes geradores se utilizam uma infinidade de bobinas para que se gere a tensão trifásica. Porém para entendimento, um gerador elementar nos ilustra como é feita essa produção de energia para qualquer tipo de gerador.

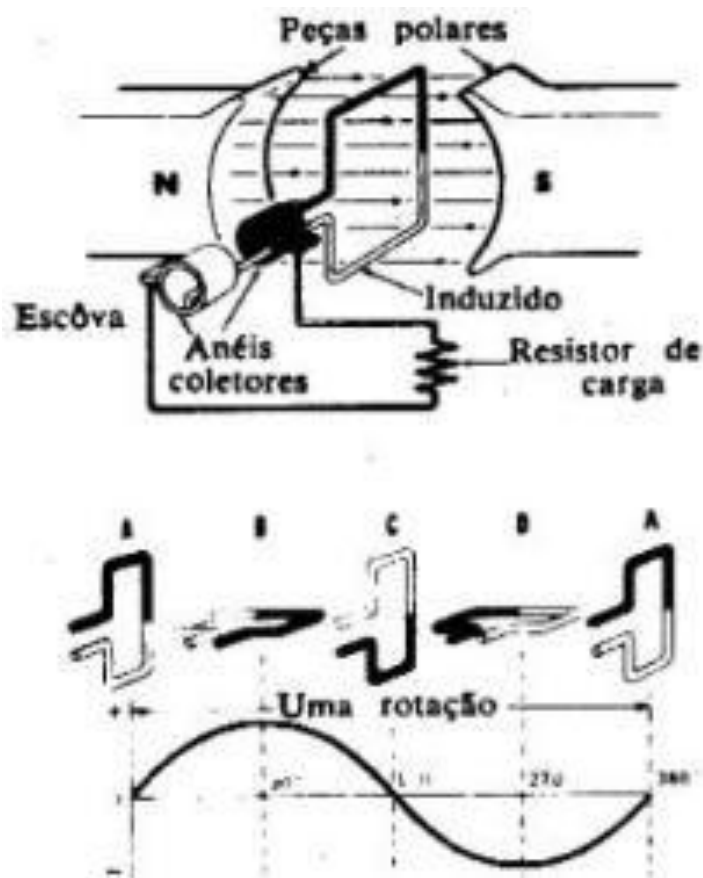


Figura 3 – Gerador de energia elementar

Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABbfwAC/motores-geradores?part=7>



### 3.TIPOS DE GERADORES

Um gerador de energia é dividido em duas partes: uma parte responsável pelo movimento do corpo indutor, o qual se chama de parte motriz e outra que está responsável pela indução eletromagnética e conseqüentemente pela geração de energia elétrica, denominada parte geratriz.

É na parte motriz que é produzido a energia cinética, em movimentos rotativos, que está acoplado ao rotor do gerador. Essa energia cinética pode ser oriunda de diversas fontes de energia, como a energia térmica oriunda de carvão mineral, gás natural, diesel e biomassa utilizado nas termelétricas e energias renováveis, como a hidráulica (mais utilizada nas usinas brasileiras), a eólica (em crescimento principalmente na região Nordeste do Brasil). A parte geratriz é onde se encontram o rotor (parte móvel) e o estator (parte fixa) ligado a bobinas que farão o trabalho de produção da corrente induzida que tanto se procura para o funcionamento dos utilizadores, em corrente alternada<sup>5</sup>.

No mundo naval, há alguns tipos de geradores, somente diferenciando-os pela sua parte motriz, que podem ser de motores de combustão interna, aproveitamento do próprio eixo propulsor ou com a utilização de turbinas. Os tipos de geradores mais utilizados a bordo são;

- Diesel gerador;
- Diesel gerador de emergência;
- Gerador de Eixo e
- Turbo-gerador

#### 3.1 Diesel Gerador

Como o próprio nome diz, a fonte utilizada na parte motriz do gerador é o combustível fóssil diesel nos motores de combustão interna. É o mais utilizado em todas as embarcações pela rentabilidade que o armador tem, com a utilização do combustível em função do projeto do navio, pois pode ser utilizado tanto o HFO ( Heavy Fuel Oil) quanto o MDO ( Marine Diesel Oil) nos motores de combustão auxiliares, ou MCAs. A energia térmica produzida dentro das câmaras de combustão é transformada em energia cinética pelo eixo de manivelas do motor, que está acoplado ao eixo do rotor do gerador.

---

<sup>5</sup> IBRAHIM, Édén Gonzalez – **Sistemas de Energia Elétrica dos Navios Mercantes**. 3ed, Rio de Janeiro: CIAGA, 2004

A manutenção dos MCAs não é nada diferente de um motor diesel propulsor comum. Deve haver manutenção de todos os sistemas auxiliares do motor, como o de admissão e descarga, de arrefecimento, de partida, de óleo lubrificante e o de óleo combustível. Entretanto, deve-se verificar também a parte geratriz do gerador, observando principalmente a temperatura das bobinas e a frequência que está sendo gerada. Esta última está relacionada diretamente com a carga que o motor está sofrendo. Para que não haja constantes variações de frequência, é instalado ao motor um regulador de velocidade síncrono, ou seja, dependendo da variação de carga imposta ao motor, esse regulador sente essa variação e corrige (por meios mecânicos ou eletrônicos), atuando no sistema de combustível, para que a velocidade continue a mesma pré-estabelecida, assim mantendo a frequência de trabalho.

Já parte geratriz mais utilizada a bordo é a de excitatriz, em que não é necessário o uso de anéis coletores e nem escovas (“brushless”), já que necessita bem menos de manutenção do que o excitatriz com escovas. A excitatriz tem com função estabelecer a tensão interna no alternador independente da condição de carga do motor, logo, ela é responsável pela tensão de saída do gerador, mas também pela magnitude de corrente gerada. Esse procedimento ocorre da seguinte forma: o giro do motor junto com o campo magnético residual de ímãs gera uma corrente alternada induzida que é retificada através de diodos rotativos, transformando em C.C. Esta corrente agora alimenta dois eletroímãs ligados ao giro do motor. Desta forma é possível gerar corrente no induzido do gerador e essa tensão alimenta o Quadro Elétrico Principal (QEP) do navio. Com isso, tem-se que controlando a tensão da excitatriz é possível manter também a tensão de saída do gerador. Por esse motivo, foi-se implantado um aparelho denominado de AVR.

O AVR (Automatic Voltage Regulator), ou simplesmente, Regulador Automático de Voltagem tem como o propósito de manter constante a tensão gerada, dentro valor ajustado pelo operador, apesar das variações de cargas elétricas e também da velocidade do motor. Ele fica instalado no QEP e há um para cada gerador a bordo. Seu funcionamento é semelhante a um regulador de velocidade do motor, pois o AVR sente a variação de tensão que foi gerada no alternador, através de constantes medições, e com isso ele atua, modificando a corrente que é impressa na excitatriz, corrigindo a tensão gerada para o valor pré-estabelecido.

O item 4.2.1 da Norma IEC 92-301 estabelece que o gerador de bordo deva ser capaz de manter a tensão dentro de mais ou menos 2,5% da tensão de placa, em cargas desde zero até a máxima, com o fator de potência nominal da máquina. Quando o gerador é submetido a bruscas variações de carga, como no caso de manobras com vários geradores, a tensão não deve cair para menos de 85% ou subir a mais de 120 % da tensão nominal . O AVR é o dispositivo mais importante para o atendimento dessas exigências para alimentação do Quadro Elétrico Principal<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> IBRAHIM, Édén Gonzalez – **Sistemas de Energia Elétrica dos Navios Mercantes**. 3ed, Rio de Janeiro: CIAGA, 2004

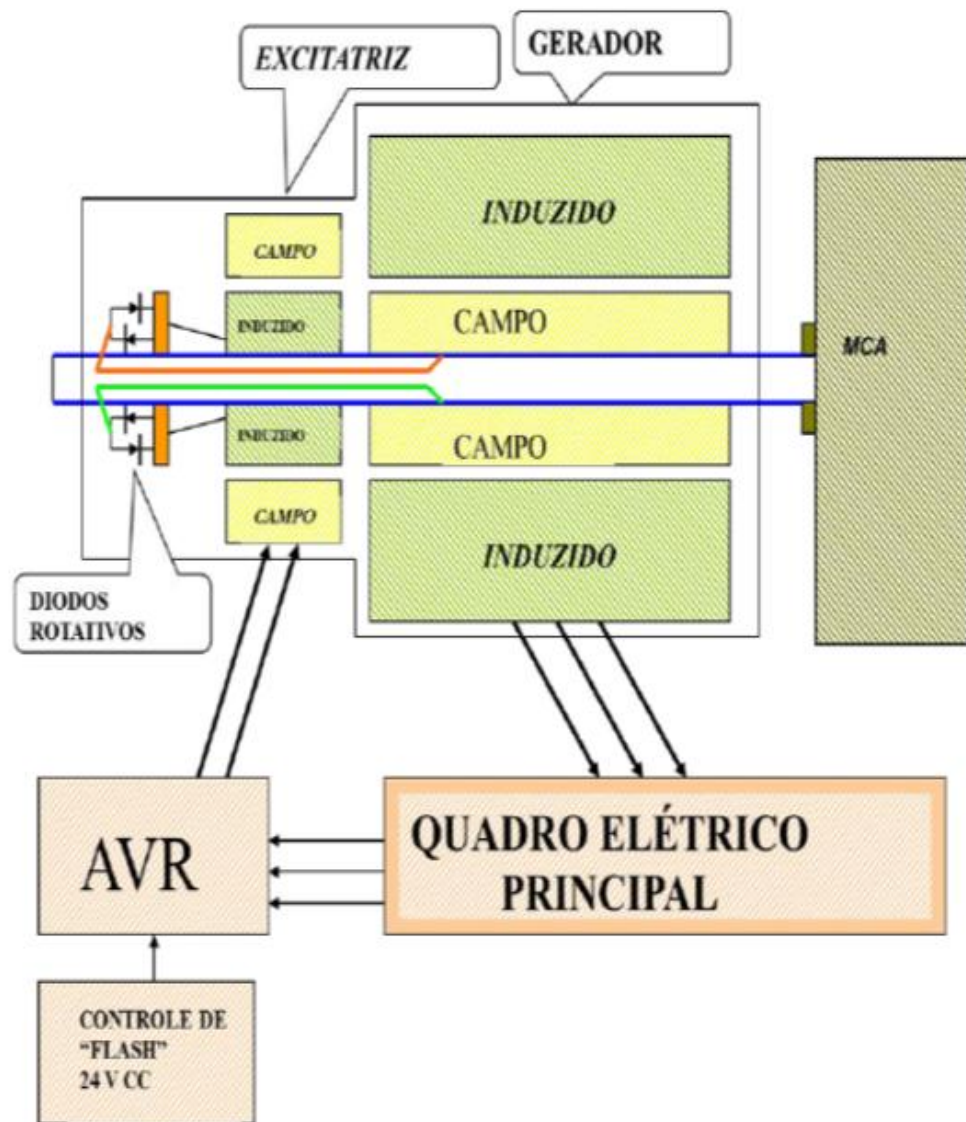


Figura 4 – Sistema de um diesel gerador *brushless*:

Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

### 3.2 Diesel Gerador de Emergência

De acordo com a Convenção SOLAS, é obrigatório o uso de uma fonte de energia elétrica para algum caso de emergência<sup>7</sup>. E esta fonte é ou o banco de baterias ou o DGE (Diesel Gerador de Emergência), que atua em casos de “blackout” no navio, sendo responsável por manter alguns sistemas essenciais ao navio em funcionamento, como os sistemas de navegação e governo, funcionamento de bombas e compressores de emergência e

<sup>7</sup> SOLAS (2002): **International Convention for the Safety of Life at Sea**, International Maritime Organization, London

a iluminação de emergência do navio. Esse Diesel Gerador deve sempre estar pronto para ser operado, pois a qualquer momento por qualquer que seja a causa, o barramento principal pode ficar desenergizado. Então, essa máquina deve ter seus sistemas independentes dos sistemas da praça de máquinas, tendo um tanque de expansão de arrefecimento e tanque de combustível próprio. O motor gerador de emergência é de menor porte que os MCAs, porém a sua manutenção é rígida e freqüente, pois é um elemento obrigatório para a embarcação.

Diferente dos outros geradores, o DGE fica localizado fora da praça de máquinas com fácil acesso ao convés aberto, para no caso de a praça de máquinas se tornar inacessível para a sua partida e deve ser capaz de alimentar todos os elementos ligados ao QEE (Quadro Elétrico de Emergência), que são os elementos essenciais ao navio.

Além desses fatores dessa fonte de energia de emergência, o DGE deve obedecer outras regras contidas na Convenção SOLAS Cap II-1 Parte D, como:

- Partir e alimentar os circuitos de emergência automaticamente em até 45 segundos;
- Usar combustível com mais de 43° C de ponto de fulgor;
- Poder operar com até 22,5° de banda e até 10° derrabado ou abicado;
- Partir sem aquecimento com até 0° C;
- Partida automática com no mínimo três tentativas;
- Possuir mais de um dispositivo de partida, com mais três tentativas em um espaço de 30 minutos, a menos que a partida manual seja efetiva.

Vale ressaltar que esse é um motor que entra em funcionamento por um tempo mínimo estabelecido pela SOLAS, logo não deve ficar em funcionamento deliberadamente. Assim, há um dispositivo de segurança que permite que o DGE só entre no barramento quando não houver nenhuma outra fonte de energia já ligada no barramento.



Figura 5 – DGE e seu Quadro Elétrico de Emergência do NSS Felinto Perry

Fonte: Autor

### 3.3 Gerador de Eixo

Pode-se dizer que é um gerador que sua parte motriz é a energia cinética do eixo propulsor do navio, oriundo do MCP (Motor de Combustão Principal). Este gerador é acoplado ao eixo propulsor por meio de engrenagens. Como todo alternador de bordo, precisa-se de velocidade constante para manter constante a frequência da tensão gerada. Assim, há dois tipos de geradores de eixo utilizados em navios: os geradores diretamente acoplados ao eixo propulsor, sendo que o regulador de velocidade encontra-se no motor principal e os geradores acoplados ao eixo por engrenagens entre o eixo e o acoplamento (“clutch”) e o regulador de velocidade está ligada ao alternador.

No primeiro caso, tem-se a utilização da velocidade constante do motor propulsor, ou seja, o regulador de velocidade síncrono está acoplado ao MCP. As variações de carga impressas ao motor, como mau tempo e manobras são corrigidas através do hélice de passo variável. Esse arranjo também é conhecido como PTO (“Power Take Off”).

Já o segundo tipo de gerador não necessita de velocidade constante do eixo propulsor, pois o regulador de velocidade está diretamente ligado ao alternador e este, ligado por acoplamento e uma caixa redutora de engrenagens. Em todos esses casos, o gerador de eixo trabalha apenas em uma faixa de velocidade e em um sentido de rotação do eixo acionador. Fora dessas condições, o gerador de eixo não pode ser empregado, ficando desacoplado do eixo propulsor.

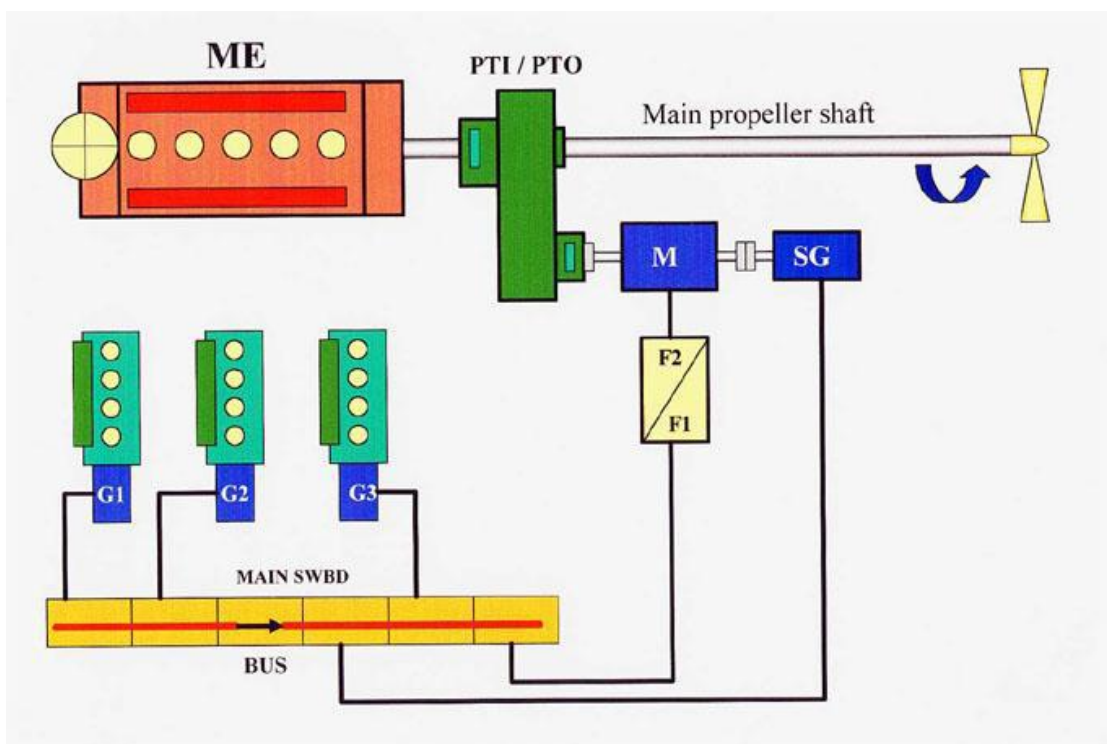


Figura 6 – Sistema de gerador de eixo do tipo PTO

Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

**EXEMPLO DE GERADOR DE EIXO DEPENDENTE DO EIXO PROPULSOR**

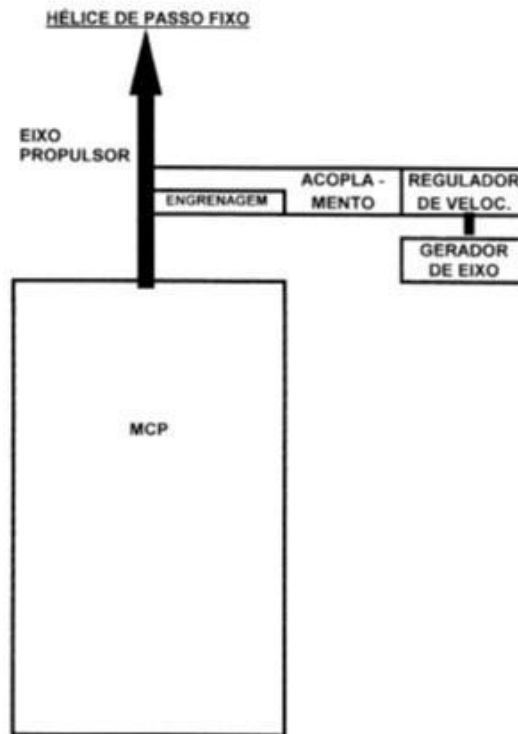


Figura 7 – Sistema de gerador de eixo com regulador de velocidade

Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

Esse tipo de gerador tem algumas vantagens sobre os Diesel-geradores, como o a utilização de menor espaço na praça de máquinas e a não utilização de combustível somente para o alternador, pois já se aproveita a energia cinética do eixo propulsor do navio. Além disso, sua manutenção é mais simples, uma vez que o gerador não tem os sistemas auxiliares de um motor, tendo que se preocupar somente com a sua lubrificação e da caixa redutora. É, ainda, um equipamento de grande durabilidade e de poucos ruídos.

No entanto, esse aproveitamento de energia do MCP traz algumas desvantagens ao gerador de eixo, como por exemplo, um acréscimo de carga ao motor principal e conseqüentemente uma perda de até 8% da potência nominal, o que acarreta em aumento do consumo específico de combustível e de óleo lubrificante. Ainda assim, há o fato de que esse gerador não funciona sem que o MCP esteja funcionando ou em regime de manobra. Este último deve-se ao fato de estar constantemente mudando a velocidade do motor para a manobra, o que mudaria a frequência da tensão gerada. Ou seja, o gerador de eixo é mais utilizado quando estiver em regime de viagem e, enquanto isso se utilizaria dos MCAs.

### 3.4 Turbo Gerador

O princípio de funcionamento de um turbo gerador é semelhante aos outros tipos de gerador, porém o que o diferencia dos outros é a parte motriz do alternador, que será o aproveitamento da energia de uma turbina. Os principais tipos de turbinas são: turbina a vapor, turbina a gás, turbina nuclear, turbina hidráulica e turbina eólica. A de tipo hidráulica não é mais utilizada a bordo de embarcações.

#### 3.4.1 Turbina a vapor

É a disposição de turbinas mais utilizadas a bordo. Esse sistema é bastante complexo, pois necessita de altas pressões de vapor para trabalhar, portanto tendo que se utilizar de caldeiras que gerem vapor superaquecido para o funcionamento correto das turbinas, uma vez que vapor saturado é responsável por erosões e corrosões nas palhetas da turbina. Além disso, uma caldeira ocupa um grande espaço na praça de máquinas e seu consumo de combustível é alto, o que torna uma alternativa inviável ao armador. O que se tem feito é aproveitar a energia térmica dos gases de descarga do MCP para a geração de vapor necessário para as turbinas, chamada de caldeira de recuperação. Esta manobra é capaz de diminuir bastante o consumo de combustível.

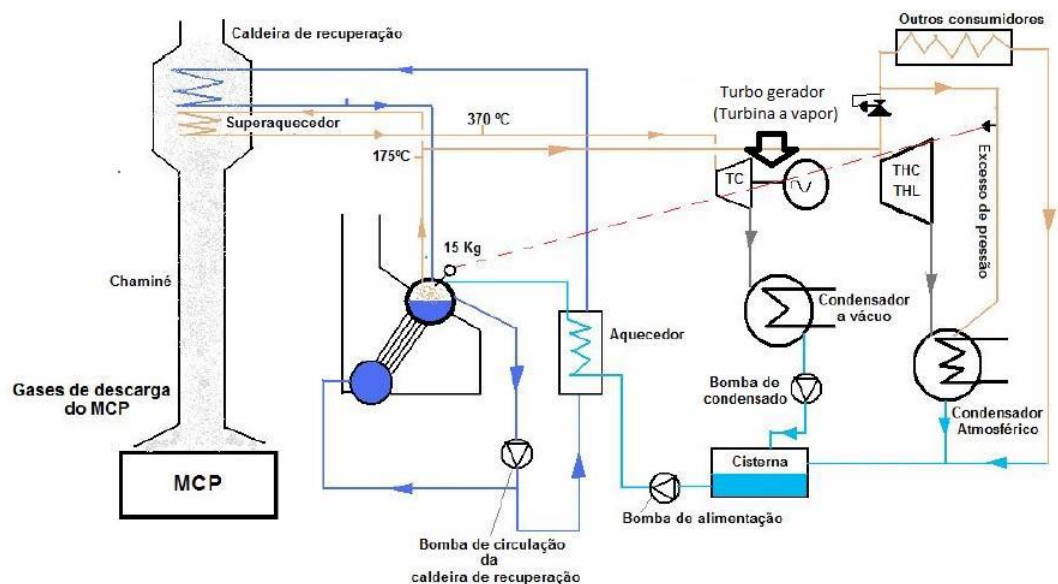


Figura 8 – Sistema de um turbo gerador a vapor com caldeira de recuperação

Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

Sua manutenção consiste em verificar todo o sistema da caldeira até chegar à turbina, como o nível de água e sua pureza quanto a concentração de sais, pressão do vapor e do condensador e a lubrificação da turbina. Tem a vantagem de utilizar de um fluido que é renovável, que é a água e está em constante circulação no sistema.



### 3.4.2 Turbina a gás

Diferente do que se pensa, é uma turbina que não só utiliza o gás natural como combustível, pode-se usar o querosene e o diesel, por exemplo. A turbina a gás realiza seu movimento de rotação através da velocidade dos gases da combustão que ocorrem na câmara de combustão.

Sua vantagem é um baixo consumo de combustível em relação a um motor alternativo, exige menor espaço na praça de máquinas e sua manutenção é simples e de menor custo, pois exige menor manutenção quanto ao número de peças. Necessita de caixa de redução, assim como qualquer turbina, pois sua velocidade é muito alta para a frequência de tensão que se quer gerar.

### 3.4.3 Turbina nuclear

Poucos navios mercantes se utilizaram dessa fonte de energia para a sua propulsão e geração de energia, sendo mais utilizada para navios de guerra de superfície e submarinos militares. No entanto, é uma energia que tem um elevado rendimento em relação a todos os outros tipos de energia. Ela também faz uso do vapor superaquecido que vão para as turbinas, porém o que a diferencia é o reator nuclear que é responsável por aquecer a água.

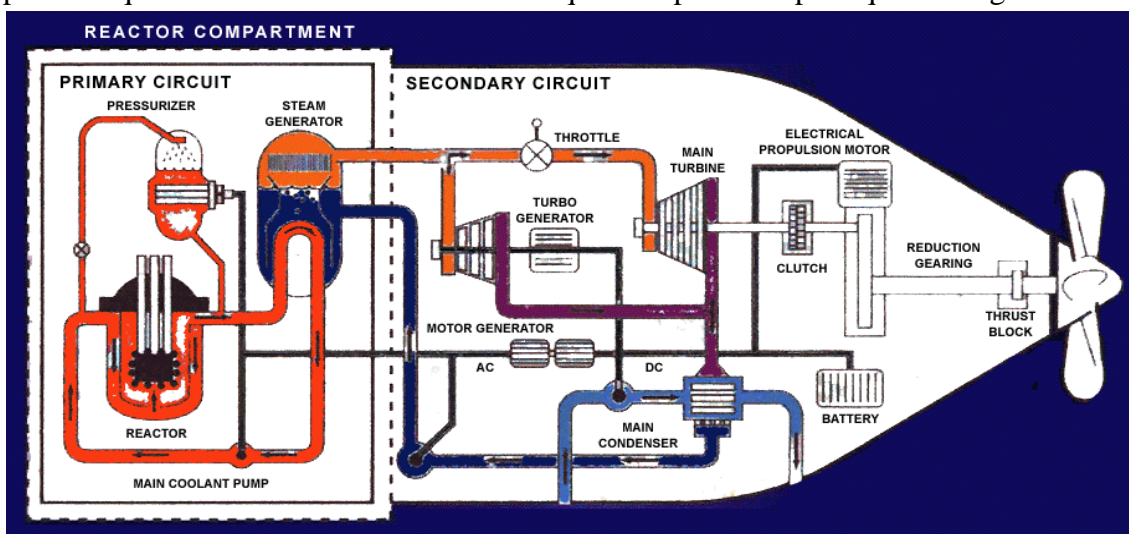


Figura 9 – Esquema de um reator nuclear para geração de energia e propulsão de um submarino. Fonte: <http://www.soamarnovafriburgo.org.br/artigos-tecnicos/caracteristicas-operacionais-dos-submarinos-convencionais-e-nucleares>

Suas vantagens são o baixo consumo de combustível para gerar o mesmo calor que uma caldeira, não produz gases poluentes e tem um elevado rendimento térmico. Entretanto tem algumas desvantagens, como não há ainda um local adequado para os resíduos nucleares e requer tamanha atenção ao reator, pois qualquer anormalidade é capaz de realizar catástrofes para a embarcação e para um grande raio de ação por decorrência de explosões.



## 4. DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA NOS NAVIOS

Depois de se estudar como é feita a geração de energia elétrica a bordo e de alguns tipos de geradores, deve-se saber para onde vai essa energia produzida e quais equipamentos serão alimentados pela eletricidade. Com isso, temos o QEP, o QEE, o sistema transitório e, em alguns navios, a propulsão elétrica.

### 4.1 QEP

O Quadro Elétrico Principal (QEP) faz parte do sistema principal de energia do navio. É constituído de “armários” montados e distribuídos no Centro de Controle de Máquinas (CCM), de fácil acesso à tripulação e sua responsabilidade é receber a energia dos MCAs, turbo geradores ou do gerador de eixo, controlá-la e fazer a distribuição elétrica a todos os consumidores do navio, inclusive os equipamentos ligados ao QEE.

No quadro é possível encontrar informações importantes sobre os geradores os quais estão alimentando o barramento principal do navio, que está conectado ao QEP. É possível fazer a observação de valores de tensão, corrente, potência, potência reativa e frequência da eletricidade. Além disso, há a amostragem do funcionamento dos equipamentos, botoeiras de partida e parada do diesel geradores, paradas de emergência, alarmes, informações da sincronização dos geradores, regulador de velocidade e horímetro. Cada um dos “armários” tem a sua função e designação, como o quadro de sincronização, responsável por controlar o paralelismo de geradores; o quadro de distribuição, que tem a função de alimentar os utilizadores; o quadro de iluminação, que vem acompanhado de transformadores. Todos esses quadros possuem suas próprias proteções, como disjuntores e relés.

Além da supervisão do operador em verificar as condições elétricas do QEP, há ainda, em navios mais modernos, esse supervisão feita pela automação do navio, chamada de sistema supervisório do navio. Ela, como nos outros sistemas automáticos, opera com corrente contínua de 24 Volts do sistema transitório e tem a função de possibilitar a abertura e fechamento de circuitos através do computador, permitir o desligamento de cargas que estejam em sobrecargas, trazendo a redundância às proteções dos equipamentos, manter os registros automáticos do QEP e a possibilidade de fazer o paralelismo entre os geradores de acordo com a carga elétrica requerida no momento. Existe outra finalidade importante que é o reconhecimento do que é carga essencial e o que é carga não-essencial no navio e desligar o que não é necessário, no momento, ao funcionamento geral do navio. Por exemplo, o desligamento de bombas de água doce do sistema hidróforo, já que não há ninguém fazendo a utilização desse sistema. Já para as cargas essenciais, a operação é constante funcionamento dos equipamentos imprescindíveis ao navio, como a navegação segura, a casa do leme, aos equipamentos de comunicação, entre outros.

#### 4.1.1 Barramento

O barramento principal é constituído por conjunto de três barras (trifásico) de material condutor que interligam os terminais de energia dos geradores com os seus disjuntores ao quadro elétrico principal e distribui a eletricidade aos outros “armários” do quadro. É responsável por alimentar todos os equipamentos elétricos da embarcação, como os auxiliares do navio, a iluminação, os computadores, entre outros. Além disso, alimenta, através de uma chave (“breaker”), o barramento de emergência, que está contido no QEE no compartimento do DGE. Podem estar ligados ou não aos quadros transformadores que permitem baixar a tensão de 440 V a 220 V ou 127 V

Em alguns navios mais modernos, pode haver uma subdivisão do barramento para cada um dos bordos, interligados por uma chave chamada de “BUS – TIE”. Essa planta elétrica ocorre muito em navios de propulsão elétrica com mais de um eixo, uma vez que isso permite manter a operação de um dos eixos caso ocorra alguma avaria ou desligamento de um dos bordos, agindo justamente nessa chave de interligação. Em navios convencionais, quando a potência elétrica total passar dos 3MW (MegaWatts), exige-se que as barras de forças sejam subdivididas, no mínimo em duas partes e que haja essa conexão por ligações removíveis<sup>8</sup>.

#### 4.1.2 Sincronização de geradores

Dependendo da carga elétrica requerida pela embarcação ou a necessidade de um reparo em um dos alternadores, há a necessidade de se colocar dois geradores para funcionarem em paralelo, manobra essa chamada de sincronização ou paralelismo de geradores. Para realizar essa operação de forma segura e sem que um gerador vire carga resistiva do outro, é necessária a verificação de algumas variáveis, como a tensão, a frequência e a defasagem entre os geradores.

Um dos sistemas de sincronização consiste em um sincronizador manual que se utiliza de três lâmpadas para a verificação do paralelismo. O operador a realizar essa manobra deve ajustar para se ter os mesmo valores das tensões dos geradores, agindo na excitatriz destes, a mesma frequência, ajustando a velocidade dos alternadores e deve-se, após isso, ligar o sincronizador, que irá comparar a tensão e frequência dos dois geradores junto com um ponteiro que mostrará a defasagem dos geradores no sincronoscópio. O ponteiro deve girar na posição horária, com as lâmpadas  $\Delta V$  e o  $\Delta F$  ligadas e com o ponteiro na posição de  $350^\circ$  quase em  $000^\circ$  ( Segundo o simulador da Kongsberg), tem-se que os geradores encontram-se exatamente em paralelo, podendo colocar o outro gerador no barramento. Se este procedimento for feito de forma incorreta, será provável que um dos geradores se tornará uma carga a mais ao outro. Isso acarretará sobrecarga e superaquecimento das bobinas, tendo que

---

<sup>8</sup> SOLAS (2002): **International Convention for the Safety of Life at Sea**, International Maritime Organization, London.

atuar nas suas proteções para evitar um possível incêndio, desconectando o gerador do barramento por proteção reversa

Nos sistemas mais modernos, é possível fazer a sincronização de forma automática que verifica o momento de sincronização exata e pode fazer essa conexão do gerador no barramento, de uma forma mais rápida e mais segura. Vale ressaltar ainda que esse equipamento não deve ficar ligado todo o tempo, sendo acionado somente quando for fazer o paralelismo entre os geradores.

## 4.2 QEE

O Quadro Elétrico de Emergência (QEE) é semelhante ao QEP, mas se diferencia no quesito de alimentação dos equipamentos essenciais à segurança da navegação segura, no caso a iluminação de emergência, o sistema de governo, sinalizações náuticas, entre outros.

Em situações normais de operação, o quadro elétrico de emergência é alimentado pelo quadro elétrico principal, com energia proveniente dos MCAs, turbo geradores e gerador de eixo. No entanto, em situações de emergência, em que não é possível a geração de energia com estas fontes principais de energia, o QEE será suprido de eletricidade através de um uma fonte elétrica de emergência exigida pela SOLAS, sendo o mais utilizado o DGE. No QEE encontramos, assim como no QEP, todas as informações sobre a geração de energia. No caso do quadro elétrico de emergência, encontram-se informações sobre o DGE e sobre o barramento de emergência

Tratando-se da localização do QEE, a Convenção SOLAS não só exige a sua existência como também especifica onde deve ser construído esse compartimento. E encontra-se escrito na regra 43 -1.2 do capítulo II-1 Parte D da referente convenção o seguinte:

“1.2 A fonte de emergência de energia elétrica, os transformadores a ela associados, se houver, a fonte transitória de energia elétrica de emergência, o quadro elétrico de emergência e o quadro elétrico de iluminação de emergência de verão estar localizados acima do convés contínuo mais alto e deverão ser facilmente acessíveis partindo-se do convés aberto. Tais equipamentos não deverão estar localizados a vante da antepara de colisão.”

Como foi citado anteriormente, é um compartimento de fácil acesso a todos os tripulantes do navio, para o caso de qualquer pane elétrica na alimentação principal da embarcação. No entanto, é um local distante da praça de máquinas, o que não recebe muita atenção do pessoal de máquinas. Portanto, é feita a verificação ao QEE e ao seu DGE com intervalos de tempo maiores como por exemplo, dar partida no DGE somente para inspecionar se todos os sistemas estão funcionando corretamente.

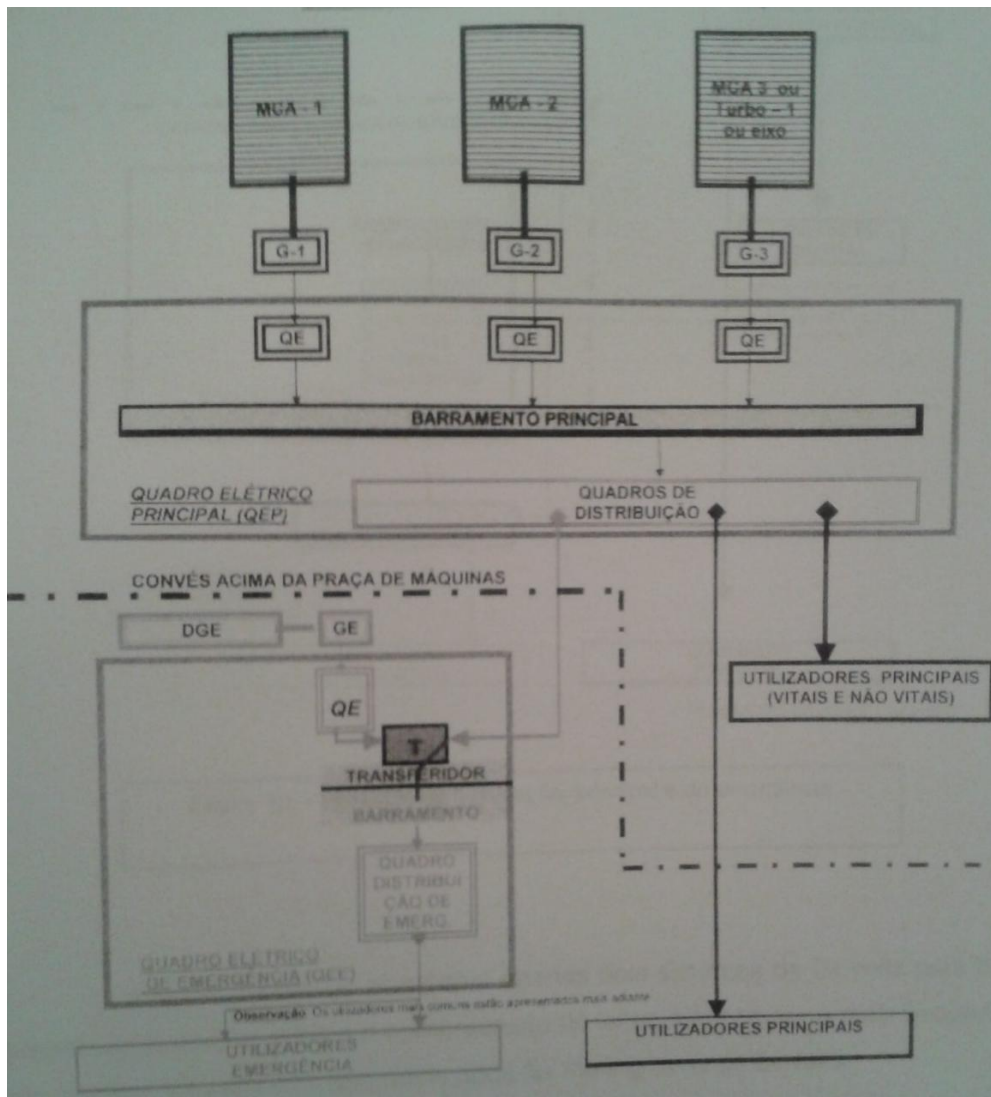


Figura 10 – Esquema elétrico com os seus quadros (principal e de emergência)

Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

### 4.3 Sistema Transitório

Caso a fonte de emergência do navio seja o Diesel Gerador de Emergência, a embarcação ainda deverá conter uma fonte de energia transitória, segundo a exigência da Convenção SOLAS. A principal fonte desse sistema é um banco de acumuladores, que se

encontra devidamente no seu próprio compartimento, fora da praça de máquinas e fora do compartimento do DGE. O banco de baterias deverá entrar em funcionamento automaticamente após um “blackout” em segundos e deverá alimentar a iluminação transitória, a automação do navio, luzes de navegação, entre outros até que seja possível partir o DGE e colocá-lo no barramento (dentro de 45 segundos). Se não for possível essa última manobra, essa bateria de acumuladores será responsável a fonte de energia do navio, iluminando-o e alimentando a navegação e a comunicação da embarcação.

Para que o sistema transitório seja alimentado, é necessário que se obtenha retificadores de tensão, que vão transformar a corrente vinda do QEE (alimentada também pelo QEP) de alternada para contínua, passando antes por transformadores abaixadores de tensão (de 220 V para 24 V). Em condições normais de funcionamento, essas pontes retificadoras transformarão a corrente alternada em corrente contínua, que energizará os sistemas que necessitam de corrente de 24 VCC para o seu funcionamento, como os computadores de bordo, o sistema supervisor da praça de máquinas (automação do MCP, dos MCAs, da caldeira e de outros sistemas auxiliares) e do GMDSS do navio. Além disso, enquanto é feita a alimentação desses sistemas importantes, os retificadores vão carregar e manter o banco de baterias para o caso de alguma emergência. Os utilizadores, os retificadores e a bateria de acumuladores compõem o sistema transitório.

Além de ter seu próprio compartimento, o transitório deve ter um sistema de ventilação mecânica para a retirada dos gases provenientes do carregamento das baterias. O carregador deve ter um alarme e um indicador de baixa carga das baterias e sua instalação elétrica deve ser à prova de explosão, já que se trata de um compartimento com atmosfera explosiva. Antigamente, esse sistema era o único sistema de emergência de um navio. Logo, se houvesse falha dos MCAs, somente o banco de baterias era responsável pela eletricidade de emergência. Entretanto, nos dias atuais, os navios se utilizam de diferentes sistemas transitórios, cada um tendo a sua função, ao invés de um único sistema. Ou seja, há um compartimento de baterias só para a iluminação transitória, um só para a automação do navio, outro para os sistemas de alarme de incêndio etc. Esses sistemas são independentes um dos outros.

Outro requisito da Convenção é um compartimento de baterias exclusivamente para o GMDSS, independente do sistema transitório de 24 VCC (na regra 13 do capítulo IV, parte C do SOLAS). Quando os navios não tinham o sistema GMDSS, esse compartimento era utilizado para atender as Estações Rádio (equipamentos VHF, MF e HF). Atualmente, esse compartimento atende todo o sistema GMDSS.

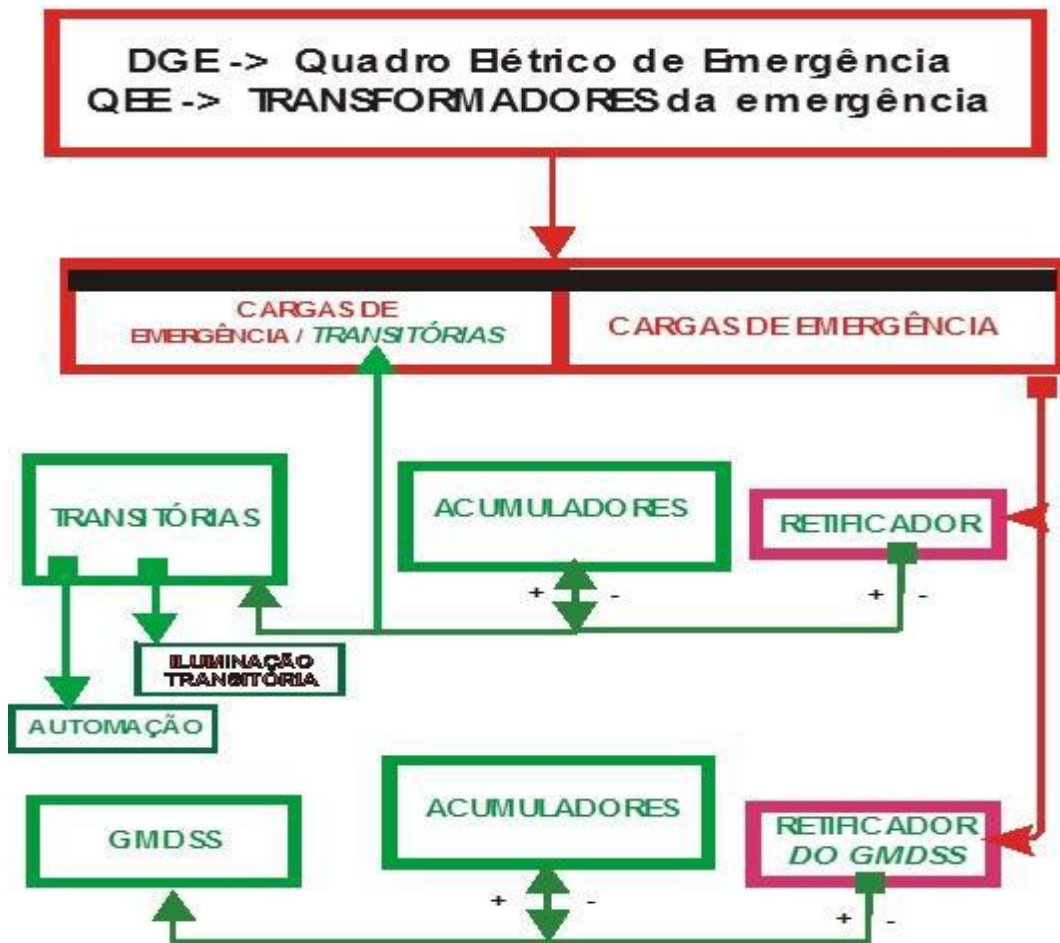


Figura 11 – Sistema Transitório de um navio

Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

#### 4.4 Propulsão Elétrica

A propulsão elétrica não é uma invenção recente no mundo naval, advindo do início do século XIX. Entretanto, com a vinda de políticas de sustentabilidade e uma grande demanda da indústria petroléira, precisou-se de navios que suprissem ou ancorassem as plataformas de petróleo e ao mesmo tempo fossem mais rápidos e flexíveis para as manobras da embarcação.

Com isso, a propulsão elétrica voltou com vigor na indústria naval, uma vez que se utiliza a energia elétrica para a propulsão, o motor elétrico de propulsão (MEP) apresenta maior torque que o motor Diesel em baixas rotações, a curva de resposta ao se guinar o navio é menor do que com a propulsão mecânica e o tempo de resposta do navio ao se dar “máquinas a ré” é menor do que de um MCP tradicional.

Os propulsores elétricos são mais um tipo de carga para os MCAs, ou seja, são necessários mais Diesel geradores do que os dois estipulados pela SOLAS, já que é uma carga extremamente grande. Portanto, os MCAs geram a energia elétrica para o barramento e para o

QEP e, a partir daí, alimentarão os utilizadores do navio inclusive o MEP e os Thrusters. Esse sistema é comumente chamado Diesel-Elétrico. Além de ser uma energia limpa, a sua manutenção é bem mais simples do que um motor Diesel, pois é preciso verificar apenas a sua lubrificação e da caixa de redução e do arrefecimento do motor, enquanto que no motor Diesel são mais sistemas auxiliares os quais necessitam de manutenção.

Esses MEPs são robustos e são de grandes potências. As tensões tradicionais de 440 V utilizadas na maioria dos navios, mesmo grande, não são seguras para esses grandes motores elétricos, pois vão utilizar grandes correntes para manter a potência nominal do motor. Logo, para a segurança da embarcação e da tripulação, a planta elétrica desses navios Diesel-Elétricos teve que ser mudada para 600 V(segundo o navio Felinto Perry) ou mais, assim trabalhando com menores quantidades de corrente.

Além dos propulsores, os geradores alimentam também os thrusters, que são hélices localizados na proa e na popa dos navios envolvidos por um tubulão. Os “bow”(proa) e “Stern”(popa) Thrusters têm sua posição marcada no costado do navio e têm a função de tornar mais flexível a manobrabilidade do navio. Os thrusters ainda são responsáveis por manter o sistema DP (Posicionamento Dinâmico), utilizados em muitos navios, como os “offshore” e os petroleiros. Esse sistema permite que o navio ou a plataforma mantenha sua posição no mar com a utilização de movimentos laterais e é controlada pelo GPS.

A grande desvantagem da propulsão elétrica é o alto custo, pois são precisos motores de elevada potência, o consumo de energia é alto e são necessários inversores de frequência para as mudanças de velocidade dos hélices.

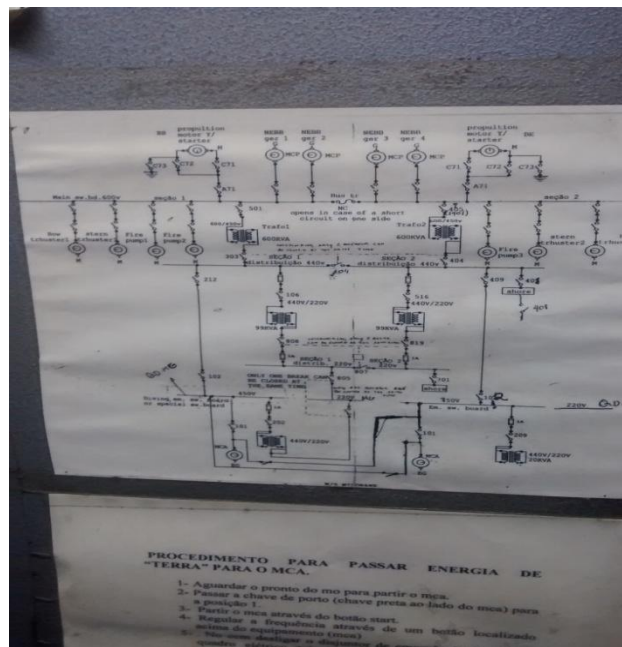


Figura 12 - Planta elétrica de um navio de propulsão elétrica com dois eixos do NSS Felinto Perry

Fonte: Autor



## 5. BALANÇO ELÉTRICO DO NAVIO

Uma das preocupações que o tripulante de máquinas deve ter assim que embarcar em um navio é ter conhecimento da planta elétrica do navio e do arranjo de geração existente. Este arranjo é aprovado pela sociedade classificadora contratada pela empresa proprietária e se encontra no plano de Balanço Elétrico ou Balanço de Cargas Elétricas da embarcação.

Nesse plano estão listados a quantidade de geradores utilizados em cada condição imposta ao navio (manobra, viagem, operação, porto etc). Também é aplicado em situações que se precisa reduzir o consumo de energia, como em casos de avarias, falhas ou manutenções, em função do consumo de cada grupo de cargas elétricas<sup>9</sup>.

Em um plano de balanço elétrico do navio, estão apresentados diversos consumidores do navio e o quanto que esses consumidores consomem de energia elétrica. Esses utilizadores são divididos em: praça de máquinas (serviço intermitente); praça de máquinas (serviço contínuo); praça de máquinas (diversos); ar condicionado, ventilação e aquecimento; frigoríficas; máquinas de convés; cozinha; lavanderia; copa; iluminação; entre outros equipamentos.

RESUMO													
GRUPO	DESCRIÇÃO (VALORES EM KW)	NO MAR	EM MANOBRA	NO PORTO	OPERANDO DESCARGA	LIMPEZA TANQUES	LASTRO E ALIJ.						
I	PRAÇA DE MÁQUINAS (SVÇ. CONTINUO)	499,59	499,59	108,82	522,32	748,59	664,49						
II	PRAÇA DE MÁQUINAS (SVÇ. INTERMIT.)	11,92	26,58	8,84	11,74	11,92	11,92						
III	COMPTº DIVERSOS (FUNC. INTERMIT.)	2,0	2,0	1,6	1,6	2,0	2,0						
IV	AR CONDICIONADO	68,24	68,24	68,24	68,24	68,24	68,24						
V	FRIGORÍFICA	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0						
VI	EQUIPAMENTOS NÁUTICOS	18,0	18,0	5,8	2,0	18,0	18,0						
VII	INSTALAÇÕES DIVERSAS	-	-	-	119,7	119,7	-						
VIII	COPA / COZINHA	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5						
IX	LAVANDERIA	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2						
X	MAQUINARIA DE CONVÉS	37,0	120,0	46,2	77,5	68,3	49,6						
XI	OFICINA MECÂNICA	4,6	4,6	6,5	4,6	4,6	4,6						
XII	SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	110,72	119,11	85,35	132,65	144,54	126,1						
CARGA TOTAL DO NAVIO - KW		786,77	892,82	366,05	975,05	1220,59	979,65						
DISPONÍVEL 1 GERAD. – KW (cos φ = 0,8)		1300	60,52	1300	34,34	1300	28,16	1300	75,01	1300	46,95	1300	75,36
OUTRO EM PARALELO – KW (cos φ = 0,8)		% T	1300	% T	% T	% T	% T	1300	% T	1300	% T	% T	
CARIMBO DA CLASSIFICADORA		BALANÇO DE CARGAS ELETRICAS			DATA	DEP	APROV	NAVIO					
MODIF Nº		ESTALEIRO xxxxxxx			Dd/mm/aa	TOT FLS = 8	FOLHA Nº 8	LAB CIAGA					
					PROJETO			DES Nº					
					xxxxx			xxxxx					

Figura 13 – Exemplo de plano de balanço elétrico de um navio

Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

O plano de balanço elétrico se apresenta com diversas folhas demonstrativas dessas medições e cálculos dos consumidores e, a partir daí, tem-se quantos geradores devem se

<sup>9</sup> IBRAHIM, Éden Gonzalez – **Sistemas de Energia Elétrica dos Navios Mercantes**. 3ed, Rio de Janeiro: CIAGA, 2004



utilizar e qual a potência desses geradores para atender todos os utilizadores. Um extrato da última folha do plano de balanço elétrico de um navio hipotético está representado anteriormente.

### 5.1 Consumidores gerais e reserva de energia

Já foi mostrada nesse estudo a diferença entre consumidores essenciais e não-essenciais e que esses estão divididos em barramentos diferentes. No entanto, há outra divisão para os consumidores e seus barramentos, os barramentos de força e barramentos de iluminação.

Barramento de força consiste nos equipamentos que exigem alta potência dos geradores, utilizam a tensão de 440 V normalmente. Tais como bombas, compressores, ventiladores de grande porte, normalmente componentes dos sistemas auxiliares do navio, máquinas de convés, guindastes, entre outros.

Já o barramento de iluminação é usado para os consumidores de menor potência e não só para iluminar o navio. São os equipamentos que utilizam a tensão de 220 V. Esse barramento é interligado ao barramento de força através de transformadores abaixadores de 440 \ 220 V. Tais consumidores, mesmo em grande quantidade, representam uma menor quantidade na demanda de energia se comparados a outros sistemas mais pesados. Mesmo assim, é de suma importância que esta demanda esteja bem especificada no plano de balanço elétrico, e seja devidamente respeitada à fim de manter a boa operação a bordo. Consumidores como ar condicionado, refrigeração doméstica, cozinha e serviço sanitário são alguns exemplos de equipamentos utilizados no barramento de iluminação.

Em navios de propulsão elétrica, os MEPs e os Thrusters exigem grandes potências para o sistema de geração elétrica. Então a planta elétrica deve ter um barramento só para esses consumidores especiais e utilizam a tensão de 600 V ou mais (até kV). Neste caso, o plano de balanço elétrico apresentado não condiz com um plano de um navio de propulsão elétrica, devendo fazer modificações para atender esses utilizadores.

Reserva de energia é definido como a diferença entre a capacidade total que os geradores funcionam e a demanda de carga elétrica em determinado momento de operação. Para evitar o desperdício de energia e de combustível dos MCAs, se utilizam a quantidade de geradores no barramento em função da carga utilizada no momento. O operador sempre deve prestar atenção quanto a reserva de energia disponível na instalação da embarcação, principalmente ao se alimentar equipamentos de alta potência, como guindastes, bombas de lastro e bombas de carga. Se um operador vier a ligar um desses equipamentos sem obter a reserva de energia disponível, o navio poderá apagar por sobrecarga ou então a automação agirá, sendo colocando outro gerador no barramento (se disponível) antes de alimentar o equipamento, sendo por uma proteção não deixando ligar o consumidor até que o operador faça a sincronização dos geradores. Mesmo que a automação venha a facilitar o trabalho do tripulante de máquinas, este deve sempre estar atento para as reservas de energia.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem como finalidade a apresentação e explicação do sistema elétrico genérico em um navio padrão SOLAS, desde a sua geração, distribuição e o consumo. Foram apresentados como ocorre a geração de energia através de um gerador elementar, os tipos de geradores mais utilizados a bordo, com sua vantagens e desvantagens e a importância de um sistema elétrico de emergência e um sistema elétrico transitório.

Além disso, foi explicado como funciona a distribuição elétrica por barramentos, tendo um barramento de emergência junto ao QEE que alimenta os consumidores essenciais e o barramento principal ligado ao QEP que realiza a alimentação de todos os utilizadores de bordo, além da automação atual que é capaz de supervisionar o sistema e otimizar a interação Homem-Máquina.

Temos que todos esses tipos de informações estão ligados ao plano de balanço elétrico do navio, que é uma ferramenta importante para o entendimento de um funcionamento correto e seguro da praça de máquinas como um todo.

E o mais importante é que todos os requisitos apresentados nesse trabalho estão regulamentados na Convenção SOLAS Cap. II-1 Parte D, que cuida de toda estrutura elétrica de uma embarcação e o oficial de máquinas deve ter esse conhecimento do funcionamento elétrico da praça de máquinas.

Com isso, todo o conteúdo apresentado conclui o objetivo do trabalho que é fazer um apanhado geral a respeito da capacidade de geração de energia elétrica a bordo, e principalmente, fornecer um material útil e resumido sobre o tema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.significados.com.br/energia/>

<http://imtech.com/EN/Marine/Technologies/Propulsion/Diesel-Electrical-propulsion.html>

<http://www.professionalmariner.com/October-2007/Diesel-electric-propulsion-pushes-ahead/>

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13\\_t02.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_t02.asp)

<http://www.mundociencia.com.br/fisica/eletricidade/historiaeletricidade.htm>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Indu%C3%A7%C3%A3o\\_eletromagn%C3%A9tica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Indu%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica)

<http://tec1projeto.blogspot.com.br/p/induc%C3%A3o-eletromagn%C3%A9tica.html>

<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/caecc.php>

<http://www.educacao.cc/educacao/como-benjamin-franklin-descobriu-a-eletricidade/>

SANTOS, Gustavo Goulart Angelici dos. **Capacidade de Geração de Energia a Bordo e Reserva da Energia Prevista**. Rio de Janeiro: CIAGA- EFOMM, 2011

SOLAS (2002): **International Convention for the Safety of Life at Sea**, International Maritime Organization, London.

POPPIUS, Eduardo Bertil; IBRAHIM, Édén Gonzalez; COSTA; Jesse Werner – **Sistemas Elétricos Marítimos**. 1ed, Rio de Janeiro: DPC, 2008

IBRAHIM, Édén Gonzalez – **Sistemas de Energia Elétrica dos Navios Mercantes**. 3ed, Rio de Janeiro: CIAGA, 2004

MOREIRA, Edson Teixeira. **Capacidade de geração de energia a bordo e reserva de energia prevista**. 2013. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro.

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABbfwAC/motores-geradores?part=7>

<http://www.soamarnovafriburgo.org.br/artigos-tecnicos/caracteristicas-operacionais-dos-submarinos-convencionais-e-nucleares>

<http://skreletrica.blogspot.com.br/>