

**MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA**

**DANILO TADEU SILVA ALEGRE**

**O USO DO GÁS INERTE EM NAVIOS-TANQUES PETROLEIROS**

**RIO DE JANEIRO**

**2016**

**MARINHA DO BRASIL  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA**

**DANILO TADEU SILVA ALEGRE**

**O USO DO GÁS INERTE EM NAVIOS-TANQUES PETROLEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Ricardo de Lima Barreto.

**RIO DE JANEIRO**

**2016**

**DANILO TADEU SILVA ALEGRE**

**O USO DO GÁS INERTE EM NAVIOS-TANQUES PETROLEIROS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

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

Orientador: Ricardo de Lima Barreto.

---

Assinatura do Orientador

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

Dedico essa monografia aos meus pais  
que sempre me apoiaram e lutaram pela  
minha formação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir e abençoar esta empreitada. E minha família por toda dedicação e carinho, sempre me apoiando nos momentos mais árduos.

Posteriormente agradeço aos professores que foram importantes na minha formação durante o curso de aperfeiçoamento. Aos meus colegas de turma que compartilharam essa jornada.

Agradeço companhia de navegação Flumar por acreditar no meu trabalho e investir no meu crescimento profissional.

Muito obrigado a todos.

## RESUMO

Este estudo aborda o uso dos geradores de gás inerte a bordo de embarcações que transportam petróleo ou seus derivados para fim de segurança, evitando a explosão dos tanques de carga, ambientes propícios a acidentes desse tipo devido aos vapores de hidrocarbonetos presentes na carga que somando com o oxigênio presente na atmosfera gera uma atmosfera explosiva que aguardam uma fonte de ignição ou até mesmo uma elevação da temperatura para causar uma explosão causando enormes danos aos tripulantes e a própria embarcação. Exigências feitas pela SOLAS estabelecem a utilização de SGI em determinados navios petroleiros para a operação segura dos mesmos.

**Palavras-chave:** Gás inerte. Gerador de gás inerte. SOLAS.

## **ABSTRACT**

This study addresses the use of inert gas generators on board ships carrying oil or its derivatives to order security, avoiding explosion of the cargo tanks, supportive environments for such accidents due to hydrocarbon vapors present in the load adding to oxygen in the atmosphere generates an explosive atmosphere awaiting an ignition source or even a rise in temperature to cause an explosion causing massive damage to the crew and the vessel itself. Demands by the SOLAS established using IGS in certain oil tankers for the safe operation of the vessel.

**Keywords:** Inert gas. Inert gas generator. SOLAS.

## LISTA DE SIGLAS

SGI – Sistema de Gás Inerte

IGS – *Inert Gas System*

IMO – *International Maritime Organization* (Organização Marítima Internacional)

SOLAS - *International Convention for the Safety of Life at Sea* (Convenção para Salvaguarda da Vida Humana no Mar)

LIE – Limite Inferior de Explosividade

LEL – *Lower Explosive Limit*

LSE – Limite Superior de Explosividade

UEL – *Upper Explosive Limit*

FSS Code – *International Code For Fire Safety Systems* (Código Internacional para Sistemas Seguros contra Incêndios)



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b>	Limites de inflamabilidade dos hidrocarbonetos	16
<b>Tabela 2:</b>	Adoção e vigor da SOLAS	19
<b>Tabela 3:</b>	Efeitos típicos dos gases de petróleo	31

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Triângulo do Fogo	14
<b>Figura 2:</b>	Quadrilátero do Fogo	14
<b>Figura 3:</b>	Explosividade (mistura rica e mistura pobre)	16
<b>Figura 4:</b>	Limites de explosividade de um gás hidrocarboneto	17
<b>Figura 5:</b>	Sistema de gás inerte	23
<b>Figura 6:</b>	Planta geradora de gás inerte	25
<b>Figura 7:</b>	Controle automático de pressão com recirculação	27
<b>Figura 8:</b>	Selo hidráulico do tipo húmido	28
<b>Figura 9:</b>	Navio Shell Marpessa afundado de popa	33
<b>Figura 10:</b>	Naufrágio do petroleiro francês Betelgeuse	34
<b>Figura 11:</b>	Convés do N/T Jari após explosão	35

## SUMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Conceito</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Princípios do fogo</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Compostos orgânicos voláteis (VOC)</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>Limites de explosividade</b>	<b>15</b>
<b>2.5</b>	<b>Gás inerte</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>PLANTA DE GÁS INERTE</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>SOLAS e Código FSS</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Sistema</b>	<b>21</b>
<b>3.3</b>	<b>Principais equipamentos</b>	<b>24</b>
3.3.1	Torre de lavagem	24
3.3.2	Ventiladores	25
3.3.3	Válvula reguladora de pressão	26
3.3.4	Selo hidráulico	27
3.3.5	Válvula PV e dispositivos de quebra de pressão/vácuo	28
3.3.6	Alarmes	29
<b>3.4</b>	<b>Riscos à saúde devido ao gás inerte</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>ACIDENTES EM NAVIOS TANQUE</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Shell Marpessa</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Betelgeuse</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>N/T Jari</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>36</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>37</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A segurança no transporte de carga nos navios-tanque sempre foi uma enorme preocupação devido ao material que carregam, tanto os que transportam petróleo e os seus derivados ou os produtos petroquímicos.

Petroleiros transportam petróleo de diferentes graus e qualidade, possuindo, assim, a propriedade de produzir vapores e gases inflamáveis quando carregado para o transporte. Mesmo sem carga a bordo, pode haver a presença de gases inflamáveis nocivos nos tanques de carga. Quando o vapor produzido por uma carga de óleo é misturado com determinada concentração suficiente de ar, pode provocar uma explosão que resulta em danos à embarcação, poluição marinha e perda de vidas.

Acidentes passados, como as explosões ocorridas em 1969 nos petroleiros MARPESSA, MACTRA, KONG HAAKOW VII e SONSINEMA, culminaram na adoção de medidas estabelecidas pela IMO, fazendo com que navios-tanque com 20.000 ou mais de toneladas de porte bruto (TPB) possuam um sistema fixo de gás inerte para proteção de suas cargas, recomendado também que o sistema seja capaz de produzir gás inerte igual a 125% da capacidade das suas bombas de descarga.

O ar da atmosfera terrestre apresenta em sua composição cerca de 21% de oxigênio, 78% de nitrogênio e 1% dos demais gases. E, como se sabe, para que aconteça uma combustão é essencial a presença de oxigênio em uma concentração acima de 11% da mistura gasosa. Portanto, para prevenir um possível acidente foi adotado o uso de gás inerte, tal como nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono, para preencher a atmosférica do tanque de carga deixando a concentração de oxigênio inferior a 8%, limite máximo permitido de oxigênio em um tanque inertizado, segundo a SOLAS.

Desde então, por razões de segurança contra explosões, o sistema de gás inerte é usado a bordo. A obtenção de tal gás pode ser através de uma planta separada de gás inerte ou até mesmo pelo aproveitamento dos gases de combustão produzidos em caldeiras.

## 2 DEFINIÇÃO

### 2.1 Conceito

Diante de investigações de acidentes e explosões graves em navios petroleiros, foram levantados três fatores que corroboravam para tais acontecimentos: os gases hidrocarbonetos que se desprendiam da carga, o teor de oxigênio na atmosfera dos tanques e as fontes de ignição em proximidades da carga.

É impossível evitar a formação de gases hidrocarbonetos e as fontes de ignição são diversas e, muitas vezes, não inteiramente dimensionadas. Contudo mediante a introdução de um gás inerte, como nitrogênio, dióxido de carbono ou hélio, na atmosfera interna do tanque de carga, o teor efetivo de oxigênio pode ser reduzido a um nível baixo o suficiente, no qual uma combustão não pode ser sustentada. A concentração de oxigênio deve ser mantida abaixo de 8%, porém, a fim de proporcionar melhor segurança, deve-se sempre procurar níveis melhores (no caso, mais baixos) para a concentração de oxigênio nos tanques a serem inertizados. Costuma-se trabalhar, na prática, com valores de níveis de oxigênio entre 3% e 5% em volume. Conservando uma atmosfera desse tipo, a lavagem de petróleo bruto e outros processos operacionais podem ser realizados em segurança sem risco de que as misturas nos tanques de carga entrem na faixa inflamável.

O gás inerte de fato usado é obtido mediante limpeza e resfriamento dos gases de combustão com auxílio de uma torre de lavagem, instalada especificamente para este fim a qual deve, também, assegurar o fornecimento abundante do gás, quaisquer que sejam as condições vigentes.

Além de sua principal função de garantir a segurança durante as operações de navios-tanque, o sistema de gás inerte também oferece vantagens subsequentes, como:

- a) menor corrosão no interior dos tanques, devido à redução do teor de oxigênio na atmosfera interna dos mesmos.
- b) facilitação do bombeamento dos óleos voláteis de difícil descarregamento da carga, por causa da ligeira elevação da pressão causada pela introdução do gás inerte dentro do espaço vazio do tanque.

## 2.2 Princípios do fogo

Segundo a química, o fogo nada mais é do que uma reação química chamada de combustão, onde ocorre uma reação química exotérmica, ou seja, com uma liberação de calor para o ambiente. Para que a reação aconteça são necessários três elementos: combustível, comburente e a temperatura de ignição.

Os combustíveis são as substâncias que durante a reação são consumidas resultando em energia térmica e outras substâncias, um bom exemplo é o petróleo e seus derivados, esses compostos a base de carbono (C) chamados de hidrocarbonetos. O comburente, geralmente o gás oxigênio (O<sub>2</sub>). E, por fim, a temperatura de ignição. Esses elementos formam o triângulo do fogo que exemplifica os elementos necessário para a reação, mas atualmente foi adicionado a reação em cadeia, gerando o quadrilátero do fogo.

**Figura 1:** Triângulo do Fogo



Fonte: [www.naturezadofogo.com.br](http://www.naturezadofogo.com.br).

**Figura 2:** Quadrilátero do Fogo



Fonte: [www.naturezadofogo.com.br](http://www.naturezadofogo.com.br).

### 2.3 Compostos orgânicos voláteis (VOC)

Compostos orgânicos voláteis, no inglês VOC (*volatile organic compounds*) são compostos orgânicos que possuem alta pressão de vapor sob condições normais a tal ponto de vaporizar significativamente e entrar na atmosfera.

O termo “orgânico” significa que são produtos químicos à base de carbono, o que inclui o benzeno, cloreto de metileno, hexano, tolueno, o tricloroetano, o estireno, o heptano, e percloroetileno.

Os VOCs são amplamente utilizados em produtos domésticos e comerciais. Alguns produtos de limpeza, desinfetantes, ceras, colas, cosméticos, produtos de limpeza a seco, tintas, vernizes e conservantes incluem compostos orgânicos voláteis. Gasolina, querosene e outros combustíveis também contêm compostos orgânicos voláteis, sendo também encontrados na fumaça do cigarro e pesticidas.

Esses elementos podem ser encontrados tanto em ambientes internos, como externos. Porém, os níveis em locais fechados podem ser maiores, devido à falta de ventilação suficiente, não permitindo o escape dessas substâncias.

Dessa forma, assim como em edifícios e construções, em navios os VOCs estão presentes e podem se tornar uma ameaça à segurança de todos.

### 2.4 Limites de explosividade

Limites de explosividade são os limites de concentração entre os quais uma mistura gasosa é explosiva ou inflamável. Essa concentração é expressa em porcentagem pela relação do volume de gás ou vapor no ar, esses valores são determinados sob condições normais de pressão e temperatura para cada substância.

São definidos dois limites, o limite inferior de explosividade (LIE), em inglês LEL, que é a menor concentração de um gás ou vapor e ao misturar com o ar forma uma mistura inflamável ou explosiva, e, limite superior de explosividade (LSE), em inglês UEL, que é a maior concentração de um gás ou vapor que misturado com o ar forma uma mistura inflamável ou explosiva.

Portanto, todo gás ou vapor entre o limite inferior de explosividade e o limite superior de explosividade estão compreendidos na zona explosiva.

Uma mistura “pobre” se encontra abaixo do limite inferior de explosividade (LIE), zona onde há pouco ar, oxigênio, impossibilitando uma combustão. Já uma mistura “rica” encontra-se acima do limite superior de explosividade (LSE), onde a concentração de um gás ou vapor é muito grande e a de ar, oxigênio, pequena. Tanto a mistura “rica”, quanto a “pobre”, estão fora da faixa de explosividade ou inflamabilidade, então, não podem queimar ou explodir.



Fonte: SILVA, 2009.

No caso dos navios-tanque petroleiros o produto carregado é o petróleo ou seus derivados, produtos estes que sob condições normais de pressão e temperatura liberam vapores de hidrocarbonetos na atmosfera do tanque de carga, em contato com o ar forma uma mistura explosiva.

**Tabela 1:** Limites de inflamabilidade dos hidrocarbonetos

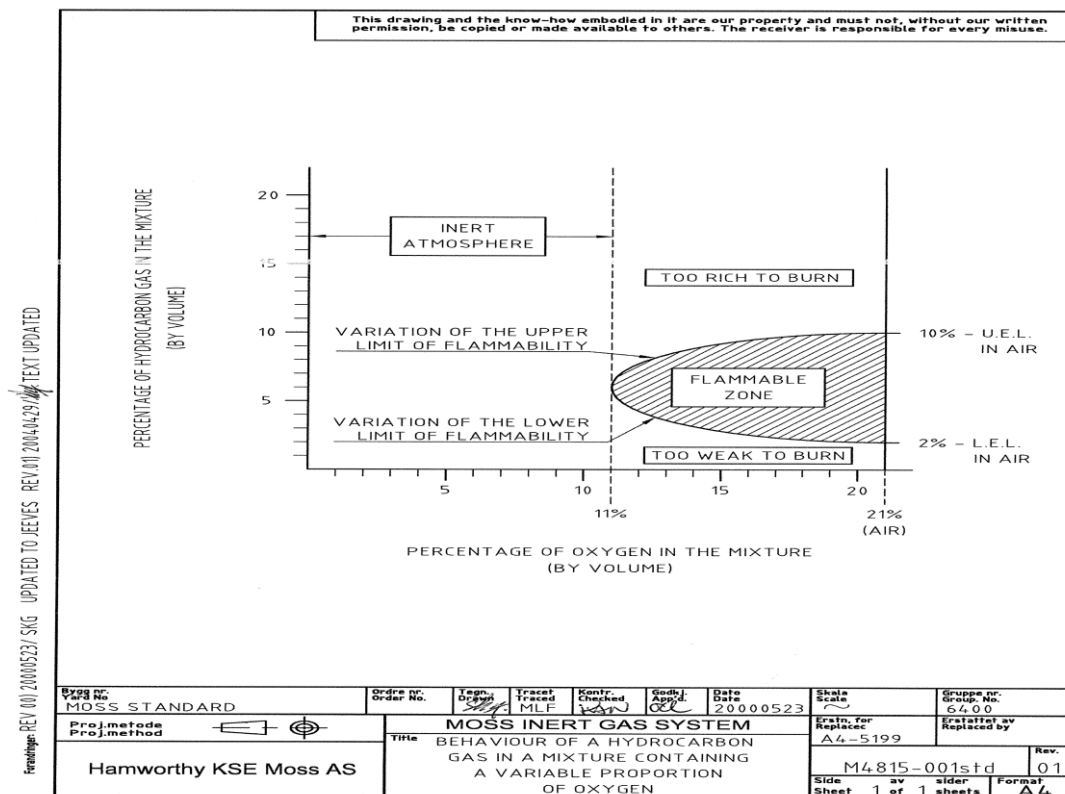
PRODUTO	LIE (%)	LSE (%)
ETANOL	3,5	15
ACETILENO	1,5	82
ACETONA	2,5	13
AMONÍACO	15	28
BENZINA	0,7	8
BUTANO	1,5	8,5
HIDROGÊNIO	4	75,6
GASOLINA	1,4	7,6

Fonte: SILVA, 2009.



Uma mistura de hidrocarboneto gasoso e ar tem um LIE de 2% (98% de ar) e LSE de 10% (90% de ar). Hidrocarbonetos gasosos em mistura perigosa contendo oxigênio só vai queimar se o teor de hidrocarboneto gasoso na mistura situa-se entre a parte superior e limites inferiores de inflamabilidade. Estes limites, que são, respectivamente, 10% e 2% em ar, variar de acordo com o teor de oxigênio da mistura. Se o teor de oxigênio da mistura gasosa é inferior a 11%, o gás hidrocarboneto contido na mistura não pode queimar qualquer que seja sua concentração. Assim, uma atmosfera contendo menos de 11% de oxigênio é considerada, teoricamente, como inerte.

**Figura 4:** Limites de explosividade de um gás hidrocarboneto



Fonte: SILVA, 2009.

## 2.5 Gás inerte

Gases inerte são os gases que em condições normais de temperatura e pressão não são reativos, ou seja, não reagem com outras substâncias. Normalmente são utilizados para soldagem, fazer a selagem, evitar a oxidação, hidrólises, reações químicas, exemplo, combustão.

Existem diversos tipos de gases inertes, como:

Gases nobres – São gases com alta estabilidade e apresentam uma grande dificuldade de se unirem ou reagirem com outras substâncias. Exemplo, Hélio (He), Neônio (Ne), Argônio (Ar), Criptônio (Kr), Xenônio (Xe), Radônio (Rn). O argônio é bastante utilizado para conservação de peças de museus e para procedimentos de soldagem para evitar a oxidação da solda.

Gás nitrogênio ( $N_2$ ) – Gás com maior concentração presente na atmosfera (77%), é um gás inerte, pois, não reage com outras substâncias. É comumente usado para inertização de sistemas, criando uma atmosfera protetora evitando reações químicas de substâncias. Exemplos de sua aplicação: extintores de incêndio, transporte de substâncias altamente explosivas, operações de secagem, retirada de oxigênio de líquidos para evitar a contaminação dos mesmos por oxidação ou corrosão.

Gás carbônico ( $CO_2$ ) – O dióxido de carbono também chamado de gás carbônico é um inodor, incolor, solúvel em água e não inflamável que em possui propriedades inertes. É bastante utilizado em extintores, sistemas de combate a incêndios, inertização de tubulações de tubulações e tanques para transporte de substâncias inflamáveis, conservação de alimentos.

Nos navios mercantes o gás inerte é utilizado para inertizar os tanques de tubulações de carga afim de evitar reações da carga com o meio, oxidação, e no caso dos petroleiros é usado para substituir o oxigênio na atmosfera dos tanques que transportam hidrocarbonetos, substâncias bastante voláteis, substituindo o oxigênio, assim evitando a reação de combustão baseada no princípio do fogo, onde, ao retirar o oxigênio do ambiente (comburente) impossibilitasse uma combustão. Já nos químicos além de fazer essa proteção contra incêndio, ele também evita reações da carga de acordo com suas propriedades. A bordo são utilizados o nitrogênio ( $N_2$ ) e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

### 3 PLANTA DE GÁS INERTE

#### 3.1 SOLAS e Código FSS

Após o naufrágio histórico do Titanic, catalisou-se o surgimento da convenção SOLAS, um dos mais importantes tratados da Organização Marítima Internacional (IMO), tendo como propósito especificar as normas mínimas para a construção, equipamentos e operação de navios, além de ser de suma importância por estar relacionada com a segurança dos navios mercantes, tanto das cargas quanto dos passageiros.

Criada em 1974, foi emendada pelo protocolo SOLAS 1988 para introdução do Sistema Harmonizado de Vistoria e Certificação (HSSC), passando a ser conhecida desde então como SOLAS 1974/1988.

**Tabela 2:** Adoção e vigor da SOLAS

SITUAÇÃO INTERNACIONAL		
Adoção	Convenção	01/11/74
	Protocolo - 88	11/11/88
Entrada em vigor	Convenção	25/05/80
	Protocolo - 88	03/02/00

Fonte: [www.oceanica.ufrj.br](http://www.oceanica.ufrj.br)

Mais especificamente em navios-tanque, visando a segurança, a IMO decretou, através dessa Convenção, em seu Capítulo II- Parte B Regra 4 Parágrafo 5.5, que todos os navios-tanque de 20.000 toneladas ou mais deveram ter um sistema fixo de gás inerte, conforme diretrizes do Código de Sistemas de Segurança Contra Incêndio, capaz de tornar inerte, limpar e desgaseificar os tanques de carga e de manter a atmosfera no seu interior com o teor de oxigênio necessário.

## 5.5 Sistemas de gás inerte

### 5.5.1 Aplicação

5.5.1.1 Para navios-tanque de 20.000 toneladas de porte bruto ou mais, a proteção dos tanques de carga deverá ser obtida através de um sistema fixo de gás inerte, de acordo com as prescrições do Código de Sistemas de Segurança Contra Incêndio, exceto que, em lugar do sistema acima mencionado, a Administração, após levar em consideração a disposição e os equipamentos do navio, poderá aceitar outras instalações fixas, se elas proporcionarem uma proteção equivalente à acima, de acordo com a Regra I/5. As exigências para as instalações fixas alternativas deverão estar de acordo com as prescrições do parágrafo 5.5.4. (SOLAS, 1974/1988).

Para instalações fixas alternativas segue o parágrafo 5.5.4:

### 5.5.4 Prescrições para sistemas equivalentes

5.5.4.1 Quando houver uma instalação equivalente a um sistema de gás inerte, ela deverá:

1 ser capaz de impedir um acúmulo perigoso de misturas explosivas no interior de tanques de carga intactos durante a operação normal, durante toda a viagem em lastro e as operações necessárias realizadas no interior do tanque; e

2 ser projetada de modo a minimizar o risco de ignição proveniente da geração de eletricidade estática pelo próprio sistema. (SOLAS, 1974/1988).

Ainda se tratando de regulamentações, o Código FSS (Código Internacional para Sistemas Seguros contra Incêndios), que dispõe sobre padrões internacionais de especificações de engenharia para sistemas de segurança de incêndio requeridos pelo Capítulo II-2 da Convenção SOLAS, preconiza, em seu Capítulo 15, detalhes e requisitos dos componentes de um sistema de gás inerte.

Medidas e instruções, como as contidas no parágrafo 2.2 do referido Código, devem ser atendidas para um bom e seguro funcionamento de um SGI, uma vez que a SOLAS descreve o cumprimentor de caráter obrigatório do FSS Code.

2.2.1.2 O sistema deverá ser capaz de descarregar gás inerte para os tanques de carga numa vazão que seja pelo menos 125% da vazão máxima da capacidade de descarga do navio, expressa sob a forma de volume.

2.2.1.3 O sistema deverá ser capaz de descarregar gás inerte com um teor de oxigênio não superior a 5% por unidade de volume na rede de suprimento de gás inerte para os tanques de carga, com qualquer vazão de fluxo exigida.

2.2.1.4 Deverão ser instaladas duas bombas de óleo combustível no gerador de gás inerte. A Administração pode permitir uma só bomba

de combustível, com a condição de que haja a bordo sobressalentes suficientes para a bomba de combustível e para o seu acionador principal, para permitir que qualquer avaria na bomba de combustível e no seu acionador principal seja sanada pela tripulação do navio. (Código FSS, 2000).

O código FSS também determina alarmes sonoros e visuais para as seguintes situações:

#### 2.4.3 Alarmes sonoros e visuais

2.4.3.1 Para os sistemas de gás inerte, tanto do tipo de gases da combustão como do tipo de gerador de gás inerte, deverá haver alarmes sonoros e visuais para indicar:

- .1 baixa pressão de água ou baixa vazão de fluxo de água para o purificador de gases da combustão mencionado no parágrafo 2.2.2.1;
  - .2 nível alto da água no purificador de gases da combustão mencionado no parágrafo 2.2.2.1;
  - .3 alta temperatura do gás, como mencionado no parágrafo 2.4.1;
  - .4 falha nos ventiladores de gás inerte mencionados no parágrafo 2.2.3;
  - .5 teor de oxigênio superior a 8% por unidade volume, como mencionado no parágrafo 2.4.2.1.2;
  - .6 falha no suprimento de energia para o sistema automático de controle da válvula reguladora e dos dispositivos indicadores mencionados nos parágrafos 2.3.1.3 e 2.4.2.1;
  - .7 nível baixo de água no selo de água mencionado no parágrafo 2.3.1.4.1;
  - .8 pressão de gás inferior a 100 mm de água no manômetro, como mencionado no parágrafo 2.4.2.1.1. O dispositivo de alarme deverá ser tal que assegure que a pressão no tanque de resíduos dos navios-tanque mistos possa ser monitorada o tempo todo; e
  - .9 alta pressão de gás, como mencionado no parágrafo 2.4.2.1.1.
- (Código FSS, 2000).

## 3.2 Sistema

O sistema de gás inerte consiste de três partes distintas: produção do gás, o esfriamento do gás produzido e a sua depuração (limpeza) e a terceira faz a distribuição deste gás inerte para os tanques,

Muitos dos sistemas de gás inerte fazem uso dos gases de descarga que comumente saíam através da chaminé do navio e seriam descarregados na atmosfera. Ao invés disso, estes gases são passados por uma série de dispositivos de limpeza ou depuradores de gás, por meio dos quais os elementos mais corrosivos são removidos. O gás, então, é enviado através das tubulações para os tanques a serem inertizados.

O SGI é equipado com diversas válvulas e controles. Quando a embarcação está carregada, a demanda é pequena e o gás inerte somente é distribuído aos tanques de carga quando o espaço se tornar disponível como consequência da contração da carga líquida ou de perda de vapor causada pelo alívio através do sistema de suspiros (exaustão) durante os balanços do navio.

A redução da quantidade de oxigênio nos tanques pode ser classificada em três níveis:

- a) 11% de oxigênio: nível mínimo de oxigênio permitido para suportar a combustão / explosão. Este nível, no entanto, não é considerado seguro, uma vez que não há nenhuma margem de segurança para erros de medição.
- b) 8% de oxigênio: nível máximo de oxigênio permitido durante as operações da planta de gás inerte. No entanto, todas as informações necessárias devem ser medidas para garantir o nível de oxigênio abaixo de 8%.
- c) 5% de oxigênio: nível de oxigênio satisfatório. Este é considerado o nível máximo normal que um navio de bom funcionamento deverá manter, mesmo com a caldeira em pior condição de carga.
- d) Menor do que 3% de oxigênio: o melhor nível de oxigênio para uma boa embarcação operacional.

Os sistemas de gás inerte são alimentados pelos gases de combustão devidamente purificados que podem ser oriundos ou dos gases de evacuação como sub-produto de outro processo, ou dos gases produzidos de forma específica para o processo de inertização.

Os gases gerados numa câmara de combustão passam por uma torre de lavagem e arrefecimento e após isso vai para um colectador que os distribui pelos espaços a serem inertizados.

Durante a descarga de um navio-tanque, ocorre a necessidade de produção máxima de gás inerte em que o fluxo de gás inerte para os tanques terá de ser pelo menos igual à capacidade com que as bombas de carga descarregam o navio.

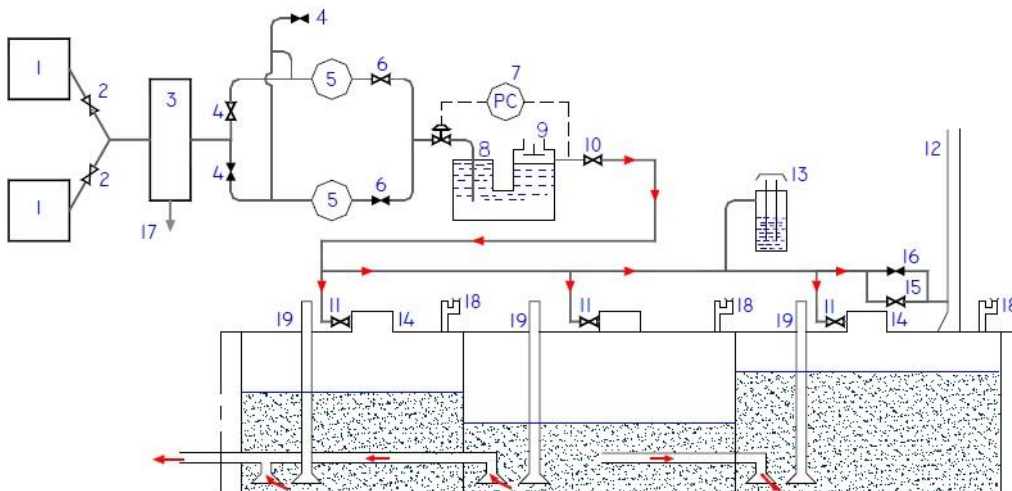
Como medida de segurança, os sistemas de gás inerte para instalações a bordo

de navios tanques são projetados para uma capacidade de 1/25 da capacidade total nominal das bombas de carga. Logo, um navio com uma capacidade de descarga, por exemplo, de 20.000 m<sup>3</sup>/h deverá ter uma instalação com capacidade para produzir 25.000 m<sup>3</sup>/h de gás inerte.

A quantidade de gases de hidrocarbonetos dentro de um tanque de carga pode com facilidade atingir uma concentração de 8% ou mais depois da descarga ou depois da lavagem do tanque. No caso do tanque estar inertizado estes gases não serão inflamáveis devido ao baixo teor de oxigênio. Porém, se esta mistura se diluir em ar, a atmosfera do tanque se torna perigosa e existirão, portanto, condições de risco elevado de explosão. Esta diluição pode ocorrer durante a desgasificação caso se pare a inertização dos tanques.

Na figura a seguir, é possível ver os principais componentes de um SGI, representado esquematicamente. Nela, o gás inerte provém de uma caldeira (principal ou auxiliar).

**Figura 5: Sistema de gás inerte**



- |  |  |
|--|--|
| 1. Gás da caldeira ou do gerador de GI       | 11. Válvula de isolamento do tanque        |
| 2. Válvulas de entrada de gás                | 12. Mastro de ventilação                   |
| 3. Torre de lavagem ( <i>scrubber</i> )      | 13. Dispositivo de quebra de vácuo/pressão |
| 4. Válvulas de entrada dos ventiladores      | 14. Cobertura do tanque                    |
| 5. Ventiladores                              | 15. Válvula P/V na linha de ventilação     |
| 6. Válvulas de saída dos ventiladores        | 16. Válvula de by-pass                     |
| 7. Válvula reguladora de pressão             | 17. Linha de efluentes do <i>scrubber</i>  |
| 8. Selo de água                              | 18. Válvulas P/V                           |
| 9. Válvula de retenção                       | 19. Encanamentos de purga dos tanques      |
| 10. Válvula de isolamento da linha no convés |  |

Fonte: SILVA, 2009.

### 3.3 Principais equipamentos

#### 3.3.1 Torre de lavagem

Os gases provenientes da câmara de combustão ou da descarga da caldeira auxiliar passam por um selo hidráulico situado no fundo da torre e posteriormente passam por borrifos de água salgada. Esses gases movem-se em movimento ascendente em contracorrente ao fluxo de água, esses borrifos têm por finalidade arrefecer os gases resultantes da queima do combustível, remover a maior parte dos óxidos de enxofre e das partículas de cinza. A torre de lavagem operando em bom desempenho deve remover os sólidos e, pelo menos, 90% do dióxido de enxofre. O Sistema também deve ser capaz de drenar seus efluentes para o costado ou, em emergência, para um tanque.

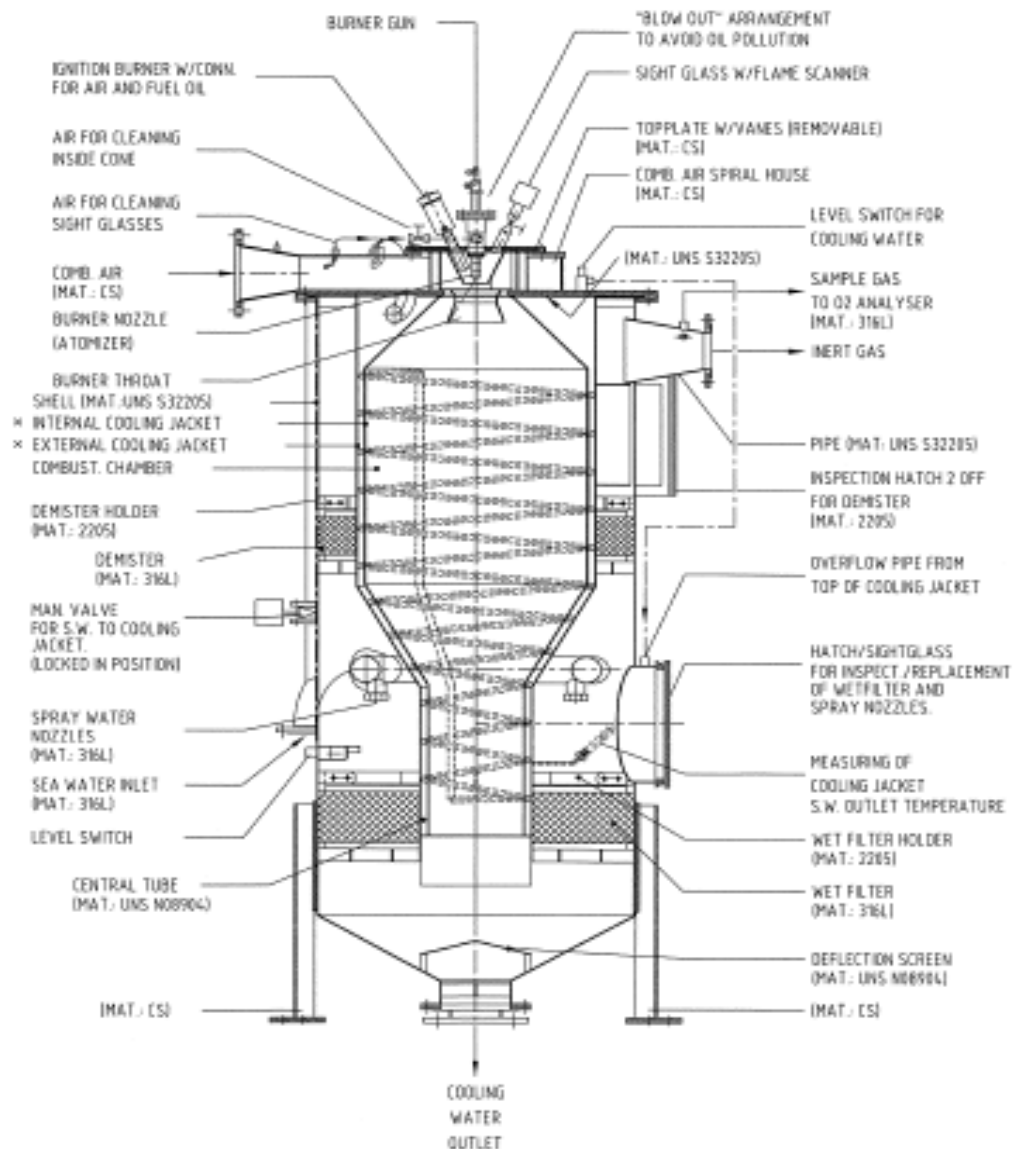
A “figura 6” demonstra uma planta geradora de gás inerte. O gás resultante da queima passará pelo selo hidráulico, localizado no fundo da câmara de combustão, pelo filtro molhado, que têm o propósito de obter um bom contato entre o gás quente, e a água de arrefecimento proveniente dos borrifos de água salgada. Por fim no filtro/secador “*demister*” cuja sua concepção pode ser muito diversa, indo desde malha em polipropileno até secadores do tipo “ciclone”.

A concepção da torre de lavagem do sistema de gás inerte deve estar de acordo com o tipo de navio, cargas transportadas e com o equipamento de controle da combustão na fonte do gás inerte. No caso das embarcações que transportam produtos químicos, poderão ser aplicados maiores exigências para salvaguarda da qualidade dos produtos transportados.

Os componentes internos da torre de lavagem devem ser construídos com materiais resistentes a corrosão, ou em alternativa, podem ser revestidos com borracha, fibra de vidro, resinas epoxídicas ou outros materiais com propriedades de resistência a corrosão devido ao caráter corrosivo do gás inerte. O corpo da torre deverá ser dotado de aberturas e visores resistentes a impacto e a temperatura para fins de limpeza e inspeção/observação durante o período de funcionamento. Em condições normais, a torre de lavagem deve ser capaz de não exceder 3°C a temperatura desejada na saída dos gases.



**Figura 6:** Planta geradora de gás inerte



Fonte: Hamworthy, Instruction Manual.

### 3.3.2 Ventiladores

Os ventiladores transmitem ao gás inerte a velocidade e a pressão necessária para alcançar os tanques de carga. São exigidos, no mínimo, dois ventiladores, que, em conjunto, permitam obter um caudal de gás inerte igual ou superior a 125% da capacidade máxima de descarga do navio, expressa em volume.

As instalações, na prática, variam desde aquelas que têm um ventilador de grande porte e um de pequeno que, combinados, atendem a capacidade total exigida,

até aquelas na qual os dois ventiladores, individualmente, atendem a exigência de capacidade. A vantagem do primeiro caso é que é conveniente o uso do ventilador de menor capacidade quando for necessário complementar a pressão de gás inerte nos tanques de carga; no segundo caso, a vantagem é que, se um dos ventiladores apresentar defeito, o outro será capaz de manter, nos tanques de carga, uma pressão positiva de gás inerte sem prejudicar o tempo de descarga.

No caso de sistema com gerador de gás inerte, a regulamentação poderá permitir que seja dotado apenas um ventilador desde que o sistema seja capaz de fornecer o volume total de gás inerte acima citado e que também haja, a bordo, sobressalentes suficientes para o ventilador e sua força motriz de modo que a tripulação possa corrigir as falhas de ambos.

Cada ventilador deve ser dotado de uma válvula de bloqueio no lado de aspiração e uma no lado de descarga.

As características de volume e pressão do ventilador devem ser equilibradas com as exigências máximas do sistema. Elas devem ser tais que, no evento de uma descarga de qualquer tanque de carga ou de combinações de tanques de carga, em uma vazão máxima, a pressão mínima de 200mm de coluna d'água deve ser mantida em todo o tanque de carga, permitindo posteriormente perdas de pressão devido a: torre de lavagem e filtro demister, redes conduzindo gás quente para a torre de lavagem, rede de distribuição à jusante da torre de lavagem, selagem de água no convés, e, comprimento e diâmetro do sistema de distribuição de gás.

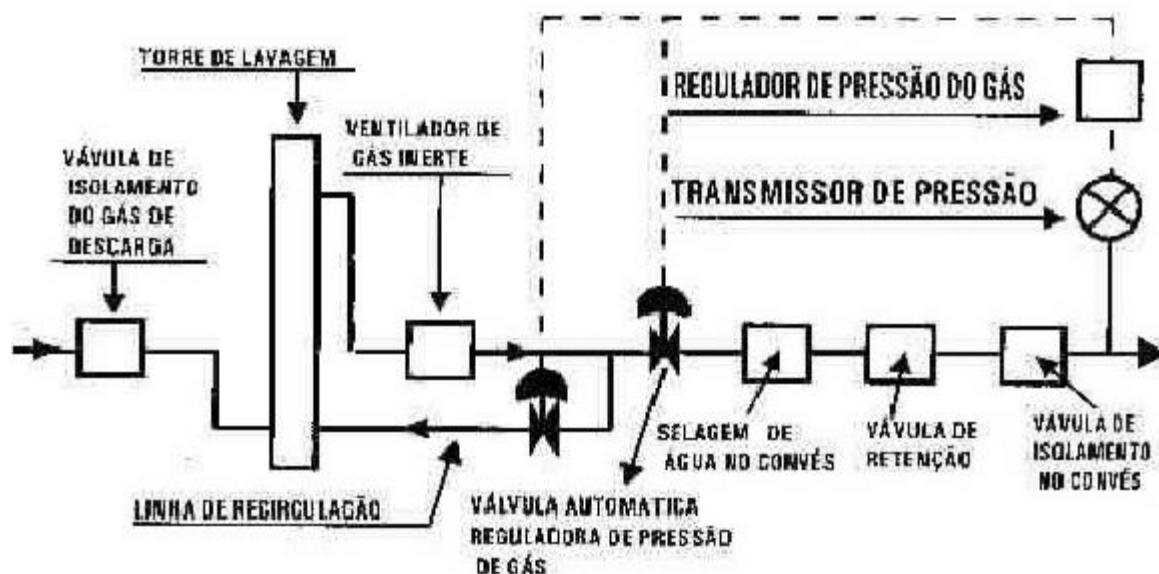
Se ambos os ventiladores não são de igual capacidade, as características de pressão/volume e a rede de entrada e saída devem ser equilibradas de modo que, se ambos ventiladores estiverem funcionando em paralelo, eles serão capazes de desenvolver suas produções de projeto.

### 3.3.3 Válvula reguladora de pressão

A válvula reguladora de pressão tem a função de controlar a pressão do gás inerte para os tanques, prevenindo, de maneira automática, que qualquer refluxo de gás em caso de falhas no ventilador de gás inerte, bomba da torre de lavagem e regulando o fluxo de gás para a rede principal de gás inerte no convés.

Um arranjo típico com a função de controlar o fluxo do gás inerte para a rede principal do convés que tem controle automático de pressão e linha de recirculação de gás pode ser visto na figura 7.

**Figura 7:** Controle automático de pressão com recirculação



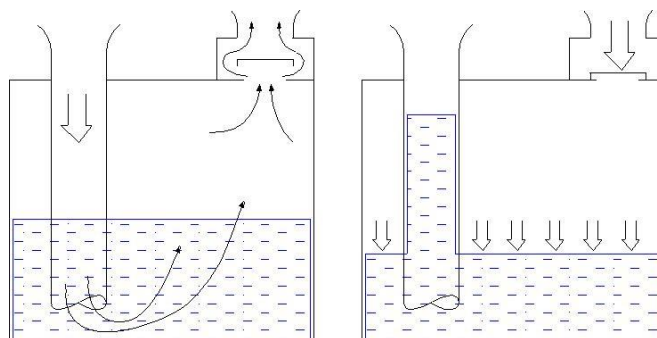
Fonte: Apostila DPC, 1996.

### 3.3.4 Selo hidráulico

Também conhecido como *deck water system*, ou ainda caixão de selagem, o selo hidráulico do convés permite a passagem do gás inerte para a linha principal de distribuição pelos tanques de carga, porém evitando o retorno dos gases, mesmo quando a instalação de gás está parada. Uma alimentação de água intermitente é fundamental para seu funcionamento adequado. Há, assim, três tipos de selos: húmido, semi-seco e seco.

O selo do tipo húmido é usado à mais tempo, por conta de sua construção mais simples. A pressão estática gerada pela coluna de água que se forma quando existe contrapressão tem que ser suficiente para impedir o retorno dos vapores. A desvantagem desse tipo de selo hidráulico está na possibilidade de gotículas de água serem transportadas pelo gás inerte, podendo causar problemas de corrosão, além dos riscos do ponto de vista da segurança do sistema.

**Figura 8:** Selo hidráulico do tipo húmido



Fonte: SILVA, 2009.

O selo semi-seco, por sua vez, reduz significativamente a quantidade de água arrastada pelo gás inerte, pois o gás afasta a água de selagem para uma câmara separada por efeito *venturi*. A perda de carga neste tipo de selo hidráulico é menor quando comparada com a dos dispositivos de tipo húmido.

Já o selo do tipo seco é drenado quando o sistema está em operação, com o gás fluindo para os tanques, e é cheio sempre que a pressão nos tanques é maior que a pressão de descarga dos ventiladores. O enchimento e a drenagem são efetuados por válvulas de controle automático comandadas pelo nível de água e pelo funcionamento dos ventiladores. Este tipo de selo hidráulico previne o transporte de água pelo gás inerte, mas, em contrapartida, tem como principal desvantagem os riscos de falha de operação das válvulas automáticas.

### 3.3.5 Válvula PV e dispositivos de quebra de pressão/vácuo

A válvula PV é um tipo de válvula de segurança que evita a sobre ou sobressão nos tanques, podendo danificá-los (processo denominado estofamento). Ela é projetada para abrir com uma pressão que possa surgir pelas variações de temperatura dos tanques. Para excessos de pressões maiores, existem dispositivos de quebra de pressão/vácuo nas seções das linhas de distribuição de gás inerte que requerem pouca manutenção, mas só são eficientes se operarem às pressões adequadas o que implica que o líquido contido em seu interior seja mantido no nível

adequado e possua uma densidade correcta. O líquido utilizado é normalmente um óleo ou uma mistura de água com glicol para evitar o congelamento quando a temperatura ambiente é muito baixa.

O vácuo não deve, em nenhum momento, ocorrer nesse sistema, pois significa o ingresso de ar nos tanques e com isso o perigo de explosão torna-se altíssimo. Por conta disso, são instalados alarmes de segurança para avisar a necessidade de repressurização.

### 3.3.6 Alarmes

Como dito anteriormente, o código FSS determina algumas exigências para alarmes sonoros e visuais. Para os instrumentos de medidas e alarmes devem estar disponíveis as instruções para calibração e operação dos mesmos. Estes instrumentos devem, também, suportar variação de tensão de alimentação, variação de temperatura, vibrações, impactos e corrosão, normalmente presentes a bordo dos navios.

Os alarmes obrigatórios no SGI, devem estar instalados adequadamente para as seguintes situações:

- a) Fornecimento de energia elétrica;
- b) Bloqueio 'TRIP' da bomba de água do '*scrubber*';
- c) Nível alto e nível baixo de água no '*scrubber*';
- d) Bloqueio 'TRIP' dos ventiladores;
- e) Temperatura alta do GI à saída dos ventiladores (normalmente 60°C);
- f) Teor alto de O<sub>2</sub>;
- g) Nível baixo de água do '*deck water seal*';
- h) Bloqueio 'TRIP' da bomba de água do '*deck water seal*';
- i) Pressão alta do GI nas linhas principais de BB e BE (normalmente 1400 mm coluna de água);
- j) Pressão baixa do GI nas linhas principais de BB e BE (normalmente 200 mm coluna de água);
- k) Falha de ar de controle.

### 3.4 Riscos à saúde devido ao gás inerte

É sabido que áreas inertizadas possuem, por definição, baixíssima concentração de oxigênio. A exposição a uma atmosfera desse tipo, com menos do que 5% de oxigênio, por exemplo, resulta em inconsciência imediata, a qual pode resultar em sérios riscos irreversíveis ao cérebro. Após quatro minutos os danos são fatais.

Mesmo que a deficiência de oxigênio não seja suficiente para causar a inconsciência, causará sérios danos ao cérebro, e o esforço físico agravará a mente e o corpo. Portanto, uma deficiência de oxigênio é muito mais séria que a exposição dos vapores de hidrocarbonetos. Por esta razão, deve-se fazer uma leitura do teor de oxigênio com um oxímetro ao longo de todo o tanque de carga antes de alguém ser autorizado a entrar nos tanques de carga. Ainda nesse sentido, algumas precauções devem ser tomadas antes e durante a entrada no tanque a fim de assegurar que não haja escape de gás inerte para tanques desgaseificados através da rede de gás inerte, redes de carga ou possíveis fendas nas anteparas.

A Norma Regulamentadora número 33, NR 33, também deve ser atendida, por se tratar de Saúde e Segurança em Trabalhos em Espaços Confinados.

É válido ressaltar que atmosfera pobre em oxigênio pode estar presente não apenas nos tanques de carga, mas também nos compartimentos adjacentes às bombas de carga, tanques de lastro permanentes, espaços vazios, saída de gases e nas instalações do sistema a serem vistoriados.

A redução de oxigênio de pelo menos uma parte do corpo é conhecida como hipoxia. A ausência total de oxigênio é conhecida como anóxia. As células do cérebro são destruídas após quatro a seis minutos sem oxigênio. Quando o fluxo de oxigênio para o cérebro é completamente interrompido, a pessoa perde a consciência em 10 segundos. hipoxia prolongada conduz a danos cerebrais e, finalmente, à morte.

**Tabela 3:** Efeitos típicos dos gases de petróleo

<u>ppm</u>	<u>EFEITOS E SINTOMAS</u>
0,13.....	Odor ligeiro
4,60.....	Facilmente detectável
10,0.....	Nível máximo de exposição admitido
20,0.....	Primeiras manifestações de irritação da vista
27,0.....	Forte cheiro desagradável mas não intolerável
100.....	Tosse, irritação da vista, perda do olfacto, depois de 2 a 15 minutos de exposição
200-300.....	Conjuntivite aguda e problemas respiratórios após 60 min.
500-700.....	Perda de consciência e morte possível entre 30 a 60 min.
700-1000.....	Inconsciência rápida, paragem da respiração e morte
1000-2000.....	Inconsciência aguda, paragem quase imediata da respiração e morte em alguns minutos. A morte pode ocorrer mesmo depois do indivíduo ser retirado para o ar fresco.

Fonte: [www.enautica.pt](http://www.enautica.pt)

A toxicidade dos gases hidrocarbonetos não é afetada pela pressão do gás inerte. Devido à existência de possíveis bolsões de gás, é preciso continuar a degazeificação até que a atmosfera de todo compartimento fique isenta de gases inflamáveis ou esteja 1% abaixo do limite de explosividade, medição que deve ser feita com um explosímetro confiável e bem calibrado.

## 4 ACIDENTES

### 4.1 Shell Marpessa

Esse petroleiro foi encomendado pela Shell de um estaleiro japonês e construído em 15 de outubro de 1969. Sua viagem inaugural o levou ao Golfo Pérsico, onde o primeiro destino era Rotterdam, onde foi descarregado. Depois da descarga, em Europoort, o navio partiu para sua segunda viagem no Golfo Pérsico, em dezembro de 1969.

O *Marpessa* percorreu em 12 de dezembro cerca de 100 milhas náuticas ao largo da costa de Senegal e estava em fase final de lavagem do tanque, quando ao meio-dia ocorreu uma explosão e fogo subsequente no tanque de carga. A explosão matou dois oficiais chineses, destruiu o convés principal e causou inundações na câmara de bomba e na sala de máquinas, o que tornou impossível sua extinção. Após cerca de 12 horas, toda fumaça saiu por conta própria, mas o navio levou mais água e afundou mais a ré, então, sucessivamente, anteparas foram quebradas para o tanque vazio, o que por sua vez levou a uma maior absorção de água. Na manhã de 15 de dezembro, o navio-tanque agora em uma posição de 50 milhas náuticas a norte-noroeste da diminuição do Dakar foi impulsionado, por fim, na parte traseira.

Este foi um de três grandes acidentes de explosões de tanques, em dezembro 1969, o que levou a Shell a concluir que a eletricidade estática criada no tanque pela limpeza a jato de água foi a provável fonte de ignição, juntando com a atmosfera explosiva e ocorrendo, assim, a explosão.



**Figura 9:** Navio Shell Marpessa afundado de popa



Fonte: [www.helderline.nl](http://www.helderline.nl)

## 4.2 Betelgeuse

Lançado ao mar em 1968, o M/T Betelgeuse partiu do porto de Ras Tanura, em novembro de 1978, no Golfo Pérsico para Leixões, em Portugal. Seu carregamento era de 74 mil toneladas de óleo pesado e 40 mil toneladas de óleo leve.

Com desvio em sua derrota original, o navio enfrentou um mar grosso, sendo relatado um vazamento de óleo dos tanques. Assim que foi descoberta a origem e sanado o problema o navio retorna ao curso normal e em 08 de janeiro de 1979 ele atracou no píer offshore em Bantry Bay, com 30 metros de profundidade.

Ao começar o descarregamento, a estimativa para a descarga era de 36 horas, porém, cerca de uma hora e meia após o início do alívio da carga ocorreu uma grande explosão. A força da explosão lançou no mar os operários que estavam no cais à vários metros de distância. Moradores da região relataram ter visto o Betelgeuse “engolfado” por uma grande abóboda de chamas por alguns instantes, e uma série de grandes explosões ocorrem em seguida, partindo o navio ao meio. A maior parte do óleo leve ainda estava a bordo, com isto este óleo ficou queimando gerando altas temperaturas de até 1000 °C.

Todo o píer foi tomado pelas chamas, dificultando a aproximação das brigadas

de incêndio.

**Figura 10:** Naufrágio do petroleiro francês Betelgeuse



Fonte: [www.inspecaoequipto.blogspot.com.br](http://www.inspecaoequipto.blogspot.com.br)

Os restos do Betelgeuse queimaram ainda por 12 horas. Ao final disto, a polpa do navio afundou em profundidade de 40 metros, restando apenas parte da proa que ainda permaneceu fora d'água, com bastante óleo remanescente. Somente depois de duas semanas foi possível que equipes de resgate mergulhassem na seção da polpa para resgatar os corpos que ainda estavam no interior das acomodações.

Um fator importante que contribuiu para que o acidente ocorresse foi a ausência de dispositivos de gás inerte no navio que foi construído antes da convenção MARPOL (Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios), e o armador sequer se preocupou em adaptar o navio. Devido também à má conservação e falta de reparos nos tanques, era comum vazamentos dos tanques de carga para os de lastro segregado, o que realmente ocorreu dias antes da enorme explosão. Estes constantes vazamentos para estes tanques que não possuíam sequer pintura interna, ocasionaram uma mistura ideal para que gases se acumulassem nestes tanques, fazendo com que uma pequena centelha gerasse a grande explosão.

### 4.3 N/T Jari

Em fevereiro de 1982 o navio Jari da Transpetro, construído há poucos anos pelo estaleiro Ishibras estava fundeado próximo à ilha do Governador com os tanques de carga vazios, porém mal desgaseificados e foi feito um trabalho de tratamento de pintura com esmerilhadeira no convés principal. A atmosfera explosiva entrou em combustão devido a fagulhas feitas pelo atrito do aço do navio com a esmerilhadeira. A explosão pode ser ouvida a muitos quilômetros de distância.

Devido à explosão, todo o corpo paralelo do navio se deformou bruscamente. Após uma complexa operação com uso de flutuadores adicionais, o navio foi rebocado para o dique do estaleiro construtor, onde um novo corpo paralelo foi construído e o antigo fundo duplo foi transformado em uma barcaça, em uma operação de alguns milhões de dólares.

**Figura 11:** Convés do N/T Jari após explosão



Fonte: [www.oceanica.ufrj.br](http://www.oceanica.ufrj.br)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O petróleo, ao ser transportado em navios petroleiros, possui características específicas, produzindo vapores de gases inflamáveis no interior do tanque e fazendo criar, assim, uma atmosfera explosiva dependendo somente de uma pequena centelha para que ocorra uma explosão. Em 1969, num período de 18 dias, aconteceram três acidentes envolvendo navios-tanque: Marpessa, Mactra e o navio Haakon VII Kong. Os três episódios ocorreram quando ambos encontravam-se em lastro, e durante a limpeza de tanques por sistema mecânico rotativo de jato de água, ocorreram as explosões o que foi alegado ter ocorrido eletricidade estática. Até então tratava-se de um procedimento comum, na época, mas tais fatos levaram a IMO investigar formas de evitar explosões do mesmo gênero, culminando, depois, com a aplicação do SGI em navios-tanque.

O funcionamento adequado de sistemas de gás inerte permite aumentar significativamente a segurança a bordo dos navios tanques, sendo o seu principal objetivo a eliminação do oxigênio, ou a redução do seu teor, nas atmosferas dos tanques, enchendo-os com um gás ou mistura de gases com deficiência de oxigênio.

Quando um gás inerte é adicionado a uma mistura de ar e hidrocarbonetos provoca um aumento da concentração correspondente ao limite inferior de inflamabilidade e a uma diminuição da concentração do limite superior de inflamabilidade.

Para manter essa condição de não inflamabilidade nos tanques, a instalação de gás inerte opera com a finalidade de: inertizar os tanques de carga vazios; durante a descarga, lavagem de tanques e deslastro; purgar a atmosfera dos tanques antes de proceder à sua desgasificação; para repor a pressão nos tanques de carga durante a viagem, sempre que necessário.

Devido ao baixo percentual de oxigênio, reparos e a entrada de trabalhadores em tanques de cargas inertizados, deve ser de extrema cautela, tendo que obedecer a procedimentos adequados tanto na operação do SGI, quanto à segurança do operário, como a NR 33.

Pode-se inferir que após acidentes ocorridos, a implementação e exigência pela IMO do SGI em navios-tanques é de extrema importância para a segurança tanto da carga, quanto de toda tripulação desse tipo de navio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

CORDEIRO, Antônio. **Máquinas e equipamentos auxiliares**. 1.ed. Belém, PA, 2009. 265 p.

DEPARTAMENTO DE PORTOS E COSTAS, DPC. **Curso Especial de Segurança em Operações de Navios Petroleiros**, 1996.

FSS Code. **International Code For Fire Safety Systems**. 2000.

GARCIA, S. A. Letizia; NETO, F. Kulcsar. **Guia Técnico NR-33**. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília, DF, 2013.

HAMWORTHY. **Moss Inert Gas System**, Instruction Manual.

Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 33 Segurança e Saúde em Trabalhos em Espaços Confinados**. Portaria MTE n. 202, 22 dez., 2006.

SANTOS, Francisco Baia dos. **Gás Inerte Sistema IHI e Gás Inerte Construído pela VERB**. CIAGA, 1993.

SILVA, Alexandre Nogueira. **Gás Inerte**. CIAGA, 1994.

SILVA, João Emílio C. **Sistemas de Gás Inerte**. Departamento de Engenharia Marítima, 2009.

SOLAS. **International Convention for the Safety of Life at Sea**. 1974/1988.

TRINDADE, Jorge. **Navios-Tanque**, Sistema de Gás Inerte.

WANKHEDE, Anish. **What is an Inert Gas or IG System on Ships?**. 2010. Disponível em: <<http://www.marineinsight.com/marine-safety/protection-against-explosion-the-i-g-system/>>. Acesso em: 3 mar. 2016.