



MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAIS DE NAUTICA



BRENO FONSECA LELIS



O desenvolvimento dos navios gaseiros

**RIO DE JANEIRO
2013**

BRENO FONSECA LELIS

O desenvolvimento dos navios gaseiros

Monografia apresentada como parte dos requisitos para a conclusão Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): CLC Orlando Carlos Souza da Rocha

Rio de Janeiro
2013

BRENO FONSECA LELIS

O desenvolvimento dos navios gaseiros

Monografia apresentada como parte dos requisitos para a conclusão Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Náutica - APNT, ministrado no Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): CLC Orlando Carlos Souza da Rocha

Banca Examinadora (apresentação oral):

Prof. (nome, titulação e instituição)

Prof. (nome, titulação e instituição)

Prof. (nome, titulação e instituição)

Nota: _____

Nota Final: _____

Data da Aprovação: ____/____/____

Aos meus Pais, responsáveis pela minha formação e caráter.

À minha Esposa, por acreditar em mim, em todas os momentos difíceis que passamos juntos.

Aos meus filhos, Caio, Igor e Breno, capazes de me fazer feliz em todos os dias da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos Comandantes e Mestres quais demonstraram ter Espírito Marinheiro em todos os momentos.

A empresa Transpetro, que acreditou no meu profissionalismo.

Aos Amigos adquiridos durante o Curso, profissionais exemplares.

“Uma chave importante para o sucesso é a auto confiança. Uma chave importante para a auto confiança é a preparação”.

(Arthur Ashe)

RESUMO

O tema proposto neste trabalho teve como base o desenvolvimento dos navios gaseiros, desde os pioneiros do extinto “Conselho Nacional de Petróleo” até a presente fase de renovação e expansão da frota, incluindo navios de construção nacional. Com esta finalidade, foi realizada uma pesquisa em várias publicações nacionais e internacionais específicas, palestras e cursos voltados para a área, internet e conhecimentos externos e o adquirido após 7 anos de viagens em navios desta classe. Esse desenvolvimento mostra-se defasado em relação à mundial, desde seu início com os primeiros navios adaptados para esse transporte nos Estados Unidos até a atualidade em supercargueiros transportando cargas a temperaturas abaixo de -160°C . Devido a demanda mundial por novas fontes de energia, tendo o gás natural como um dos principais representantes, conclui-se que no Brasil há projetos para construção de terminais e aquisição e construção de novos navios, cada vez mais informatizados e de alta tecnologia, agregado a tripulações preparadas e qualificadas, para que possa interagir neste mercado mundial.

Palavras-chave: Transporte. Carga. Pressão. Temperatura. Navios. Petróleo.

ABSTRACT

The core theme of this paper had been based on the development of gas tankers, since the pioneers from the extinct “National Advice of Oil” until the present years of renewal and expansion of the fleet, including ships of national construction. With this purpose, to accomplish that task, a research was made in some specific national and international publications, lectures and courses directed toward these area, internet and knowledge external and acquired itself after years on this type of ships. This evolution shows delayed against the world-wide, since the beginning with the first ships adapted for this purpose in USA until the present time with super freighters carrying cargoes with temperatures below 160°C. Facing the world-wide commerce expansion and the demand for new sources of energy, with natural gas as one of the main representatives, concludes that Brazil have projects for construction of terminals and acquisition and construction of new ships, each time with high technology, added the prepared and qualified crews, so that it can interact in this world-wide market.

Key-words: Transport. Cargo. Pressure. Temperature. Ship. Petroleum.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Construção dos primeiros navios de Gás Liquefeito no Brasil	16
Figura 2: Incêndio do Petrobrás Norte em Itajaí	17
Figura 3: LGP/C Jataí	17
Figura 4: LPG Guaraporé	18
Figura 5: Construção do Metaltanque III	19
Figura 6: Metaltanque VI	19
Figura 7: Tanques Prismáticos	22
Figura 8: Tanques Esféricos	22
Figura 9: Tanques Esféricos	23
Figura 10: Tanques Cilíndricos ou Bilobulares	23
Figura 11: Tanques Cilíndricos ou Bilobulares	24
Figura 12: Tanques de Membrana	24
Figura 13: Navio Totalmente Pressurizado	25
Figura 14: Navio Semi-Pressurizado / Semi-Refrigerado	26
Figura 15: Navio Semi-Pressurizado / Totalmente Refrigerado	27
Figura 16: Navio Totalmente Refrigerado (GLP)	28
Figura 17: Navio Eteneiro	29
Figura 18: Navio Totalmente Refrigerado (GNL)	30
Figura 19: Bomba de Carga – Parte Externa	32
Figura 20: Bomba de Carga – Impelidores e o Poceto do Tanque	33
Figura 21: Válvula de Alívio de Pressão	34
Figura 22: Planta de Reliquefação	36
Figura 23: MSDS (GLP)	39
Figura 24: Esquema de Zonas Perigosas em um Navio Gaseiro	42
Figura 25: Compartimento dos Motores Elétricos	43
Figura 26: Diagrama: Comp. Compressores, Comp. Motores Elétricos e Air Lock	44
Figura 27: Sistema de Borrifo do Convés Principal	45
Figura 28: Painel do Sistema Fixo de Detecção de Gás	47
Figura 29: Sensor de um Sistema Fixo de Detecção de Incêndio	48
Figura 30: Painel de um Sistema Fixo de Detecção de Incêndio	48

Figura 31: Ciclo Básico de transporte de GNL e histórico mundial	52
Figura 32: Cadeia de transporte e regaseificação de GNL	52
Figura 33: Projeto do terminal de GNL da Baía da Guanabara	53
Figura 34: Projeto do terminal de Pecém	54
Figura 35: LNG Golar Spirit	54
Figura 36: LNG Golar Winter	55

TABELAS

Tabela 01 – Propriedades Químicas dos Gases Liquefeitos	21
Tabela 02 – Porcentagem de Navios Gaseiros existentes no mundo	25

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ÁCIDO SULFÚRICO	Ácido inorgânico bastante reativo. Uma das cargas mais transportadas em navios mundialmente.
ASFIXIA	Falta de oxigênio em um determinado órgão ou tecido.
BAR	Unidade de medida de pressão, normalmente utilizada nos manômetros de bordo dos navios gaseiros.
BOMBA BOOSTER	Bomba de recalque. Utilizada nos navios gaseiros para aumento de pressão e vazão das bombas de carga dos tanques de carga, devido aos diferenciais de pressão (navio x terminal).
BOMBA DE IMERSÃO	Bomba que trabalha imersa no produto, sendo assim auto-escorvável, podendo ser fixa ou móvel.
BUJÃO	Peça normalmente de madeira ou borracha, utilizada fechar um recipiente, compartimento, equipamento ou embornal.
BUTANO	Derivado do petróleo, quando líquido apresenta-se inodoro e incolor (GLP).
CASCO DUPLO	Navio que possui tanques laterais e duplo-fundo utilizados com água de lastro ou um espaço vazio entre o tanque de carga e seu costado, desde que atendendo aos requisitos mínimos da MARPOL.
CCC	Centro de Controle de Carga.
COFERDANS	Espaço vazio destinado ao isolamento, principalmente da área de carga com a Praça de Máquinas ou com tanques de óleo adjacentes.
CROSSOVER	Redes de carga transversais ao sentido longitudinal do navio, interligando os Manifolds.
DO	Diesel Oil. Óleo Diesel (utilizado nos Motores Auxiliares – MCAs).
DOMO	Parte superior do tanque de carga onde normalmente encontra-se a instrumentação do tanque, isto é, termômetros, manômetros, trena, sensores e a abertura de acesso ao interior do tanque.
EMBORNAL	Abertura no convés principal, utilizada para escoamento da água acumulada no tricaniz.
ESD	Emergency Shut Down. Parada de Emergência da Planta de Carga.
EXPLOSÍMETRO	Equipamento capaz de medir a faixa de inflamabilidade da atmosfera, dentro de um determinado compartimento.
FO	Fuel Oil. Óleo Combustível (utilizado no Motor Principal – MCP).
GAS CODE	Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk – Código de Construção e Equipamentos de Navios que Transportam Gases Liquefeitos a Granel.
GÁS INERTE	Gás com baixo teor de oxigênio.
GLICOL	Álcool utilizado para troca de calor nos sistemas de

	resfriamento de baixa temperatura.
GLP	Gás Liquefeito do Petróleo. Expressão geral utilizada para o Propano, Butano e/ou a mistura de ambos.
GNL	Gás Natural Liquefeito. Gás de um poço, composto de uma grande de metano, hidrocarbonetos pesados e outras substâncias em menor proporção.
°c	Graus Celsius. Unidade de medida de temperatura utilizada no Brasil.
HALON	Agente extintor utilizado em compartimentos fechados, porém ligeiramente tóxico.
IGC CODE	International Code for the Construction and Equipment os Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk – Código Internacional de Construção e Equipamentos de Navios que Transportam Gases Liquefeitos a Granel.
IMO	International Maritime Organization. Organização Marítima Internacional.
LED	Dispositivo de iluminação indicador de funcionamento ou falha.
LNG	Liquefied Natural Gás. Sigla mundial para o GNL.
LOT	Load On Top. Carregamento efetuado em um tanque que já possui uma determinada quantidade de carga. Podendo ser a mesma ou outra carga.
m ³	Metro cúbico. Unidade de medida de volume, utilizada nos cálculos de carga de navios gaseiros.
MANIFOLD	Área das tomadas de carga e abastecimento do navio.
MARPOL	Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios.
MSDS	Material Safety Data Sheet. Folha de Informação do Produto, em casos de emergências.
OXÍMETRO	Equipamento capaz de medir a concentração de oxigênio em uma determinada atmosfera de um compartimento ou ambiente.
PLUG FUSÍVEL	Extremidade (ponteiros) de chumbo do sistema de incêndio da Planta de Carga. Derretem a uma temperatura próxima a 98°C.
POLIMERIZAÇÃO	Reação química, na qual há uma combinação de moléculas para formar uma cadeia como macromolécula, alterando as características do produto. Esta reação pode ser com o próprio produto (auto-reação), com o ar, água, outra carga ou material.
PRESSÃO DE VAPOR	Pressão exercida por um vapor, em uma temperatura específica. Mede a volatilidade do líquido e, quanto maior for numa dada temperatura, mais volátil será este líquido.
PROPANO	Derivado do petróleo, quando líquido apresenta-se inodoro e incolor (GLP).
RANGE	Faixa de atuação ou alcance de um equipamento.
SET POINT	Determinado ajuste de um equipamento, em função de pressão, temperatura, nível ou outro referencial.
SOPEP/SMPEP	Ship Oil Pollution Emergency Plan / Ship Marine

	Pollution Emergency Plan. Plano de Emergência para Contingência de Óleo ou outro Produto a Bordo.
TANQUES DE DUPLO-FUNDO	Tanques localizados abaixo dos tanques de carga, utilizados com água de lastro;
TANQUES LATERAIS	Tanques localizados entre os tanques de carga e o costado (que normalmente serve de antepara para este), utilizados com carga ou com lastro, dependendo do carregamento/produto.
TANQUES SUPERIORES	Tanques laterais localizados logo abaixo do convés principal, utilizados com água de lastro.
tm	Tonelada métrica. Unidade de medida de peso, utilizada no cálculo da quantidade de carga nos navios gaseiros.
TÓXICO	Capaz de causar danos ao tecido vivo.
TOXÍMETRO	Equipamento capaz de medir a concentração de um determinado produto em um compartimento. Normalmente em ppm.
VÁLVULA DE ALÍVIO DE PRESSÃO	Válvulas classificadas para segurança dos tanques de carga, numa eventual sobre-pressão.
VAPOR CÁUSTICO	Vapor de um determinado produto que pode causar queimadura, irritação ou outra disfunção cutânea.
VENT POST	Mastro de exaustão do Sistema de Alívio dos tanques de carga.

SUMÁRIO

1	O INÍCIO	15
1.1	Os Primeiros Navios Transportadores de Gás	15
1.2	Os Pioneiros no Brasil e suas fatalidades	16
2	OS TIPOS	20
2.1	Tipos de Cargas Transportadas	20
2.2	Tipos de Tanques	21
2.3	Tipos de Navios Transportadores	25
3	OS EQUIPAMENTOS	32
3.1	Bombas de Carga	32
3.2	Instrumentação	35
3.3	Planta de Reliquefação	36
4	RISCOS E PREVENÇÕES	38
4.1	Fratura Frágil, Cooling Down, Boil Off e Roll Over	38
4.2	Vazamento e Poluição	39
4.3	Contatos e Exposição	41
4.4	Equipamentos em Áreas de Risco	42
5	EMERGÊNCIAS	46
5.1	Combate a Incêndio	46
5.2	Sistemas Fixos de Apoio	47
5.3	Sistema de Detectores	48
6	GÁS NATURAL / GNL	50
6.1	Características e Vantagens	50
6.2	Navios para o Transporte de GNL	52
6.3	O Futuro	54
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 O INÍCIO

1.1 Os Primeiros Navios Transportadores de Gás

O transporte marítimo de GLP através de navios iniciou por volta de 1926, com dois navios Petroleiros Norte-americanos, adaptados para o transporte de Butano e Propano, na temperatura ambiente, isto é, estes navios não eram apropriados para este fim.

O primeiro navio projetado para o transporte de gás liquefeito foi construído em 1931, nos Estados Unidos, e se destinava ao transporte de Butano e Ácido Sulfúrico. Na Europa, este transporte só se deu na década de 50. Os tanques desses navios foram construídos com um aço muito espesso e de elevada concentração de enxofre, o que o tornava quebradiço a qualquer grande variação de temperatura.

O desenvolvimento de técnicas de refrigeração e de metais resistentes a baixas temperaturas possibilitou transportar gases à temperaturas inferiores a temperatura ambiente na forma liquefeita.

Em 1959, os primeiros navios semi-pressurizados entraram em operação e gases liquefeitos puderam ser transportados a uma pressão menor, conseguido através da diminuição da temperatura do produto.

Na década de 60 navios totalmente refrigerados para transporte de GLP, GNL e alguns GASES QUÍMICOS entraram em operação.

1.2 Os Pioneiros no Brasil e suas fatalidades

A Fronape, Frota Nacional de Petróleo, foi criada em 1949 como uma empresa do então Conselho Nacional de Petróleo e, quatro anos depois, passou a unidade operacional da recém-criada Petrobras. Quando a Petrobras foi criada, surgiu incorporando toda a Frota, nesta época com 22 embarcações.

Em 1955 foram incorporados à Fronape dois navios gaseiros, **Petrobras I** e **Petrobras II**, mais tarde rebatizados como **Petrobras Norte** e **Petrobras Sul**. Estes navios eram totalmente pressurizados, com tanques esféricos e superestrutura a meia-nau.

Figura 1: Início da construção dos primeiros navios destinados ao transporte de gás liquefeito



Fonte: Site da Petrobras – www.petrobras.com.br

No ano de 1962, entraram em trânsito mais dois navios gaseiros, o **Petrobras Nordeste** e o **Petrobras Oeste**, estes já mais adaptados ao transporte de gases pressurizados, com a superestrutura na popa e a área de carga totalmente livre.

Em 02 de fevereiro de 1965, o Navio **Petrobras Norte** pegou fogo em Itajaí, durante uma operação de descarga no Terminal da Heliogás de 400 tm, vitimando cinco tripulantes. Houve muito desespero em toda a cidade, sendo que muitas famílias simplesmente abandonaram suas casas, deixando tudo aberto, fugindo da cidade ou se recolhendo em lugares mais isolados no município. Nosso “heróico” bombeador, Odílio Garcia, fechou as válvulas do navio, impedindo uma tragédia maior, antes de ter 95% do corpo queimado e se jogar no rio Itajaí, vindo a falecer mais tarde.

Figura 2: N/T Petrobras Norte em chamas – O Pioneiro no transporte de Gás Liquefeito no Brasil. No detalhe, o bombeador Odílio Garcia



Fonte: Site do Sindmar – www.sindmar.org.br

No ano de 1978, a Flumar – Transportes Fluviais e Marítimos S.A., construiu dois navios semi-pressurizados: o **Jataí** e o **Jatobá**. Foram os primeiros navios que podiam carregar GLP e gases químicos da frota brasileira.

Figura 3: LPG/C Jataí – O primeiro navio gás-químico no Brasil



Fonte: www.pbase.com/smera/navios_porto_de_santos_brazil

A Petrobrás/Fronape permaneceu com três navios até a data de 26 de junho de 1983 quando, após um incêndio iniciado na proa, o Navio **Petrobras Oeste** explodiu, carregado com 2200 tm de GLP (Propano/Butano) e foi abandonado em alto-mar.

No início dos anos 80, com a incorporação de três navios semi-pressurizados/semi-refrigerados à Frota da Petrobrás: **LPG Guará** e **LPG Guarujá** em 1981, e **LPG Guaporé** em 1982, os navios Petrobras Sul e Petrobras Nordeste foram vendidos para a Empresa de Navegação Metalnave, sendo rebatizados como **Metaltanque I** e **Metaltanque II**.

Figura 4: LPG Guaporé



Fonte: Revista Transpetro

Em 1984, mais um navio da Empresa Flumar, chegou ao Brasil para o transporte de gases: o **LPG/C Japeri**, este semi-pressurizado e totalmente-refrigerado, também podendo carregar gases químicos.

No dia 12 de maio de 1985, o **LPG/C Jatobá** pegou fogo carregando 1500 tm de butano, após uma pequena explosão no tanque 3, no porto de Recife. O navio foi desatracado e rebocado para alto-mar e suas chamas ainda duraram por 15 horas. Felizmente neste acidente nenhum tripulante foi vitimado.

Entre os anos de 1985 e 1987, três navios semi-pressurizados e totalmente-refrigerados, além de transportadores de gases químicos, foram construídos na Alemanha e mais tarde também incorporados a Fronape: o **LPG/C Grajaú**, o **LPG/C Gurupá** e o **LPG/C Gurupi**, permanecendo 6 navios gaseiros na frota até a data atual.

No ramo de construção de navios, o estaleiro da Metalnave localizado no estado de Santa Catarina (*Itajai Shipyard*) é o único em atividade no Brasil a possuir experiência e capacidade técnica na construção de navios destinados ao transporte de gases, como os navios **Metaltanque III, IV, V e VI**, em atividade.

Figura 5: Construção do Metaltanque III



Fonte: Revista Portos e Navios – www.portosenavios.com.br

Figura 6: Lançamento do Metaltanque VI



Fonte: Revista Portos e Navios – www.portosenavios.com.br

2 OS TIPOS

2.1 Tipos de Cargas Transportadas

O gás liquefeito é a forma líquida de uma substância, a qual na temperatura ambiente e na pressão atmosférica é um gás.

A maioria dos gases liquefeitos são hidrocarbonetos, principal fonte de energia do mundo. Esses gases possuem inúmeros perigos inerentes as suas propriedades. Como esses gases são transportados em grandes quantidades é imperativo que todos os cuidados necessários sejam tomados para minimizar os vazamentos e limitar todas as fontes de ignição.

Para o transporte em navio, os gases são liquefeitos o que reduz seu volume de 300 a 850 vezes. Os gases podem ser liquefeitos por compressão, por resfriamento ou pela combinação desses dois processos. Os produtos transportados nestes navios são quase todos inflamáveis e asfixiantes, alguns são tóxicos e outros tóxicos e inflamáveis e medidas particulares de segurança são impostas para minimizar os riscos de acidentes com pessoas, os bens e ao meio ambiente.

O GLP vaporiza facilmente porque está à temperatura de ebulição e estes vapores são inflamáveis, porém nem todos são tóxicos e em uma determinada concentração podem excluir o oxigênio e causar asfixia, independente de ser tóxico ou não. As cargas transportadas estão listadas no GAS CODE da IMO e estão divididas em quatro grupos.

Grupo A: Gás Natural Liquefeito (GNL), do qual são removidas certas impurezas e cujo constituinte principal é o Metano;

Grupo B: Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) que é um nome comum para gases de petróleo, principalmente o Propano e o Butano e que pode ser produzido a partir do processamento do Óleo Cru nas Refinarias como subproduto de instalações químicas a partir de Corrente de Gás Natural ou de Óleo Cru próximos aos pontos de produção (Poços e Plataformas);

Grupo C: Eteno (Etileno) – Produzido pelo craqueamento do petróleo;

Grupo D: Gases Químicos que são os Grupos de Gases Liquefeitos produzidos através de processos químicos, tais como o Cloro, a Amônia e o Monômero de Cloreto de Vinila (VCM). Outras determinadas substâncias que são

transportadas em navios gaseiros estão entre os limites de Gás Liquefeito e de Produtos Químicos como Acetaldeído e Óxido de Propileno.

Tabela 1 – Propriedades Químicas dos Gases Liquefeitos

	Metano	Etano	Propano	Butano	Eteno	Propileno	Butileno	Butadieno	Amônia	VCM	Óxido de Etileno	PO	Cloro
Inflamável	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Tóxico									X	X	X	X	X
Polimerizável								X		X			

Fonte: Apostila do Curso ESOG

2.2 Tipos de Tanques

2.2.1 Tanques Independentes

São tanques totalmente auto-sustentados, isto é, não formam parte do casco do navio e nem contribuem para sua resistência. Existem três diferentes tipos de tanques independentes, assim sendo:

Tipo A – Prismático – Possuem superfície plana. Pressão de vapor máxima de 0,7 bar. Cargas refrigeradas ou próximas à pressão atmosférica por volta de 0,25 bar. Tem uma barreira secundária para cargas abaixo de -10°C.

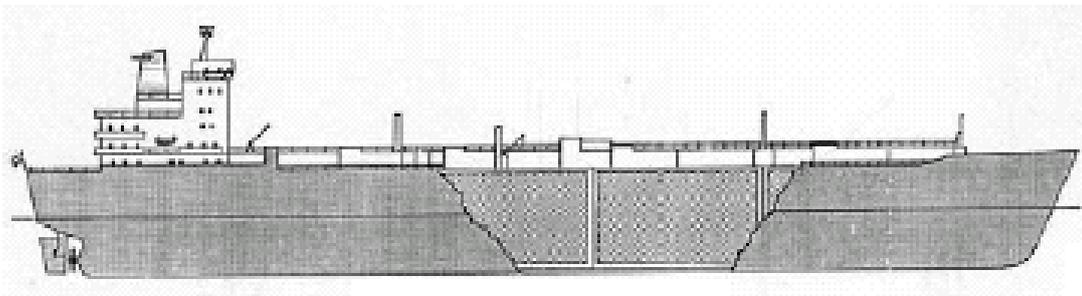
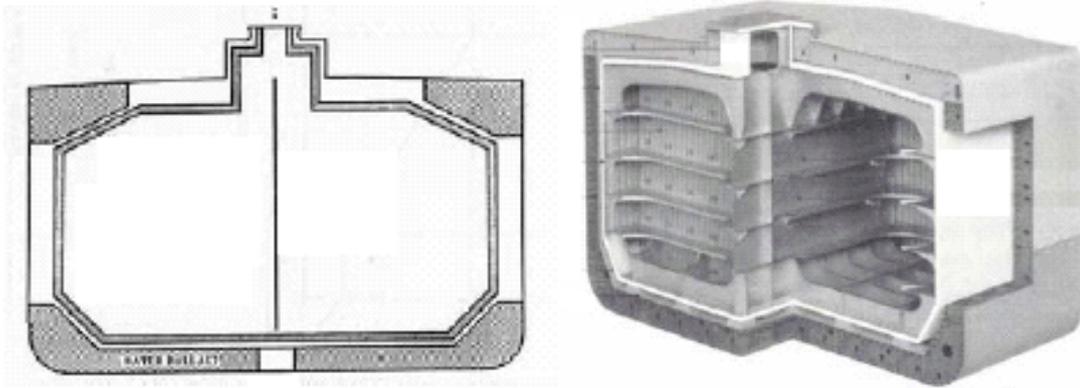


Figura 7: Tanques Prismáticos



Fonte: Apostila do Curso ESOG

Tipo B – Esférico – Possuem superfície plana ou vaso de pressão. Tem uma barreira secundária parcial e isolamento do duplo-fundo.

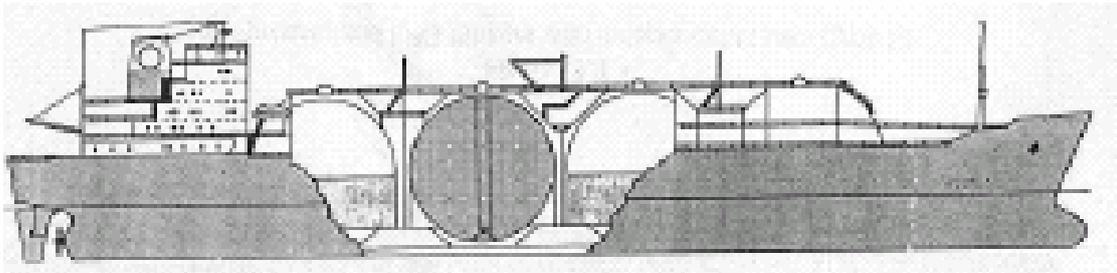
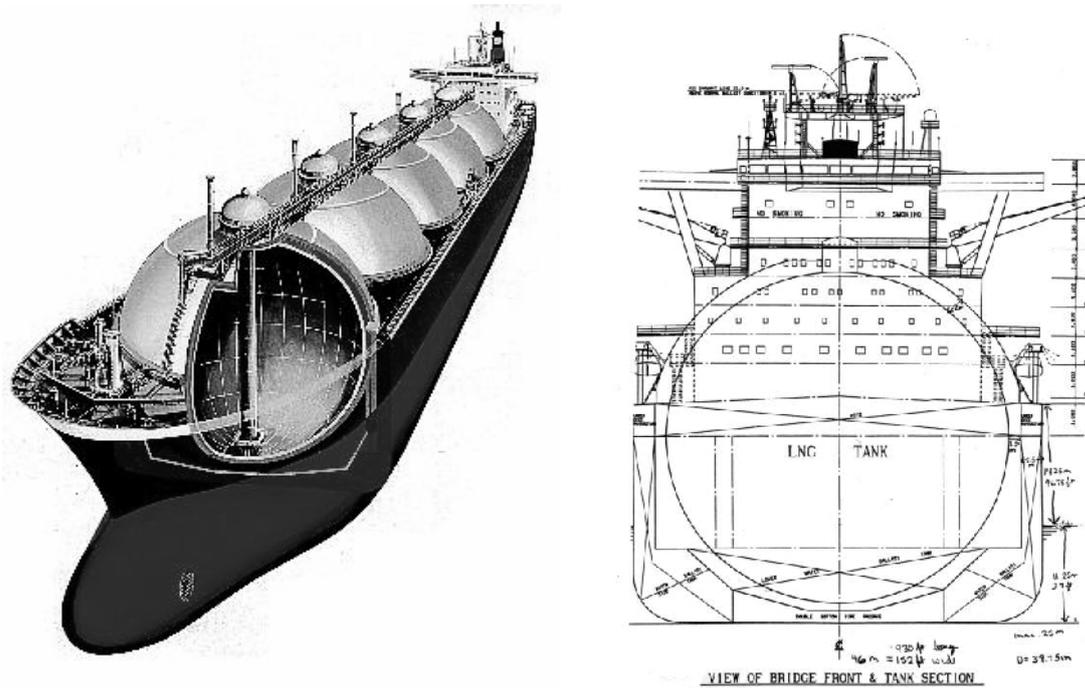


Figura8: Tanques Esféricos



Fonte: Apostila do Curso ESOG / Tanker Safety Guide – Liquefied Gas

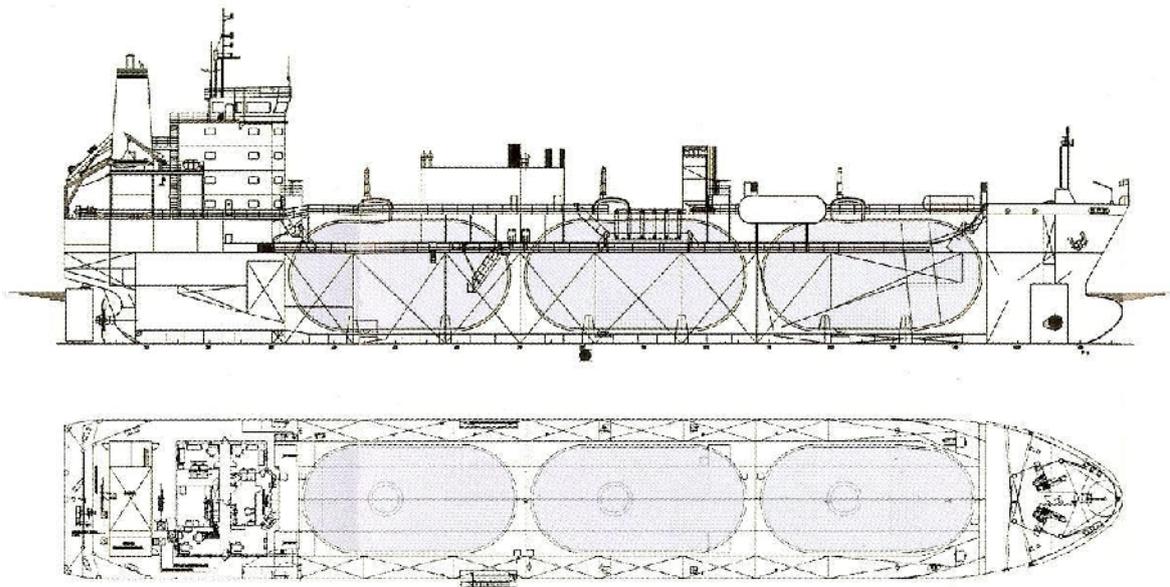
Figura 9: Tanques Esféricos



Fonte: Palestra – Overview of LNG Ships

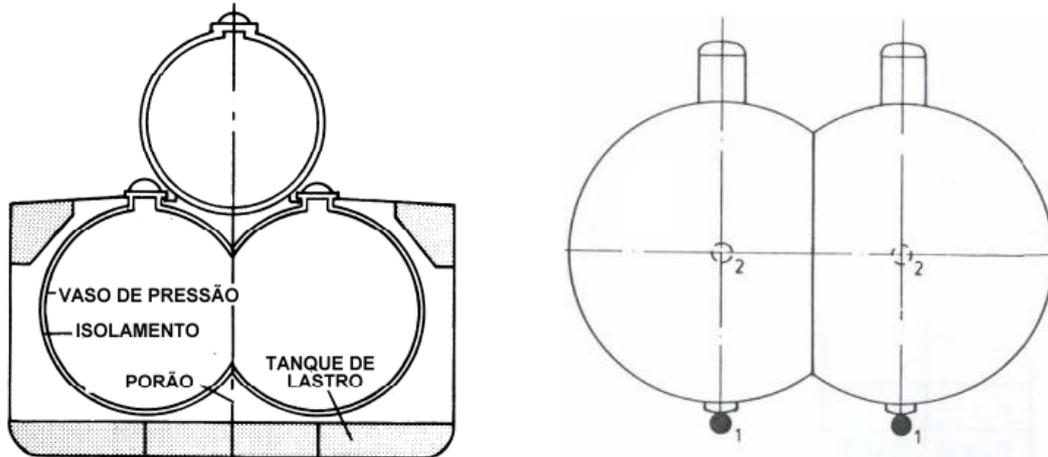
Tipo C – Cilíndrico ou Bilobular – Consiste em tanques cilíndricos independentes ou interligados em par (bilobulares). A pressão de vapor de projeto pode chegar a 5 bar. Não necessitam de barreira secundária.

Figura 10: Tanques Cilíndricos ou Bilobulares



Fonte: www.naval.com.br/NMB

Figura 11: Tanques Cilíndricos ou Bilobulares



Fonte: Apostila do Curso ESOG

2.2.2 Tanques de Membrana

Não são auto-sustentáveis como os tanques independentes. São suportados pela estrutura do navio através do isolamento térmico. A pressão manométrica de vapor de projeto não deverá exceder a 0,7 bar.

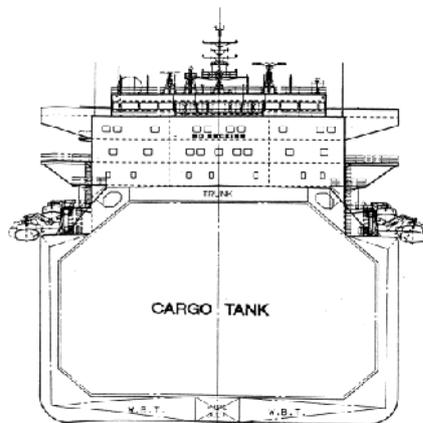


Figura 12: Tanques de Membrana

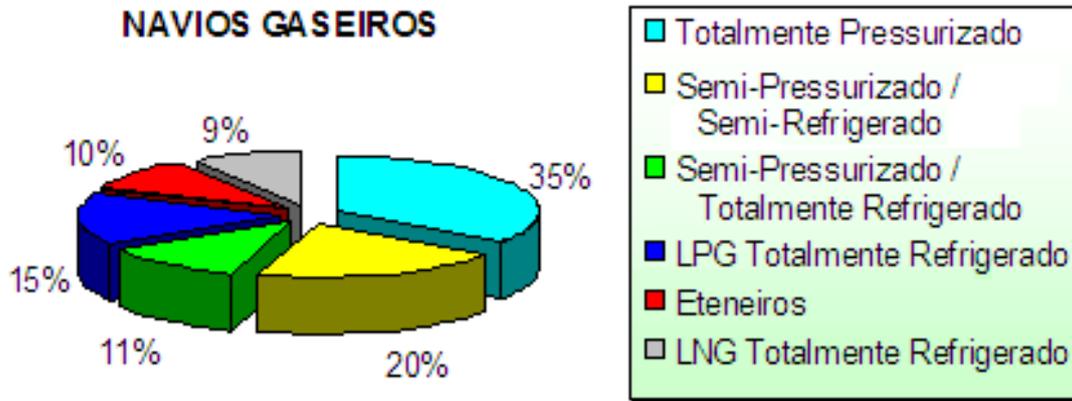


Fonte: Apostila do Curso ESOG / Estaleiro Hyundai – ABM Brasil – www.abmbrasil.com.br

2.3 Tipos de Navios Transportadores

Estão divididos em seis diferentes categorias de acordo com a carga a ser transportada e as condições de transporte. Estão assim divididos em porcentagem de navios existentes:

Tabela 02 – Porcentagem de Tipos de Navios Gaseiros existentes no mundo



Fonte: Portal Gás e Energia – www.gaspet.com.br

2.3.1 Totalmente Pressurizado

São os mais simples de todos os navios gaseiros em termos de sistemas de armazenamento e equipamentos de manuseio de carga, pois transportam suas cargas à temperatura ambiente.

Figura 13: Navio Totalmente Pressurizado



Fonte: Palestra – Navios Gaseiros

Os tanques de carga são independentes, tipo B ou C, ou seja, vasos de pressão fabricados em aço carbono com pressão típica de projeto de 18 bar, que corresponde à pressão de vapor do propano na temperatura de 45°C. Há navios em operação com pressões de projeto superiores, de até 20 bar. Geralmente este tipo de navio não utiliza isolamento térmico nos tanques de carga ou planta de reliquefação.

Em virtude das pressões de projeto, os tanques de pressão são extremamente pesados, por isso, os navios totalmente pressurizados tendem a ser pequenos, com capacidade máxima de carga de cerca de 4.000 m³ e são utilizados para transportar, principalmente, GLP e amônia. O lastro é transportado em tanques de duplo-fundo e laterais. Em razão de esses navios utilizarem sistemas de armazenamento do Tipo B ou C, não há a necessidade de barreira secundária e o porão do tanque de carga pode ser ventilado com ar.

2.3.2 Semi-Refrigerado / Semi-Pressurizado

Estes navios são similares aos totalmente pressurizados, na medida em que eles incorporam tanques do Tipo B e C, porém, neste caso, os tanques de carga são projetados, tipicamente, para uma pressão de trabalho de 5 a 7 bar. Em termos de capacidade, este navio alcança até 8.000 m³ e são utilizados para transportar principalmente GLP.

Figura 14: Navio Semi-Pressurizado / Semi-Refrigerado



Fonte: www.naval.com.br/NMB

Comparado aos navios totalmente pressurizados, é possível uma redução na espessura do tanque devido à pressão reduzida, porém, ao custo da instalação de uma planta de refrigeração e isolamento térmico do tanque. Os tanques desses navios são construídos com aços capazes de suportar temperaturas de até -10°C . Eles podem ter forma cilíndrica, esférica ou bilobular.

2.3.3 Semi-Pressurizado / Totalmente-Refrigerado

Estão entre os mais populares entre os operadores de navios gaseiros menores. São construídos para capacidades que variam de 1.500 m^3 a 30.000 m^3 . Transportam uma variedade de gases desde o GLP e VCM até propileno e butadieno. Possuem tanques tipo C, capazes de transportar cargas até -48°C em aço e até -104°C em alumínio.

Figura 15: Navio Semi-Pressurizado / Totalmente Refrigerado



Fonte: www.naval.com.br/NMB

Possuem também um equipamento de carga bastante flexível e podem carregar e descarregar para tanques tanto pressurizados quanto refrigerados.

2.3.4 Totalmente Refrigerados para GLP

Navios totalmente refrigerados (*Fully Refrigerated Ship*) transportam suas cargas aproximadamente à pressão atmosférica e são projetados, em geral, para transportar grandes quantidades de GLP e amônia. A configuração mais utilizada é o tanque independente com simples blindagem lateral, sendo o próprio tanque uma unidade prismática Tipo A, livremente erguido, capaz de resistir a uma pressão máxima de trabalho de 0,7 bar. Os tanques são construídos com aços de baixas temperaturas para permitir o transporte a temperaturas de até -48°C . Os navios Totalmente Refrigerados variam em tamanho de 10.000 m^3 a 100.000 m^3 .

Figura 16: Navio Totalmente Refrigerado para GLP



Fonte: www.pbase.com/smera/navios_porto_de_santos_brazil

Um típico navio de GLP totalmente refrigerado teria até seis tanques de carga, cada tanque montado com uma antepara longitudinal central para melhorar a estabilidade. Os tanques são normalmente apoiados em calços de madeira e são fixados ao casco em apenas uma das extremidades para permitir expansão e contração, bem como evitar o movimento do tanque sob condições de cargas estáticas e dinâmicas.

Em razão das condições de transporte a baixa temperatura, este navio deverá possuir planta de reliquefação e isolamento térmico. Este navio está limitado no tocante à flexibilidade operacional. Entretanto, aquecedores de carga e bombas Booster são freqüentemente usados para permitir a descarga em instalações de armazenamento pressurizadas. Quando existirem tanques do Tipo A, será necessária uma barreira secundária completa. Os porões dos tanques de carga deverão ser inertizados quando estiverem transportando cargas inflamáveis. O lastro é carregado nos tanques de duplo-fundo e nos tanques laterais ou superiores.

2.3.5 Eteneiros

Navios de etileno tendem a serem construídos para tráfegos marítimos específicos e têm capacidades que variam de 1.000 m³ a 30.000 m³. Em geral, este gás é transportado totalmente refrigerado em sua temperatura de ebulição de -104°C a pressão atmosférica. Se forem usados tanques de pressão do Tipo C, não é necessária barreira secundária. Para tanques do Tipo B exige-se uma barreira secundária parcial.

Figura 17: Navio Eteneiro



Fonte: Agência de Navios Optima – www.optimashipbrokers.com/optima

Com tanques do Tipo A exige-se uma barreira secundária total. Devido a temperatura de transporte de carga de -104°C , o casco não poderá ser usado como barreira secundária então, neste caso, uma barreira secundária separada deverá ser montada.

Este tipo de embarcação é dotada de isolamento térmico e de uma planta com alta capacidade de reliquefação. Vários navios de etileno podem também transportar cargas de GLP aumentando, assim, sua versatilidade. O lastro é carregado nos tanques de duplo-fundo e em tanques laterais superiores e um casco duplo completo é necessário para todas as cargas transportadas abaixo de -55°C sejam os tanques dos Tipos A, B ou C.

2.3.6 Totalmente Refrigerados para GNL (Gás Natural Liquefeito)

São construídos especialmente para transportar grandes quantidades de GNL em projetos específicos e contratados para um tempo entre 20 e 25 anos. Sua temperatura varia próxima de -163°C . Possui capacidades entre 120.000 m^3 e 145.000 m^3 , atualmente chegando a 220.000 m^3 .

Figura 18: Navio Totalmente Refrigerado para GNL



Fonte: Estaleiro Hyundai – ABM Brasil – www.abmbrasil.com.br

Possuem tanques tipo membrana ou tipo B esférico e também possuem casco duplo, espaços vazios inertizados exceto nos tanques tipo B que usam ar seco. Estes navios não possuem planta de reliquefação. Usam uma turbina de vapor como propulsor e gás da carga como combustível.

Os Gaseiros também estão divididos em 4 categorias IG, IIG, IIPG E IIIG, que representam a graduação de perigo das cargas transportadas:

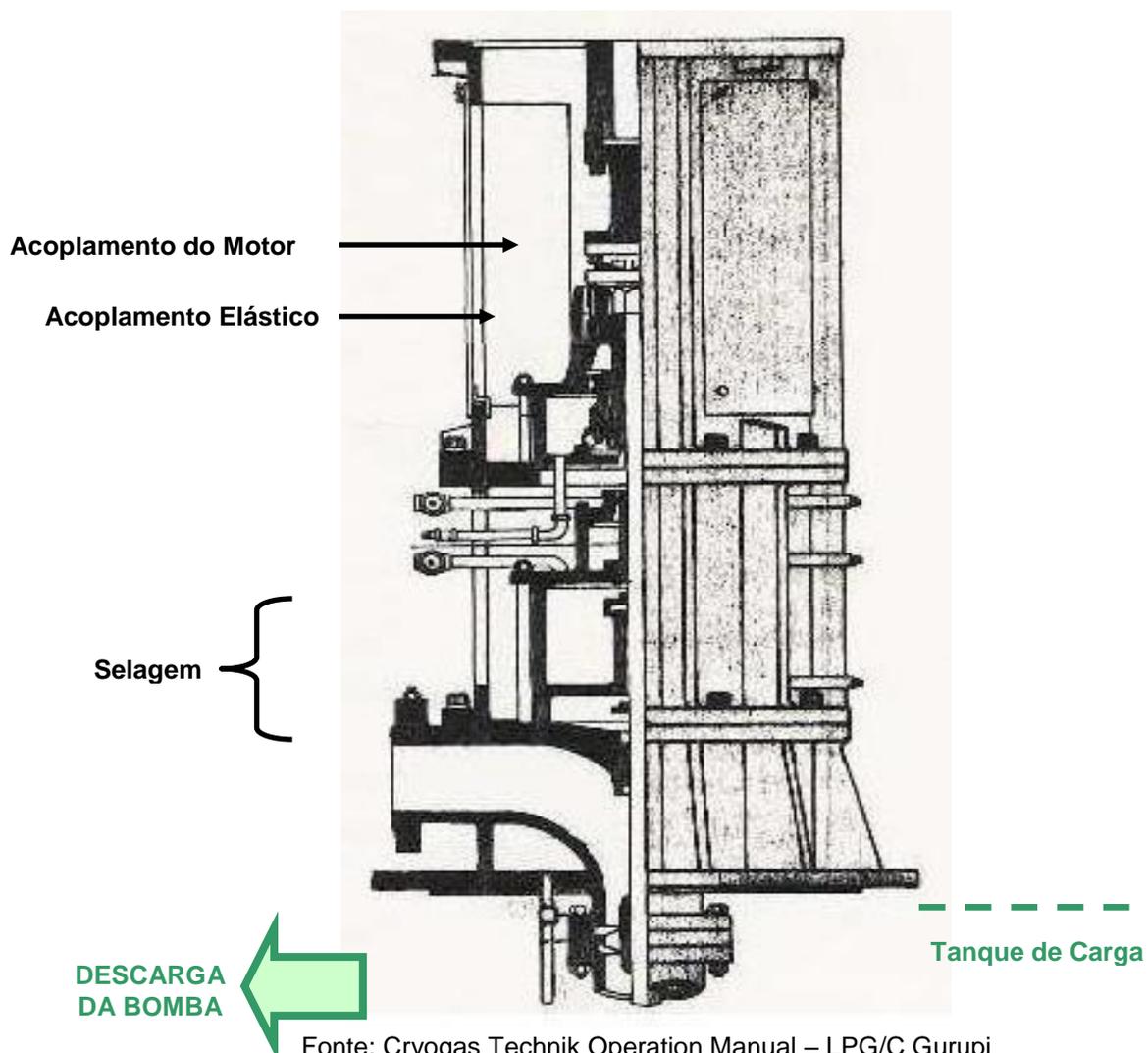
- a) Navios categoria IG – Medidas máximas de segurança – Cargas extremamente perigosas (Cloro, Etileno óxido);
- b) Navios categoria IIG – Medidas significativas de segurança – Cargas perigosas (Eteno, Etano, etc...);
- c) Navios categoria IIPG – Medidas significativas de segurança – Cargas não muito perigosas (Amônia, Butano, Propano);
- d) Navios categoria IIIG – Medidas moderadas de segurança – Cargas de perigo moderado (Nitrogênio e outros gases refrigerantes).

3 OS EQUIPAMENTOS

3.1 Bombas de Carga

As bombas de carga são, normalmente, do tipo “bomba de profundidade ou imersão” e são instaladas, uma para cada tanque. As bombas são normalmente do tipo segmento multi-estágio com impelidor, eixo apoiado em mancais, com duplo selo mecânico, com o líquido selante (normalmente óleo hidráulico) formando o selo do eixo, porém este óleo não poderá contaminar a carga. As bombas são acionadas por meio de motor elétrico através de acoplamento elástico. Os motores são equipados com um sistema fixo de aquecimento elétrico.

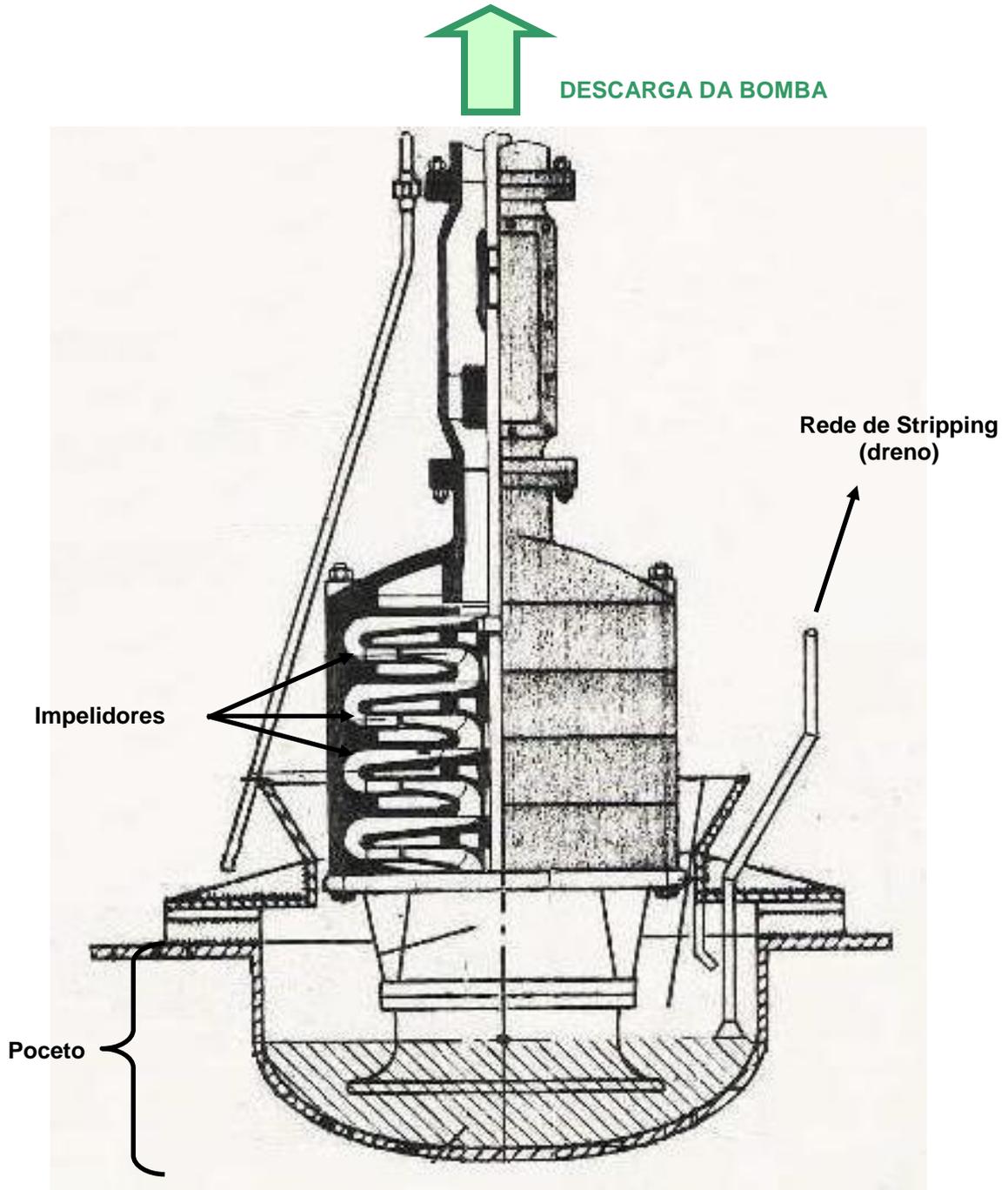
Figura 19: Bomba de Carga – Selagem e Acoplamentos (parte externa ao tanque de carga)



Fonte: Cryogas Technik Operation Manual – LPG/C Gurupi

Os navios são dotados de uma ou duas bombas *booster* que são normalmente instaladas no convés.

Figura 20: Bomba de Carga – Impelidores e o Poceto do Tanque



Fonte: Cryogas Technik Operation Manual – LPG/C Gurupi

Em geral, as bombas *booster* são operadas em série com as bombas de carga – duas ou três bombas de carga em conjunto com uma bomba *booster*, ou uma bomba *booster* mais uma bomba de carga. Pode-se ainda operar com um conjunto em série das bombas *booster*. Com as bombas *booster* em operação, é

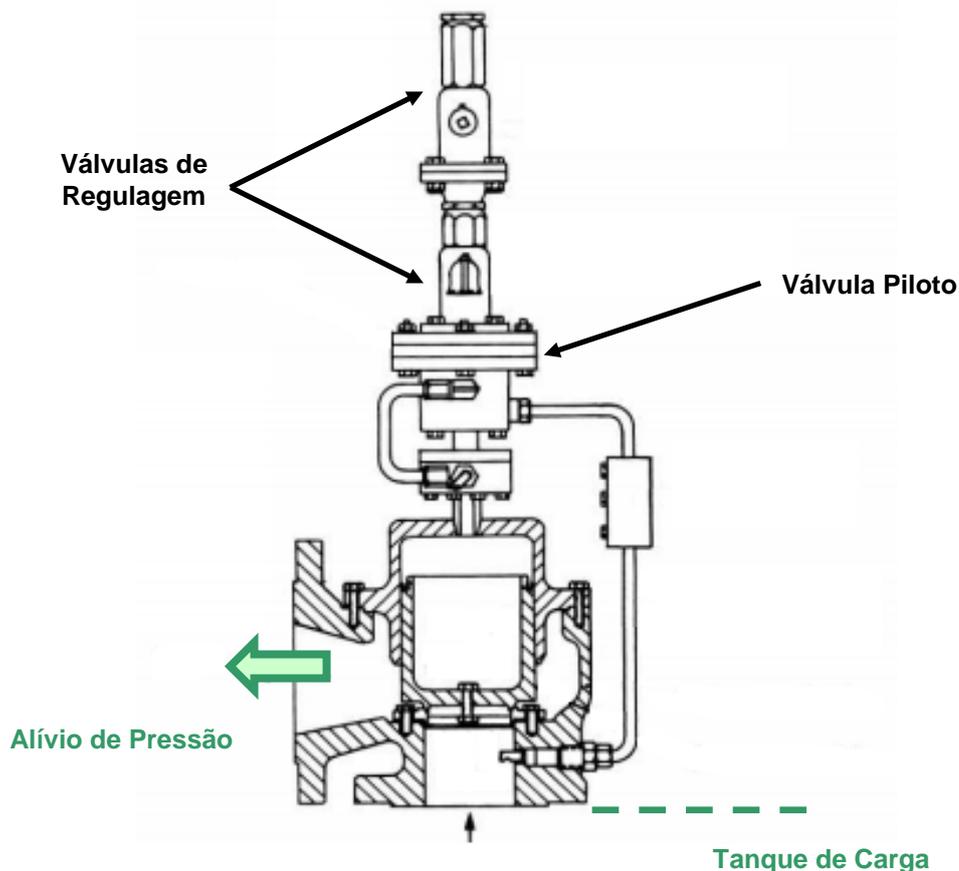
importante assegurar-se de que a pressão nos *manifolds* não exceda a pressão ajustada nas suas válvulas de alívio (por exemplo 22,5 bar). As bombas *booster* são instaladas sobre uma estrutura localizada no convés principal. Quando uma bomba de carga estiver operando em série com uma bomba *booster*, é essencial que seja tomado cuidado especial para o ajuste das mesmas.

3.2 Instrumentação

Suas redes de vapor e líquido diretamente de cada tanque para o manifold onde são conectadas às *crossovers*.

Possuem Gerador de Gás Inerte, que em sua maioria possuem um sistema de gerador do tipo queima, principalmente os destinados ao transporte de GLP.

Figura 21: Válvula de Alívio de Pressão



Fonte: Cryogas Technik Operation Manual – LPG/C Gurupi

São dotados de Válvulas de Alívio de Segurança para os “*Vent Posts*” com “*set point*” de abertura (3,6 / 5,4 ou 17 bar). Estas válvulas funcionam para um eventual aumento excessivo de pressão, evitando um rompimento de qualquer vaso,

rede ou tanque. São classificadas como Válvulas de Alívio, pois somente abrem por excesso de pressão, diferentemente dos demais navios-tanque, que também abrem com vácuo.

Toda a sua instrumentação deverá ser projetada e adaptada para o “range” de temperatura igual ou superior ao do navio.

3.3 Planta de Reliquefação

Com exceção dos navios de gás totalmente pressurizados e navios totalmente refrigerados para GNL, devem ser providenciados meios de controlar a pressão de vapor nos tanques de carga durante o carregamento e durante o transporte.

Os navios que transportam gases refrigerados possuem uma planta de reliquefação que retira o vapor de carga do tanque e o devolve como líquido refrigerado ao tanque.

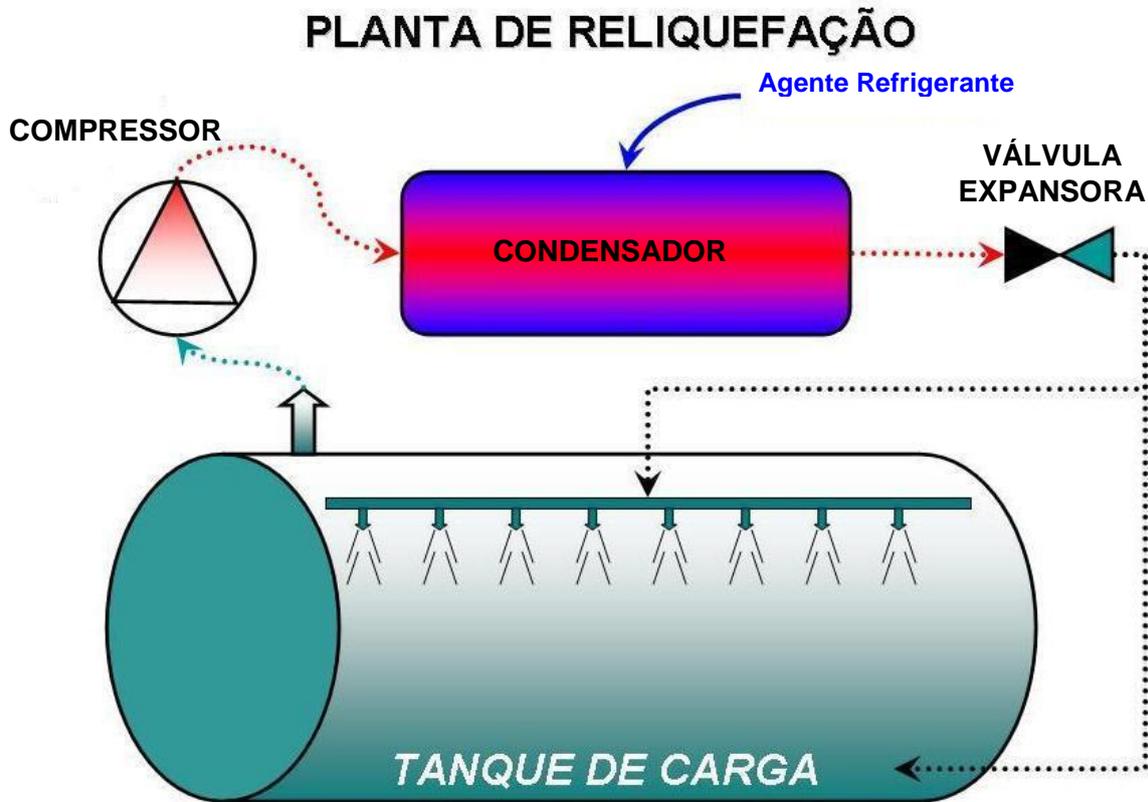
A Planta de Reliquefação é o conjunto de equipamentos que permite manter ou modificar as condições em que a carga foi embarcada além de resfriar ou aquecer a estrutura dos tanques de carga e seus anexos, pressurizar sistemas, limpar linhas, transferir vapor para o terminal, etc... Adicionalmente, existem alguns sistemas e componentes auxiliares, como por exemplo: fornecimento de água de resfriamento, circuitos de aquecimento e de resfriamento com glicol, sistemas de monitoramento e controle.

A Planta de Reliquefação aspira somente o vapor da carga do interior do tanque de carga, através de um compressor, comprimindo-o e elevando sua temperatura. Após isso, este vapor superaquecido passa por um condensador (trocador de calor), tornando-se liquefeito, porém ainda com uma temperatura elevada. Antes de retornar ao tanque de carga, este líquido percorre vários equipamentos, dentre eles uma válvula expansora, que baixará essa temperatura, para que a carga retorne a uma temperatura menor que a do interior do tanque.

Reduzindo-se sua temperatura também resultará na redução de sua pressão de vapor. Neste caso, o gás será transportado a uma pressão próxima da pressão atmosférica, na temperatura de ebulição do gás. Isso representa temperaturas como

-5°C para butadieno, -42°C para propano, -104°C para etileno e -161,5°C para gás natural.

Figura 22: Planta de Reliquefação (Diagrama Básico)



Fonte: Palestra – Navios Especiais

Um aspecto importante a ser considerado no transporte de gases liquefeitos é que após a descarga, uma determinada quantidade de carga permanecerá nos tanques na forma de vapor, denominado remanescente de carga. Em navios de pequeno porte, até 10.000 m³, esta quantidade não passa de 10 tm por tanque e em navios grandes de gás natural poderá ultrapassar 300 tm por tanque. Essa carga remanescente deverá ser calculada antes do início do carregamento e após o término da descarga e descontada na apuração do total carregado. Em vista disso, também, quando ocorrer uma troca de produto, deverá ser verificada a compatibilidade da carga remanescente com a próxima a ser carregada e os tanques deverão ser preparados de acordo.

Os tanques de carga e demais equipamentos da planta de carga devem estar completamente separados das acomodações, da Praça de Máquinas, tanques de FO e DO, etc., por coferdans ou outros meios estanques à gás.

As acomodações, no interior da Superestrutura, assim como a Praça de Máquinas, devem manter uma pressão positiva, evitando a penetração de gases, num eventual vazamento.

4 RISCOS E PREVENÇÕES

4.1 Fratura Frágil, “Cooling Down”, “Boil Off” e “Roll Over”

Fratura Frágil – O armazenamento e o transporte de gases são feitos no estado líquido através de compressão, resfriamento ou pela combinação desses dois processos. As baixas temperaturas podem tornar o aço quebradiço se a carga entrar em contato abrupto com ele, ou seja, a temperatura das paredes internas do tanque não deve estar diferente da temperatura da carga em mais de 10°C por ocasião do carregamento.

Um vazamento de gás de grandes proporções em áreas do navio não projetadas para temperaturas baixas, como o chapeamento do convés principal, poderá resfriar o aço a temperaturas que o tornem frágil. Esta fragilidade poderá causar trincas nas áreas resfriadas. Nos tanques de carga deverá também ser observada a razão máxima de resfriamento ou aquecimento, normalmente expressa em graus centígrados por unidade de tempo.

Há a necessidade de se manter a bandeja do manifold com água, evitando-se assim, uma variação abrupta nesta chapa em caso de vazamento, o que também poderá acarretar numa trinca.

Cooling Down – Caso o produto do próximo carregamento possua uma temperatura bastante baixa, há necessidade de preparar o tanque, isto é, diminuir a temperatura da chapa e do interior do tanque, fins evitar uma possível fratura frágil no carregamento. Neste caso, utilizaremos a Planta de Reliquefação (compressor, condensador e válvula expansora), retornando vapor da carga anterior com uma temperatura próxima a do produto a ser carregado, pela rede de borrifo superior, resfriando-o por completo.

Este procedimento também poderá ser efetuado diretamente com o produto a ser carregado, durante a operação de carga, carregando-se apenas pela rede de borrifo superior, com uma vazão bastante baixa e apropriada para esta faina.

Deve-se observar e respeitar a variação máxima de temperatura das chapas dos tanques de carga, contida no manual do navio (em torno de 10°C), fins evitar uma trinca nesta chapa (fratura frágil).

Boil-Off – A vaporização da carga do interior do tanque, o que acarreta um aumento de temperatura e pressão, denomina-se “*BOIL-OFF*”. Esta mudança de

estado físico da carga ocorre com o auxílio dos compressores de carga, para o aquecimento (aumento de temperatura) do interior do tanque de carga, normalmente antes de uma inertização ou carregamento de produto ambiente.

Roll Over – Processo rápido de mistura de espontânea, devido a um carregamento LOT (Load On Top), com cargas de densidades diferentes. Esta mistura provoca uma agitação excessiva nas moléculas dos produtos, acompanhado de uma grande geração de vapor, aumentando subitamente a pressão dos tanques e criando um grande risco de abertura das válvulas de alívio.

4.2 Vazamento e Poluição

Informações necessárias sobre as cargas transportadas são encontrados em folhetos (MSDS) distribuídos nos salões de estar, refeitórios, escritório e centro de controle de carga dos navios à disposição de todos os tripulantes.

Figura 23: MSDS (GLP)

 MSDS	
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO – LPG	
GÁS COMPRIMIDO LIQUEFEITO, LÍQUIDO INCOLOR SOB PRESSÃO, ODOR FRACO. PODE HAVER ADIÇÃO DE ODOR DE ENXOFRE. FLUTUA E FERVE SOBRE A ÁGUA. INFLAMÁVEL, PRODUZ NUVEM DE VAPOR.	
PERIGOS	
FOGO	INFLAMÁVEL, IGNIÇÃO POR CALOR, FAÍSCAS OU CHAMA ABERTA. ESPALHANDO-SE O VAPOR, PODERÁ HAVER A VOLTA DA CHAMA. O VAPOR PODE EXPLODIR SE HOVER IGNIÇÃO NUMA ÁREA ABERTA.
EXPOSIÇÃO	O VAPOR NÃO CAUSA IRRITAÇÃO DOS OLHOS, NARIZ E GARGANTA. SE INALADO, CAUSARÁ TONTEIRA, DIFICULDADE DE RESPIRAÇÃO OU PERDA DE CONSCIÊNCIA. O LÍQUIDO PROVOCARÁ ULCERAÇÃO PELO FRIO.
POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	NÃO CAUSA DANO À VIDA AQUÁTICA.
EM CASO DE EMERGÊNCIA	
SE ACONTECER	PROCEDIMENTOS
DERRAME OU VAZAMENTO	PARE A CARGA OU DESCARGA. AFASTE AS PESSOAS. FECHUE O VAZAMENTO SE PUDER FAZÊ-LO SEM RISCO. ELIMINE FONTES DE IGNIÇÃO E CHAME O CORPO DE BOMBEIROS. PERMANEÇA COM VENTO DE PROA E USE SPRAY DE ÁGUA PARA BAIXAR O VAPOR. EM CASO DE GRANDE VAZAMENTO EVACUE A ÁREA. EVITE CONTATO COM LÍQUIDO. NOTIFIQUE AS AGÊNCIAS DE CONTROLE LOCAIS DE SAÚDE E POLUIÇÃO.
FOGO	PARE A CARGA OU DESCARGA. FECHUE O VAZAMENTO SE POSSÍVEL. CHAME O CORPO DE BOMBEIROS. ESFRIE OS TANQUES E OS HOMENS EFETUANDO O FECHAMENTO COM ÁGUA.
EXPOSIÇÃO	DIRIJA-SE AO AR FRESCO. SE NÃO HOVER RESPIRAÇÃO; APLIQUE RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL E OXIGÊNIO. SE A RESPIRAÇÃO É DIFÍCIL, APLIQUE OXIGÊNIO. EM CASO DE CONTATO USE BASTANTE ÁGUA NAS ÁREAS AFETADAS, NÃO ESFREGUE AS ÁREAS AFETADAS.

Fonte: Arquivo pessoal

Certos vapores são cáusticos, outros são reativos, e podem ser absorvidos pela pele. A temperatura baixa também pode provocar queimadura se entrar em contato com a pele.

Um gás quando liberado para a atmosfera, caso esteja com uma concentração dentro de sua faixa de inflamabilidade e ficar exposto a uma fonte de ignição, irá entrar em combustão. Dependendo das condições em que a combustão ocorrer, uma sobre-pressão ocorrerá devido à rápida expansão do gás aquecido. Um vazamento de gás líquido ou uma nuvem de vapor inflamando-se sobre a água causará pouca pressão devido à mesma não estar ocorrendo em um espaço confinado. Por outro lado, a ignição do vapor dentro de um espaço fechado, rapidamente poderá criar uma sobre-pressão suficiente para romper as anteparas. Entre estes dois extremos, está confinamento parcial, como nas plantas de terra, onde a ignição pode gerar sobre-pressão suficiente para causar dano substancial. Um vazamento de gás líquido ou vapor de uma rede com pressão irá queimar, se houver ignição, até que o combustível se acabe, ou seja, interrompido o vazamento.

Vale ressaltar que é proibida a liberação de vapores de carga para a atmosfera quando com o navio no porto, porém, é preferível efetuar esta operação a ocorrer uma ruptura num tanque de carga ou em outro equipamento, devido a um excesso de pressão.

4.3 Contatos e Exposição

A complexidade dos navios de gás liquefeito e a natureza de suas cargas acarretam uma série de perigos para a tripulação. No manuseio de cargas tóxicas será necessário usar máscaras contra gases especialmente em espaços fechados. Essas máscaras encontram-se a bordo em quantidade suficiente para todos os tripulantes de modo que se necessário o navio pode ser abandonado com segurança.

Para testar a atmosfera dos tanques os navios dispõem de oxímetros, explosímetros e toxímetros portáteis e/ou fixos, pois são necessários os testes de inflamabilidade, toxicidade e de concentração de oxigênio, dependendo do serviço a ser executado. Devido ao uso de gás inerte é mandatário que a atmosfera do tanque contenha 20,8% de oxigênio antes que qualquer pessoa nele penetre, para se evitar

algum acidente, segundo a Norma Regulamentadora Nº. 33 do Ministério do Trabalho e Emprego, vigente desde março de 2007.

Se o vazamento da carga provocar incêndio é necessário, em primeiro lugar, eliminar a fonte do vazamento para então extinguir o incêndio, caso contrário corre-se o risco de que uma quantidade maior de gás inflamável reascenda.

O sistema fixo e portátil de pó químico é utilizado para apagar as chamas. O jato d'água deve ser usado para resfriamento e para impedir a ré-ignição.

O vazamento de gás liquefeito a baixa temperatura sobre uma pessoa pode causar queimaduras sérias, bem como congelamento da parte do corpo exposta ao gás.

Além disso, mesmo no caso de gases liquefeitos transportados à temperatura ambiente, no caso de vazamento, a rápida vaporização do gás liquefeito poderá também causar queimaduras na pele.

Alguns gases liquefeitos apresentam riscos de toxidez, principalmente se o seu vapor for inalado. Amônia, Cloro, Óxido de Etileno e Óxido de Propileno também são muito perigosos para a pele. Cloreto de Vinila é conhecido por causar câncer e o Butadieno é suspeito de ter os mesmos efeitos. A combustão incompleta de hidrocarbonetos poderá produzir o monóxido de carbono, um gás altamente tóxico.

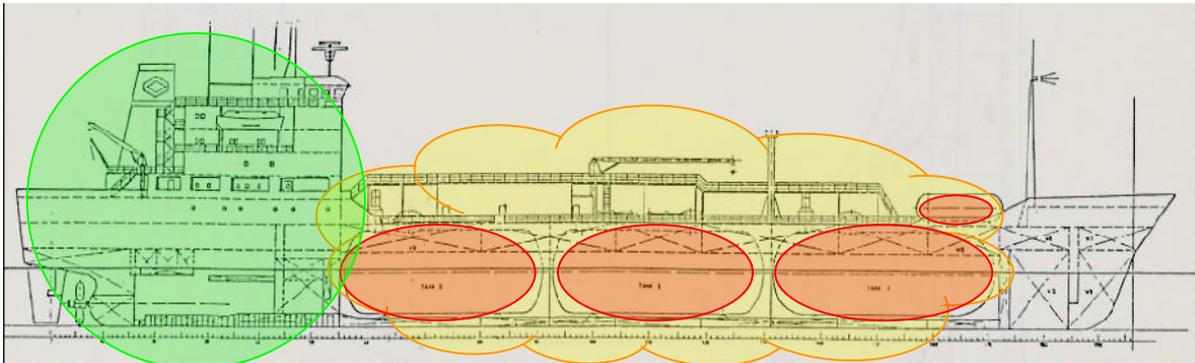
4.4 Equipamentos em Áreas de Risco

Áreas e zonas onde os gases inflamáveis podem acumular na atmosfera apresentando risco ao navio são classificadas como segue:

- . ZONA 0: uma área com mistura inflamável presente continuamente;
- . ZONA 1: uma área onde a mistura inflamável está presente durante as operações normais;
- . ZONA 2: uma área onde a mistura inflamável poderá ocorrer durante as operações normais.

As zonas e espaços também são classificados como “**espaços com perigo de gás**” (ex: compartimento dos compressores de carga, área dos tanques de carga, espaços de porão, etc.) e “**espaços sem perigo de gás**” (ex: acomodações e praça de máquinas), dependendo do risco envolvido pela presença de vapor da carga.

Figura 24: Zonas e Espaços com perigo de gás em um Navio Gaseiro



Zona 0: Tanques de Carga

Espaços com Perigo de Gás: Área de Carga, Porões

Espaços sem Perigo de Gás: Superestrutura, Praça de Máquinas

Fonte: Apostila do Curso ESOG / Palestra – Navios Especiais

Nos espaços com perigo de gás somente poderão ser utilizados equipamentos elétricos do tipo aprovado. Esta regra se aplica tanto para os equipamentos fixos quanto para os equipamentos portáteis. O capítulo 10 do IGC define os equipamentos certificados como de tipo seguro para utilização nos espaços e zonas com perigo de gás.

Equipamento intrinsecamente seguro está definido como um circuito elétrico, conectado a aparatos, e que nenhuma faísca ou efeito térmico, debaixo das operações normais ou condições de falta especificadas, são capazes de causar ignição de uma determinada mistura explosiva. Esta limitação para tal energia poderá ser colocando uma barreira no fornecimento de eletricidade para “área perigosa”. O uso de sistema intrinsecamente seguro é limitado para instrumentação e controle de circuito nas áreas perigosas.

Equipamentos a prova de chama possuem um sistema fechado que pode resistir à pressão desenvolvida durante uma ignição interna de uma mistura inflamável e que o projeto é tal que qualquer ocorrência de má explosão interna seria resfriada abaixo da temperatura de ignição, antes de alcançar a atmosfera próxima.

A Planta de Reliquefação é montada em um compartimento no convés, e contíguo a este compartimento são colocados os motores elétricos dos Compressores de Carga e estes compartimento são separados por uma anteparas estanque à gás. Uma ventilação para manter a pressão positiva deve ser instalada no compartimento dos motores elétricos e uma com pressão negativa para o

compartimento dos compressores de carga para manter uma pressão diferencial positiva entre os compartimentos. A entrada do Compartimento de Motores Elétricos possui um “*air lock*”, com duas portas estanques à gás com pelo menos 1,5 m entre elas, para prevenir a perda da pressão diferencial no compartimento no momento da entrada, o que causaria uma desalimentação em toda a Planta de Carga.

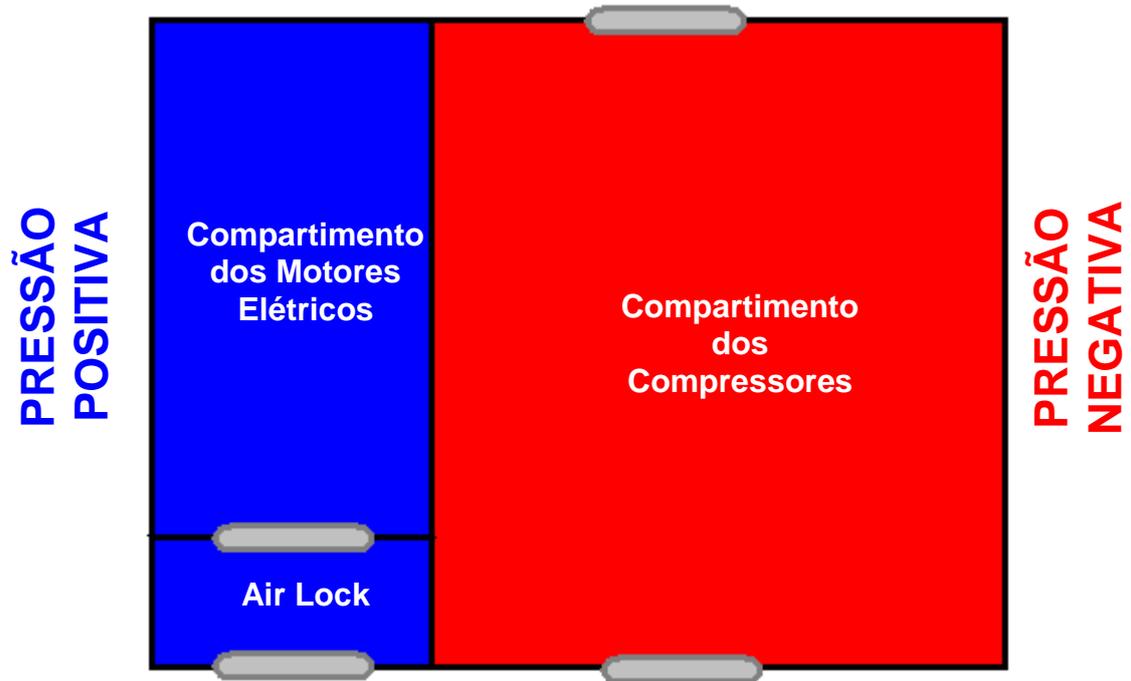
O Compartimento dos Motores Elétricos possui dois sensores, sendo um de pressão e outro de fluxo que, caso haja falha em algum deles, automaticamente é acionado o sistema de ESD (“*Emergency Shut Down*” – Sistema de Parada de Emergência), desarmando (desalimentando) toda a Planta de Carga. Fins evitar que as portas sejam abertas simultaneamente, elas devem ter um sistema de auto-fechamento com um alarme visual e sonoro em ambos os lados das portas.

Figura 25: Compartimento dos Motores Elétricos (Pressão Positiva)



Fonte: Características Operacionais de Navios Gaseiros

Figura 26: Diagrama básico do Compartimento dos Compressores, Motores Elétricos e Air Lock



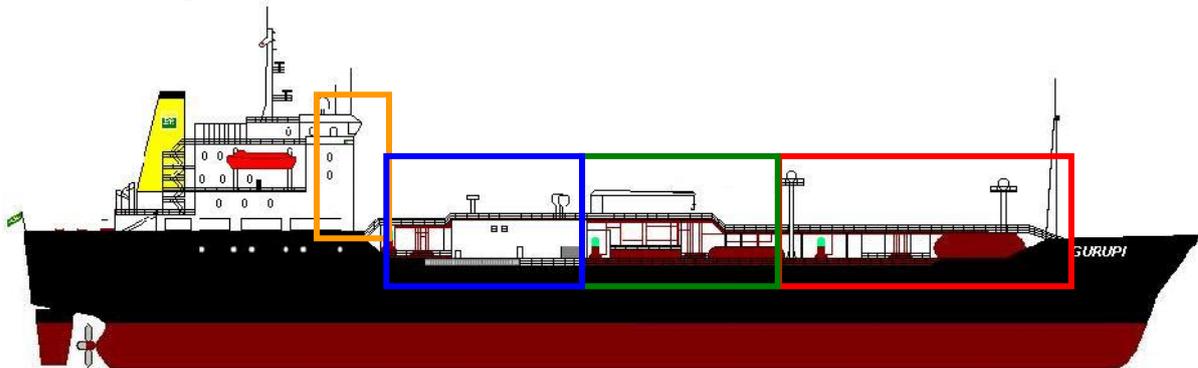
Fonte: Apostila do Curso ESOG / Palestra – Navios Especiais

5 EMERGÊNCIAS

5.1 Combate a Incêndio

Sistema de Borrifo – Um sistema fixo de extinção de incêndio por spray de água cobre todos os domos dos tanques de carga, manifold e crossovers, anteparas do compartimento de compressores de carga e antepara frontal da superestrutura. O Sistema de Borrifo consiste em água do mar é fornecida pelas bombas instaladas na Praça de Máquinas e distribuídas por uma estação de distribuição para os domos dos tanques, *manifold*, planta de carga, antepara de vante da superestrutura e ccc.

Figura 27: Sistema de Borrifo e áreas de cobertura no convés principal



SEÇÃO 1: Convés do Castelo / Tanques de Convés BB e BE / Tanque 1

SEÇÃO 2: Manifold / Crossover / Tanque 2 / Bombas de Recalque

SEÇÃO 3: Comp. Compressores / Comp. Motores Elétricos / Tanque 3

SEÇÃO 4: Antepara frontal da Superestrutura

Fonte: Palestra – Navios Especiais

Em alguns navios mais modernos, esse Sistema de Borrifo poderá ser acionado por um Sistema de “Plug Fusível”, que consiste numa rede de dimensões reduzidas, pressurizada com ar e, possuindo em suas extremidades, ponteiros de chumbo, que derretem a uma temperatura próxima a 98°C. Com esse derretimento, a rede despressuriza-se, desarmando a Planta de Carga e acionando o Sistema de Borrifo.

Além de funcionar como sistema de extinção de incêndio, o Sistema de Borrifo auxilia em caso ocorra um vazamento de carga (vapor ou líquido), dissipando o produto pelo convés até o mar. Por este motivo, é mandatório que os embornais não estejam bujonados durante a operação de Carga ou Descarga.

Sistema Fixo de Pó Químico – Cobre toda a área do convés e, principalmente, os manifolds e crossover desses navios. Deve possuir um sistema de disparo a distância de uma Estação de Combate a Incêndio.

Sistema Fixo de CO₂ – Sendo um agente extintor, possui uma característica não muito indicada aos navios transportadores de gás, que é a geração de cargas eletrostáticas. Sua utilização se dá para alagamentos na Praça de Máquinas, Paiol de Tintas e outros compartimentos fora da área de carga.

Sistema Fixo de Halon – Normalmente utilizado somente em navios já com idade elevada. O Sistema de Combate a Incêndio por Halon é destinado para a proteção do compartimento dos Motores Elétricos e dos Compressores de Carga.

5.2 Sistemas Fixos de Apoio

Gerador de Gás Inerte – Principalmente utilizado para o controle da atmosfera do tanque de carga e de espaços vazios e, assim, prevenir a formação de misturas inflamáveis durante a limpeza de tanques para reparos, troca de carga ou apenas inspeções. Utilizado também o gerador de gás inerte para gerar ar seco para os porões dos tanques de carga, para mantê-los isentos de umidade e preservar o revestimento dos mesmos.

Sistema de Nitrogênio – Consiste em uma bateria de ampolas recarregáveis de gás nitrogênio, utilizados quando na necessidade de purga ou sopro de linha e inertização de pequenos compartimentos. Devido ao seu elevado custo de reposição, é raramente utilizado quando existe a necessidade de se inertizar ou desgaseificar um tanque ou porão de carga (espaço vazio).

5.3 Sistema de Detectores

Detectores de Gás – O IGC exige que os navios de gás possuam sistemas fixos de detecção de gases com alarmes visuais e sonoros. O Sistema fixo de Detecção de Gás consiste em uma série de sensores, módulos de alarme e unidades de medida, localizados no CCC e/ou Passadiço, monitorando continuamente a concentração de gases em algumas determinadas áreas. Esses alarmes devem soar no Passadiço e no Centro de Controle de Carga e seus sensores são normalmente instalados nos seguintes locais:

- a) Compartimento dos Compressores;
- b) Compartimento dos Motores Elétricos;
- c) Centro de Controle de Carga (exceto quando classificada como livre de gás);
- d) Espaços Confinados, tais como: Porões, Espaços Vazios, etc...;
- e) Airlocks;
- f) Passadiço;
- g) Plataformas de Ventilação (Ar Condicionado); e
- h) Praça de Máquinas (alimentadas por GNL).

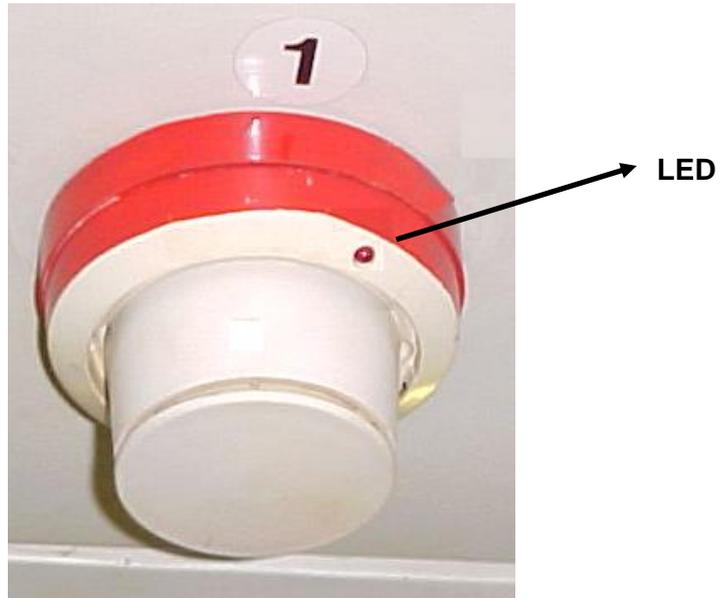
Figura 28: Painel do Sistema Fixo de Detecção de Gás



Fonte: LPG/C Gurupi – arquivo pessoal

Detectores de Fumaça ou Incêndio – Os navios mais modernos possuem um Sistema Fixo de Detecção de Fumaça, que consiste em uma série de sensores sensíveis à fumaças visíveis e invisíveis. Desta forma são capazes de anunciar a presença de incêndio com ou sem chama. Quando a quantidade de fumaça exceder o limite mínimo, um alarme é acionado e um LED irá acender na base do detector, juntamente com um LED no Painel da Central de Monitoramento.

Figura 29: Sensor do Sistema Fixo de Detecção de Incêndio



Fonte: LPG/C Gurupi – arquivo pessoal

Figura 30: Painel do Sistema Fixo de Detecção de Incêndio



Fonte: LPG/C Gurupi – arquivo pessoal

6 GÁS NATURAL / GNL

6.1 Características e Vantagens

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos, onde o metano predomina. A mistura varia consideravelmente de acordo com o local e como o gás é encontrado e, particularmente, se está associado ou desassociado do óleo cru, nos reservatórios.

O gás associado é rico porque contém alta percentagem de *etano* (C_2H_6), *propano* (C_3H_8), *butano* (C_4H_{10}), que possuem maior valor calorífico do que o *metano* (CH_4). No gás natural também pode conter uma pequena percentagem de nitrogênio.

O metano não pode ser liquefeito apenas por pressurização como o etano, propano e butano. Portanto, deve ser resfriado para ser convertido em líquido e transportado por navios. Normalmente, é resfriado até ao seu ponto de ebulição atmosférico de $-161,5^{\circ}C$ ou próximo desta temperatura. Nesta condição, ocupa 1/600 de seu volume como gás. O ponto de ebulição de uma mistura de gás natural, muitas vezes, difere um pouco do metano puro, sendo influenciado por pontos de ebulição de outros gases na mistura.

O gás natural liquefeito é incolor, inodoro e não é tóxico. Ele tem relativamente uma baixa velocidade de chama, alto nível percentual de inflamabilidade no ar, elevado ponto de auto-ignição e não é corrosivo. Seu peso é a metade da água. Seu principal constituinte, o metano que é mais leve do que o ar nas temperaturas acima de $-110^{\circ}C$. O butano, propano e etano são expansíveis em todas as temperaturas.

Vantagens Macroeconômicas do GNL:

- a) Diversificação da matriz energética;
- b) Fontes de importação regional;
- c) Disponibilidade ampla, crescente e dispersa;
- d) Redução do uso do transporte rodo-ferro-hidroviário;
- e) Atração de capitais de riscos externos;
- f) Melhoria do rendimento energético;
- g) Maior competitividade das indústrias;
- h) Geração de energia elétrica próximo aos centros de consumo;

- i) Não exige gasto de energia com o aquecimento para a queima;
- j) Aumento da oferta de empregos e;
- k) Elimina o custo da estocagem.

São inúmeras as vantagens econômicas do uso do gás natural, mas sua maior contribuição está ligada diretamente na melhoria dos padrões ambientais. O gás natural é um combustível fóssil, encontrado no subsolo, associado ou não com petróleo, composto basicamente de gás metano.

Devido à sua pureza, produz uma queima limpa e uniforme, sem a presença de fuligem e de outras substâncias que possam prejudicar o meio ambiente. Ao substituir, por exemplo, a lenha, o gás reduz o desmatamento. Nos grandes centros, diminui consideravelmente a emissão de compostos de enxofre e particulados, sem gerar cinzas ou detritos poluentes oriundos da utilização de outros combustíveis, seja no uso industrial ou no automotivo. O uso do LGN assegura a melhoria da qualidade do ar que se respira, baixando os índices de poluição e, conseqüentemente, de doenças respiratórias.

Numa época em que as atenções estão cada vez mais voltadas para o meio ambiente, o gás natural se apresenta como a melhor alternativa energética de hoje: um combustível versátil, econômico e limpo que será disponibilizado em escala compatível com a demanda nacional, pois:

- a) Não apresenta restrições ambientais;
- b) Reduz a emissão de particulados;
- c) Redução do desmatamento;
- d) Composição química constante, sem compostos pesados;
- e) Dispensa a manipulação de produtos químicos perigosos;
- f) Elimina o tratamento de efluentes dos produtos da queima;
- g) Melhoria da qualidade do ar nas grandes cidades;
- h) Baixíssima presença de contaminantes;
- i) Não emissão de particulares (cinzas);
- j) Não exige tratamento dos gases de combustão;
- k) Rápida dispersão de vazamentos e;
- l) Emprego em veículos automotivos, diminuindo a poluição urbana.

6.2 Navios para o Transporte de GNL

Os navios destinados ao transporte de gás natural são normalmente construídos para atender a demandas específicas de transporte, sendo atualmente o Japão o principal mercado deste tipo de navio. Em geral, são navios de grande porte, com até 300 metros de comprimento, capacidade de até 140.000 m³ e com tanques do tipo membrana. Estes tanques utilizam uma membrana fina com até 1,2 mm de espessura para a contenção da carga. Estas membranas são fabricadas a partir de ligas de aço adequadas para uma temperatura de -162°C, como o aço inoxidável.

As pressões máximas de projeto são de 0,7 bar e os tanques possuem uma barreira secundária completa e isolamento térmico. Um ponto interessante a ser destacado é que os navios para gás natural são os únicos que podem, de acordo com o IGC Code, utilizar a carga como combustível, desde que sejam atendidos os requisitos de construção do código para esse fim. Devido ao alto custo, complexidade e grande espaço requerido para a construção de uma planta de reliquefação para gás natural, estes navios não são dotados com estes equipamentos; o vapor é utilizado como combustível para propulsão do navio.

Em temperaturas ambientes o vapor do metano, principal constituinte do GNL, é mais leve do que o ar, motivo pelo qual ser a única carga que é permitida ser utilizada como combustível, diferentemente dos vapores do GLP, que é mais pesado do que o ar.

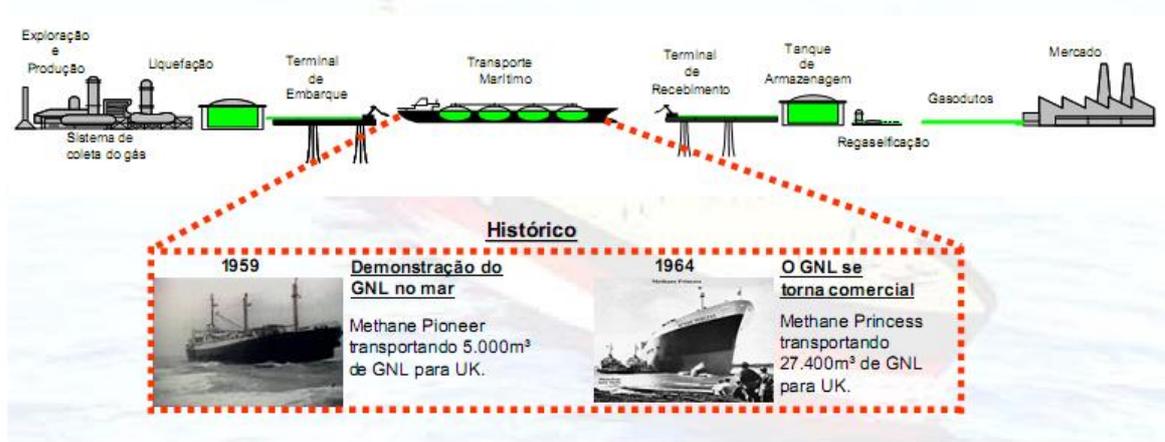
Todos os procedimentos e precauções de segurança devem ser observados para evitar acidentes durante esta operação.

Os navios de GNL usam vapor dirigido para turbina por compressores de fluxo axiais para controlar o “*boil-off*” dos vapores produzido durante o resfriamento, quando carregando e durante a viagem em lastro. Normalmente, um compressor de baixo-rendimento controla o “*boil-off*” em viagem e um outro compressor, de alto rendimento, controla o vapor produzido durante o resfriamento e o carregamento, devolvendo estes vapores para o Terminal.

Ainda em viagem, o compressor de baixo rendimento aspira o vapor dos tanques de carga, passando por um aquecedor a vapor para a popa, onde entra em um sistema de ramificação de tubos duplos, especialmente projetados para conduzir este vapor de GNL, para uma caldeira ou motor diesel.

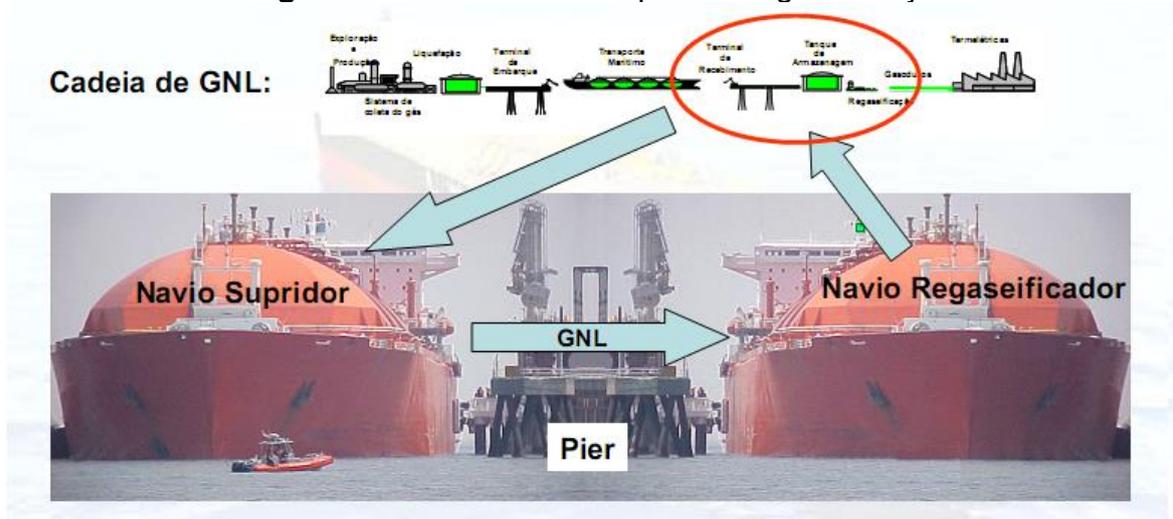
Essas ramificações são monitoradas continuamente para detecção automática de vazamentos e corte automático no caso de mau funcionamento do sistema.

Figura 31: Ciclo básico de transporte de GNL e histórico mundial



Fonte: Palestra Projeto Terminais Flexíveis de GNL

Figura 32: Cadeia de transporte e regaseificação de GNL



Fonte: Palestra Projeto Terminais Flexíveis de GNL

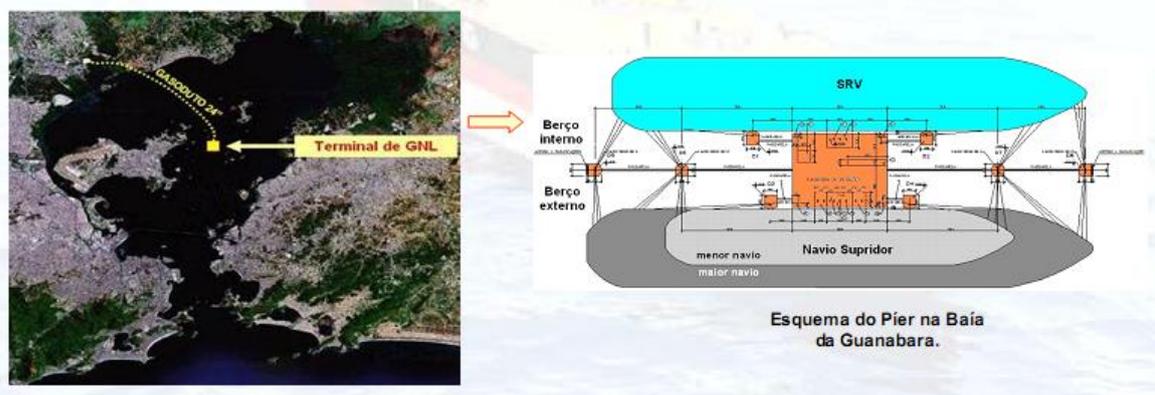
6.3 O Futuro

Em 2003, coincidindo com a comemoração dos seus 50 anos, a Petrobras dobrou a sua produção diária de óleo e gás natural ultrapassando a marca de 2 milhões de barris, no Brasil e no exterior. As empresas de petróleo no mundo estão deixando de ser companhias exclusivamente de petróleo para se tornarem empresas de energia. A Petrobras também tem se adequado a este novo contexto e uma das ações para isso é o investimento em pesquisas relacionadas ao Gás Natural. A Companhia tem se empenhado no desenvolvimento de soluções tecnológicas para transporte embarcado, armazenamento e utilização seletiva do gás natural, contribuindo para viabilizar o atendimento ao mercado projetado para os próximos anos.

Expansão das atividades – A perspectiva de crescimento das atividades da Transpetro na área de Gás Natural está alinhada com as metas do Planejamento Estratégico da Petrobras, que prevê grandes investimentos para este segmento. Esses investimentos permitirão que o País reduza a sua dependência externa em relação ao Gás Natural, aumentando a oferta proveniente da produção brasileira. Descobertas recentes nas Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo, ampliarão em 24 milhões de m³ a produção de gás natural até o final deste ano. Além disto, cerca de 20 milhões de m³ adicionais serão disponibilizados por meio da importação de GNL (Gás Natural Liquefeito).

Foram instaladas unidades de armazenamento e regaseificação de GNL nos Terminais Aquaviários de Pecém, no Ceará, e da Ilha D'Água, no Rio de Janeiro.

Figura 33: Projeto do terminal de GNL na Baía da Guanabara



Fonte: Palestra Projeto Terminais Flexíveis de GNL

Figura 34: Projeto do terminal de GNL de Pecém (CE)



Fonte: Palestra Projeto Terminais Flexíveis de GNL

A Petrobras já assinou carta-compromisso com a empresa de navegação Golar LNG Ltda., para o afretamento de dois navios de GNL.

O LNG Golar Spirit, construído em 1981, com 289 metros de comprimento, tanques esféricos e uma capacidade total de 129.000 m³, foi o primeiro navio no mundo convertido para realizar a regaseificação de GNL a bordo. A obra foi realizada no estaleiro Keppel, em Cingapura, iniciada em outubro de 2007 e foi concluída no prazo recorde: oito meses.

Figura 35: LNG Golar Spirit



Fonte: Palestra Projeto Terminais Flexíveis de GNL

O navio saiu de Cingapura, com destino a Trinidad e Tobago para carregar GNL e depois para o terminal em Pecém (CE). A vinda desta embarcação ao Brasil marca a entrada da Petrobras como agente no mercado internacional de GNL.

Com a chegada do LNG Golar Winter, construído em 2004, possui tanques de membrana, capacidade total de 138.000 m³, planta de regaseificação e foi destinado ao terminal da Ilha D'Água, na Baía da Guanabara, Rio de Janeiro.

Figura 36: LNG Golar Winter



Fonte: Palestra Projeto Terminais Flexíveis de GNL

A Transpetro será responsável pelas operações de descarga, regaseificação e inserção do gás na rede existente, podendo operar e armar esses dois navios e muitos outros que ainda estão por vir.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente foram abordados vários tópicos no desenvolvimento do transporte de gases. Desde os pioneiros transportadores até os atuais navios de GNL.

Com o desenvolvimento, vieram as modificações nos tipos e formato dos tanques, nos navios para transportar os diversos tipos de produtos e nos equipamentos para operação, como bombas de carga, instrumentações e planta de reliquefação.

Foram apontados todos os riscos relacionados ao transporte dos gases, assim como sua prevenção nos caso de vazamento, poluição, contato e exposição com o produto. E no caso de situação de emergência, foram citados os vários tipos de combate a incêndio existentes a bordo.

Concluindo com as características e vantagens econômicas do transporte e produção do gás natural liquefeito, assim como o futuro desse tipo de gás no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABM Brasil – Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais. Disponível em: www.abmbrasil.com.br.

Agenciadora de Navios Optima. Disponível em: <www.optimashipbrokers.com/optima>. Acesso em: set. 2013.

BRAGA, Afonso de Oliveira. **Características Operacionais de Navios Gaseiros.** Transpetro – DTM – TM – Getram 2: Rio de Janeiro, 2005.

CASTRO, Nelson Mendonça; ROCHA, Orlando Carlos Souza da; OLIVEIRA, Sebastião Mauro de. **Curso Especial de Segurança em Operação de Navios Químicos (ESOQ).** Volumes I, II e III. Ministério da Marinha. Diretoria de Portos e Costas. Ensino Profissional Marítimo: Rio de Janeiro, 1995.

CEGN – Centro de Estudos em Gestão Naval. Disponível em: www.gestaonaval.org.br. Acesso em: set. 2013.

Fotos e Imagens. Disponível em:<www.fotosearch.com.br>. Acesso em: set. 2013.

FONSECA, Maurílio Magalhães. **Arte Naval.** Volumes 1 e 2. 6ª ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2002.

GONÇALVES, Renato. **Palestra – Projeto Terminais Flexíveis de GNL.** Disponível em: <www.gnlpetrobras.com.br>. Acesso em: set. 2013.

GONÇALVES, João Carlos. **Palestra – Navios Gaseiros.** CIAGA: Rio de Janeiro, 2007.

GC CODE. **Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk.** 1983 ed. IMO, 1998.

Guide to Contingency Planning for Marine Terminals Handling Liquefied Gases in Bulk. 2ª ed. SIGTTO, 2001.

GasNet – O Site do Gás Natural. Disponível em:< www.gasnet.com.br>. Acesso em: set. 2013.

IGC CODE. **International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk.** 1993 ed. IMO, 1996.

ISGOTT. **International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals.** 5ª ed. ICS, 2007.

Jurisprudência dos Portos do Maranhão. Disponível em: <www.portosma.com.br/jurisportos>. Acesso em: set. 2013.

LNG Shipping Suggested Competency Standards. 1ª ed. SIGTTO, 2005.

LPG/C JAPERI. **Instruções para Operação da Planta de Carga**. LGA Gastechnik GMGH: Holanda, 1982.

LPG/C GURUPI. **Cryogas Technik Operation Manual**. Volumes I e II. Meyer Werf: Alemanha, 1987.

MCGUIRE, Graham and WHITE, Barry. **Liquefied Gas Handling Principles On Ships And In Terminals**. 3ª ed. SIGTTO, 2000.

MARPOL. **International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973**. Edição Consolidada. IMO, 2006.

Navios Mercantes Brasileiros. Disponível em: <www.naval.com.br/NMB>. Acesso em: set. 2013.

Navios e Rebocadores – Porto de Santos – Galeria de Fotos do Brasil. Disponível em: <www.pbase.com/smera/navios_porto_de_santos_brazil>. Acesso em: set. 2013.

Portal Naval. Disponível em: <www.portalnaval.com.br>. Acesso em: set. 2013.

Portal Gás Energia. Disponível em: <www.gaspet.com.br>. Acesso em: set. 2013.

Porto de Suape. Disponível em: <www.suape.pe.gov.br>. Acesso em: set. 2013.

Revista Porto e Navios. Disponível em: <www.portosenavios.com.br>. Acesso em: set. 2013.

Sindmar – Sindicato dos Oficiais da Marinha Mercante. Disponível em: <www.sindmar.org.br>. Acesso em: set. 2013.

SGF-GAS. **Manual de Operação em Navios Gaseiros**. Petrobras – Transpetro – DTM – TM: Rio de Janeiro, 2006.

SGF-SEG. **Manual de Segurança**. Petrobras – Transpetro – DTM – TM: Rio de Janeiro, 2004.

Ship to Ship Transfer Guide (Liquefied Gas). 2ª ed. OCIMF, 1995.

SOUZA, Irlan Brito; ROCHA, Orlando Carlos Souza da; NETO, Ernesto Conti. **Curso Especial de Segurança em Operação de Navios de Gás Liquefeito (ESOG)**. Volumes I e II. Ministério da Marinha. Diretoria de Portos e Costas. Ensino Profissional Marítimo: Rio de Janeiro, 1996.

Tanker Safety Guide (Liquefied Gas). 2ª ed. ICS, 1995.

WHITELEY, David. **Palestra – Overview of LNG Ships**. Whiteley & Whiteley Design Group, Inc., 2005.