

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

LUCAS HOLANDA REGIS LIMA

GÁS NATURAL NO BRASIL

RIO DE JANEIRO
2016

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

LUCAS HOLANDA REGIS LIMA

GÁS NATURAL NO BRASIL

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: Hermann Regazzi

RIO DE JANEIRO

2016
LUCAS HOLANDA REGIS LIMA

GÁS NATURAL NO BRASIL

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: Hermann Regazzi.

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho aos meus familiares, amigos, colegas de turma e ao meu orientador, que estiveram sempre ao meu lado ensinando e apoiando a conclusão de mais esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao CIAGA, por me permitir a chance de aprendizado além dos centros acadêmicos, me colocando em contato com campos de pesquisa que enriquece meu conhecimento como qualificação profissional e aperfeiçoamento pessoal.

Aos meus mestres, por compartilhar conhecimento científico e profissional, sempre procurando passar suas experiências além das salas de aulas e laboratórios, preparando profissionais, cidadãos e colegas para o mercado de trabalho e para a vida.

Aos colegas de turma, por estarem sempre ao meu lado durante todo esse curso, compartilhando informações e experiências, ajudando na realização de tarefas e nos estudos para os exames, formando tanto colegas de profissão quanto amigos pessoais.

E em especial à minha família, que sempre me apoiou incondicionalmente, nos tempos bons compartilhando da minha alegria, e nos tempos difíceis me ajudando e dando apoio para sempre vencer desde o dia em que escolhi esta profissão.

"Science and education, when devoid of a social conscience or environmental and human concern, are meaningless"

Jacque Fresco

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo dissertar sobre a produção, armazenamento, distribuição e usos do GNL (Gás Natural Liquefeito) no Brasil, analisar informações desse gás na matriz energética brasileira com foco no âmbito econômico e sua importância na geração de energia no Brasil. Para tal, analisa como é produzido o GNL, suas características, composição, funções e propriedades, seu transporte e armazenamento em unidades FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) e aplicações. A política e economia do Gás Natural no Brasil, eficiência energética e comparação com outros combustíveis fósseis, o contexto mundial do Gás Natural, os principais países produtores de gás, os terminais brasileiros e internacionais, a logística, investimento e consumo do gás pela Petrobrás. São apresentados os vários sistemas utilizados em navios para armazenamento transporte do GNL, para sugerir e explicar a melhor opção para aquisição do gás para o mercado brasileiro.

Palavras-chave: Gás natural. Brasil. Energia. Investimento.

ABSTRACT

This academic work aims to explain the production, storage, distribution and LNG uses (Liquefied Natural Gas) in Brazil, analyze information of this gas in the Brazilian energy matrix, focusing on the economic context and its importance in power generation in Brazil. To this end, analyzes how LNG is produced, their characteristics, composition, functions and properties, transport and storage in FRSU units (Floating Storage and Regasification Unit) and applications. The politics and economics of natural gas in Brazil, energy efficiency compared to other fossil fuels, the global context of natural gas, the main producers of gas, Brazilian and international terminals, logistics, investment and consumption of gas by Petrobras. It explains the various systems used on ships to transport LNG storage, to suggest and explain the best option for the purchase of gas for the Brazilian market.

Keywords: Natural gas. Brasil. Energy. Investment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Navio transportador de GNL	13
Figura 2: Emissões de poluentes do GN	18
Figura 3: Fontes de GNL no mundo	19
Figura 4: Construção do Gasoduto Brasil-Bolívia	21
Figura 5: Gasoduto Brasil-Bolívia em operação	22
Figura 6: Imagem do terminal flexível do Nordeste no Pecém, Ceará	27
Figura 7: Terminal flutuante da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro	28
Figura 8: Ciclo da GNL desde a sua exploração até o consumo	30
Figura 9: Unidade de Processamento de Gás Natural	31
Figura 10: Unidade de liquefação	32
Figura 11: Secção dentro de um navio MOSS GNL	34
Figura 12: Tanque de GNL sendo fabricado antes da instalação dentro do navio	35
Figura 13: Navio de GNL tipo MOSS ROSENBERG	35
Figura 14: Vista superior do convés de um navio GNL MOSS ROSENBERG	35
Figura 15: Vista lateral de um navio GNL MOSS ROSENBERG	36
Figura 16: Vista interna de um tanque de navio GNL tipo Gaz Transport	37
Figura 17: Vista lateral de um navio tipo MEMBRANE	37
Figura 18: Navio supridor e FSRU num terminal marítimo	39
Figura 19: Visão Panorâmica do Projeto GNL da Baía da Guanabara	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	O QUE É GÁS NATURAL LIQUEFEITO (GNL)	11
3	USOS DO GÁS NATURAL LIQUEFEITO	15
3.1	Usos do gás natural liquefeito	15
3.2	Vantagens do gás natural liquefeito	15
3.2.1	vantagens para o consumidor	16
3.2.2	Vantagens na geração de energia elétrica	17
3.2.3	Vantagens para o meio ambiente	17
4	PANORAMA MUNDIAL E NACIONAL GÁS NATURAL LIQUEFEITO	19
4.1	Gás natural liquefeito no mundo	19
4.1	Gás natural liquefeito no Brasil	20
4.2	GASBOL: gasoduto Brasil - Bolívia	21
5	TERMINAIS DE GÁS NATURAL LIQUEFEITO	27
5.1	Terminal flexível no Nordeste – PECÉM / CE	27
5.2	Terminal flexível no Sudeste – Rio de Janeiro / RJ	27
5.3	Terminal de regaseificação de GNL na Baía de Todos os Santos – Salvador / BAHIA	28
5.4	Projeto GEMINI	28
6	CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA DE GNL	30
6.1	Reservas de gás	30
6.2	Unidade de processamento e liquefação	31
6.3	Navios GNL	33
6.3.1	Moss Rosenberg	33
6.3.2	Membrane Containment System	36
6.4	Terminal de regaseificação	38
7	FSRU - FLOATING STORAGE AND REGASIFICATION UNIT	39
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

O Gás Natural Liquefeito (GNL) tem sido usado largamente como fonte de energia na produção de energia elétrica na matriz energética de vários países ao redor do mundo. Nos últimos 50 anos tem se mostrado como principal alternativa na produção de energia, apresentando muitas vantagens na mitigação das fontes de energia.

Este trabalho dissertará sobre o que é o Gás Natural, da onde ele é obtido, sua composição, extração e produção, propriedades, vantagens econômicas e ambientais, NORMAM-4/DPC sua participação na matriz energética no mundo e no Brasil. Também analisará quando o uso do GN é vantajoso, como ele é transportado, os navios gaseiros transportadores e regaseificadores e os terminais flexíveis GNL no Brasil.

Com a análise de dados e informações, ponderar o uso e aquisição de Gás Natural pelo Brasil, medidas políticas e econômicas adotadas pelo governo na importação do GNL e as instituições competentes responsáveis pela compra e administração das fontes de energia do país e da aquisição de mais ou menos Gás Natural Liquefeito, em função de tempos de pouca chuva ou seca, e como o GNL se tornou a segunda maior fonte de produção de energia elétrica do Brasil (perdendo apenas para a geração hídrica), sendo usado nas termoelétricas.

Finalmente, estudar e interligar todas as informações adquiridas nas pesquisas ao longo do desenvolvimento deste trabalho, concretizar todos os conhecimentos adquiridos apresentando uma consideração final sobre o tema e suas peculiaridades. Com isso, finalizar mais esta etapa com mais bagagem de conhecimento, entendendo mais sobre o assunto e ganhando, com esse requisito, a contextualização no ramo e uma qualificação profissional de excelência.

2 O QUE É GÁS NATURAL LIQUEFEITO (GNL)

Gás natural é um combustível fóssil encontrado no subsolo, em rochas porosas, podendo ele ser ou não associado ao petróleo, encontrado em reservas naturais em terra ou no mar. Ele é composto por gases inorgânicos e por uma mistura de gases hidrocarbonetos, sendo cerca de 80% a 98% de gás Metano, esta diferença ocorre devido à influência do reservatório do gás e o restante de alguns hidrocarbonetos pesados como, por exemplo, o Etano, o Butano, o Propano e o Pentano C5+, assim como o Nitrogênio. O gás natural é um combustível mais limpo do que o carvão e o petróleo, já que em sua combustão produz de 40% a 45% menos dióxido de carbono do que o carvão, e entre 20% e 30% menos do que os derivados do petróleo. Outra característica desta fonte de energia é que não emite partículas sólidas nem cinzas em sua combustão e as emissões de óxidos de nitrogênio são inferiores às do carvão e dos produtos petrolíferos. Além disso, as emissões de dióxido de enxofre são praticamente nulas. É um gás não poluente - principal vantagem da utilização deste gás, pois por ter uma combustão limpa, seu uso dispensa tratamento dos produtos lançados na atmosfera -, ele é incolor e inodoro, porém, por questões de segurança, o Gás Natural é comercializado odorizado com compostos sulfurados (mercaptas).

Como o nome sugere, Gás Natural Liquefeito (GNL) é o Gás Natural (GN) no estado líquido. A sua liquefação (passagem do estado gasoso para o estado líquido) acontece após o resfriamento do GN à temperatura de 162° C negativos. No estado líquido, o gás natural tem o seu volume reduzido em cerca de 600 vezes, o que traz facilidades para o transporte. No estado gasoso, o transporte do GN é feito por gasodutos, sob pressão de até 100 quilogramas força por centímetro quadrado (Kgf/cm²).

Vale lembrar que a temperatura crítica do GNL é muito abaixo da temperatura ambiente (aproximadamente -83°C), então o seu transporte e armazenagem no estado líquido se faz necessariamente em tanques especiais. Logo, para o transporte e armazenagem do GNL, para que possamos aproveitar a vantagem de reduzir o volume em 600 vezes quando líquido, devemos refrigerá-lo abaixo da temperatura crítica. Assim, na temperatura crítica o GNL se apresenta à pressão de aproximadamente 45 bar, tornando inviável o seu manuseio e transporte sob tais condições.

Portanto, refrigerar o GNL até a temperatura crítica ainda não é o suficiente, o problema de transporte não é resolvido, apesar de já ser possível liquefazer o GN com o aumento da pressão quando a temperatura é menor que a temperatura crítica, pois a pressão, como já mencionado, ainda é muito alta. Na prática, então, o GNL é refrigerado mais ainda até um pouco abaixo da sua temperatura de ebulição (-162°C), quando se tornará líquido e sua pressão de vapor se apresentará na ordem de mbar, facilitando a construção dos tanques, além de aumentar consideravelmente a segurança em questão de vazamento e explosões, guinando a preocupação tecnológica com os tanques apenas para a manutenção da sua temperatura interna, estanqueidade, sistema de gás inerte e, principalmente, isolamento térmico.

No estado líquido, o gás pode ser transportado em navios criogênicos. Ao chegar ao seu destino, nas plantas regaseificadoras, o GNL é submetido a um processo físico de regaseificação para voltar à forma gasosa. Este processo ocorre por meio da elevação da temperatura e do aumento de pressão, feitos nas unidades de regaseificação, após a saída do tanque de armazenamento.

Com a redução da temperatura do gás a -162°C tem-se a liquefação dele, ou seja, transforma-se o GN em gás natural liquefeito, com o intuito de armazenar grandes quantidades de GNL em pequenos espaços para o transporte a grandes distâncias por via marítima, já que esta conversão diminui, aproximadamente, em 600 vezes o volume inicial de gás. O GNL é um líquido incolor e não-corrosivo, tem sua temperatura de ebulição entre -166°C e -157°C à pressão atmosférica, e sua massa específica entre 430 Kg/m^3 e 470 Kg/m^3 , ou seja, ele flutua sobre a água, porém quando isto acontece, ele vaporiza rapidamente; esse vapor incolor, inodoro e não-tóxico é mais leve que o ar, também chamado de “gás de boil-off”.

A grande redução de volume do gás natural faz com que o transporte por navios seja bastante econômico, por isso a única razão para que seja produzido grande volume de gás natural liquefeito é a viabilidade deste transporte. Em 1959, a primeira carga de GNL foi transportada dos Estados Unidos para a Inglaterra em navio especialmente preparado para este produto. O êxito desta viagem levou à construção da primeira unidade de gás natural liquefeito na Argélia, no início da década de 60, a partir desta o GNL chegou a vários países europeus, entre estes França e Inglaterra. E no final da década, outra unidade foi construída, no Alasca.

O processo envolvendo o transporte de GNL, por via marítima, desde a sua produção à sua regaseificação, possui várias operações, e estas exigem elevados investimentos, além de perdas entre 10% a 15% do gás durante todo o processo, perdas significativas quando comparadas às de transporte equivalente por gasodutos, este com perdas entre 1% a 2%. Com isto, a escolha do gás natural liquefeito fica restrita a lugares onde o sistema de gasodutos é impraticável ou à distâncias onde os gasodutos sejam antieconômicos ou desaconselhados estrategicamente, como foi o caso de Brasil.

Figura 1: Navio transportador de GNL



Fonte: High Tec LNG, 2016 www.marinelng.co.uk.

A manipulação do gás natural liquefeito deve ser de forma cautelosa, pois este gás possui três propriedades que fazem desta manipulação, um perigo potencial, elas são: líquido extremamente frio; pequena quantidade na forma liquefeita se transforma em grande quantidade de gás; e a inflamabilidade do gás natural. Por isso, recomenda-se que todas as pessoas que forem manipular o GNL sejam qualificadas e estejam familiarizadas com as características, as propriedades, usos e precauções de segurança exigidas pelos padrões internacionais.

Todo projeto dos terminais de GNL segue os mais rígidos padrões internacionais de segurança, sendo adotadas as normas e orientações técnicas do OCIMF (*Oil Companies International Marine Fórum – Fórum Marítimo Internacional das Companhias de Petróleo*) e da SIGTTO (*Society International Gas Tanker and Terminals Operators – Sociedade Internacional de Operadores de Terminais e*

Navios de Gás), o Brasil integra estas entidades, que são referências internacionais no setor.

Entre as medidas adicionais de segurança adotadas pelas operadoras de GNL, está um sistema de inteligência que integra todo o terminal, sendo capaz de fazer a interrupção completa da transferência tanto de GNL entre os navios, como de gás natural do navio regaseificador para o gasoduto a qualquer sinal de anormalidade.

Todas as conexões de GNL e as de GNC (Gás Natural Comprimido) têm válvulas especiais para o fechamento rápido, caso haja necessidade. Os braços de transferência também são dotados de um sistema de desengate de emergência, que prevê duas situações de atuação, em uma, há o desligamento das bombas de cargas e o fechamento das válvulas dos braços; em outra, a desconexão dos braços dos navios.

A transferência de GNL entre os navios é feita por meio dos braços criogênicos, dotados de alta tecnologia que garantem a operação com segurança e eficiência. Nos terminais, por meio dos sistemas de tubulações e válvulas, é feita a transferência do GNL entre os braços de conexão para líquido e vapor. Ou seja, o GNL é retirado do navio supridor por meio dos braços, passa pelas tubulações e, em seguida, por meio de outros braços, é injetado nos tanques do navio regaseificador ou em tanques de armazenamento do terminal.

Após a regaseificação realizada na planta de regas localizada dentro do próprio navio ou no terminal, o gás é injetado na malha de transporte de gasodutos. Nessa operação, a transferência do gás, agora no estado original gasoso e sob pressão de 100 quilos por centímetro quadrado, é feita por meio de braços de GNC e lançado nos gasodutos que alimentam as térmicas antes de se transformar em energia elétrica.

3 USOS DO GÁS NATURAL LIQUEFEITO

3.1 Usos do gás natural liquefeito

O gás natural pode ser utilizado em residências para fogões e aquecedores, como combustível para veículos e na produção de energia elétrica.

Nos domicílios ele pode ser usado para cozimento de alimentos, para aquecimento de água e climatização de ambientes, em substituição à Energia Elétrica.

Em veículos caracteriza-se como uma opção técnica e economicamente viável de substituição do álcool e gasolina para os veículos de passeio. Também pode ser usado em veículos pesados, movidos a diesel (injeção piloto). O Gás Natural reduz a emissão de resíduos de carbono, o que aumenta a qualidade do ar, reduz os custos de manutenção e aumenta a vida útil do motor.

No setor energético permite a geração de Energia Elétrica a partir de motores a combustão interna, turbinas a gás, usinas termoelétricas e até mesmo das recentes células a combustível. O Gás Natural também é bastante utilizado em sistemas de cogeração de energia, que é a produção sequencial de mais de uma forma útil de energia a partir do mesmo energético.

Além de insumo básico da indústria gasoquímica, o gás natural tem-se mostrado cada vez mais competitivo em relação a vários outros combustíveis, tanto no setor industrial como no de transporte e na geração de energia elétrica. Nesse último caso, a inclusão do gás natural na matriz energética nacional, conjugada com a necessidade de expansão do parque gerador de energia elétrica e com o esgotamento dos melhores potenciais hidráulicos do país, tem despertado o interesse de analistas e empreendedores em ampliar o seu uso na geração termelétrica, que será abordado neste trabalho.

3.2 Vantagens do gás natural liquefeito

As vantagens do uso do gás natural são muitas, tanto para o consumidor como para a sociedade. A começar pelo baixo custo.

3.2.1 vantagens para o consumidor

Os benefícios do gás natural para os consumidores são vários. Na atividade industrial e comercial destacam-se as seguintes:

- a) é econômico, pois possui custo reduzido comparado a outros combustíveis;
- b) sua queima gera uma grande quantidade de energia;
- c) proporciona maior eficiência de queima;
- d) sua combustão é facilmente regulável;
- e) admite grande variação do fluxo;
- f) economiza vapor ou eletricidade para aquecimento - não é necessária a atomização;
- g) requer fácil adaptação das instalações existentes;
- h) exige menor investimento em armazenamento/uso de espaço pois não necessita estocagem;
- i) fornecido continuamente 24h/dia - 365 dias/ano;
- j) simplifica os controles;
- k) proporciona menor custo de manutenção, manuseio do combustível e de outros custos operacionais;
- l) prolonga a vida útil dos equipamentos;
- m) reduz a corrosão e não causa incrustações nos equipamentos;
- n) eleva o nível de segurança pessoal e patrimonial reduzindo inclusive custos com seguros;
- o) proporciona ganhos econômicos e financeiros pois não requer estoque e seu pagamento ocorre após o consumo;
- p) reduz problemas de poluição e controle do meio ambiente evitando gastos com sistemas antipoluentes e com tratamento de afluentes;
- q) melhora a produtividade e a qualidade em vários processos produtivos aumentando a competitividade externa dos produtos;
- r) proporciona maior segurança. Sendo mais leve que o ar, em caso de vazamento, o gás se dissipa rapidamente na atmosfera, diminuindo o risco de explosões e incêndios. Além disso, para que o gás natural se inflame, é preciso que seja submetido a uma temperatura superior a 620 graus centígrados (o álcool se inflama a 200°C e a gasolina a 300°C);
- s) fácil adaptação das instalações existentes;

- t) menor investimento em armazenamento/uso de espaço;
- u) menor corrosão dos equipamentos e menor custo de manutenção;
- v) menores prêmios de seguro.

3.2.2 Vantagens na geração de energia elétrica

- a) as vantagens na geração de energia elétrica apresentam-se como:
- b) maior flexibilidade;
- c) geração de energia elétrica junto aos centros de consumo;
- d) disponibilidade ampla;
- e) custo bastante competitivo com outras alternativas de combustível;
- f) permite o surgimento de mercado de gás interruptível;
- g) diversificação da matriz energética;
- h) fontes de importação regional;
- i) disponibilidade ampla, crescente e dispersa;
- j) redução do uso do transporte rodo-ferro-hidroviário;
- k) atração de capitais de riscos externos;
- l) melhoria do rendimento energético;
- m) maior competitividade das indústrias.

3.2.3 Vantagens para o meio ambiente

As vantagens para o meio ambiente são:

- a) geração de energia através de uma forma de energia mais econômica e limpa em relação a outros combustíveis;
- b) maior proteção do ambiente: o Gás Natural é o combustível fóssil mais limpo;
- c) reduz sensivelmente a emissão de poluentes;
- d) contribui para a preservação da natureza e do meio ambiente;
- e) baixíssima presença de contaminantes;
- f) combustão mais limpa;
- g) não há emissão de cinzas;
- h) não exige tratamento dos gases de combustão;
- i) rápida dispersão de vazamentos;
- j) emprego em veículos automotivos diminuindo a poluição urbana;

- k) substitui a lenha reduzindo o desmatamento e a desertificação;
- l) permite obter as vantagens oferecidas pelo Protocolo de Kyoto.

Figura 2: Emissões de poluentes do GN



Fonte: www.gasemeioambiente.gov.br.

4 PANORAMA MUNDIAL E NACIONAL GÁS NATURAL LIQUEFEITO

4.1 Gás natural liquefeito no mundo

A tecnologia para liquefação do gás foi desenvolvida na primeira metade do Século XX, com o intuito de extrair hélio do ar. Na década de quarenta, esta tecnologia foi adaptada pela indústria americana de gás natural, inicialmente para armazenar quantidades substanciais de gás em espaço pequeno, tendo em vista as variações diárias e sazonais da demanda. Em 1959, a primeira carga de gás natural liquefeito (GNL) foi transportada dos Estados Unidos para a Inglaterra em navio especialmente preparado para este produto. O êxito desta viagem conduziu à construção da primeira unidade de GNL na Argélia, no início da década de 60.

A partir da Argélia, o GNL chegou inicialmente à Inglaterra, depois à França e outros países europeus. No final da década, uma unidade construída no Alasca iniciou o abastecimento do Japão, que se tornou ao longo do tempo o maior importador de GNL, absorvendo 60% da produção mundial em 2000. O mercado americano, por outro lado, que era inicialmente considerado o maior consumidor potencial de GNL, não se desenvolveu mas esta situação está mudando rapidamente. Com o crescimento do consumo acelerado pelo uso em geração elétrica, e esgotamento das reservas americanas de gás natural, o GNL está em fase de retomada nos Estados Unidos, havendo perspectiva de que, nos próximos quinze anos, atinja 20% do consumo do país.

Figura 3: Fontes de GNL no mundo



Fonte: www.gasnet.com.br.

Temos hoje onze países importadores de GNL, e outros doze que são produtores (Indonésia, Argélia, Malásia, Qatar, Austrália, Brunei, Nigéria, Abu Dhabi, Trinidad e Tobago, Oman, Alaska (US) e Líbia). Neles estão operando cerca de 20 plantas, várias delas em ampliação, abastecendo a Europa e o Extremo Oriente (Japão, Coréia e Taiwan), e já agora iniciando o abastecimento da costa leste americana.

O transporte entre o local de produção e o de recepção é feito em navios especialmente construídos para este propósito. Cerca de cento e vinte deles estão em operação, e vários outros são atualmente construídos em todo o mundo. Na França e na Coréia do Sul há hoje navios em construção que podem transportar até 153 mil m³ de GNL.

A produção, transporte e regaseificação do GNL são operações que exigem elevados investimentos, além de perdas de 10 a 15% do gás durante o processo, muito mais que um transporte equivalente por gasoduto (perdas entre 1 e 2%). Isto faz com que a escolha do seu transporte na forma líquida fique restrita aos casos em que gasodutos não são praticáveis tecnicamente (travessias de mares profundos), ou onde as distâncias de transporte tornem os gasodutos antieconômicos. Na atual tecnologia, a partir de 4 mil quilômetros, os custos de um sistema de GNL tornam-se compatíveis com os de transporte em gasoduto.

4.2 Gás natural liquefeito no Brasil

Na década de 90, com o esgotamento e sufocamento da matriz energética brasileira, aliados a alta demanda energética do Brasil, tanto na indústria quanto na geração de energia elétrica doméstica, o governo brasileiro investiu na alta oferta e baixo preço do gás natural da Bolívia. País vizinho de fronteira, a Bolívia foi a esperança de resolver os problemas e apagões frequentes causados pela falta de fontes de energia agravados aos tempos de seca no Brasil.

4.3 GASBOL: gasoduto Brasil - Bolívia

Nos anos noventa houve um forte incentivo por parte do governo, o qual financiou a construção do gasoduto Brasil-Bolívia pela Petrobrás, trazendo assim uma nova e forte fonte de energia para o país, o que resolveu vários problemas, trouxe e traz muitas vantagens para a malha energética do país.

Figura 4: Construção do Gasoduto Brasil-Bolívia



Fonte: Atlas de Energia Elétrica do Brasil, ANEEL, 2008.

Com a entrada em operação do Gasoduto Brasil-Bolívia em 1999, houve um aumento expressivo na oferta nacional de gás natural. Este aumento foi ainda mais acelerado depois do apagão elétrico vivido pelo Brasil em 2001 e 2002, quando o governo optou por reduzir a participação das hidrelétricas na matriz energética brasileira e aumentar a participação das termoelétricas movidas a gás natural.

Nos primeiros anos de operação do gasoduto, a elevada oferta do produto e os baixos preços praticados, favoreceram uma explosão no consumo tendo o gás superado a faixa de 10% de participação na matriz energética nacional.

Ainda que o preço do gás importado através de gasodutos da Bolívia seja menor, alguns pontos foram determinantes para que o Brasil procurasse uma alternativa, eles são:

- a) a insegurança energética brasileira, devido ao rápido crescimento da demanda e interrupções intermitentes no fornecimento boliviano após o processo de produção do gás no país;
- b) a necessidade do aumento na segurança do suprimento, mitigando o risco de falta de gás devido a anormalidades na produção, a atrasos em novos desenvolvimentos ou picos de demanda requerendo mais energia no mercado;
- c) os cortes ocorridos durante uma das crises resultantes da longa disputa entre os Governos dos dois países, que obrigaram a reduzir o fornecimento do produto para as distribuidoras de gás do lado brasileiro.

Figura 5: Gasoduto Brasil-Bolívia em operação



Fonte: Atlas de Energia Elétrica do Brasil, ANEEL, 2008.

Nesta citação (reportagem) explora-se mais a fundo o problema da situação política e econômica do risco de depender do gás da Bolívia:

GÁS UNE E DESUNE BRASIL E BOLÍVIA

O gás natural entrou no Brasil de repente e sem qualquer discricção na virada do século: custou caro – 2 bilhões de dólares – e foi uma aposta na estabilidade boliviana. Nestes últimos seis anos, desde a inauguração em 1999 do primeiro trecho do gasoduto entre os dois países, a Bolívia teve quatro presidentes e está no quinto – três renunciaram e só um, vice alçado ao cargo, terminou um curto mandato. A aposta da Bolívia é maior: se não vender para o Brasil, praticamente não tem para quem vender.

Neste meio tempo, o Brasil ficou mais e mais dependente do gás natural. A conversão dos últimos anos incluiu boa parte da frota de táxis e ônibus, aquecedores e fogões domésticos nas grandes capitais. E vai além: só a indústria paulista consome 10 milhões de metros cúbicos ao dia. Tem o suficiente no subsolo boliviano, 1,5 trilhão de metros cúbicos na última estimativa, mas, a cada crise, a cada multidão e cheiro de revolução nas ruas de La Paz, retornam as ameaças de fechar a torneira parcialmente e estatizar o negócio que o Brasil financiou em parte.

Não é apenas o Brasil que sente esta crise de oferta. O gás natural é um combustível recente no jogo da energia mundial e, embora muitos países o tenham em seus subsolos, poucos têm infra-estrutura para exportá-lo. Alan Greenspan, presidente do Fed, Banco Central dos EUA, aponta uma crise de oferta do gás natural como um dos principais riscos econômicos pelos quais passa seu país. A expectativa da revista britânica “The Economist” é de que, em 2025, o gás natural venha a ter a importância que o petróleo tem hoje.

Problema histórico

O problema particular da Bolívia, que não resiste a ameaçar o Brasil quando pode, é sua história. Desde que os espanhóis financiaram seu império no século 16 sugando ouro e prata das minas do Potosí, a Bolívia sempre viu seus recursos naturais explorados por estrangeiros. Foi assim com o carvão, com o estanho. A vasta reserva de gás, descoberta em 1995 e que parece ser maior a cada estudo, soa a muitos bolivianos como sua última chance. Assim, a população é cada vez mais suscetível ao clamor pela estatização, pelo arrocho das multinacionais. Trata-se do país mais pobre da América do Sul.

Sem dinheiro ou know-how para tirar o combustível da terra, durante o primeiro governo Gonzalo Sánchez de Lozada decidiu-se pela procura de parceiros externos. Lozada foi o típico governante de Terceiro Mundo nos anos 90: privatizador. A diferença é que não vendia todas as empresas, mas apenas participações acionárias. No negócio da construção da infra-estrutura e exploração do gás, seus parceiros incluíram a Enron – a mesma do escândalo financeiro nos EUA –, a Shell, a francesa Total e, principalmente, a espanhola Repson e a Petrobras. Uma estatização repentina, a esta altura, custaria particularmente caro às duas últimas.

O gás natural é um combustível fóssil como o petróleo, mas tem características um bocado diferentes. Seu componente principal é o metano, que na atmosfera se transforma em dióxido de carbono e água. Ou seja, polui pouco. Demorou tanto tempo para ser explorado porque o transporte é muito difícil. Petróleo e óleos derivados são líquidos, basta pô-los no navio e carregar. O gás

natural exige gasodutos caríssimos e não atravessa oceanos. Ou assim era até há pouco.

Reduzido a 170°C negativos, o gás natural se liquefaz e ocupa 600 vezes menos volume. A técnica de liquefação só começou a ser explorada em fase de testes nos anos 60 e se desenvolveu comercialmente nos últimos anos. É caríssima: exige navios especiais – de acordo com um relatório da Administração de Informação sobre Energia dos EUA, existem apenas 206 deles no mundo; além disto, plantas bilionárias de liquidação do gás e, na ponta do comprador, portos cuidadosamente adaptados e plantas de regaseificação igualmente caras. Sai bem mais do que os 2 bilhões de dólares do gasoduto Brasil-Bolívia. Hoje, 139 milhões de metros cúbicos de gás natural liquefeito são vendidos no mundo, isto é mais ou menos um quarto do negócio. O resto vai por gasoduto.

O melhor parceiro

O Brasil depende da Bolívia para atender sua demanda de gás natural, mas a Bolívia precisa do Brasil para vendê-lo. No fundo, o Brasil é praticamente seu único mercado de peso. Argentina ou Paraguai são quase um troco. Se, a partir de uma possível eleição do líder cocalero Evo Morales no ano que vem ou no seguinte, vier a estatização que muitos da esquerda cobram, virá também uma crise diplomática. A Petrobras, afinal, é uma estatal brasileira. A briga é com o Brasil. Quem tem mais a perder é a Bolívia.

Há um projeto boliviano, antigo, de exportação para os EUA. Mas é difícil: mesmo que venha o perdão da dívida externa prometida pelo G8, ainda assim a Bolívia precisaria pedir empréstimos internacionais altos para implantar toda a infraestrutura de produção de gás natural liquefeito. Quem acabou de estatizar, dando prejuízo às multinacionais, teria dificuldade para consegui-los.

O problema é delicado também do ponto de vista diplomático: a Bolívia não tem litoral. Tinha até 1879, mas perdeu para o Chile numa guerra. O projeto de venda de gás liquefeito aos EUA traçaria uma rota pelo Pacífico até Baja California, no México, onde haveria a regaseificação e, então, o produto seguiria por gasoduto até a Califórnia. Mas antes tem de chegar ao litoral e, para isso, ou atravessa os Andes no Peru com um cano ou rediscute a relação estremecida há mais de século com o Chile.

Ainda assim, grupos ecologistas que são particularmente militantes e onipresentes na Califórnia não querem gás natural naquele estado americano. Não é que polua demais, mas é combustível fóssil. E os militantes sentem que, se vier oferta de gás natural bom e barato, os estudos locais de alternativas energéticas ecológicas ficarão sem incentivo.

A Bolívia terá de conviver com o Brasil. É seu melhor e maior parceiro. Até porque, em 2004, o governo brasileiro anunciou a descoberta de uma lauta reserva de gás natural no litoral de Santos. Ainda não há idéia de seu tamanho exato, mas é grande. Ou, nas palavras da professora Goret Pereira Paulo, da Fundação Getúlio Vargas, "pode ser até uma Bolívia". A partir do momento em que decidir investir na exploração, a Petrobras tirará gás natural próprio em cinco anos. Tem tudo para alimentar o mercado interno e ainda exportar.

Enquanto isto não acontece, o Brasil segue precisando da Bolívia, um país em crise contínua e permanente. O novo presidente, Eduardo Rodriguez, promete eleições o quanto antes. Se tudo seguir como parece, Evo Morales será eleito. O Brasil estará à mercê de suas decisões políticas. Mas, se o povo boliviano estiver certo e esta for realmente sua última chance, fica difícil entender em que um calote no Brasil pode ajudar a Bolívia.
(Pedro Doria - Revista Eletrônica, junho/2005)

Esta instabilidade política na Bolívia trouxe bastante insegurança ao Brasil. Cada vez mais o país estava ficando dependente do gás da Bolívia, e cada vez mais se via a insegurança e instabilidade no fornecimento do gás, como abordado na reportagem.

O Gás natural é fonte de energia elétrica no Brasil em aproximadamente 10%, e abastece também, como já mencionado, outros setores domésticos e industriais, aquecimento de residências, caldeiras, fogões industriais, combustível automotivo etc.

A alternativa que o país escolheu, foi a construção de terminais GNL, flexíveis no país, utilizando navios com plantas de regaseificação. A escolha do governo brasileiro pelo GNL foi motivada pelos seguintes fatores principais: menor prazo de implementação e custo fixo quando comparado a outras opções como o desenvolvimento de novos campos de gás natural e a construção de novos gasodutos de importação deste gás; a diversificação da oferta de gás natural; e a possibilidade da compra do GNL através de contratos firmes ou flexíveis, de curto ou longo prazo. Os terminais flexíveis construídos estão localizados: um na Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, um em Pecém, São Gonçalo do Amarante (Ceará), e outro em Salvador, na Bahia. Estes terminais são offshore, ou seja, são terminais flutuantes que possuem um menor impacto visual; uma maior segurança, devido à distância; e operações remotas (longe de outras operações). Com o uso destes terminais flutuantes, diminuem-se os riscos associados ao desenvolvimento de novas fontes de gás, pois se isso acontecer nessas regiões onde se encontram os terminais, estes poderão ser realocados, com possibilidade de aproveitamento futuro nas reservas de gás do pré-sal.

Segundo a ANP:

A indústria brasileira de gás natural enfrentou inúmeros desafios nos últimos anos. No plano econômico, a infraestrutura de transporte ainda incipiente e o agravamento na insegurança do suprimento do mercado nacional pelo gás boliviano impuseram restrições à oferta

do produto, justamente num momento em que aumentava o consumo doméstico do gás natural, graças, entre outros fatores, ao incentivo governamental ao crescimento da demanda.

No campo regulatório, o aumento da participação do gás natural na matriz energética brasileira fez crescer a necessidade de aperfeiçoamento das normas vigentes, culminando em revisões de portarias e resoluções da ANP e edição de novos regulamentos.

Neste ambiente, ganhou importância a necessidade de aumentar a oferta de gás natural e a segurança de seu suprimento, de modo a atender à demanda nacional, conforme orientação emanada do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Assim, determinou-se a construção de duas instalações de regaseificação de Gás Natural Liquefeito (GNL), uma em Pecém, Ceará, e outra na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro. As instalações tornaram possível a importação de gás também de países mais distantes, como, por exemplo, Trinidad e Tobago e Nigéria, além dos países fronteiriços, conectados por gasodutos.

Frente ao caráter inédito e urgente da execução dos projetos de GNL no Brasil, a ANP, com igual urgência e ineditismo, investiu esforços humanos e materiais para a capacitação de servidores nas operações técnicas e econômicas da comercialização de GNL. Assim, foi possível realizar a análise dos documentos para a outorga das autorizações de construção e de operação das referidas instalações, fundamentais para o cumprimento da missão institucional de garantia do abastecimento do País. Para instruir os processos de outorga dessas autorizações com rapidez e rigor técnico, a Agência mobilizou uma equipe multidisciplinar, conformada num Grupo de Trabalho, do qual participaram ativamente servidores de várias superintendências e coordenadorias. (Fonte: ANP - O Gás Natural Liquefeito No Brasil Rio de Janeiro, 2010)

Os terminais em operação têm a capacidade de processar 41 milhões de m³/dia de gás natural (Pecém = 7 Mm³/dia, Baía de Guanabara = 20 Mm³/dia e Salvador = 14 Mm³/dia). Abaixo, segue algumas características dos terminais brasileiros já existentes:

5 TERMINAIS DE GÁS NATURAL LIQUEFEITO

5.1 Terminal flexível no Nordeste – PECÉM / CE

1ª Etapa: utilização temporária de um píer existente (Píer 2), fazendo sua adaptação para recebimento de GNL e construção de um gasoduto de 18km (Pecém-Gasfor) para interligação à malha de gasodutos do Nordeste.

2ª Etapa: Construção de um novo Píer (Píer 0) pela Ceará Portos, para uso exclusivo e definitivo para operações de GNL.

Capacidade: 7 MMm³/d, milhões de metros cúbicos por dia;

Operação desde: janeiro de 2009;

Figura 6: Imagem do terminal flexível do Nordeste no Pecém, Ceará



Fonte: <http://www.revistaportuaria.com.br/site/?home=noticias&n=CqqzU>.

5.2 Terminal flexível no Sudeste – Rio de Janeiro / RJ

Implantação de um Píer de GNL, com dois berços, nas proximidades do píer secundário do Terminal da Ilha D'água, na Baía da Guanabara e construção de gasoduto de 16 km (Japeri-Reduc) para interligação à malha de gasodutos do Sudeste.

Capacidade: 20 MMm³/d, milhões de metros cúbicos por dia;

Operando desde: março de 2009.

Figura 7: Terminal flutuante da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro



Fonte: <http://catedradogas.iee.usp.br/gasnatural/importacao.html>.

5.3 Terminal de regaseificação de GNL na Baía de Todos os Santos – Salvador / BAHIA

O Terminal de Regaseificação da Bahia (TRBA) tem capacidade para regaseificar 14 milhões de m³/dia de gás natural. Com sua entrada em operação, em janeiro de 2014 a capacidade de regaseificação de gás natural da Petrobras sobe de 27 milhões de m³/dia para 41 milhões de m³/dia, quase uma vez e meia a capacidade de importação do gás da Bolívia.

5.4 Projeto GEMINI

Enquanto as plantas de regaseificação flutuantes são ligadas à malha de gasodutos e destinadas ao atendimento dos maiores mercados consumidores, também foram implantadas unidades de regaseificação terrestres de menor porte, para atender áreas que não são atingidas pela malha de dutos.

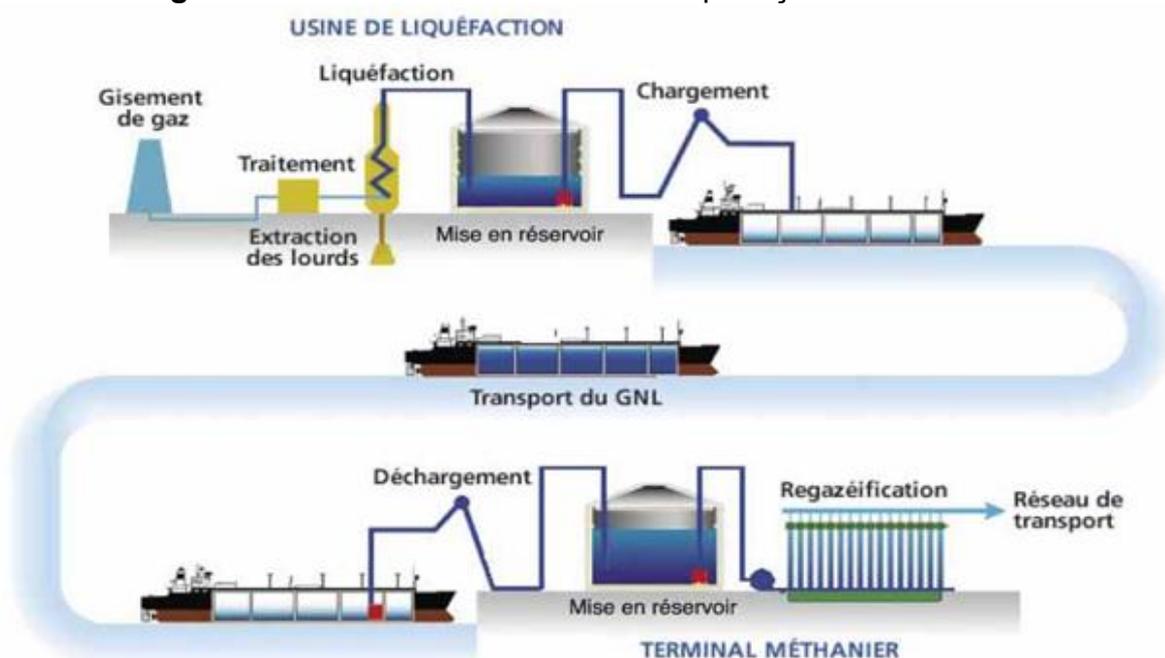
Neste sentido, foi criado o projeto Gemini, parceria de Petrobras com a White Martins, que gerou a empresa Gás Local, que iniciou suas operações em agosto de 2006. Através dela o gás liquefeito em uma planta em Paulínia (SP) é transportado via caminhões criogênicos (com capacidade de 49 m³ cada) até Unidades Autônomas de Regaseificação, a partir de onde é distribuído localmente. Desta

forma, importantes mercados anteriormente excluídos (como o interior do estado de São Paulo, norte do Paraná, sul de Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal) podem ser atendidos, existindo ainda projetos em andamento para atendimento à região norte, a partir de planta de Pecém.

6 CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA DE GNL

Um projeto de GNL é na realidade uma seqüência de atividades que vão desde o reservatório de gás até o usuário final. Abaixo um resumo do que sejam os principais elos desta cadeia: produção do gás, liquefação, transporte marítimo, regaseificação no destino e distribuição.

Figura 8: Ciclo da GNL desde a sua exploração até o consumo



Fonte: <http://www.bergamopost.it/>

6.1 Reservas de gás

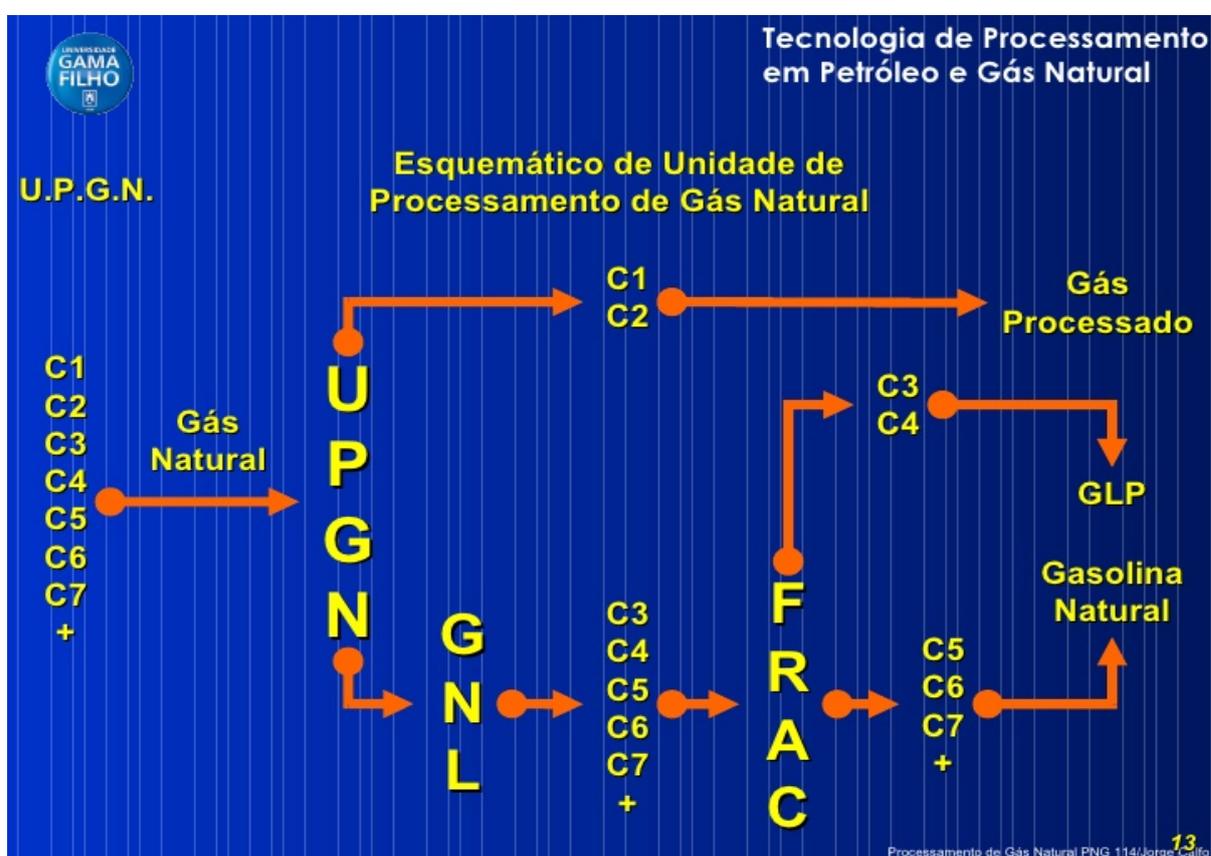
As reservas de gás para um projeto de GNL terão que ser de grande porte, pois eles são empreendimentos normalmente vinculados a contratos de 20 a 25 anos - a existência destes contratos é o que, em geral, viabiliza o elevado esquema financeiro requerido pelo projeto.

Além da quantidade das reservas, o gás para GNL terá que ter um custo de exploração relativamente baixo. Este custo dependerá não apenas de uma situação geográfica razoável, como da distância a um porto que corresponda às exigências de armazenagem e embarque. Mais ainda, a qualidade do gás deverá ser tal que suas impurezas não signifiquem custos adicionais de processamento.

6.2 Unidade de processamento e liquefação

A Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN) destina-se a remover as impurezas existentes no gás vindo dos campos, como gás carbônico, enxofre, nitrogênio, mercúrio e água, além do condensado. O processo inclui a separação do gás liquefeito de petróleo (GLP), basicamente propano e butano, que poderá ser vendido como produto final ou reinjetado no GNL.

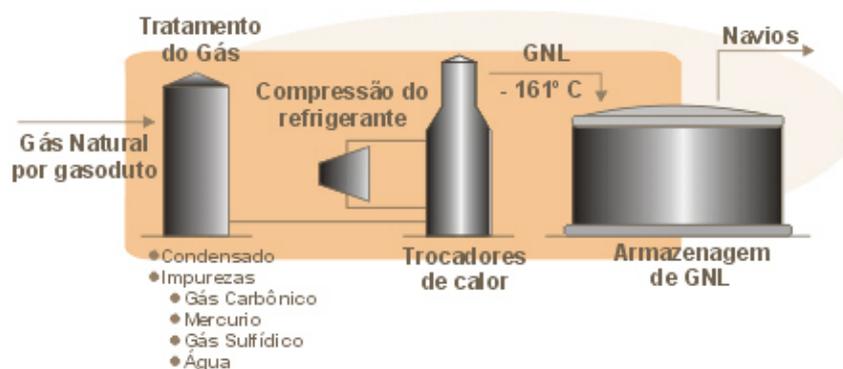
Figura 9: Unidade de Processamento de Gás Natural



Fonte: www.gasnet.com.br.

O elemento central de um projeto de GNL é a unidade de liquefação, onde a temperatura do gás natural é reduzida a -161°C , ponto em que ele se torna líquido, com uma redução de volume de cerca de 600 vezes. Esta instalação, construída em locais de bom calado (mínimo 14 m), em baía abrigada e o mais próximo possível dos campos produtores, compõe-se basicamente, como se vê na figura abaixo, de uma unidade de tratamento, do conjunto de trocadores de calor e dos tanques de armazenagem.

Figura 10: Unidade de liquefação
Unidade de Liquefação



Fonte: www.gasnet.com.br.

O conjunto de trocadores de calor, peça principal da liquefação, funciona segundo o mesmo princípio de um refrigerador doméstico. Um gás refrigerante (em geral, uma mistura de metano, etano e propano) é pressurizado e em seguida expande-se através de uma válvula (efeito Joule-Thompson), extraindo calor do gás natural que chega aos trocadores de calor. Há diferentes tipos de trocadores, mas quase todas as instalações dividem-se em conjuntos paralelos (LNG trains). Os mais recentes "trens de liquefação" tendem a ter dimensões bem maiores.

O gás natural liquefeito é a seguir armazenado em tanques capazes de mantê-lo a -161°C até o embarque. Em razão do elevado custo desta armazenagem, sua capacidade é calculada por sofisticados processos que levam em conta a produção da unidade, o número e tamanho dos navios, riscos de atraso e outras variáveis.

O custo de uma instalação de liquefação, inclusive facilidades portuárias, tem variado constantemente com as inovações tecnológicas e as pressões de mercado. Hoje o investimento por tonelada de capacidade anual está na casa de US\$ 275,00, o que significa que uma planta de 7 mtpa custaria US\$ 1,92 bilhões.

6.3 Navios GNL

Os navios que levam o GNL das unidades de liquefação aos pontos de regaseificação dispõem de reservatórios isolados, capazes de suportar a temperatura do gás durante o transporte, não havendo refrigeração na viagem. Há uma perda que, mesmo nos mais modernos navios, vai a 0,1% ao dia. Além disso, o GNL é normalmente usado como combustível, e uma pequena parte volta com o navio para manter os tanques frios.

Há dois tipos básicos de transportadores de GNL, o que armazena o gás em esferas (o tipo Moss Rosenberg), e os que têm tanques nas posições convencionais de petroleiros (o tipo membrana, ou Technigaz). Ambos estão em operação e em construção, não havendo diferenças substanciais de custo inicial ou operação.

Durante muitos anos os estaleiros japoneses dominaram a construção destes barcos, mas hoje eles estão sendo feitos também na Finlândia, Itália, França e principalmente na Coreia do Sul.

6.3.1 Moss Rosenberg

O Moss, sistema de compartimento esférico, esteve até recentemente sendo o líder do sistema de transporte GNL desde sua concepção em 1971. O design patenteado foi licenciado aos estaleiros ao redor do mundo, com mais de cem embarcações em operação nos dias de hoje.

A simplicidade do formato esférico dos tanques Moss permite a alta precisão do previsto desgaste e vida útil de todas as partes da estrutura do tanque, eliminando assim a necessidade de uma barreira secundária completa. Os tanques são normalmente feitos de alumínio e são suportados ao redor do anel equatorial por uma estrutura conhecida como STJ (Structural Transition Joint -), que também atua na diferença térmica entre o aço e o alumínio.

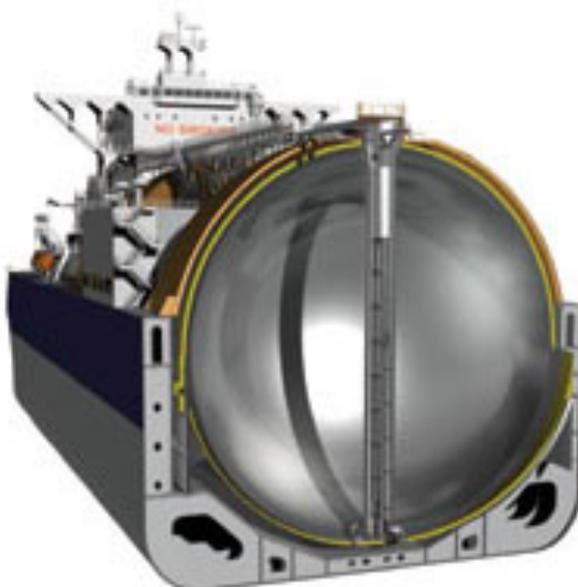
Os tanques são então isolados com espuma poliuretana que é purgado com Nitrogênio. Uma barreira parcial em forma de gota abaixo da esfera é equipada. Uma amostragem do sistema de gás é equipada para detectar sinais de vazamento.

O tanque completo e o espaço de segurança são protegidos por uma estrutura a prova de intempéries.

Características do sistema de compartimento Moss:

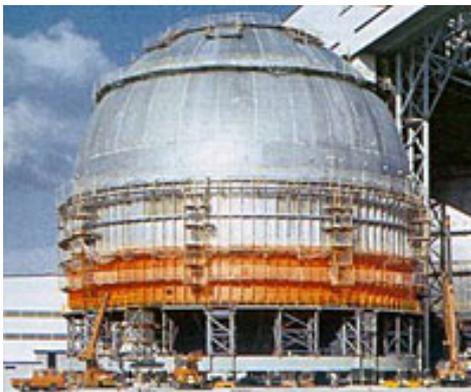
- a) pobre distribuição dos espaços na estrutura do navio – esfera em uma caixa;
- b) alta “windage” (atuação do vento no formato da área da superfície da embarcação) – difícil manobrabilidade em baixa velocidade;
- c) a temperatura dos tanques deve ser cuidadosamente controlada (temperatura do tanque equatorial deve ser menor que -119°C para carregamento);
- d) a taxa de resfriamento é normalmente -6°C por hora;
- e) a espessura da parede varia entre 28 mm e 32 mm nos pólos e 160 mm no anel equatorial;
- f) tanque pesa aproximadamente 800 toneladas;
- g) a superestrutura tem que ser alta para se ver acima dos tanques – o calado aéreo se torna um fator limitante em alguns portos;
- h) desvantagens do design:
 - i) o carregamento parcial em qualquer nível de tanque é inerente ao design;
 - j) tanques de GNL são independentes do formato da estrutura do navio. Este elemento é crucial à salvação do navio e torna o mesmo menos resistente em caso de abalroamento ou choque;
 - k) a estrutura depois da quilha (“heel”) é possivelmente fraca neste tipo de tanque esférico;
 - l) os tanques podem ser parcialmente pressurizados por emergência no descarregamento.

Figura 11: Secção dentro de um navio MOSS GNL



Fonte: <http://www.nwssc.com.au>.

Figura 12: Tanque de GNL sendo fabricado antes da instalação dentro do navio



Fonte: <http://www.nwssc.com.au>.

Figura 13: Navio de GNL tipo MOSS ROSENBERG



Fonte: www.brasilecola.com.br.

Figura 14: Vista superior do convés de um navio GNL MOSS ROSENBERG



Fonte: www.brasilecola.com.br.

Figura 15: Vista lateral de um navio GNL MOSS ROSENBERG



Fonte: www.anp.gov.br.

6.3.2 Membrane Containment System

O design do sistema de compartimento Membrana de GNL normalmente se divide em duas categorias que são originalmente designadas por duas companhias, GAZ Transport (GTT) e Technigaz, atualmente quem domina essa tecnologia é a Korea do Sul com os estaleiros Hyundai, Daewood e Samsung.

Ambas as categorias são semelhantes na compreensão das barreiras de membranas primárias, isolamento, na barreira de membrana secundária e também no isolamento na construção em formato de sanduiche.

A membrana pode ser de “Invar” (Gaz Transport) ou aço inoxidável (Technigaz) – o “Northwest Swan” é o navio NO96 da GTT, modelo com Invar nas barreiras primária e secundária.

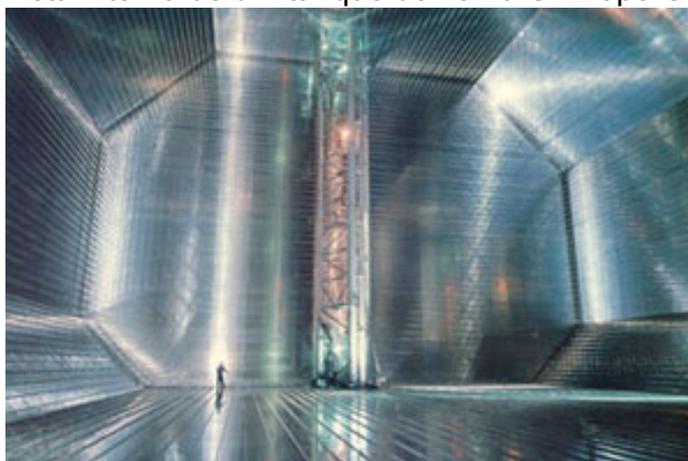
As membranas no modelo NO96 tem espessura de 0.77 mm, cada camada de isolamento tem aproximadamente 300 mm de espessura. Os tanques não são auto-suportáveis como os do modelo Moss, eles são construídos contra o interior da estrutura do navio. O Nitrogênio é purgado sobre as camadas de isolamento e um sistema de detecção de gás é instalado.

Características deste modelo são:

a) os tanques membrana são construídos dentro do navio;

- b) há aproximadamente 70 km de soldagem em tanques membrana;
- c) rápida taxa de resfriamento devido a baixa massa do material do tanque;
- d) boa visibilidade do passadiço do navio;
- e) vantagens deste modelo são:
- f) menor deslocamento do navio para mesma capacidade de carga;
- g) habilidade para carregar até a maior capacidade sem diminuir radicalmente as dimensões do navio;
- h) rápido período de resfriamento;
- i) pequena área de windage, que significa melhor manobrabilidade em baixas velocidades;
- j) melhor visibilidade do passadiço do navio.

Figura 16: Vista interna de um tanque de navio GNL tipo Gaz Transport



Fonte: <http://www.nwssc.com.au>.

Figura 17: Vista lateral de um navio tipo MEMBRANE



Fonte: <http://www.nwssc.com.au>.

6.4 Terminal de regaseificação

Os terminais para desembarque do gás situam-se junto aos centros de consumo, em locais de águas profundas e abrigadas. Seus principais elementos são os tanques de estocagem e os regaseificadores, além dos equipamentos complementares.

A capacidade dos tanques de estocagem pode ir de pouco mais que a carga de um navio até valores muito maiores, quando, além de absorver a carga dos navios, o terminal propõe-se a servir de balanceador de picos de consumo e estoque estratégico.

Os regaseificadores podem usar água do mar para reaquecer o GNL, ou vapor quando há uma termelétrica nos arredores, como é muito freqüente. Neste caso, a expansão do gás ao se vaporizar poderá acionar turbinas, capazes de adicionar alguma potência à termelétrica. Há ainda uma possibilidade de usar o frio liberado na regaseificação para indústria de alimentos.

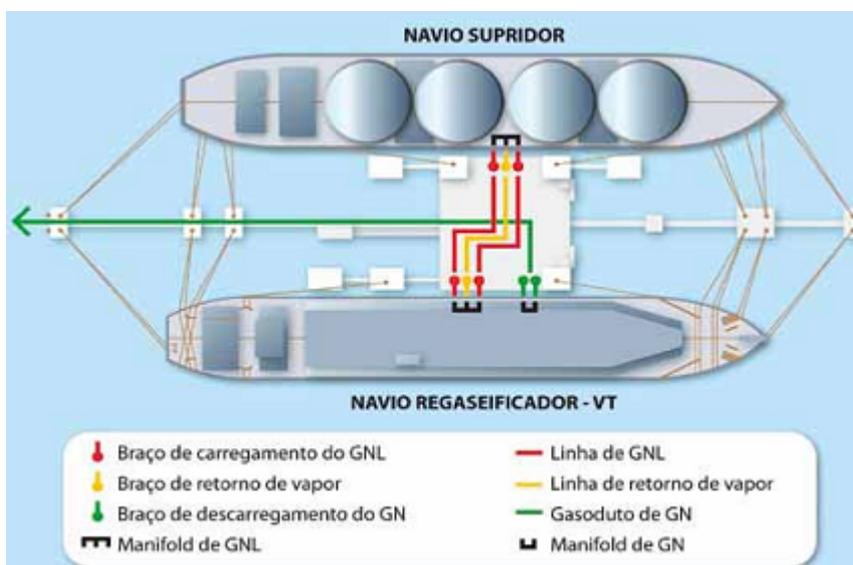
7 FSRU - FLOATING STORAGE AND REGASIFICATION UNIT

Há uma crescente demanda para usos alternativos de navios de GNL que consiste em uma unidade flutuante de armazenamento e regaseificação (FSRU). O FSRU é um navio de GNL com capacidade de regaseificação on-board. A maior parte das encomendas dessas unidades vem de países em desenvolvimento em busca de atender rapidamente a demanda crescente por gás natural.

Os terminais de regaseificação são dedicados a converter o GNL novamente em gás natural, ou seja, transforma-lo do estado líquido para o gasoso, para posterior transferência para infraestrutura de gasodutos. Atualmente existem dois tipos de terminais de regaseificação: terrestres e flutuantes.

Os principais elementos nos terminais terrestres são os tanques de estocagem e os regaseificadores, além dos equipamentos complementares, tais como bombas, compressores e vasos.

Figura 18: Navio supridor e FSRU num terminal marítimo



Fonte: ANP 2010.

A capacidade dos tanques de estocagem pode ir de pouco mais que a carga de um navio até valores muito maiores, quando, além de absorver a carga dos navios, o terminal se propõe a servir de equilíbrio de picos de consumo e estoque estratégico. Os regaseificadores podem usar água do mar para reaquecer o GNL, ou vapor quando há uma termelétrica nos arredores, como é muito frequente. Neste

caso, a expansão do gás ao se vaporizar poderá acionar turbinas, capazes de adicionar potência à termelétrica.

Quanto aos terminais flutuantes, a tancagem consiste no próprio navio FSRU. Um projeto de terminal flutuante de regaseificação compreende ainda instalações de transferência de GNL e de gás natural, bem como gasodutos que interligam estas instalações à malha de transporte de gás natural. Existem dois tipos de navios FSRUs utilizados: navios de GNL que são convertidos e adaptados e ficam ancorados permanentemente na costa, e um novo tipo de conversão de FSRUs que são construídos com dupla função: de funcionar como um terminal e também como um navio de GNL convencional.

Como vimos, temos dois terminais flexíveis flutuantes de GNL no Brasil, um no Ceará e outro na Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro. Nestes terminais temos os navios do tipo FSRU, que são basicamente navios que ficam "parados", atracados nos terminais recebendo GNL dos navios transportadores, armazenam, regaseificam o GNL e o manda para terra, para os gasodutos, de acordo com a demanda.

Figura 19: Visão Panorâmica do Projeto GNL da Baía da Guanabara



Fonte: ANP, 2010.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O GNL, apesar de ser um combustível fóssil não renovável, é encontrado em abundância na natureza junto às reservas naturais de petróleo e gás e possui uma série de propriedades e vantagens que fazem dele uma excelente fonte de energia nos dias atuais.

As principais vantagens do GNL, e são essas vantagens que o destacam dos demais combustíveis fósseis, são que o Gás Natural é o combustível derivado de petróleo mais limpo, sua combustão emite quase metade das emissões de dióxido de carbono provenientes do carvão e dos derivados do petróleo, não emite partículas sólidas nem cinzas em sua combustão e baixas emissões de óxidos de nitrogênio e as emissões de enxofre são praticamente nulas. É um gás não poluente, tem combustão limpa.

Dito isto, O GNL tem um alto poder calorífico, e vem sendo cada vez mais utilizado na produção de energia elétrica em larga escala, fazendo parte da matriz energética de vários países. Seu uso é feito em turbinas a gás nas usinas termelétricas com baixa poluição e alta produção de energia e dispensa uso de operação e equipamentos complexos. O GNL é barato e também usado em outros ramos, como o doméstico e no setor automotivo.

Com foco na política e economia do GNL no Brasil, observa-se que esta fonte de energia é a segunda mais utilizada no país, perdendo apenas para a fonte hidrelétrica. Mesmo assim, em tempos de baixas precipitações e alto consumo da população, as autoridades de energia do Brasil (Petrobrás, ANEEL, MME) suprem essa alta demanda de energia comprando mais GNL para geração de energia nas termelétricas do país.

O principal fornecedor de GNL ao Brasil, a Bolívia, alimenta o país através do famoso gasoduto Gasbol Brasil-Bolívia. Porém, dos anos 90 em diante, o aumento de demanda e investimento no GNL no Brasil, enfrentou diversas incertezas e falta de segurança na compra de Gás Natural da Bolívia, instabilidades de preço e fornecimento devido aos diversos problemas econômicos e principalmente políticos que o país enfrentava e enfrenta.

Foram construídos terminais offshore de GNL, o Terminal Flexível no Nordeste em Pecém-CE, o Terminal Flexível no Sudeste, na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro-RJ e o O Terminal de Regaseificação da Bahia (TRBA), em Salvador

possibilitando a compra de GNL de outros países, principalmente Europa, através da via marítima, assim aumentando a oferta de GNL para a malha de gasodutos do Brasil, e diminuindo a insegurança quanto ao GNL adquirido da Bolívia.

Este trabalho reforça a importância que o GNL tem para a matriz energética do Brasil, principalmente na geração de energia elétrica. Dentre os combustíveis fósseis utilizados, é o mais barato, simples e energético. É uma forte fonte de energia para o Brasil junto com a matriz hidrelétrica, com baixa agressão ao meio ambiente.

Vale lembrar que o avanço das novas tecnologias e geração de energia limpa e renovável nos últimos anos é importantíssimo para o planeta e para a humanidade, e espera-se que as próximas gerações não dependam mais de petróleo ou quaisquer combustíveis de fonte não renovável para obtenção de energia

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 3ª edição. Brasília, 2008.

ANEEL. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/legislacao/resolucoes2016/>>
Acesso em maio de 2016.

ANEEL. Disponível em:
<<https://www.aneel.gov.br/legislacao/artigos/matrizenergeticadobrasil/>>
Acesso em maio de 2016.

ANP - Agência Nacional do Petróleo. **O gás natural liquefeito no Brasil: Experiência da ANP na implantação dos projetos de implantação de GNL**. Rio de Janeiro, 2010.

ANP. Disponível em:
<<https://www.anp.gov.br/?dw=57127/docs/pdf/script%FEht732%gasnatliq/>>
Acesso em maio de 2016.

ALMEIDA, Edmar Fagundes de; FERRARO, Marcelo Colomer. **Indústria do gás natural: Fundamentos Técnicos e Econômicos**, 1ª edição. São Paulo: Synergia Editora, 2013

GASNET. Disponível em: <<http://www.gasnet.com.br/conteudo/18490/Petrobras-apresenta-resultados-do-1%C2%BA-Trimestre-de-2016>>
Acesso em maio de 2016.

GASNET. Disponível em: <<http://www.gasnet.com.br/gasodutos/operacao.asp>>
Acesso em maio de 2016.

LINDE engineering. Disponível em: <http://www.linde-engineering.com/en/process_plants/lng-and-natural-gas-processing-plants/lng_and_natural_gas_processing_plants.html>
Acesso em maio de 2016.

MARINE insight. Disponível em: <<http://www.marineinsight.com/green-shipping/liquified-natural-gas-lng-as-fuel-for-the-shipping-industry/>>
Acesso em maio de 2016.

Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira: Exercício de 2014**. Brasília, 2015.

PETROBRAS. Disponível em:
<<http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/meioambienteesociedade/>>
Acesso em maio de 2016.

PETROBRÁS. **Gás Natural Liquefeito: Gasodutos em operação no Brasil**. Rio de Janeiro, 2014.

PETROBRAS. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/terminais-e-oleodutos/terminal-de-regaseificacao-de-pecem-gln.htm>>

Acesso em maio de 2016.

REGASIFICATION terminal. Disponível em:
<<http://www.ogj.com/topics/regasification-terminal.htm>>

Acesso em maio de 2016.

BERGAMO post. Disponível em
<<Http://www.bergamopost.it/occhi-aperti/gas-liquido-per-navi-camion-rivoluzione-carburanti-vicina/>>

Acesso em junho de 2016.