

RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO SOBRE O ESTUDO PROSPECTIVO PARA USO DE GÁS NATURAL LIQUEFEITO (GNL) COMO COMBUSTÍVEL EM TRANSPORTE AQUAVIÁRIO NO ESTADO DO AMAZONAS



ORGANIZADORES

VERA LUCIA LIMA GOMES

ROSANA ZAU MAFRA

RAPHAEL MAGALHÃES GOMES MOREIRA

**RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO SOBRE O ESTUDO
PROSPECTIVO PARA USO DE GÁS NATURAL LIQUEFEITO
(GNL) COMO COMBUSTÍVEL EM TRANSPORTE AQUAVIÁRIO
NO ESTADO DO AMAZONAS**

ORGANIZADORES

Vera Lucia Lima Gomes

Rosana Zau Mafra

Raphael Magalhães Gomes Moreira

Manaus

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Relatório técnico conclusivo sobre o estudo prospectivo para uso de gás natural liquefeito (GNL) como combustível em transporte aquaviário no estado do Amazonas [livro eletrônico] / Vera Lucia Lima Gomes...[et al.] ; organização Vera Lucia Lima Gomes, Rosana Zau Mafra, Raphael Magalhães Gomes Moreira. -- Manaus, AM : Ed. dos Autores, 2025.
PDF

Outros autores: Rosana Zau Mafra, Nelson Kuwahara, Daniel Reis Armond de Melo, Raphael Magalhães Gomes Moreira, Marcos Vinícius Almeida Narciso.

Bibliografia.

ISBN 978-65-01-55179-1

1. Amazonas 2. Armazenagem 3. Engenharia de transportes 4. Gás natural 5. Hidrovias 6. Prospecção 7. Relatórios I. Gomes, Vera Lucia Lima. II. Mafra, Rosana Zau. III. Kuwahara, Nelson. IV. Melo, Daniel Reis Armond de. V. Moreira, Raphael Magalhães Gomes. VI. Narciso, Marcos Vinícius Almeida.

25-282011

CDD-629.04

Índices para catálogo sistemático:

1. Engenharia de transportes 629.04

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

**RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO SOBRE O ESTUDO
PROSPECTIVO PARA USO DE GÁS NATURAL LIQUEFEITO
(GNL) COMO COMBUSTÍVEL EM TRANSPORTE AQUAVIÁRIO
NO ESTADO DO AMAZONAS**

AUTORES

Vera Lucia Lima Gomes

Rosana Zau Mafra

Raphael Magalhães Gomes Moreira

Nelson Kuwahara

Daniel Reis Armond de Melo

Marcos Vinícius Almeida Narciso

Manaus

2025

RESUMO

Pela sua composição, o gás natural é considerado uma fonte de energia sustentável em termos ambientais. Este recurso natural tem sido usado em vários setores da atividade econômica - de usinas termelétricas a combustível de automóveis. O setor marítimo passou a considerar o uso do gás natural liquefeito como combustível em navios para atender às normas do setor, atentando para a questão da sustentabilidade ambiental. Considerando que o Estado do Amazonas tem o modal fluvial como o principal meio de transporte para cargas e passageiros e, ao mesmo tempo, é um grande produtor nacional desse recurso, buscou-se prospectar o estado da arte de tecnologias de uso de gás natural liquefeito como combustível nas embarcações para se propor melhorias sustentáveis e econômicas para o setor. Este trabalho trata-se de um estudo prospectivo para o uso do Gás Natural Liquefeito (GNL), considerando possibilidades de desenvolvimento de novas tecnologias de tanques de armazenagem para o setor aquaviário no estado do Amazonas. Teve como objetivo geral realizar uma análise prospectiva do estado atual de desenvolvimentos científico e tecnológico dos tanques cilíndricos de armazenagem de Gás Natural Liquefeito (GNL) utilizado como combustível em embarcações. A metodologia empregada foi dividida em três etapas: pré-prospectiva, prospectiva e pós-prospectiva, utilizando-se de dados secundários coletados de bases de periódicos científicos e bases patentárias (Google e Orbit Intelligence). Os resultados mostraram que já existem diversas tecnologias para o uso do GNL no setor marítimo, nos continentes asiático, americano e europeu, as quais podem ser adaptadas ao mercado local, considerando que essas tecnologias minimizam o impacto da emissão dos gases. Contudo, por ser volátil, o GNL apresenta riscos, necessitando de estruturas específicas que sejam capazes de armazená-lo de forma adequada. Esta prospecção tecnológica resultou em um Relatório Técnico Científico, o qual poderá ser acessado para a obtenção de um portfólio com diversas especificações de cilindros de armazenagem de GNL, e que visa oferecer auxílio para tomadas de decisão dos players do segmento aquaviário e de outros setores afins.

Palavras-chave: Prospecção tecnológica; Hidrovias, cilindros de armazenagem de GNL; Amazônia.

ABSTRACT

Due to its composition, natural gas is considered a sustainable source of energy in environmental terms. This natural resource has been used in various sectors of economic activity - from thermoelectric plants to automobile fuel. The maritime sector began to consider the use of liquefied natural gas as a fuel in ships to meet industry standards, paying attention to the issue of environmental sustainability. Considering that the State of Amazonas has the river modal as the main means of transport for cargo and passengers and, at the same time, is a major national producer of this resource, we sought to prospect the state of the art of technologies for the use of liquefied natural gas as fuel in vessels to propose sustainable and economic improvements for the sector. This Conclusive Technical Report is a prospective study for the use of Liquefied Natural Gas (LNG), considering possibilities for the development of new technologies by means of arm cylinders. The methodology used was divided into three stages: pre-prospective, prospective and post-prospective, using secondary data collected from scientific journal databases and patent databases (Google and Orbit Intelligence®). The results show that there are already several technologies for the use of LNG in the maritime sector, in the Asian, American and European continents, which can be adapted to the local market, considering that these technologies minimize the impact of gas emissions. However, because LNG is volatile, it presents risks, requiring specific structures that are capable of storing it adequately. This Scientific Technical Report can be accessed to obtain a portfolio with several specifications of LNG storage cylinders, which aims to offer assistance for decision-making by players in the waterway segment and other related sectors.

Keywords: prospective study; liquefied natural gas; LNG storage cylinders, state of Amazonas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Navio movido a GNL.....	22
Figura 2- Ferry Ivete Sangalo.....	23
Figura 3 - Esquema de um sistema de propulsão de um navio mercante.....	25
Figura 4 - Esquema de alimentação de navio movido a gás.....	26
Figura 5 - Tanques Independentes classificados pela IMO.....	29
Figura 6 - Tipos de embarcação da região norte.....	34
Figura 7 - Etapas metodológicas da Prospecção tecnológica.....	37
Figura 8 - Produção científica anual.....	44
Figura 9 - Produção por afiliação.....	45
Figura 10 - Tópicos em tendência.....	46
Figura 11 - Relação à densidade e centralidade dos temas.....	47
Figura 12 - Depósito anual de patentes relacionadas a tanques cilindros de armazenagem de GNL como combustível.....	48
Figura 13 - Domínios de Tecnologia dos pedidos de patentes relacionadas à cilindros de armazenagem de GNL.....	50
Figura 14 - Países onde as patentes estão depositadas.....	51
Figura 15 - Classificação dos 10 principais players das tecnologias relacionadas a cilindros de armazenagem de GNL.....	52
Figura 16 - Tanque de armazenamento de gás natural liquefeito marítimo.....	55
Figura 17 - Diagrama esquemático do tanque de armazenamento.....	56
Figura 18 - Tanque de armazenamento de GNL em ângulos diferentes.....	57
Figura 19 - Tanque de armazenamento de GNL com prensagem.....	58
Figura 20 -Tanque de transporte de líquidos de baixa temperatura.....	59
Figura 21 - Tanque de armazenamento de GNL de pequeno tipo.....	61
Figura 22 - Tanque de armazenamento.....	62
Figura 23 - Tanque de combustível marítimo conveniente para içamento.....	63
Figura 24 - Tanque de combustível marítimo.....	64
Figura 25 - a) Divisão dos espaços de armazenagem de gás; b) tanque de armazenamento de dupla finalidade de combustível e gás residual.....	66
Figura 26 - Tanque de armazenamento para gás natural liquefeito.....	67
Figura 27 - a) Tanque criogênico; b) Detalhe com as aberturas do tanque.....	69
Figura 28 - Tanque de armazenamento de GNL de baixa temperatura, alta resistência e boa durabilidade.....	70
Figura 29 - a) Tanque de GNL; b) Detalhes da placa e trilho do tanque de GNL.....	72
Figura 30 – Figura 30 - Tanque de armazenamento de baixa temperatura.....	73
Figura 31 - Figura 31 - Tanque de armazenamento de gás natural.....	74
Figura 32 - Figura 32 - Mini tanque de armazenamento de GNL de baixa temperatura.....	76
Figura 33 - Figura 33 – Tanque de armazenamento intercâmara.....	77
Figura 34 - a) Tanque de armazenamento de GNL para veículo autônomo; e b) Dispositivo da tubulação do tanque de armazenamento de GNL.....	78
Figura 35 - Tanque de armazenamento horizontal com isolamento térmico a vácuo com cintos suspensos e pernas de apoio.....	80
Figura 36 - a) Vista em perspectiva do tanque de combustível de gás natural liquefeito marítimo; b) Vista lateral do tanque de combustível de gás natural liquefeito marítimo.....	81

Figura 37 - a) Vaso de pressão com montagem horizontal; b) Vaso de pressão com montagem vertical.....	82
Figura 38 - a e c) Tanque de GNL retangular; b e d) Tanque GNL quadrado.....	84
Figura 39 - Tanque de GNL.....	86
Figura 40 - a e b) Tanque de GNL estrutura.....	87
Figura 41 - Diagrama esquemático da estrutura do tanque de armazenamento de GNL.....	88
Figura 42 - Esquemático do tanque.....	89
Figura 43 - Arranjo dos cilindros instalados.....	91
Figura 44 - Esquema do tanque de combustível.....	92
Figura 45 - a e b) Apresentação da forma do tanque em perspectiva.....	94
Figura 46 - Formato do tanque.....	95
Figura 47 - a e b) Ilustração do tanque.....	96
Figura 48 - Esquema do tanque.....	98
Figura 49 - Ilustração do tanque criogênico.....	99
Figura 50 - Formato do tanque.....	100
Figura 51 - Formato do tanque de combustível com caixa fria de controle automático.....	101
Figura 52 - a e b) Esquema do tanque microssísmico.....	103
Figura 53 - Tanque cilíndrico de alta pressão.....	104
Figura 54 - Vaso de pressão tipo quad-lóbulo com formato vertical assimétrico.....	106
Figura 55 - a e b) Tanque de pressão em perspectiva; e b) Vista lateral do tanque de pressão.....	107
Figura 56 - Tanque de GNL com função de resistência microssísmica.....	112
Figura 57 - Esquema de molas do tanque de GNL.....	112
Figura 58 - Módulo retangular do Tanque de GNL tipo treliça.....	113
Figura 59 - Módulo singular do Tanque de GNL tipo treliça.....	113
Figura 60- Formato da cavidade interna do Tanque de GNL tipo treliça.....	114
Figura 61 - Partes dos módulos do Tanque de GNL tipo treliça.....	114
Figura 62 - Geometria das paredes celulares externas do tanque.....	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos diferentes tipos de motores.....	27
Quadro 2 - Propriedades do GNL.....	31
Quadro 3 - Palavras –chaves/termos de busca na Scopus.....	38
Quadro 4 - Sintaxes de busca no Orbit Intelligence.	40
Quadro 5 - Definições dos códigos IPC e CPC embasados nas buscas desta pesquisa.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
BOG	<i>Boil-Off-Gas</i> (Vapor de Gás Natural)
CO2	Dióxido de carbono
Código IGC	Código Internacional para a Construção e Equipamentos de Navios Transportadores de Gases Liquefeitos a Granel
Código IGF	Código Internacional de Segurança para Navios a Gás da IMO
CPC	Classificação Cooperativa de Patentes
EU	União Europeia
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases de Efeito Estufa
GNL	Gás Natural Liquefeito
GW	Gigawatt
HFO	Óleo combustível pesado
IMO	Organização Marítima Internacional
IPC	Classificação Internacional de Patentes
LPV	<i>Lattice Pressure Vessels</i>
MCP	Motor principal
MDO	Óleo diesel
NOx	Óxido de nitrogênio
OM	Material particulado
OPE/EPO	Organização Europeia de Patentes
POSGRAD	Programa de Apoio à Pós-Graduação <i>Stricto sensu</i>
PROFNIT	Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
RCGI	Centro de Pesquisa para Inovação em Gás Natural
RTC	Relatório Técnico Conclusivo
Sindnaval	Sindicato da Indústria da Construção Naval, Náutica, <i>Offshore</i> e Reparos do Amazonas
SOLAS	Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar
SOx	Óxido de enxofre
TUP	Terminal de Uso Privativo

UFAM Universidade Federal do Amazonas
USP Universidade de São Paulo
VPT Vasos de Pressão Trelaçado

SUMÁRIO

PREFÁCIO	15
1 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO E SEUS PERIFÉRICOS.....	17
2 INTRODUÇÃO.....	19
3 ESTADO DA ARTE.....	21
3.1 Gás Natural Liquefeito (GNL) como Alternativa Energética.....	21
3.2 Uso do gás natural liquefeito (GNL) como combustível para transporte marítimo	22
3.3 Funcionamento do sistema de propulsão de embarcações.....	24
3.3.1 Motores a Diesel	24
3.3.2 Motores a gás	25
3.4 Tecnologias de tanques cilíndricos para armazenagem de GNL em embarcações movidas a gás	28
3.5 Aspectos regulatórios do uso do GNL no setor marítimo	30
3.6 O transporte fluvial no estado do Amazonas.....	33
4 METODOLOGIA PARA ALCANÇAR O OBJETIVO PRINCIPAL DESTES RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO.....	37
4.1 Etapa pré-prospectiva.....	38
4.2 Etapa prospectiva	39
4.3 Etapa pós-prospectiva	43
5 ESTADO DA ARTE SOBRE TANQUES PARA ARMAZENAGEM DE GNL	44
5.1 Evolução e cenário dos documentos literários sobre uso de GNL em embarcações.....	44
5.2 Evolução e cenário de patentes sobre uso de GNL em embarcações	48
6. PATENTES DE TANQUES CILÍNDRICOS DE ARMAZENAGEM DE GNL MAIS RELEVANTES COM POTENCIAL DE APLICABILIDADE PARA O AMAZONAS.....	54
6.1 CN105736932 - 'Marine Liquefied natural gas storage tank'	54
6.2 CN203099305 - ' <i>Marine horizontal-type liquefied natural gas storage tank</i> '	55
6.3 CN211203629 - ' <i>Liquefied natural gas storage tank</i> '	56
6.4 KR10-1350802 - ' <i>LNG storage tank with pressing type</i> '.	57
6.5 CN106322101- ' <i>35 m³ LNG low-temperature liquid transport tank</i> '.....	59
6.6 CN203202585 - ' <i>Small-type LNG storage tank</i> '.....	60
6.7 CN109307146 - ' <i>Storage tank</i> '.....	61
6.8 CN218409517 - ' <i>Marine fuel tank convenient to hoist</i> '	63
6.9 CN214369301 - ' <i>Marine fuel tank</i> '	64
6.10 CN115773456 - ' <i>Fuel and tail gas dual-purpose storage tank system</i> '	65

6.11	CN218510665 - 'Storage tank for liquefied natural gas'	67
6.12	EP3740712 - 'Cryogenic tank'	68
6.13	CN213712634 - 'Low-temperature storage tank with high strength and good durability'	69
6.14	CN116164223 - 'LNG tank manufacturing method and LNG tank'	71
6.15	CN113154245 - 'Low-Temperature Storage Tank'	72
6.16	CN214425662 - 'Natural gas storage tank'	74
6.17	CN110067932 - 'Mini low-temperature LNG storage tank'	75
6.18	CN212029144- 'Interlayer low-temperature liquid storage tank'	76
6.19	CN215569685 - 'LNG storage structure for LNG stand-alone vehicle'	77
6.20	CN217208907- 'Vacuum heat insulation horizontal storage tank adopting hanging belts and supporting legs'	79
6.21	CN212226688 - 'Marine liquefied natural gas fuel tank'	80
6.22	EP4295074 - 'Cellular pressure vessel, method for fabrication and use thereof'	81
6.23	WO2017/086507 - 'Square pressure tank'	83
6.24	KR10-2016-0015019 - 'Liquid and gas cargo storage tank and ship having the same'	85
6.25	CN212029143- 'Marine LNG fuel tank'	86
6.26	CN217057122 - 'LNG storage tank and LNG ship'	87
6.27	CN112524473- 'Marine storage tank'	89
6.28	CN207990187 - 'Marine LNG bottle group'	90
6.29	CN111174082 - 'Vertical marine fuel tank'	92
6.30	KR10-2018-0060238 - 'Liquefied gas storage tank having corrugated baffle'	93
6.31	CN215636495 - 'LNG (liquefied natural gas) low-temperature storage tank with damping mechanism'	95
6.32	CN218544005 - 'Leakage-proof storage tank for liquefied natural gas'	95
6.33	KR10-2019-0054846 - 'Double wall pressure vessel'	97
6.34	CN214405593- 'Cryogenic container'	98
6.35	CN213394607 - 'Natural gas storage tank'	99
6.36	CN209262660 - 'Full-automatic control marine double-cold-box LNG fuel tank'	100
6.37	CN116557768- 'LNG (Liquefied Natural Gas) storage tank with microseismic resistance function'	102
6.38	CN109469817 - 'High-pressure cylinder aluminium alloy inner container of which one end is seal bottom and manufacturing method thereof'	103
6.39	KR10-2023-0088004- 'Quad-lobe type pressure vessel with vertical asymmetric shape'	105
6.40	KR10-2192104 - 'Pressure Tank and Ship having the same'	106
7.	DISCUSSÃO	108

7.1 Considerações quanto os tanques para combustível de GNL.....	109
7.2 Status das patentes	110
7.3 Tamanho do tanque.....	111
7.4 Formato do tanque.....	113
7.5 Material, posição e demais características de um tanque	114
8 CONCLUSÕES.....	116
9 CENÁRIOS FUTUROS.....	118
10 REFERÊNCIAS	123

PREFÁCIO

O transporte aquaviário desempenha um papel vital na economia global, sendo responsável por grande parte do comércio internacional. No entanto, esse setor também é um dos principais emissores de poluentes, contribuindo significativamente para as mudanças climáticas e a degradação ambiental. Diante desse cenário, a busca por alternativas energéticas mais limpas e sustentáveis tornou-se uma prioridade. O gás natural liquefeito (GNL) surge como uma dessas alternativas, oferecendo reduções expressivas nas emissões de gases poluentes em comparação com os combustíveis tradicionais, como o óleo diesel e o óleo combustível pesado.

Este relatório técnico conclusivo, intitulado "Estudo Prospectivo para Uso de Gás Natural Liquefeito (GNL) como Combustível em Transporte Aquaviário no Estado do Amazonas", é fruto de uma pesquisa minuciosa e multidisciplinar, desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). O trabalho teve como objetivo principal prospectar tecnologias de tanques cilíndricos de armazenamento de GNL, analisando seu potencial de aplicação no contexto do transporte fluvial amazônico, que é essencial para a logística regional, mas ainda dependente de combustíveis altamente poluentes.

A Amazônia, com sua vasta rede hidrográfica, possui no transporte fluvial a principal via de deslocamento de cargas e passageiros. No entanto, a região enfrenta desafios únicos, como a sazonalidade dos rios, a grande distância entre comunidades e a falta de infraestrutura adequada. A introdução do GNL como combustível nesse modal pode trazer benefícios ambientais, econômicos e sociais, desde que acompanhada de tecnologias adaptadas às particularidades locais. Este estudo buscou identificar soluções tecnológicas já existentes em outros contextos, como os continentes asiático, europeu e americano, que possam ser adaptadas ou inspirar desenvolvimentos específicos para a realidade amazônica.

A metodologia empregada dividiu-se em três etapas: pré-prospectiva, prospectiva e pós-prospectiva, utilizando bases de dados científicas e patentárias para mapear o estado da arte em tanques de armazenamento de GNL. Foram analisadas 40 patentes, destacando-se formatos, materiais, capacidades e sistemas de segurança,

com o intuito de oferecer um portfólio tecnológico que subsidie decisões estratégicas para players do setor aquaviário e afins.

Além de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa, a adoção do GNL no Amazonas pode impulsionar a economia local, considerando que o estado é um grande produtor desse recurso. Este relatório não apenas apresenta um compilado de tecnologias, mas também propõe cenários futuros para a implementação do GNL em curto, médio e longo prazos, incluindo a possível integração com outras fontes de energia limpa, como o hidrogênio.

Por fim, este trabalho é resultado do esforço coletivo de pesquisadores, professores e instituições parceiras, e visa servir como ponto de partida para políticas públicas, investimentos em pesquisa e desenvolvimento, e iniciativas privadas que promovam a transição energética no transporte aquaviário. Esperamos que este estudo inspire mudanças positivas não apenas no Amazonas, mas em outras regiões que enfrentam desafios similares, pavimentando o caminho para um futuro mais sustentável e inovador.

Raphael Magalhães Gomes Moreira

1 APRESENTAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO E SEUS PERIFÉRICOS

O presente Relatório Técnico Conclusivo (RTC), apresenta o Produto Final como complemento à dissertação de mestrado profissional intitulada “Estudo Prospectivo para uso de Gás Natural Liquefeito (GNL) como combustível em transporte aquaviário no Estado do Amazonas”, defendida no dia 28 de maio de 2024, pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (PROFNIT) pela até então mestranda Vera Lucia Lima Gomes. No que diz respeito a aplicabilidade, este produto, foi desenvolvido visando propor um compilado de tecnologias (patentes), prospectadas sobre o estado atual de tanques cilíndricos de armazenagem de Gás Natural Liquefeito (GNL) para uso em embarcações como combustível, com vistas a propor sua aplicabilidade no setor aquaviário do Amazonas. Dessa forma, este compilado tem como objetivo apresentar diversas especificações de cilindros de armazenagem de GNL, visando oferecer auxílio para tomadas de decisão de players do segmento aquaviário e de outros setores afins, vislumbrando a inserção do gás natural no transporte aquaviário na Amazônia. Esta iniciativa abrirá caminhos para cenários de mudança no estado, na medida em que, o transporte aquaviário no Amazonas é amplamente dependente do diesel e da gasolina devido à infraestrutura e as condições da rede de distribuição já estabelecidas. Estima-se que a migração para o uso do GNL no setor aquaviário gere impactos positivos na redução de emissões e na sustentabilidade do meio ambiente. Somando a isso, este RTC buscou igualmente guiar-se pelos objetivos do Projeto de Pesquisa intitulado “Rede de Distribuição Modelagem, Otimização e Simulação de Rede de Distribuição de GNL para a Cadeia Produtiva do Gás Natural na Amazônia Brasileira”, um projeto colaborativo entre Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM) coordenado, respectivamente, pelos professores André Bergsten Mendes e Nelson Kuwahara. O relatório pretende ainda subsidiar soluções para planejamentos estratégicos em curto prazo como: a introdução do GNL no transporte aquaviário; a médio prazo como a estabilização e demandas logísticas e tecnológicas para o uso do GNL no Amazonas e a expansão da rede de abastecimento para atender a novas demandas no estado; e a longo prazo espera que o uso do GNL alcance longas distâncias e aporte a introdução do hidrogênio utilizando-se dos caminhos já estabelecidos pelo GNL. Sua elaboração

contou com o auxílio dos professores: D.Sc. Rosana Zau Maфра, D.Sc. Nelson Kuwahara, D.Sc. Daniel Reis Armond de Melo, D.Sc. Raphael Magalhães Gomes Moreira e D.Sc. Marcos Vinícius Almeida Narciso que juntos realizaram considerações muito importantes no desenvolvimento deste projeto. Espera-se que este produto possa motivar mudanças positivas não somente no estado do Amazonas, mas que sirva como ponto de partida para iniciativas em outras regiões que necessitem de mudanças e inovações no setor naval e para a sociedade como um todo.

2 INTRODUÇÃO

O gás natural tem sido utilizado em vários setores da indústria, no comércio e nas residências, entre outros, por possuir menor índice de poluição atmosférica quando comparado a outros combustíveis fósseis, como o petróleo e carvão mineral, além de possuir também grande rendimento térmico. De acordo com o American Petroleum Institute (2016), o GNL, se forma quando o gás natural é resfriado a cerca de $-162,2^{\circ}\text{C}$, diminuindo em cerca de 600 vezes o seu volume, facilitando seu armazenamento e transporte.

Por sua vez, o transporte marítimo é de suma importância na economia mundial, representando em torno de 80 a 90% do comércio internacional. Ao mesmo tempo o setor naval é responsável por 1,1 bilhões de toneladas de dióxido de carbono, ou seja, 3% das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), e é também responsável por cerca de 2,3 milhões de toneladas de dióxido de enxofre e 3,2 milhões de toneladas de óxidos de nitrogênio por ano, entre outros gases poluentes. Nesse contexto, a Organização Marítima Internacional (IMO) vem adotando medidas rigorosas para minimizar as emissões mundiais provenientes do setor marítimo com metas de redução estipuladas em 50% dos GEE até 2050 (Balcombe et al., 2019).

Devido às grandes emissões de gases tóxicos para a atmosfera, o setor naval necessita de inovação nas suas tecnologias para que os combustíveis aplicados nas embarcações reduzam ao máximo as emissões de gases poluentes, de forma a atender a IMO, órgão criado em 1948, responsável promover a segurança marítima e a prevenção da poluição em nível mundial (Zhang et al., 2017).

O uso do GNL como combustível marítimo em substituição aos combustíveis tradicionais melhora significativamente o desempenho ambiental geral. As emissões de óxidos de enxofre (NOx) são reduzidas em aproximadamente 80 a 85% em comparação ao óleo combustível pesado (HFO) e ao óleo diesel (MDO) reduzindo, assim, as temperaturas de pico na combustão do motor. As emissões de óxido nítrico (SOx) também são reduzidas quase na sua totalidade e também produz pouco material particulado (PM). Tem-se ainda a redução em cerca de 25% nas emissões de CO₂ em comparação ao HFO ou MDO devido ao alto teor de hidrogênio nas moléculas de metano (Burel; Tacanni; Zuliani, 2013; Spoof-Tuomi; Niemi, 2020).

Para o armazenamento de GNL em tanques, são aplicados regulamentos dependendo da necessidade de cada embarcação. Existem alguns tipos de tanques no mercado que podem armazenar o GNL dentro das regulamentações exigidas como os tanques do tipo esféricos e do tipo bala, que são pressurizados, os quais não podem ser aplicados os mesmos conceitos de contenção dos tanques atmosféricos devido a grandes diferenças de projeto devendo ser aplicadas novas propostas para regulamentar seus níveis de segurança (Rath; Krol, 2013).

Rath e Krol (2013) afirmam ainda que o nível de integridade atribuído aos tanques de armazenamento está condicionado às consequências de um possível vazamento sendo necessário cumprir os requisitos de contenção e normatização definidos o que é necessário se estender aos diferentes tipos de tanques de armazenamento de GNL para maior segurança.

No estado do Amazonas, há uma grande dependência do transporte fluvial para o deslocamento entre cidades e pouca infraestrutura no setor naval. Ainda que o estado esteja entre os maiores produtores de GNL, em diversas embarcações regionais que operam com motor a diesel ou à gasolina. Há casos em que o responsável pela embarcação substitui o tanque de combustível por botijão de cozinha com a alegação de ser uma possibilidade de armazenamento do gás sem contaminantes e a afirmação de que o diesel e a gasolina são adulterados inúmeras vezes causando problemas nos motores à combustão. Porém, esse uso do gás de forma inadequada pode colocar em risco a segurança da navegação e da vida humana (Nogueira; Oliveira Neto, 2021).

Considerando os vários benefícios para o uso do gás natural e tendo em vista que o estado do Amazonas não o utiliza o em suas embarcações como combustível, este estudo vem questionar qual o estado atual de desenvolvimento tecnológico relacionado ao uso de tanques cilíndricos de armazenagem de GNL como componentes para a fonte de energia nas embarcações?

Buscando responder esse questionamento, realizou-se um estudo prospectivo, o qual, segundo Antunes et al. (2018), possibilita sistematizar o conhecimento acerca do desenvolvimento científico e tecnológico, oferecendo subsídios para tomadas de decisão, vislumbrando o comportamento de uma tecnologia no/para o mercado competitivo e inovador.

3 ESTADO DA ARTE

3.1 Gás Natural Liquefeito (GNL) como Alternativa Energética

O gás natural tem se apresentado como o combustível fóssil de queima mais limpa que os usuais e vem se destacando na indústria naval como combustível alternativo no combate a poluição atmosférica (Barata, 2018). De acordo com a Khan (2017), o GNL é composto por cerca de 90% de metano e outras misturas dos gases como etano, propano, butano, alguns alcalinos mais pesados e nitrogênio. É transformado em líquido criogênico através do processo de liquefação, o qual é resfriado a uma pressão próxima à pressão atmosférica a aproximadamente -162,0°C o que facilita seu armazenamento e/ou transporte.

No contexto da transição energética e da busca por soluções mais sustentáveis para o planeta, o uso do gás natural como alternativa às fontes energéticas tradicionais, com alto teor de poluição, se apresenta como uma estratégia de grande relevância. Seu uso como energia além de poder ajudar na redução das emissões de poluentes para o meio ambiente também pode ser usado em aplicações na indústria como sucessor da gasolina ou do óleo diesel e como fonte de energia ou matéria-prima no setor de petroquímicos (International Gas Union, 2015; Gomes, 2018; Silva, 2023).

Conforme Balcombe *et al.* (2019), em comparação aos combustíveis fósseis convencionais o GNL representa a melhor opção, sendo economicamente viável, além de oferecer benefícios de impacto ambiental moderado o que pode ser promissor a curto e também a longo prazo caso haja intervenção de incentivos financeiros e opções políticas de menores custos para garantir o cumprimento das metas de redução de emissões estipuladas até 2050.

A eficiência energética está diretamente relacionada a redução das emissões que por sua vez é influenciada fortemente por avanços tecnológicos em geração, armazenamento, distribuição, conversão e consumo de energia. Assim, à medida que novos métodos surgem, novos dispositivos são projetados para armazenar energia de forma eficiente e aprimoramento das tecnologias para êxito no consumo da energia (Iris; Lan, 2019).

3.2 Uso do gás natural liquefeito (GNL) como combustível para transporte marítimo

O GNL como combustível marítimo é capaz de reduzir significativamente as emissões de dióxido de carbono (CO₂) em até 20%, óxido de enxofre (SO_x) em até 100%, óxido de nitrogênio (NO_x) até 90% e materiais particulados (PM) até 99% (IGU, 2015). Apresenta alta densidade em relação a outras formas de uso do gás natural, o que o torna uma fonte energética atrativa. Apesar de demandar um volume maior de armazenamento, é muito mais leve que a gasolina, por exemplo, que possui alto teor de poluentes quando comparado ao seu conteúdo energético (Gomes, 2018).

As demandas deste insumo como combustível naval têm aumentado na indústria marítima, diversas embarcações transportadoras vêm utilizando o GNL como combustível para gerar sua própria energia, em virtude da necessidade de redução das emissões para os próximos anos (Silva, 2023). Um exemplo disso é o navio da frota Ubuntu Loyalty (Figura 1), da empresa *Anglo American*, com tecnologia sustentável que aportou no Brasil pela primeira vez em 2023 para transportar minério de ferro à China. São navios que além de serem movidos a GNL, possuem tecnologias avançadas de propulsão, como motores bicombustíveis e sistemas de recuperação de calor residual (IBRAM, 2023). No Brasil, o primeiro navio a funcionar com duplo combustível foi o “Ferry Ivete Sangalo” (Figura 2), construído em alumínio com tecnologia de cilindros de fibra de carbono (Abramo, 2008).

Figura 1 - Navio movido a GNL.



Fonte: IBRAM (2023).

Figura 2- Ferry Ivete Sangalo.



Fonte: Internacional Travessias Salvador.

A combinação mista de 70% de Gás Natural e 30% de óleo diesel, segundo o autor supracitado, permitiu uma redução em 80% na emissão de gás carbônico na atmosfera. O *ferry-boat* em questão foi desenvolvido na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), com apoio da Petrobras e da Bahia Gás, tendo sido investido em torno de 2 milhões de reais no projeto (Abramo, 2008).

O aumento no número de fornecedores de equipamentos e também a produção na liquefação do gás natural fizeram com que surgissem novas rotas de transporte e monetização desse produto, perfazendo-se novas possibilidades em sua comercialização para diversos países e continentes (Silva, 2023). De acordo com Bogaert (2018), são necessários investimentos significativos em novas tecnologias para que navios passem a ser movidos a GNL de maneira econômica e com a infraestrutura adequada de distribuição do GNL em parcelas menores como, por exemplo, para postos de abastecimento, alimentadores e navios de abastecimento.

Ressalta-se também que há ainda outras fontes de energia contrapondo-se à adoção do GNL como combustível marítimo - biocombustível, energia nuclear e hidrogênio. Esses combustíveis apresentam algumas limitações para sua adoção a curto prazo. O biocombustível apresenta limitações de infraestrutura para produções em larga escala de maneira eficiente e existe a preocupação com o seu armazenamento contínuo em navios que apresentam a problemática de corrosão de suas chapas (Chryssakis *et al.*, 2014). A energia nuclear, segundo Gu e Zhang

(2014), é outra alternativa energética não viável devido à exigência de técnicas adicionais muito complexas e é uma fonte que apresenta alto risco para seu uso seguro a bordo das embarcações.

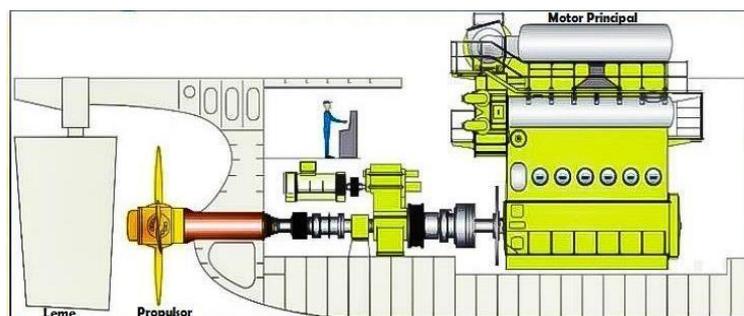
O hidrogênio, segundo Moreira (2019), ainda não tem prontidão tecnológica para ser utilizado em embarcações e o alto preço e a produção são fatores ainda limitantes, sendo assim, o GNL é o combustível que possui maior maturidade tecnológica por conta do crescimento na frota de navios abastecidos com este combustível. Ademais, de todos os combustíveis apresentados e as considerações para o uso promissor destes, o GNL é apontado como a alternativa que se apresenta mais favorável a curto prazo. Segundo dados da DNV-GL (2019), em novembro de 2017 havia sob encomenda 111 navios, tendo sido entregues 114 prontos para uso do GNL, comprovando de que os navios movidos a GNL estão inseridos em um mercado em constante crescimento.

3.3 Funcionamento do sistema de propulsão de embarcações

3.3.1 Motores a Diesel

O sistema de propulsão dos navios mercantes em geral funciona através de motores a diesel, cujo funcionamento necessita de óleos residuais de grande viscosidade para que seja gerada energia mecânica a uma hélice localizada próxima ao leme da embarcação (Figura 3), o qual exerce movimentos de rotação até chegar à potência necessária para a locomoção desta (Carvalho, 2018).

Figura 3 - Esquema de um sistema de propulsão de um navio mercante.



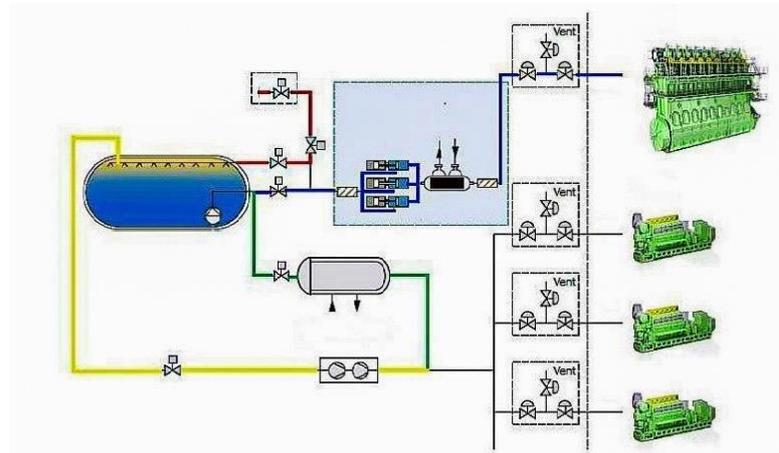
Fonte: Baptista *apud* Lopes (2014).

Na maioria das embarcações, segundo o autor, o motor principal funciona em um ciclo de dois tempos no qual o pistão é elevado para a entrada de ar através de fendas na camisa do cilindro e por outro lado há a saída de gases de combustão pela válvula de exaustão. Com isso, há uma explosão, após o combustível ser comprimido e injetado, ocorrendo a retração do pistão. A potência a ser alcançada por cada embarcação dependerá, segundo o autor, de fatores como a capacidade do navio, desenho do casco e projeto dos propulsores instalados, pois estes são responsáveis pela capacidade energética da embarcação juntamente com o motor principal (MCP) do navio.

3.3.2 Motores a gás

Nas embarcações que utilizam o gás como combustível tanto para o funcionamento do motor principal quanto os auxiliares do tipo bicombustível, o seu funcionamento ocorre como mostrado na Figura 4.

Figura 4 - Esquema de alimentação de navio movido a gás.



Fonte: *apud* Carvalho (2018).

Segundo Carvalho (2018), o GNL é bombeado do tanque até uma bomba de alta pressão na qual o GNL passa por um trocador de calor, evaporando-se e tornando-se um gás fortemente pressurizado. Após esse processo, o GNL na forma de gás é injetado no interior do cilindro do motor principal (Linha azul da Figura 4).

Neste processo, os motores auxiliares podem ser alimentados de duas formas: a primeira forma (Linha verde da Figura 4), depois de ser bombeada do tanque, o combustível passa por um evaporador até chegar aos motores na forma de gás a baixa pressão; na segunda forma (Linha amarela da Figura 4), um compressor aproveita o gás de evaporação do interior do tanque e o GNL é comprimido antes de chegar à câmara de combustão do motor auxiliar. Existindo a possibilidade de o GNL ser queimado sem que haja necessidade de ser utilizado como combustível, mostrado em linha vermelha. Isso pode ocorrer em casos em que a pressão se eleve demasiadamente no interior do reservatório, com isso, o gás de evaporação será escoado para uma câmara de combustão. Em relação aos motores movidos a GNL há basicamente três opções conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Características dos diferentes tipos de motores.

Tipo de motor	Características
Motor a gás com queima pobre de faísca	<ul style="list-style-type: none"> - Ignição por faísca; - Sensível ao deslizamento de metano que é minimizado pelo design e controle da combustão; - Sensível à qualidade do gás.
Motor bicombustível de baixa pressão	<ul style="list-style-type: none"> - Injeção piloto de combustível a qual resfria a válvula de injeção, mantendo o equipamento na temperatura necessária. (0,5-1%); - Sensível ao deslizamento de metano; limitado para controle de processo; - Flexível: pode ser usado o Óleo Combustível Marítimo (HFO) ou Diesel Marítimo (MGO); - Sem deslizamento de metano; - Sensível à qualidade do gás.
Motor gás-diesel	<ul style="list-style-type: none"> - Injeção piloto de combustível (5%); - Flexível: pode ser usado o Óleo Combustível Marítimo (HFO) ou Diesel Marítimo (MGO); - Sem deslizamento de metano; - Conversão mais simples de motores existentes; - Não é sensível à qualidade do gás.

Fonte: Adaptado de ABS Global Gas Solutions (2018).

Conforme Motta (2015), os motores a gás com queima pobre de faísca utilizam apenas gás em seu funcionamento que ocorre baseado no ciclo de Otto através da vela de ignição. O gás é injetado à baixa pressão onde a temperatura de combustão diminuída leva a redução na formação dos NOx. Os motores bicombustíveis operam tanto com gás quanto com diesel: quando operado com gás o motor funciona de acordo com o ciclo Otto o qual é misturado com ar e sua combustão ocorre pela injeção de uma parte de diesel; quando operado com o diesel o motor funciona através do ciclo diesel o qual injeta-se o combustível na câmara a alta pressão. Em relação aos motores gás-diesel estes podem ser operados com misturas variadas de gás e diesel ou somente diesel e o funcionamento do motor varia de acordo com o ciclo diesel onde o gás é injetado a alta pressão.

As embarcações operam usando duas ou mais fontes de energia no intuito de haver melhor distribuição no funcionamento da produção de energia para não sobrecarregar o motor principal. São soluções atuais que o setor naval reconhece como bons potenciais para a utilização de energia, pois além de contribuir para a redução das emissões, o consumo de combustível é otimizado, o que contribui também para a manutenção do motor e de sua vida útil. O uso deste sistema possibilita que as embarcações possam melhorar a eficiência e suas potencialidades de carga, além da redução nos custos (Portos [...], 2023).

Aseel *et al.* (2021), no entanto, afirmam que os navios que utilizam apenas o GNL são preferíveis aos sistemas de combustível duplo, pois apresentam rendimento melhor devido à pureza do gás que gera menos emissões em comparação aos navios que utilizam o sistema híbrido.

3.4 Tecnologias de tanques cilíndricos para armazenagem de GNL em embarcações movidas a gás

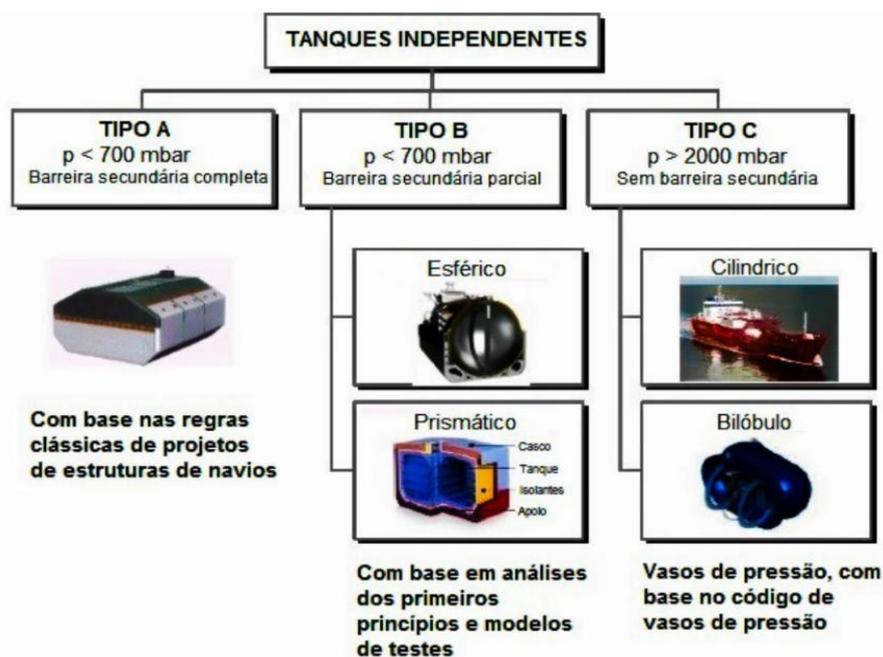
De acordo com Motta (2015), para que um navio abastecido com GNL percorra as mesmas distâncias que os abastecidos com diesel é necessário em torno de 1,5 vezes do volume requerido pelo diesel para a geração da energia mecânica da embarcação. Por sua vez, essa embarcação precisaria ser reabastecida em intervalos de tempo menores ou possuir tanques maiores para atender à necessidade desse volume extra. Também a geração de eletricidade dentro de um navio deverá ser suficiente para atender a funcionalidade dos diversos outros equipamentos ali instalados, como ventilação, refrigeração, sistemas de emergência, dentre outros.

As categorias de embarcações existentes costumam atender à demanda de gás natural em grande escala, como é o caso dos gaseiros, cuja fácil identificação se deve ao convés principal com tanques em formato arredondado, que são adaptados ao transporte da maioria dos gases químicos. Esses navios transportam o gás natural liquefeito em quatro possíveis formatos de tanques: integrais (que fazem parte da própria estrutura do navio); de membrana (em estruturas de pequena espessura acopladas ao navio, porém isoladas, as quais podem ser contraídas ou expandidas); semi-membrana (construídas com cantos arredondados e sem contato

com a estrutura principal do navio); e independentes (aquelas que suportam o peso total da carga) (Barbosa, 2010).

O tanque de armazenamento de GNL tem papel primordial no funcionamento dessas embarcações. O projeto dos tanques de um navio movido a gás tem sua fabricação regulamentada pela IMO através do Código Internacional para a Construção e Equipamentos de Navios Transportadores de Gases Liquefeitos a Granel (código IGC) (Bogaert, 2018). Os tanques independentes das embarcações movidas a gás, segundo a IMO, são de três tipos: A, B e C, que se diferenciam entre si conforme o projeto. Suas características são apresentadas na Figura 5.

Figura 5 - Tanques Independentes classificados pela IMO.



Fonte: Adaptado de <http://liquefiedgascarrrier.com/LNG-vessel-construction.html>.

Conforme Bogaert (2018), o Tipo A dispõe de uma barreira secundária completa que fornece resistência à fadiga e aos danos causados pelas sobrecargas. É utilizado para líquidos transportados a temperaturas acima de -50°C , como propano, butano e amônia. Esse tipo não é adequado para o transporte de GNL a -162°C e é baseado nas regras clássicas de projeto de estrutura de navio.

O tipo B é portador de uma barreira secundária parcial que fornece resistência aos danos causados por fadiga, principalmente por seu formato de bandeja coletora que oferece um fator de segurança maior contra as sobrecargas. O Tipo B é utilizado

para o transporte de GNL em larga escala, em que possui tanques prismáticos, os quais a pressão de projeto é normalmente 0,25 bar acima da pressão atmosférica, e não excede 0,7 bar devido à limitação da espessura do material. Esses tanques são para transportadores de GNL com capacidades de até 182.000 m³.

O tanque do Tipo C tem o material que protege contra danos por fadiga e sobrecarga e não é obrigatório que possua uma barreira secundária. São projetados com base no código dos vasos de pressão com cargas estáticas maiores em comparação às cargas dinâmicas. O tipo C, que é o objeto deste estudo, não pode ser utilizado para transporte de grandes volumes, pois é um tanque de maior peso e precisa ocupar espaço adequado no casco do navio. São utilizados para menores volumes, devido à alta eficiência térmica. Por ser como um vaso de pressão, suas pressões mínimas de projeto precisam ser de 4 bars. Em algumas ocasiões, chegou-se a utilizar tanques tipo C em quantidades maiores com volumes de 9.686 m³ em 27.500 m³ para transportar semi refrigerados de GNL Isolados a vácuo.

Segundo Mokhatab *et al.* (2014), os tanques criogênicos cilíndricos representam uma das tecnologias mais avançadas para a armazenagem de GNL, oferecendo soluções seguras e eficientes para o desafio de estocar um produto muito volátil e sensível à temperatura. A escolha do design cilíndrico, em particular, contribui significativamente para a eficiência do armazenamento, permitindo uma distribuição uniforme da pressão interna e reduzindo o risco de vazamentos ou falhas estruturais.

Além disso, o autor afirma ainda que os avanços na tecnologia de tanques criogênicos têm implicações significativas que oferecem contribuições para o meio ambiente, pois se o GNL é armazenado de forma eficaz nos tanques há a facilitação de seu uso como energia mais limpa, contribuindo também para o crescimento da demanda por soluções energéticas menos poluentes.

3.5 Aspectos regulatórios do uso do GNL no setor marítimo

Considerando a abrangência das demandas do GNL, a IMO, responsável pela segurança do transporte marítimo mundial e pelo combate à poluição no mar, publicou em 2008 a emenda MARPOL 73/78, que preconiza regulamentações referentes à redução das emissões de gases poluentes no setor marítimo

estabelecendo a redução do limite dessas emissões em todo o mundo pela metade até o ano de 2050 (IMO, 1973).

Tendo em vista estas determinações normativas urgentes, observa-se que o GNL apresenta características químicas favoráveis: é um combustível com baixa densidade e valor calorífero com volume alto, ainda que necessite de fonte adicional para ser inflamado como combustível em motores de dois ou quatro tempos em função da sua alta temperatura de ignição (540°C) e pela faixa de inflamabilidade bastante restrita (Moreira, 2019).

As propriedades mencionadas são observadas no Quadro 2, no qual apresenta também os limites superiores e inferiores de inflamabilidade de vapor do GNL, que é de 5% e 15% por volume respectivamente, assim, quando a concentração de GNL exceder o limite superior de inflamabilidade não haverá queima devido à quantidade reduzida de oxigênio no combustível. Do mesmo modo, quando a concentração de combustível estiver abaixo do limite inferior de inflamabilidade, o GNL não irá inflamar devido à baixa quantidade de metano presente na sua composição (Moreira, 2019).

Quadro 2 - Propriedades do GNL.

Propriedades	GNL
Toxicidade	Não
Cancerígeno	Não
Vapor inflamável	Sim
Forma nuvens de vapor	Sim
Asfixiante	Sim
Temperatura fria extrema	Sim
Ponto de inflamação (°C)	-188
Ponto de ebulição (°C)	-160
Faixa de inflamabilidade no ar	LEL = 5,5% e UEL= 14% (a 25°C)
Temperatura de ignição automática (°C)	540
Comportamento se derramado	Evapora formando nuvens parcialmente visíveis
OBS.: O LEL é a concentração mais baixa ou faixa de mistura mínima em que uma explosão pode ocorrer, enquanto o UEL é concentração superior ou faixa máxima. Os gases em quantidades abaixo do LEL não podem explodir devido a suas baixas concentrações (Industrial Scientific, 2024)	

Fonte: Adaptado de Moreira (2019).

A transição para o GNL apresenta alguns desafios técnicos e econômicos relacionados à infraestrutura de abastecimento e armazenamento. Tendo em vista a baixa densidade do GNL, existe pouco perigo a bordo de uma embarcação quando

utilizado como combustível, porém este precisa estar armazenado em tanques com equipamentos em condições de manter sua baixa temperatura. Caso isso não ocorra, o gás pode provocar sérios riscos para o pessoal envolvido nas operações a bordo dos navios. O contato direto com o GNL, seja seu vapor ou qualquer parte deste, congelará a pele de imediato, podendo ocorrer queimaduras térmicas graves (Yale Environmental Health & Safety, 2016).

Importante mencionar que uma embarcação movida a GNL como combustível não tem suas operações afetadas nem tem sua velocidade diminuída. Porém, em virtude das complexidades técnicas e operacionais adicionais de seus sistemas quando usado o GNL como combustível, faz-se necessário qualificar adequadamente a tripulação que irá empregar esforços a bordo das embarcações.

Diante desta situação, o Código Internacional de Segurança para Navios a Gás da IMO (Código IGF) estabelece a necessidade de realização de treinamentos referente às normas gerais de segurança para abastecimento de combustível com passageiros a bordo ou abastecimento simultâneo durante a transferência de GNL. No entanto, esses treinamentos são obrigatórios somente para os tripulantes que operam navios cargueiros com arqueação bruta superior ou igual a 500, que são os navios de passageiros que utilizam combustíveis com baixo ponto de inflamabilidade como o GNL (Moreira, 2019).

No entanto, Moreira (2019) contesta que uma embarcação que utiliza o GNL como combustível não está isenta de riscos mesmo que os requisitos operacionais estejam todos sendo atendidos. Dessa maneira, enfatiza que a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS) intenciona tornar o código obrigatório não apenas para as embarcações com mais de 500 AB, mas também para todas as embarcações que utilizam o GNL como combustível. Sendo essa uma maneira de se antecipar acerca dos riscos que envolvem esses navios, sua tripulação e também riscos ao meio ambiente.

Assim sendo, a inovação contínua em materiais e design dos tanques é crucial para melhorar ainda mais a segurança e eficiência do armazenamento de GNL. Bortnowska (2009) destaca que o desenvolvimento de novos materiais compósitos e técnicas de isolamento térmico tem o potencial de reduzir os custos operacionais e aumentar a viabilidade do GNL como uma alternativa energética globalmente competitiva e salienta que a eficiência do uso do GNL nos sistemas de combustão dependerá do teor de carbono usado no combustível.

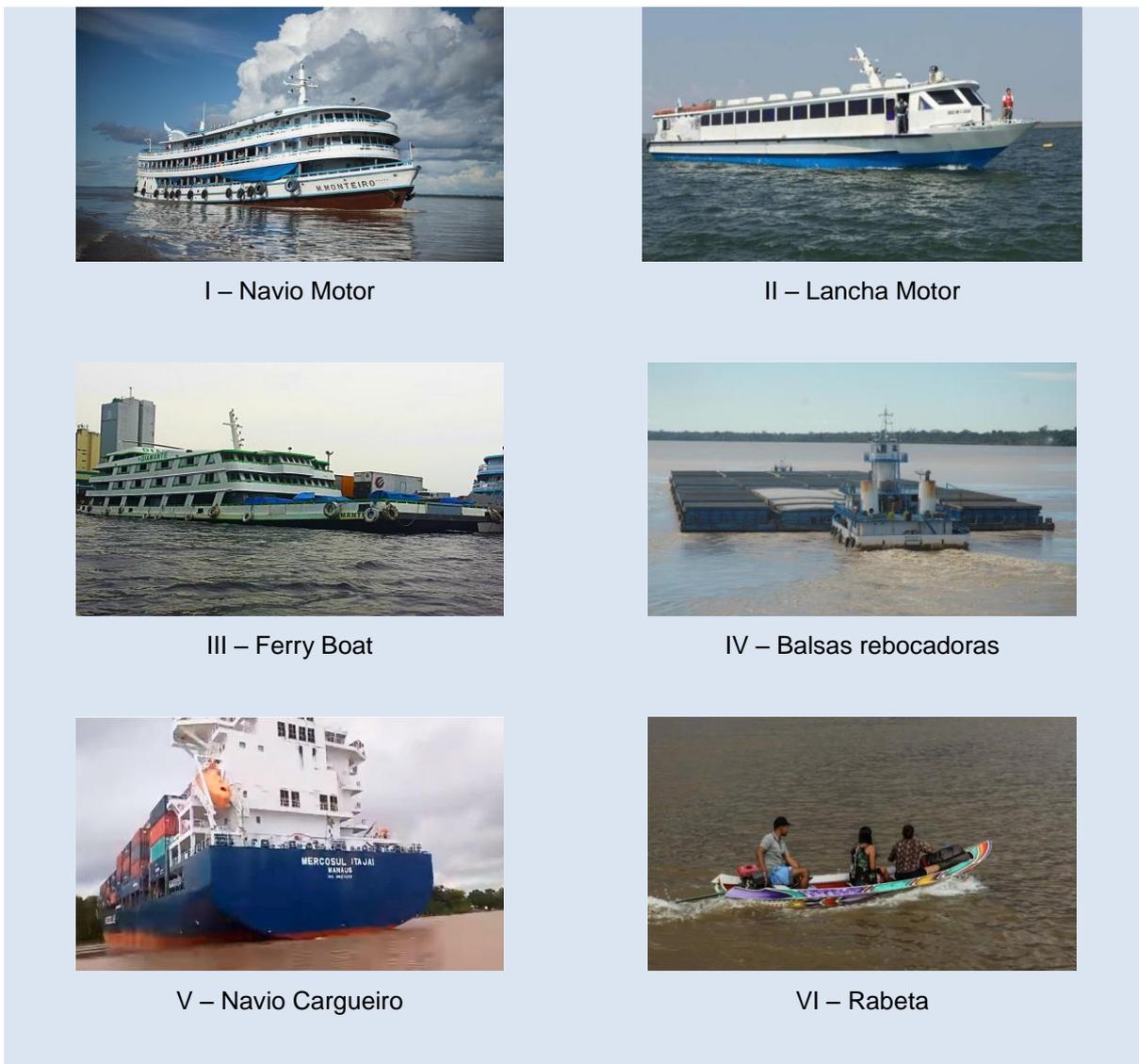
3.6 O transporte fluvial no estado do Amazonas

Os rios na Amazônia são de grande importância em decorrência da ausência de outros meios que possibilitem o deslocamento de cargas e de pessoas. Desse modo, o transporte fluvial de passageiros e cargas no estado do Amazonas é realizado por meio de embarcações mistas. O modal fluvial é tradicionalmente utilizado para interligar os municípios mais afastados da capital que é Manaus e promover o intercâmbio de passageiros e cargas em geral como: frutas, hortifrutigranjeiros, bebidas, caixarias, refrigerantes, mudança, automóveis, eletrodomésticos (Cunha; Isper Jr., 2020; Oliveira Neto; Nogueira, 2019).

Uma das peculiaridades do deslocamento fluvial e do transporte misto nesta região é a dinamicidade (variação de carga e passageiros) a cada rota e em cada período específico do ano. Durante o período de vazante (seca), essas embarcações enfrentam grandes problemas de locomoção, visto que, a construção dos grandes sistemas de engenharia nos projetos de integração, não foram executados ou não abarcaram na sua totalidade os municípios, ficando aquém com as necessidades de circulação interna (Oliveira Neto; Nogueira, 2019).

Nos interiores do Amazonas, rios e lagos, muitas vezes, não existem condições naturais ideais para a navegação, seja devido a profundidade, largura e/ou extensão dessas águas, seja pela presença de obstáculos, tais como: desníveis, planície inundável e outros e onde ainda existe a figura do regatão, uma espécie de mascate fluvial que negocia a crédito diversas mercadorias entre as populações estabelecidas nessas regiões, utilizando canoa e remo e/ou barco motorizado para estas ações (Cunha; Isper Jr., 2020). Essa dinâmica coexiste nas diferentes modalidades de embarcações, conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 - Tipos de embarcação da região norte.



Fonte: I – (Paradiso Turismo, 2024); II – (Portal A Crítica, 2021); III – (IBarco, 2024); IV – (Sinaval, 2022); V – (Silva, 2024); VI – (Veiga, 2024).

Esses tipos de embarcação segundo (QUEIROZ, 2019), se caracterizam da seguinte forma:

- I. **Navio/Motor (N/M)** embarcação tradicional, conhecida como “recreio”, cuja principal característica é o transporte intermunicipal misto de passageiros e carga;
- II. **Lancha-motor (L/M)** de passageiros conhecidas como “expressos” (Ajato), muito difundida pela rapidez nas grandes distâncias amazônicas, dão prioridade ao transporte de passageiros, porém, levam volumes limitados de carga por um custo mais alto que suas concorrentes;

- III. **Ferry Boat (F/B)**, que se compara em desempenho a um N/M, mas tem estrutura e forma diferentes, com o calado menor, como o de uma balsa, e não permite que os passageiros usem redes, apenas camarotes;
- IV. **Balsas rebocadoras**, empurradas por um barco “rebocador”, levam veículos maiores e mercadorias como seixo, material de construção, combustível, madeira etc.;
- V. **Navios cargueiros**, a exemplo dos que operam no Solimões a partir do Terminal de Uso Privativo (TUP) de Coari, levando a produção de hidrocarbonetos da Província Petrolífera de Urucu. Possuem capacidade para transportar veículos que circulam com ou sem contêineres de dentro da embarcação para as estruturas do porto. Trata-se do *roll on-roll-off* amazônico (denominado de Ro-Ro Caboclo), com o transporte de carretas e contêineres em balsas graneleiras e em comboios fluviais; e
- VI. **Pequenas catraias** que ainda são importantíssimas para a comunicação e integração das comunidades mais isoladas e carentes tanto do Solimões quanto de seus diversos afluentes e subafluentes; são canoas com motores de popa tipo rabeta, levam grande parte da produção agrícola de subsistência dos caboclos, base da economia do interior do Amazonas. Os botes de alumínio com motor de popa são as “voadeiras”.

As embarcações regionais que transportam passageiros, operam em condições singulares, tais como: baixo poder aquisitivo dessa população e a predisposição as longas distâncias a serem percorridas. Nesse sentido, o serviço que é ofertado predominantemente por empresários que, majoritariamente, possuem apenas uma embarcação, é sustentado pela cobrança da tarifa, cobrança do frete com o transporte de cargas e realização de um comércio ao longo da viagem desde a origem até o destino (Oliveira Neto; Nogueira, 2019).

Por outro lado, o transporte de carga é composto por empresas cuja frota abriga dezenas de embarcações (comboios fluviais, rebocadores), basicamente as viagens são realizadas entre as maiores cidades da região Norte (Manaus-Belém; Manaus-Porto Velho), em cujas rotas o deslocamento das cargas é realizado em balsas, principalmente com o sistema Ro-Ro Caboclo.

Um aspecto importante a ser considerado é que, na vazante dos rios, as embarcações reduzem o volume transportado para evitar encalhamentos, ou

realizam a troca da embarcação e o transbordo da carga para outras embarcações com calado inferior, que permitirá assim continuar a navegação pelos rios (Oliveira Neto; Nogueira, 2019). Ainda existem os eventos culturais locais (os festejos), que atraem centenas de pessoas das cidades e vilas próximas da cidade que o sedia, os quais demandam uma conjunção de rotas de deslocamento entre dezenas de embarcações regionais.

Diante deste panorama, no estado do Amazonas, já houve iniciativas para o uso do gás natural como combustível naval, apostou-se no uso do GNV (bastante utilizado nos veículos do estado) como combustível em uma lancha de travessia entre Tefé e Manaus. A lancha em questão foi construída em Manaus com capacidade para cerca de 50 pessoas, com tecnologia italiana, projetada para operar com dois motores de 225 cilindradas e possibilidade de uso de gasolina e GNV (Bombarco, 2011).

Existe uma grande demanda na região Amazônica de cerca de 1,8 milhão de metros cúbicos diariamente de gás natural, o que faz com que já desponham projetos para escoar este insumo por balsas nos rios Amazônicos. Além disso, a empresa Eneva, que atua na exploração e produção do gás natural e em soluções energéticas, presente no estado do Amazonas avalia desenvolver projetos para transportar Gás Natural Liquefeito (GNL) por meio de balsas flutuantes (Ruddy, 2022). Outros estudos estão sendo discutidos sobre a implementação do gás natural em balsas de modo que os motores que utilizam o diesel passem a utilizar o gás natural vislumbrando vantagens para o transporte aquaviário da região como a redução nos custos do transporte, diminuição da poluição, entre outros benefícios (Amazonas, 2023).

Mesmo em meio a projetos promissores, ainda há desafios a serem vencidos, pois, mesmo que haja inúmeras balsas no estado, Azevedo Junior (2017) afirma que, é preciso vencer outras barreiras para a adoção do GNL como combustível nas embarcações tais quais: os custos altos, as questões legislativas, ambientais e políticas, entre outros fatores.

Portanto, para o desenvolvimento de novos projetos que possam utilizar o GNL como combustível ou adaptação de equipamentos de conversão para o gás nas embarcações existentes com potencial de conversão (como balsas, empurradores ou *ferry boats*), é necessário levar em conta todo o contexto apresentado até agora, incluindo as questões logísticas como as longas distâncias

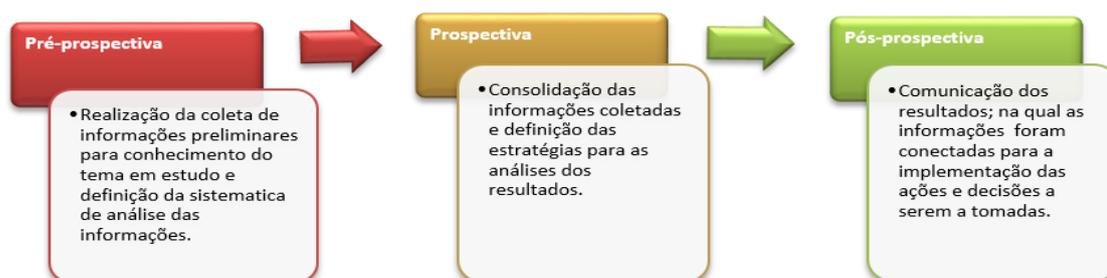
geográficas e os inúmeros fatores de navegabilidade nos rios da Amazônia que podem ocorrer quando se empreende uma viagem, tais como: solavancos, banzeiros, abalroamentos, bancos de areia, entre outros.

4 METODOLOGIA PARA ALCANÇAR O OBJETIVO PRINCIPAL DESTE RELATÓRIO TÉCNICO CONCLUSIVO

Para elucidar o estado da arte relacionado a tanques cilíndricos de armazenagem de GNL de embarcações movidas a gás, foram empregadas técnicas prospectivas utilizando-se bases de dados de artigos científicos e de patentes, sendo este trabalho caracterizando como bibliográfico quanto aos meios. A pesquisa bibliográfica, conforme Sousa, Oliveira e Alves (2021) consiste em um conjunto de informações e dados que podem ser obtidos através de diversos documentos como, artigos, teses, dissertações, livros publicados entre outros que formam a base teórica da pesquisa. Permite que o pesquisador conheça de forma mais abrangente o assunto a ser estudado através da sistematização do material para a reconstrução de uma dada teoria e aprimoramento de diversos fundamentos teóricos.

Considerando que o objetivo geral desta pesquisa é realizar uma análise prospectiva do estado atual de desenvolvimentos científico e tecnológico dos tanques cilíndricos de armazenagem de GNL como combustível para embarcações, com vistas a propor sua aplicabilidade nos sistemas de fontes de energia das embarcações do Amazonas, esta pesquisa está organizada conforme as etapas de prospecção sugeridas por Borschiver e Lemos (2016), resumidas na Figura 7.

Figura 7 - Etapas metodológicas da Prospecção tecnológica.



Fonte: Adaptado de Borschiver e Lemos (2016).

Desse modo, a etapa **pré-prospectiva** desta pesquisa consistiu-se na busca de informações referentes a gás natural, GNL e a tanques cilíndricos de

armazenagem de GNL para uso em embarcações movidas a gás. Para estas buscas, foi utilizada a base de documentos científicos *Scopus*. A etapa **prospectiva** deste estudo partiu do conhecimento obtido na fase pré-prospectiva e, em consonância com o primeiro objetivo específico deste trabalho, pretendeu levantar o estado atual de desenvolvimento tecnológico relacionados aos cilindros de armazenagem de GNL. Para estas buscas, foi utilizada a base de patentes da *Orbit Questel*[®]. A etapa **pós-prospectiva** procura comunicar os resultados de forma gráfica e com análises baseadas na literatura.

4.1 Etapa pré-prospectiva

Para se familiarizar com o tema, realizou-se consulta de literatura científica buscando responder questões sobre a possibilidade de uso de GNL como combustível em embarcações do Amazonas de pequeno e médio porte. Para tanto, utilizou-se a base *Scopus* através do Portal de Periódicos Capes em 2022, e novamente em 2023, utilizando-se de palavras-chave em inglês, conforme as dispostas no Quadro 3 (uma espécie de *thesaurus*) nos campos Resumo, Palavras-chave e Título, utilizando o operador booleano *AND* para termos adicionais e *OR* para alternativos, sem truncadores e sem restrição de período e tipo de publicações.

Quadro 3 - Palavras –chaves/termos de busca na *Scopus*.

Palavras-chave em português	Palavras-chave em inglês
Gás Natural Liquefeito	"Liquefied Natural Gas"; LNG
Tanque de armazenagem	"Storage Tank"; "Cylinder"
Embarcação	"Vessel"; "Ship"
(Sistema de) propulsão	"Propulsion"; "Power"

Fonte: Elaborado pelos autores.

A sintaxe de busca resultante na base (*TITLE-ABS-KEY (liquefied AND natural AND gas) OR TITLE-ABS-KEY (Ing) AND TITLE-ABS-KEY (storage AND tank) OR TITLE-ABS-KEY (cylinder) AND TITLE-ABS-KEY (vessel) OR TITLE-ABS-KEY (ship) AND TITLE-ABS-KEY (propulsion) OR TITLE-ABS-KEY (power)*) recuperou 120 (cento e vinte) documentos, os quais precisaram ser tabulados a fim de verificar a coerência com o objeto de estudo. A consulta a algumas destas

literaturas possibilitou organizar os termos a serem utilizados na próxima etapa do estudo, tais como o tipo de tanque para embarcações de pequeno e médio porte.

4.2 Etapa prospectiva

Nesta etapa, realizou-se uma busca de patentes objetivando identificar as tecnologias recentes no campo de interesse. Utilizou-se a base de patentes *Orbit Intelligence* a qual se constitui em um sistema de busca e análise de informações contidas em documentos de patentes e que possui acesso a informações de publicações em mais de 90 países com recursos avançados de visualização, exportação e análises de grandes conjuntos de informações (Questel, 2023).

No que se refere ao mapeamento de patentes, Paranhos e Ribeiro (2018), destacam a importância da prospecção tecnológica em bases de patentes para identificar tendências e direcionamentos futuros em áreas específicas de pesquisa e desenvolvimento. Nesta etapa, considerou-se as particularidades do tipo de tanque objeto desta pesquisa.

Segundo Nerheim (2023), o GNL é frequentemente utilizado em sistemas de combustível duplo, em combinação com diesel, por exemplo. No entanto, considerando a necessidade de redução das emissões citadas em capítulos anteriores, os sistemas de gás puro são preferíveis aos sistemas de duplo combustível (Aseel *et al.*, 2021). Portanto, esta pesquisa limitou-se a sistemas que utilizam somente o gás natural.

Outro aspecto a ser considerado é que os sistemas de combustível de GNL baseados em *Boil-Off-Gas* (BOG) são mais relevantes para navios maiores, como os transportadores de GNL (gaseiros). Sobre o BOG, é importante mencionar que é uma ocorrência natural em tanques de GNL a bordo de navios, o que apesar dos tanques possuírem isolamento de alto nível, ocorre algum vazamento de gás, isso porque é impossível evitar a transferência de calor do ambiente para a carga. Este GNL evaporado é chamado de *Boil-Off-Gas* ou gás de ebulição ou ainda BOG e sua taxa de evaporação ou de ebulição é geralmente cerca de 0,10 a 0,15% em volume por dia, dependendo do sistema de isolamento térmico (Panagiotopoulos, 2024).

Esses navios com os sistemas de uso para BOG, segundo Nerheim (2023), representam outro segmento de navio e outro tipo de sistema de combustível que

não são relevantes para o tipo de tanque que se pretende estudar. Estes sistemas também foram excluídos deste estudo.

Nesta etapa prospectiva, utilizaram-se vários termos de busca para se entender as inovações relacionadas aos sistemas de armazenagem de GNL usados em embarcações, alguns dos quais semelhantes aos da pesquisa realizada na Scopus. Muitos resultados foram retornados, até que se chegasse às sintaxes mais adepta ao objeto de estudo desta pesquisa, apresentadas no Quadro 4. Foram consideradas a utilização do termo GNL e suas variações juntamente com o tipo de tanque ‘C’ regulamentado pela IMO como tanque independente de configuração cilíndrica. No campo ‘Busca Avançada do *Orbit Intelligence* (Questel, 2024) utilizou-se a seguinte equação de busca: ((LIQUEF + NATURAL GAS OR LNG) AND (GAS CYLINDER+ OR C-TYPE TANK) NOT BOIL OFF GAS).

Quadro 4 - Sintaxes de busca no *Orbit Intelligence*.

Sintaxe de Busca	Campos de Busca	Classe IPC	Classe CPC	Período Temporal	Resultados
Geral = ((LIQUEF+ NATURAL GAS OR LNG) AND (GAS CYLINDER+ OR C-TYPE TANK) NOT BOIL OFF GAS)	TI/AB/CLMS/ DESC/ODES/ ADB			01-01- 2013 a 31- 12-2023	3.204
Específica = ((LIQUEF+ NATURAL GAS OR LNG) NOT BOIL OFF GAS))	TI/AB/CLMS/ DESC/ODES/ ADB	(F17C 1/00)	(F17C 1/00) – (F02M- 021/0221) / (B63B- 017/0027) / (63H-021/38) / (F17C) / (Y02T)	01-01- 2013 a 31- 12-2023	789

Fonte: Elaborado a partir de dados do *Orbit Intelligence* (Questel, 2024).

O período analisado foi de 2013 a 2023 e os campos de busca foram *Title* (TI), *Abstract* (AB), *Description* (DESC), e *Advantages* (ADB). Destaca-se que o operador booleano *NOT* foi utilizado para excluir os documentos de patentes que contivessem o termo *Boil-Off-Gas* (BOG). O booleano *OR* foi utilizado para a localizar as expressões do Gás Natural Liquefeito ou do GNL, assim como para os cilindros de gás ou tanques do tipo “C”.

A diferença entre a primeira e a segunda equação de busca no Quadro 4 é o uso da classificação internacional de patentes (CIP). O resultado da primeira equação de busca *((LIQUEF+ NATURAL GAS OR LNG)/TI/AB/CLMS/DESC/ODES/ADB AND ((GAS CYLINDER+ OR C-TYPE TANK) NOT BOIL OFF GAS)/TI/AB/CLMS/DESC/ODES/ADB))*, que resultou em 3.204 patentes, envolvia outras tecnologias que não os tanques em questão. Foi então realizada uma busca mais específica *((LIQUEF+ NATURAL GAS OR LNG) NOT BOIL OFF GAS)/TI/AB/CLMS/DESC/ODES/ADB AND (F17C-001/00)/CPC* substituindo o termo *tank* pelo código IPC F17C 1/00 relacionado à vasos de pressão como cilindros de gás e tanque de gás, conforme as Classificação Internacional de Patentes (IPC) e Classificação Cooperativa de Patentes (CPC), resultando em 788 patentes (Quadro 5).

Quadro 5 - Definições dos códigos IPC e CPC embasados nas buscas desta pesquisa.

Código IPC	Código CPC
<p>F17C = Embarcações que contém ou armazenam gases comprimidos, liquefeitos ou solidificados; gás de capacidade fixa; enchimento ou descarga de vasos com gases comprimidos, liquefeitos ou solidificados (armazenamento de fluidos em cavidades ou câmaras naturais ou artificiais na terra B65g 5/00; Construção ou montagem de contêineres de armazenamento a granel empregando técnicas de engenharia civil E04h 7/00; reservatórios de gás de capacidade variável F17B; máquinas, instalações ou sistemas de liquefação ou refrigeração F25.</p>	<p>F17C = Embarcações que contém ou armazenam gases comprimidos, liquefeitos ou solidificados; gás de capacidade fixa; enchimento ou descarga de vasos com gases comprimidos, liquefeitos ou solidificados (armazenamento de fluidos em cavidades ou câmaras naturais ou artificiais na terra B65g 5/00; Construção ou montagem de contêineres de armazenamento a granel empregando técnicas de engenharia civil E04h 7/00; reservatórios de gás de capacidade variável F17B; máquinas, instalações ou sistemas de liquefação ou refrigeração F25.</p>
<p>F17C 1/00 = Vasos de pressão, por ex. cilindro de gás, tanque de gás, cartucho substituível (aparelhos pressurizados para outros fins que não o armazenamento, consulte as subclasses relevantes, como A62C, B05B; associados a veículos, consulte a subclasse apropriada das classes B60-B64; vasos de pressão em geral</p>	<p>F17C 1/00 = Vasos de pressão, por ex. cilindro de gás, tanque de gás, cartucho substituível (aparelhos pressurizados para outros fins que não o armazenamento, consulte as subclasses relevantes, como A62C, B05B; associados a veículos, consulte a subclasse apropriada das classes B60-B64; vasos de pressão em geral</p>

Código IPC	Código CPC
F16J 12/00) [2006.01].	F16J 12/00) [2006.01].
-	B63B-017/0027 = Navios ou outras Embarcações Aquáticas; Equipamento para Transporte (dispositivos de ventilação, aquecimento, resfriamento ou ar condicionado da embarcação B63J 2/00; subestruturas flutuantes como suporte de dragas ou máquinas de deslocamento de solo E02F 9/06).
-	B63H-021/38 = Aparelhos ou métodos especialmente adaptados para utilização em embarcações marítimas, para manusear líquidos de centrais eléctricas ou unidades, por ex. lubrificantes, refrigerantes, combustíveis ou similares ({em motores de popa B63H 20/001;} lubrificar ou resfriar máquinas ou motores em geral F01 - F04)
-	Y02T = Tecnologias de mitigação de mudanças climáticas relacionadas ao transporte.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Correlacionando-se os documentos recuperados com a 2ª equação de busca, identificou-se uma patente chinesa intitulada '*Marine liquefied natural gas storage tank*' (Tanque de armazenamento de gás natural liquefeito marítimo), a qual compreende um tanque de armazenamento de gás natural liquefeito marítimo resistente a baixas temperaturas e de baixo custo. A partir desta patente utilizou-se a opção que restringe a busca por similaridade (Restrict to similar patents) pela qual a busca é realizada apenas no conjunto de resultados já selecionados. A escolha por essa estratégia final se deu devido às dificuldades encontradas nas buscas dessas tecnologias que resultavam diversas patentes sem relação exata com os tanques cilíndricos em questão.

Obteve-se então um resultado de 640 patentes que apresentaram uma relação mais próxima à tecnologia pesquisada. Porém, foi necessário ainda outro refinamento para encontrar patentes que realmente tratassem de tanques cilíndricos de armazenamento de GNL para embarcações movidas a gás. Por isso, restringiu-se a busca selecionando-se as famílias de patentes que mais se aproximavam com

o objetivo, o que totalizou 152 resultados, possibilitando enfim uma análise inicial. Porém, para um resultado mais pontual foram selecionadas, dentre este total, as patentes que se tratavam especificamente de tanques para armazenagem de GNL como combustível o que resultou em 40 patentes.

Para que o processo fosse realizado foi necessária a filtragem em diversas etapas, pois muitos resultados das patentes retornadas continham pouca ou nenhuma relação com o objetivo proposto, como por exemplo: ‘Navio transportador de GNL e método para fabricação de navio transportador de GNL’; ‘Dispositivo de suspensão de GNL para tanque de armazenamento de GNL com isolamento’; ‘Sistema de gaseificação de GNL para uso em navios equipados com GNL e método de gaseificação de GNL para uso em navios’; ‘Sistema de regaseificação de gás e navio com regaseificação de gás’; ‘Aparelho de suporte de GNL para tanque duplo de armazenamento de GNL’; ‘Sistema e método abrangente de utilização de gradiente de energia fria para navio de combustível duplo’; ‘Sistema híbrido de descarga de GNL para navio de GNL’; ‘Sistema de abastecimento de navio de GNL e método de controle de pressão da cabine de navio de abastecimento de GNL’, entre outros. Resultados estes que não apresentavam tanques cilíndricos ou vasos de pressão para armazenagem de GNL.

4.3 Etapa pós-prospectiva

Nesta etapa, os resultados das buscas foram tratados em planilha do *software Excel* que geraram gráficos e tabelas para melhor comunicação das análises. Para a pesquisa científica, utilizou-se o *Bibliometrix*, que carrega dados de diversas bases, entre elas a *Scopus*. Os dados importados da busca foram organizados por autor, título do documento, afiliação do autor, data de publicação, e termos-chave.

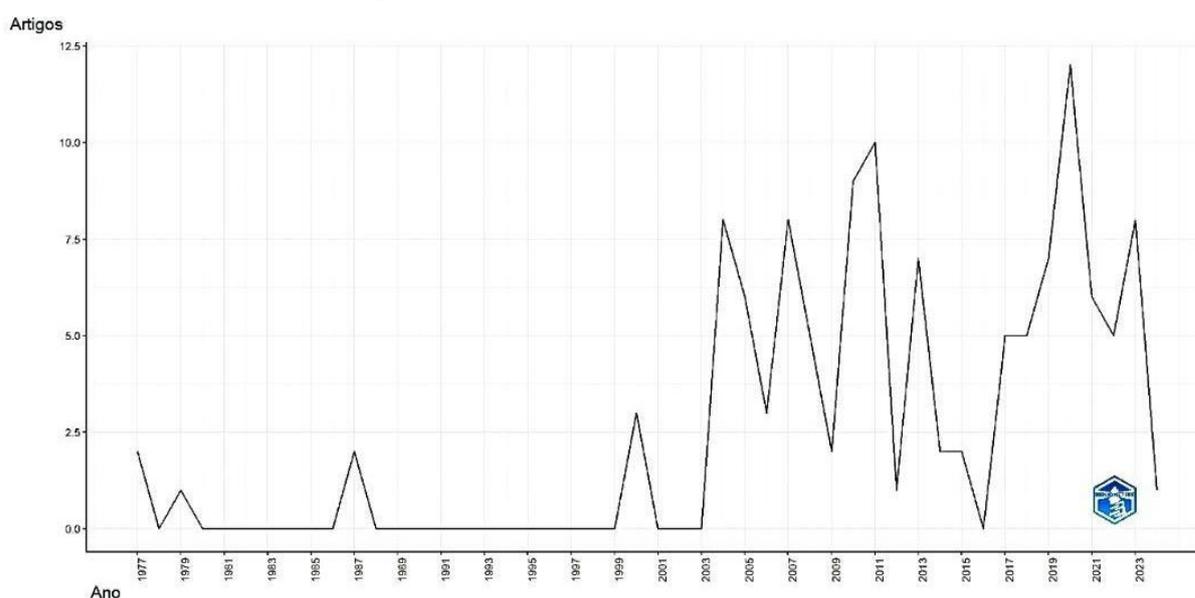
As patentes foram organizadas conforme o número de publicação, título da patente, país de depósito, data de publicação, depositantes/cessionários, resumo, classe IPC, classe CPC, campo técnico, pontuação de relevância, tipo da patente (de invenção ou modelo de utilidade) e domínio tecnológico.

5 ESTADO DA ARTE SOBRE TANQUES PARA ARMAZENAGEM DE GNL

5.1 Evolução e cenário dos documentos literários sobre uso de GNL em embarcações

No que se refere à evolução da produção científica sobre o tema, observa-se pela Figura 8 que as primeiras publicações datam do final da década de 1970, sendo o início dos anos 2000 o intervalo em que a média de publicações é maior.

Figura 8 - Produção científica anual.



Fonte: Scopus (2024) e Bibliometrix (2024).

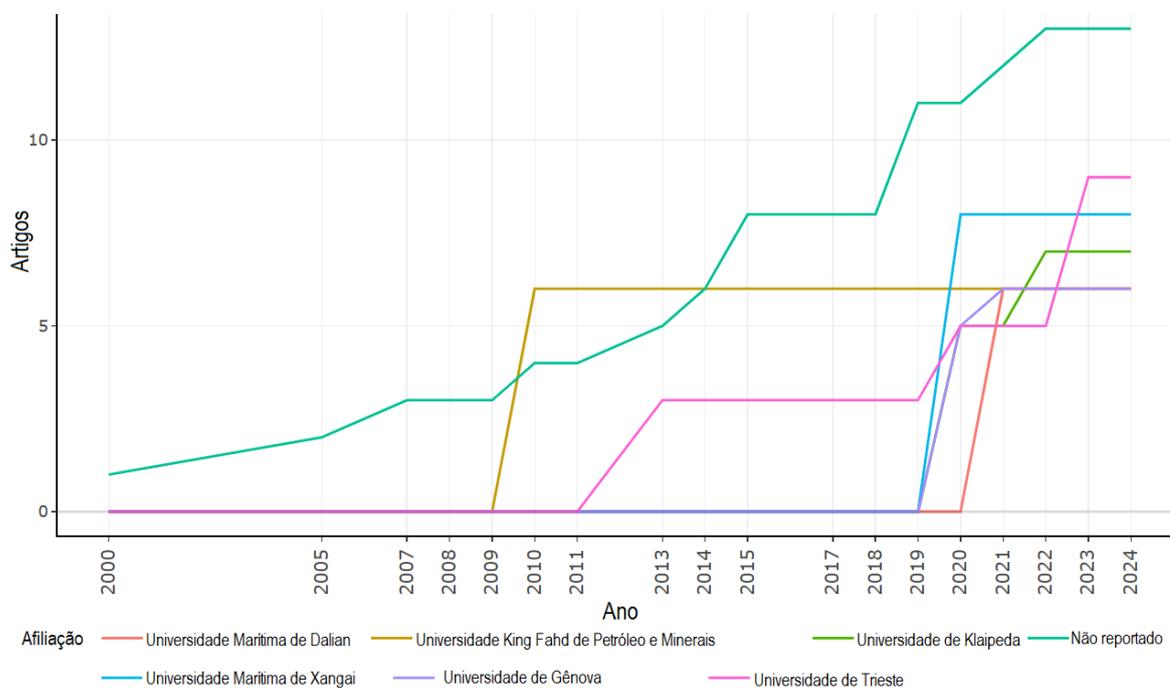
O aumento de interesse por esse tema pode estar relacionado com o início dos debates sobre as questões ambientais. De acordo com Ignacio (2020), no início da década de 1970, achava-se que o meio ambiente era uma fonte inesgotável de recursos, porém, com a globalização e as ideias de desenvolvimento econômico, as questões ambientais começaram a se fazer importantes de forma gradativa na sociedade. Um dos primeiros estudos científicos a respeito da preservação ambiental foi o relatório “Limites do Crescimento”, elaborado pelo Clube de Roma, um grupo de pessoas notáveis que se reuniam para debater diversos assuntos relacionados à política, meio ambiente, desenvolvimento sustentável, entre outros.

No ano de 1972, segundo o autor supramencionado, realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, resultando na elaboração da Declaração de Estocolmo, por meio da qual se

reconhece, em nível internacional, a importância dos instrumentos de gestão ambiental para a promoção do desenvolvimento sustentável. Outro debate importante foi a Eco-92, a primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Brasil, no Rio de Janeiro, no ano de 1992. Esses debates foram importantes para que os países industrializados começassem a perceber o impacto negativo das suas tecnologias no meio ambiente, dando início às ideias de preservação, algo que atraiu, aos poucos, a atenção mundial.

Em relação às instituições que mais publicaram sobre o tema, tem-se as de origem europeia e asiática, conforme se observa na Figura 9.

Figura 9 - Produção por afiliação.



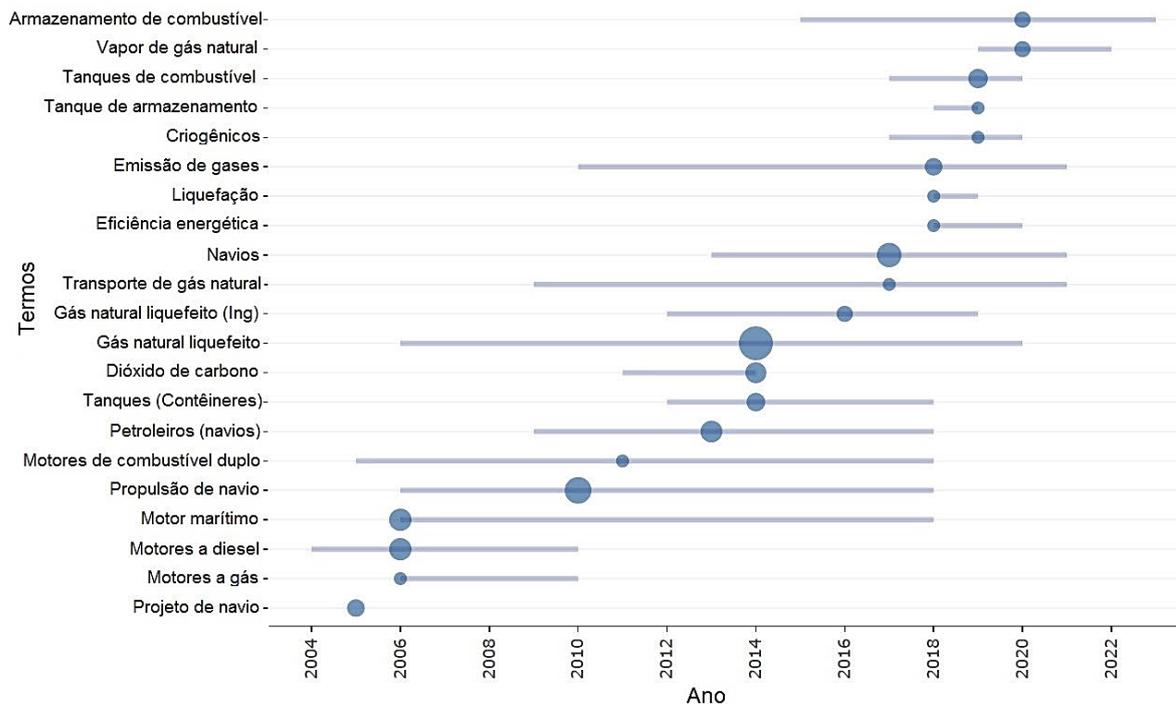
Fonte: Adaptado a partir de dados da Scopus (2024) e Bibliometrix (2024).

Tem-se a Itália como exemplo de país muito dependente do gás natural, pois o país não extraía uma quantidade suficiente de gás natural para satisfazer seu consumo interno. O país adotou diferentes caminhos para seu abastecimento de forma a tornar a Itália menos dependente dos países fornecedores de GNL. Foi autorizado o projeto no ano de 1988 do "Terminal de GNL do Adriático", para regaseificação de GNL, o qual teve monitoramento do Ministério do Meio Ambiente Italiano que avaliou a compatibilidade ambiental do projeto para verificar possíveis

impactos no ambiente marinho associados à construção e operação da estrutura (Lambert *et al.*, 2013).

Quanto à tendência de tópicos ou assuntos relacionados à pesquisa, observa-se que “armazenagem do combustível”, “Vapor de Gás Natural (BOG)” e “tanque de combustível” estão entre os citados nas publicações dos últimos cinco anos, conforme se observa na Figura 10.

Figura 10 - Tópicos em tendência.



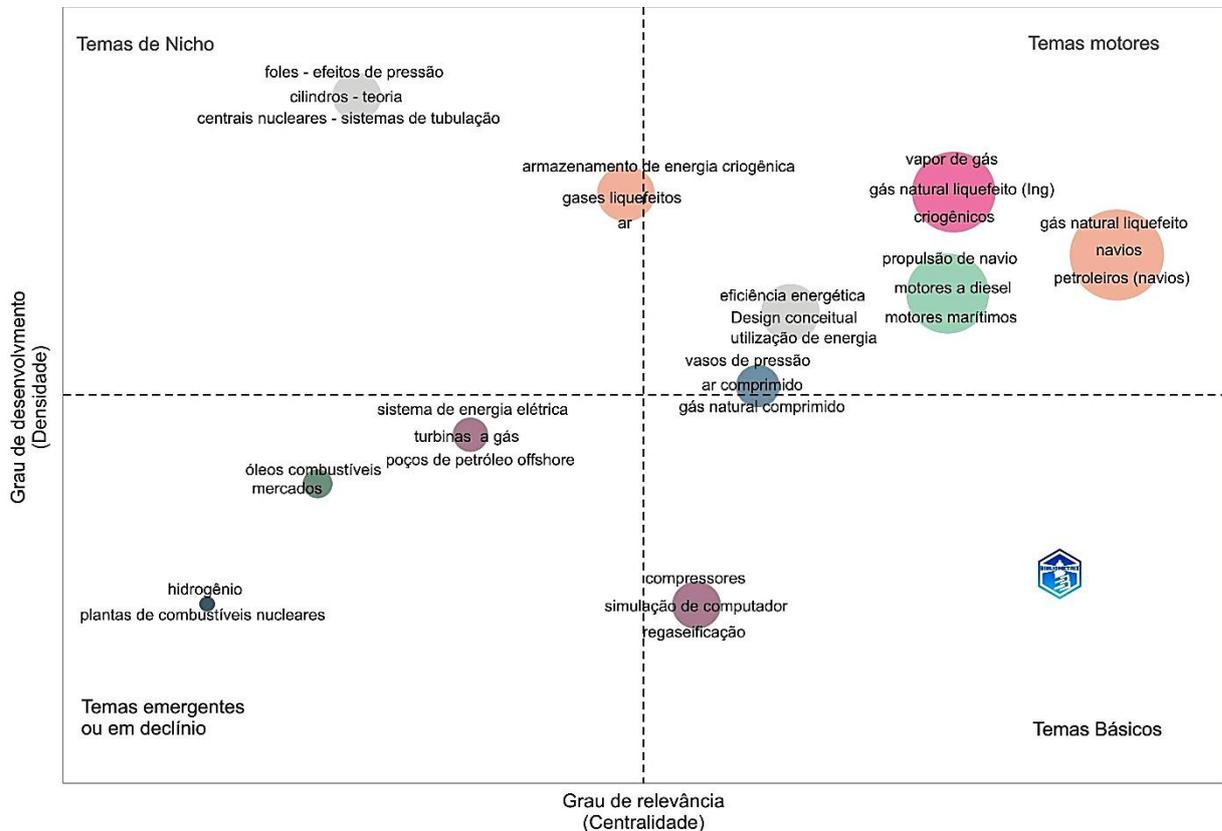
Fonte: Adaptado a partir de dados da Scopus (2024) e Bibliometrix (2024).

Os tópicos em tendência medem o interesse e a relevância de determinado assunto em determinado momento (ALS WEB, [2023?]). São termos ou assuntos que estão sendo amplamente discutidos e compartilhados nas redes sociais e na internet em um determinado momento. Em relação à densidade e centralidade dos temas: a centralidade indica a importância do tema em todo o campo de pesquisa; a densidade indica o grau de desenvolvimento dos temas; e as bolhas representam o tamanho dos *clusters* (Barreto; Quintella, 2023).

De acordo com Cobo *et al.* (2011), a centralidade mede a interface de uma rede com outra ao passo que a densidade mensura a robustez da rede, com isso um determinado campo de pesquisa pode ter ambos os tipos de medida visualizado

como em um diagrama estratégico em duas dimensões e classificados em quatro categorias. A Figura 11 demonstra a densidade e a centralidade dos temas.

Figura 11 - Relação à densidade e centralidade dos temas.



Fonte: Adaptado a partir de dados da Scopus (2024) e Bibliometrix (2024).

Observa-se alta densidade e alta centralidade (quadrante superior direito) para os temas: gás natural liquefeito, Vapor de gás (BOG), tanques, eficiência energética, propulsão de navio, motores a diesel, vasos de pressão, eficiência energética, gás natural comprimido e criogênico. Os temas posicionados no quadrante superior direito, conhecidos como temas-motores, são relevantes para o desenvolvimento e estruturação do campo de pesquisa (Herrera-Viedma *et al.*, 2020). Observa-se que pesquisas sobre GNL constam nesse quadrante, bem como as relacionadas à propulsão, combustível e tanques.

5.2 Evolução e cenário de patentes sobre uso de GNL em embarcações

Foram examinadas as 152 patentes selecionadas dentre as retornadas na base da *Orbit Intelligence*, para um período de 10 anos, em consonância com a estratégia de busca descrita no Quadro 4. Pela Figura 12, observa-se uma movimentação irregular de depósitos, ou seja, períodos de redução e de aumento de depósitos, sendo 2021, 2019 e 2022 os anos com os maiores depósitos no período selecionado.

Figura 12 - Depósito anual de patentes relacionadas a tanques cilindros de armazenagem de GNL como combustível.



Fonte: Adaptado a partir de dados do Orbit Intelligence (Questel, 2024).

Sobre os primeiros anos da série estudada, Araujo, Parise e Esteves (2015), afirmam que, com a importância do mercado de liquefação do gás natural, os fatores de viabilização técnica e econômica se tornaram enormes desafios para os demandantes desse setor, o que impactava diretamente na tomada de decisões quanto à adoção das tecnologias de processo, de embarcações, sistemas de armazenamento, entre outros mais viáveis, pois as aplicações necessitam ser estudadas com cautela, levando em conta os indicadores com menor nível de subjetividade possível para a escolha das melhores soluções tecnológicas.

Quanto aos últimos anos da série analisada, a quantidade de depósitos pode estar relacionada à alta de 5,7% anual de GNL no mercado global e os fatores para esse crescimento se devem ao fato de o GNL ser um combustível que tem flexibilidade de transporte (não existe necessidade de despesas de capital significativas de ligação geográfica à localização do comprador) e também ao fato de

ser uma das tendências atuais de energia alternativa em substituição ao consumo de outros combustíveis, atendendo às regulamentações marítimas rigorosas para a redução das emissões no planeta (Merkulov; Skripnuk; Kulik, 2020).

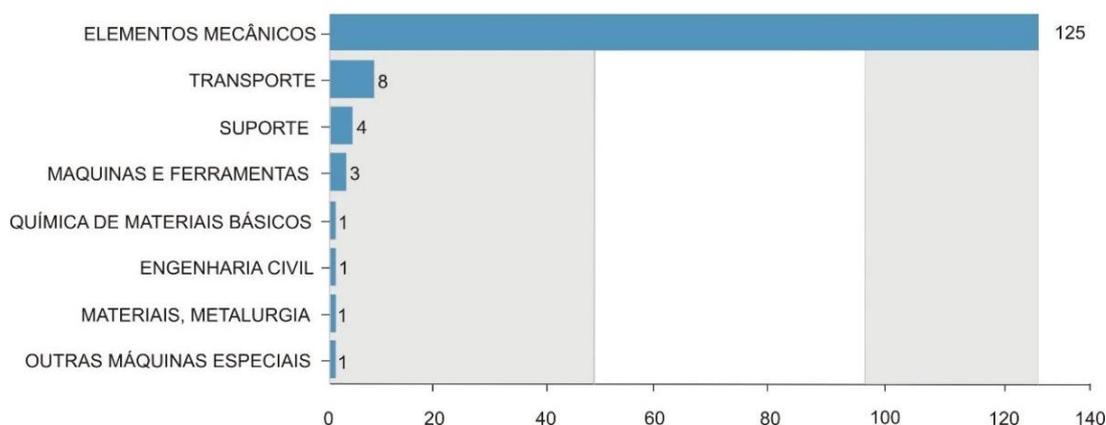
Em 2021, o cenário de conflito entre a Rússia e Ucrânia e ainda a pressão de vários países, entre eles os Estados Unidos da América (EUA), fez com que a Alemanha que é a responsável pelo comissionamento de seu gasoduto, suspendesse seu assentimento, o que fez com que a Rússia reduzisse sua oferta de gás impactando fortemente nos preços do gás nos mercados da Europeus e Asiáticos. Ressalta-se que a Rússia, que é uma das principais produtoras e exportadoras mundiais de petróleo e gás e supridora de grande parte das demandas da Europa, foi responsável por cerca de 10% das exportações mundiais do petróleo em 2021, e importou para a União Europeia (UE) cerca de 40% (COMERC, 2022).

Em 2021, a produção de gás natural foi reduzida em cerca de 20% com as políticas de transição energética da Europa o que aumentou a dependência das importações de GNL da Rússia. Outro ponto crítico, foi a alta nos preços em função do verão europeu que demandou maior geração termelétrica para o aumento da refrigeração, o que acabou reduzindo os estoques que normalmente são repostos para o próximo inverno (Comerc, 2022). Ainda corroborando com esses dados, Ajaz (2023), afirma que cerca de 81 Gigawatt (GW) da capacidade traçada pela Ásia precisou ser cancelada em 2022 e 2023.

Os pedidos internacionais de Proteção Industrial se mantiveram com um crescimento positivo em 2022 mesmo diante do cenário perturbador frente à epidemia de COVID-19 nos anos anteriores conforme dados da IEA 50 (2024). Houve a introdução, pelas empresas, de novos produtos em 2021, o que se refletiu nos pedidos de depósitos. Esse crescente aumento nos números mostra que as empresas continuam cada vez mais investindo em inovação.

No que se refere aos domínios tecnológicos das patentes depositadas, a Figura 13 apresenta os domínios com maior representatividade do total de pedidos de patentes.

Figura 13 - Domínios de Tecnologia dos pedidos de patentes relacionadas à cilindros de armazenagem de GNL.



Fonte: Adaptado a partir de dados do *Orbit Intelligence*® (Questel, 2024).

Observa-se, que as tecnologias buscadas estão relacionadas aos elementos mecânicos onde estão contidas as 125 patentes das 152 em estudo. Cabe destacar que este é o setor que “abriga” os tanques cilíndricos de armazenamento de GNL das embarcações movidas a gás tidos como vasos de pressão e os acessórios mecânicos diversos para a sua fabricação.

Os vasos de pressão são usados para armazenar substâncias líquidas ou gasosas sob pressão interna ou externa, os quais são regularizados pelo Código ASME que regulamenta a construção desses vasos de pressão e delinea a fabricação, os testes e as certificações exigidas. Essas tecnologias são compostas por uma estrutura com cabeçotes, suportes e acessórios adicionais necessários para a aplicações específicas, e cada componente tem uma composição diferente baseada no uso pretendido (American Alloy Fabricators, 2024).

Dessa forma, os componentes mecânicos são projetados para executar funções específicas de um maquinário, desde o menor parafuso até as peças mais robustas, como motores, sendo elementos imprescindíveis que desempenham papéis específicos no desenvolvimento de máquinas eficientes (Velling, 2021). Infere-se que este é o domínio tecnológico predominante (elementos mecânicos) em função da configuração das tecnologias dos tanques em questão.

Em uma análise espacial dos depósitos de patentes no mundo, a Figura 14 mostra todos os continentes onde as tecnologias foram depositadas, sendo a intensidade das cores usadas para demonstrar os países que possuem maior

número de depósitos. Os países na cor azul do gráfico representam os locais de proteção das tecnologias de tanques cilíndricos de armazenagem de GNL. No mesmo gráfico, as áreas na cor cinza representam os países nos quais não houve depósito algum de patentes.

Figura 14 - Países onde as patentes estão depositadas.



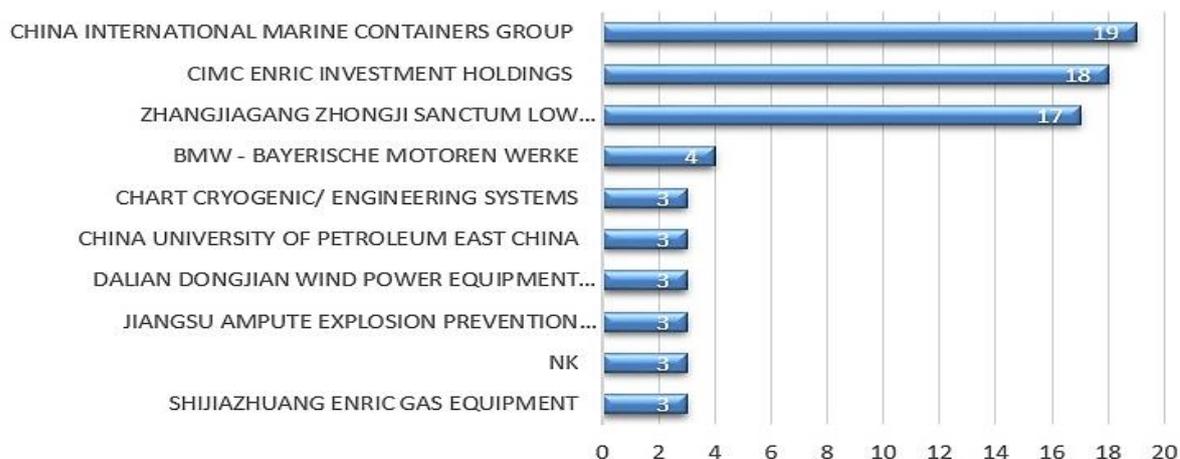
Fonte: Adaptado de Orbit Intelligence (Questel, 2024).

A China conta com 88 depósitos, a República da Coreia, com 13 depósitos, Alemanha e Estados Unidos, com 7 cada, Organização Europeia de Patentes (OPE/EPO), com 6, Japão com 5 e Canadá, Índia, Noruega Federação Russa, com 2 depósitos cada. A proeminência da China pode estar atrelada à perspectiva de que, entre os anos 2019 e 2024, o país seria responsável por 40% da expansão global da capacidade de energias renováveis, impulsionada por uma melhor integração do sistema, taxas de redução mais baixas e maior competitividade entre as opções energéticas (IEA 50, 2024).

Consequentemente, o interesse global na redução das emissões na China se concentra no compromisso assumido pelo país em atingir o pico das emissões de dióxido de carbono antes de 2030 e a neutralidade de carbono até 2050. Essas metas visam reduzir a intensidade de carbono da economia do país em pelo menos 65% até 2030. Mais de 40% das emissões de carbono da China foram cobertas pelo mercado nacional de carbono, aumentando o custo real das emissões para as empresas (*Environmental Defense Fund*, 2022).

Quanto Aos Dez Principais *Players* Detentores das tecnologias de patentes referentes aos tanques cilíndricos de armazenagem GNL, a Figura 15 apresenta a relação dos depositantes.

Figura 15 - Classificação dos 10 principais players das tecnologias relacionadas a cilindros de armazenagem de GNL.



Fonte: Adaptado a partir de dados do Orbit Intelligence (Questel, 2024).

A empresa *China International Marine Containers (Grupo) Co., Ltd.* (CIMC) é a primeira na classificação dos principais *players* das tecnologias referentes a cilindros de armazenagem de GNL, trata-se de uma multinacional líder no fornecimento mundial de equipamentos de logística e energia. Com sede em *Shenzhen*, na China, trabalha com diversos equipamentos como contêineres, veículos, energia, equipamentos químicos e alimentícios, *offshore*, além de oferecer os serviços de logística, instalações aeroportuárias etc., e possuir mais de 300 empresas na Ásia, América do Norte, Europa, Austrália e outros, cobrindo mais de 100 países e regiões. A empresa foi fundada em janeiro de 1980 como uma *joint venture* e recebeu investimentos do *China Merchants Group* e *East Asiatic Company*, em *Shenzhen*. Atualmente, a CIMC é uma empresa pública, cujos principais acionistas são *Shenzhen Capital Holdings* e *China Merchants Group* além de possuir apoio do governo chinês (CIMC, 2023).

A segunda empresa classificada é a CIMC Enric Holdings Limitada é subordinada ao segmento de energia, engenharia química e equipamentos alimentícios da *China International Marine Containers (Group) Ltd.* desde 2007.

Possui mais de 10 marcas de produtos e mais de 10 mil funcionários que trabalham em mais de 20 bases de fabricação e centros internacionais de P&D avançados na China, Alemanha, Holanda, Dinamarca e Bélgica. A empresa criou um padrão industrial distribuído de forma racional com apoio mútuo de interação entre a China e a Europa. Possui uma rede de marketing com larga distribuição em mais de cem países e regiões da Europa, América do Sul, América do Norte, Ásia Central e Sudeste Asiático, incluindo China, Tailândia, Nigéria, Paquistão e Uzbequistão. Lidera globalmente o mercado de transportadores de gás liquefeito de pequeno e médio porte e a cadeia de seus produtos abrange transportadores pressurizados e semi-refrigerados, semi-pressurizados para vários gases liquefeitos, como GLP, etanol e GNL, bem como navios de abastecimento de GNL (*CIMC ENRIC, 2023*).

A empresa *Zhangjiagang Zhongji Sanctum Low Temperature Equipment* também chinesa consta na relação em terceira posição na classificação. Especializada em design, fabricação, vendas e serviço técnico de diversos equipamentos criogênicos, incluindo tanque de armazenamento de líquido criogênico, caminhão-tanque de líquido criogênico, tanque de grande pressão, recipiente de tanque líquido, cilindro de isolamento térmico criogênico, vaporizador e também equipamentos de armazenamento e transporte de produtos químicos perigosos (*Furui Group, 2023*).

As demais posições são ocupadas pelas empresas: *Bayerische Motoren Werke* (BMW) empresa automobilística alemã, fabricante de motocicletas e automóveis de luxo; pela *Chart Cryogenic Engineering Systems (Changzhou) Co., Ltd.*, empresa chinesa que produz, processa e vende tanques de transporte de líquidos criogênicos e outros produtos relacionados; pela *China University of Petroleum-East China* (UPC), universidade nacional afiliada ao Ministério da Educação do país e base importante de educação de alto grau para a indústria de petróleo e petroquímica; pela *Dalian Dongjian Wind Power Devices Manufacturing Co., Ltd.*, empresa chinesa envolvida em pesquisa e desenvolvimento, fabricação, vendas e serviços técnicos relacionados de equipamentos criogênicos no nordeste da China; pela *Jiangsu Ampute Explosion Prevention Technology Co., Ltd.*, empresa chinesa especializada em pesquisa, desenvolvimento, fabricação e vendas de materiais à prova de explosão, postos de combustível móveis, postos de abastecimento de GNL, entre outros; pela *NK*, empresa da República da Coreia que atua no ramo de desenvolvimentos tecnológicos fabricando mecanismos de fusão

de energia renovável, contêineres de armazenamento, e demais desenvolvimentos tecnológicos relacionados a sistemas de transporte; e pela *Shijiazhuang Enric Gas Equipment Co., Ltd.*, empresa especializada em equipamentos de armazenamento e transporte de gás, incluindo vasos de alta pressão e tanques criogênicos, etc.

6. PATENTES DE TANQUES CILÍNDRICOS DE ARMAZENAGEM DE GNL MAIS RELEVANTES COM POTENCIAL DE APLICABILIDADE PARA O AMAZONAS

Este capítulo apresenta as Patentes de Invenção (PI) e os Modelos de Utilidade (MU) com potencial de aplicabilidade no transporte fluvial do estado do Amazonas, considerando as particularidades desse meio de transporte na região. Buscando contribuir com essa proposta é apresentado a seguir um compilado com as patentes referentes a tanques de armazenagem de GNL para uso marítimo. Assim, selecionaram-se 40 patentes dentro da especificação de vasos de pressão com a finalidade de armazenar o GNL como combustível as quais apresentaram formatos variados que não somente cilíndricos e que podem ser adaptadas para várias configurações o que poderá subsidiar a adoção do GNL como combustível naval no estado do Amazonas.

6.1 CN105736932 - 'Marine Liquefied natural gas storage tank'

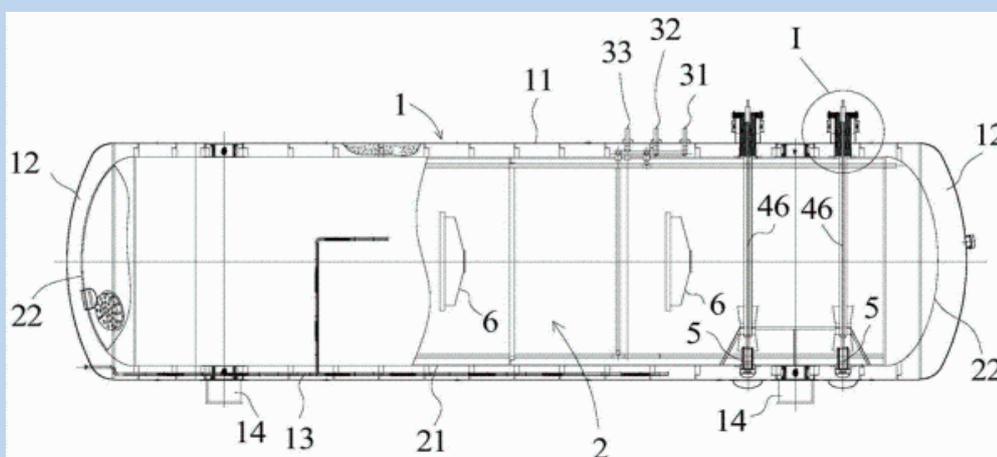
A patente em questão é uma invenção chinesa e configura-se tecnicamente como um tanque de armazenamento de gás natural liquefeito para um navio. É uma patente com status legal 'concedida' cuja data de publicação é 12 de outubro de 2014. Está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-013/00 e sem classificação CPC. Seus depositantes são a '*China International Marine Containers Group*', '*Cimc Enric Investment Holdings*' E '*Zhangjiagang Zhongji Sanctum Low Temperature Equipment*'.

A primeira depositante é uma empresa envolvida principalmente na fabricação e venda de equipamentos de transporte, como contêineres, veículos de transporte rodoviário e equipamentos de manuseio em aeroportos; a segunda é líder global no mercado de tanques de GNL de pequeno e médio e grande portes e além de fabricante de equipamentos oferece serviços de engenharia. Possui tanques de armazenamento de GNL para diferentes configurações e tamanhos; e a última é

especializada na fabricação, vendas e serviço técnicos de diversos de equipamentos criogênicos, incluindo tanque de armazenamento de líquidos criogênicos, cilindro de isolamento térmico criogênico, vaporizador entre outros (CIMC, 2024, CIMC Enric, CIMC Sanctum)

Conforme informado nos documentos, a invenção apresenta um tanque marítimo de armazenamento de gás natural liquefeito com menor custo que compreende uma estrutura externa, um recipiente interno acomodado na parte da estrutura, contêm também tubos de entrada e saída de líquidos e um tubo de fase gasosa os quais se conectam com o interior e o exterior do tanque. O tanque possui o recipiente interno e o revestimento externo fabricados com materiais resistentes à temperatura (Figura 16).

Figura 16 - Tanque de armazenamento de gás natural liquefeito marítimo.



Fonte: Questel (2024).

Ressalta-se que esta invenção não se limita às características aqui divulgadas; ela pode incorporar modificações e arranjos equivalentes incluídos no escopo das reivindicações da patente.

6.2 CN203099305 – ‘*Marine horizontal-type liquefied natural gas storage tank*’

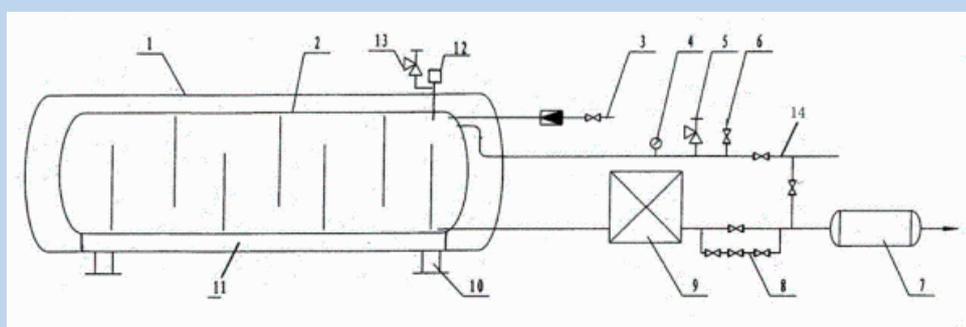
Esta patente refere-se a um tanque marítimo horizontal de armazenamento de gás natural liquefeito. Foi publicada em 27 de dezembro de 2012 e seu status legal é ‘caducada’. Tem como seu depositante a ‘Zhucheng Liangfeng Container

Equipment, empresa com sede na China especializada no projeto e fabricação de equipamentos de contêineres para a indústria e transportes.

O modelo de utilidade é caracterizado por possuir suportes de fixação nas extremidades da parte externa do tanque, possuir uma placa alinhada entre a parte interna e externa do fundo do tanque, possuir ainda um dispositivo auxiliar de descarga de segurança conectada a uma tubulação do medidor de líquido.

Um tubo de retorno de gás é utilizado juntamente com um dispositivo de pressão. Além disso, um dispositivo principal de descarga de segurança e uma válvula de evacuação são conectadas através de tubulação. Encontra-se do mesmo modo um dispositivo regulador de pressão e um vaporizador fixados numa tubulação de conexão do tanque tampão e do contentor interno (Figura 17).

Figura 17 - Diagrama esquemático do tanque de armazenamento.



Fonte: Questel (2024).

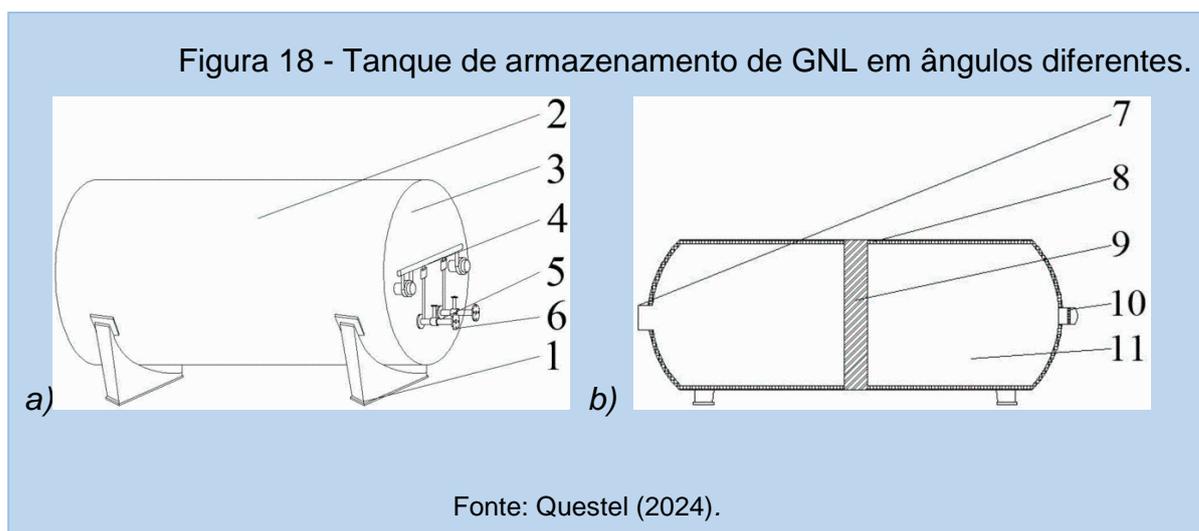
Por conseguinte, quando comparado com os dispositivos de armazenamento e transporte marítimos existentes, este modelo de utilidade tem vantagens sobre eles, pois possui estrutura simples, baixo custo de fabricação, menor vazamento por evaporação de GNL e similares, constituindo-se seguro e confiável na sua usabilidade.

6.3 CN211203629 - '*Liquefied natural gas storage tank*'

Esta patente é configurada como um tanque de armazenamento de gás natural liquefeito para embarcações. Foi publicada em 06 de dezembro de 2019. Está inserida nas classes IPC: F17C-001/00 - F17C-013/00 - F17C-013/02 - F17C-013/04 - F17D-005/00. Tem como depositante '*DAQING JINXING FUEL GAS*', um

complexo operacional de petróleo e gás em Heilongjiang, China, o qual conta com várias unidades como: Campo de Gás Qingshen (Heilongjiang, China); Campo de Petróleo e Gás de Saxi (Heilongjiang, China); Campo petrolífero de Xingxi (Heilongjiang, China).

Este modelo de utilidade apresenta um tanque de armazenamento de gás natural liquefeito composto por base de suporte; estrutura de armazenamento; dispositivo para o ajuste da pressão; camada de preservação de calor; cavidade do tanque; manômetro; válvula de segurança; válvula de serviço; e dispositivo de disparo de alarme. A extremidade inferior do dispositivo conta com uma base de suporte onde o corpo do tanque é firmado. Há uma tampa frontal organizada em um lado do corpo do tanque e há uma abertura para sair o odor localizada no outro lado do corpo do tanque juntamente com uma válvula de revisão e uma válvula de segurança. Um lado da válvula de revisão é ligado a um tubo de conexão e o dispositivo de disparo do alarme é acomodado em um dos lados da válvula de segurança (Figura 18).



Para evitar danos ao equipamento durante a operação o modelo conta com um dispositivo para regular a pressão do tanque. Com isso, as válvulas de segurança e o dispositivo regulador de pressão podem ser examinadas com segurança. E também a porta de odorização alertará as pessoas para tomarem as devidas medidas de segurança caso haja vazamento de gás.

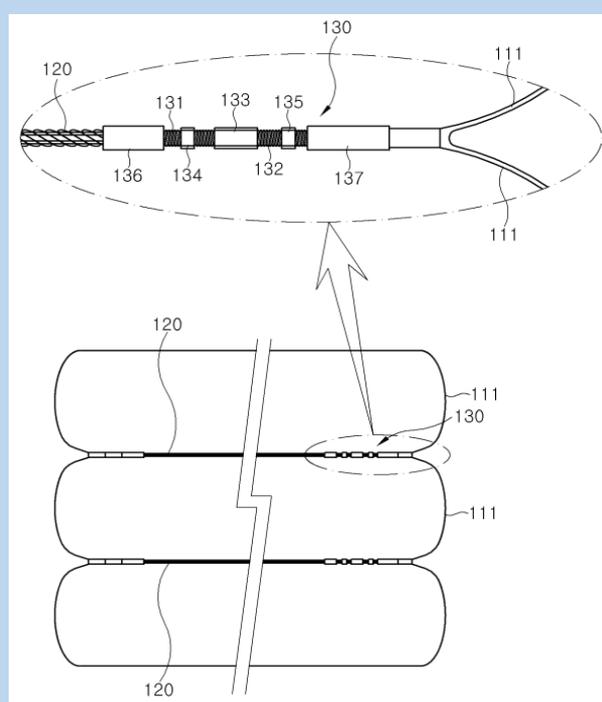
6.4 KR10-1350802 - 'LNG storage tank with pressing type'.

Esta invenção refere-se a um recipiente de armazenamento de gás natural liquefeito do tipo pressurizado para armazenamento, fornecimento e transporte de gás natural liquefeito e foi publicada em 12 de outubro de 2014. Pertence aos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-003/00 - F17C-013/00 e códigos CPC: B63B-025/14 - F17C-001/06 - F17C-2201/0128 - F17C-2201/0157 e F17C-2221/033, tem o status legal de patente 'caducada'.

Foi depositada por '*Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering*', um estaleiro de grande porte com sede em Seul na Coreia do Sul, fabricante de navios comerciais, navios de gás natural liquefeito (GNL), navios *roll-on roll-off* e estruturas offshore que incluem embarcações flutuantes de armazenamento e descarga (FPSO), e etc. A empresa tem operações no Reino Unido, Noruega, Estados Unidos, Indonésia, Cingapura, Japão, Brasil e em outros países (Wikipedia, 2024).

Conforme informações desta patente, os métodos existentes para distribuição de GNL possuem custos altos; conforme o tamanho do tanque os custos de fabricação aumentam. Assim, essa patente se propõe a resolver os problemas supracitados, apresentando um tanque do tipo pressurizado para armazenamento, fornecimento e transporte de gás natural liquefeito (Figura 19).

Figura 19 - Tanque de armazenamento de GNL com prensagem.



Fonte: Questel (2024).

As características da patente são: revestimento composto por fios de metal e formato poliédrico, podendo ser fabricado em formato retangular para maximizar a utilização do espaço. É capaz de suportar a pressão interna por possuir uma estrutura em forma de relevo na parte externa, o que visa reduzir a espessura e o aumento da capacidade de armazenagem do tanque.

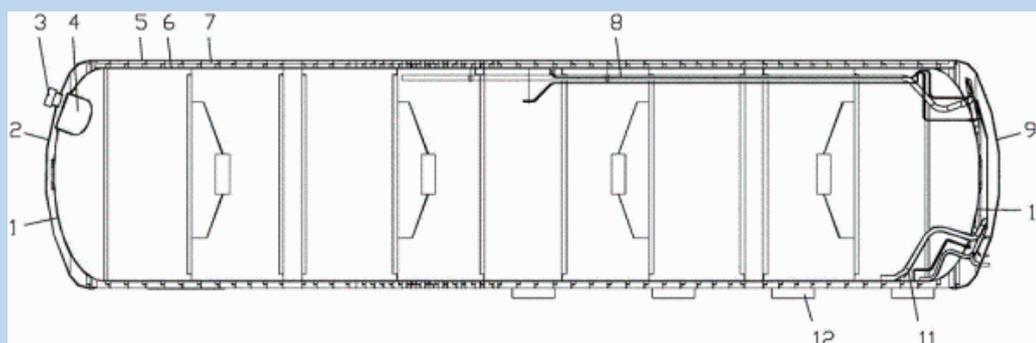
6.5 CN106322101- '35 m³ LNG low-temperature liquid transport tank'

A patente refere-se a um tanque de armazenamento de 35m³ para líquidos de baixa temperatura de GNL. A data de sua publicação foi em 26 de agosto de 2016 e está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-001/12 - F17C-013/00 - F17C-013/12 e nos códigos CPC: F17C-001/00 - F17C-001/12 - F17C-013/00 - F17C-013/12 - F17C-013/12/6. Possui o status legal de 'revogada' e foi depositada pela 'Xinxing Energy Equipment', empresa chinesa que dispõem de negócios envolvendo máquinas de construção, equipamentos de energia, entre outros.

Segundo reivindicado no documento, os tanques de armazenamento existentes são de múltiplas especificações e são os únicos tipos existentes em postos de abastecimento, o que se sugere a criação de mais postos de abastecimentos de GNL devido a popularização do uso de combustível duplo nos automóveis.

Para resolver estes problemas, é apresentado um tanque criogênico de 35m³ de GNL para transporte de líquido (Figura 20).

Figura 20 -Tanque de transporte de líquidos de baixa temperatura.



Fonte: Questel (2024).

Possui estrutura pequena e parede com pouca espessura e grande capacidade de armazenamento. Dispõe de dispositivo de isolamento a vácuo, suportes de plástico reforçados com fibra de vidro radial distribuídos uniformemente na camada intermediária os quais garantem uma estrutura estável entre o recipiente interno e o recipiente externo, além de apresentar na parte externa um dispositivo à prova de explosão caso ocorra vazamento de gás.

Além disso, é feito em aço inoxidável austenítico S30408 na sua parte interna e o que se pode destacar nessa tecnologia é que não é uma aplicação voltada para o meio naval, porém merece destaque por compreender um tanque cilíndrico de pequena capacidade para automóveis o que pode ser adaptado para outros veículos inclusive para embarcações fluviais de menores portes.

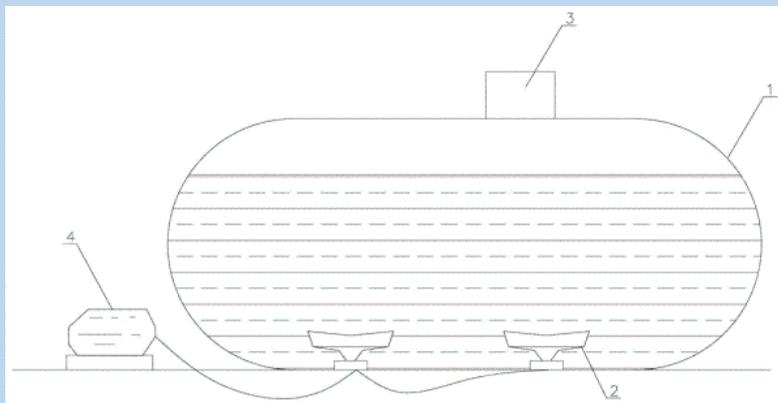
6.6 CN203202585 - '*Small-type LNG storage tank*'

A patente aqui mencionada é um modelo de utilidade que se refere a um tanque de armazenamento de GNL de pequeno porte. Foi publicada em 28 de abril de 2013. Está classificada como IPC: F17C-001/00 e F17C-013/00 e foi depositada pela '*Jiangsu Ampute Explosion Prevention Technology*', empresa de alta tecnologia especializada em pesquisa, desenvolvimento, fabricação e vendas de materiais à prova de explosão, estação de abastecimento de GNL, entre outros.

De acordo com as informações nos documentos da referida patente, o GNL pode permanecer no tanque de armazenamento por um longo tempo apresentando diferentes densidades. Após isso, é misturado para formar fases líquida estáveis, com isso a superfície da camada líquida começa a evaporar. Quando as densidades das camadas líquidas estão próximas umas das outras, uma grande quantidade de gás é gerada em um curto espaço de tempo o que faz com que a pressão no tanque suba rapidamente podendo causar um rápido aumento de vaporização do GNL e ocorrer explosões.

O modelo de utilidade fornece um tanque de armazenamento de GNL de tipo pequeno, composto por dispositivos de mistura e controle de GNL para evitar um rápido aumento na pressão. Os dispositivos de mistura são usados para agitar o líquido de GNL e o controlador é usado para controlar os dispositivos da mistura. São utilizados dois dispositivos para a mistura feitos em aço inoxidável austenítico acoplados na parte inferior do corpo do tanque (Figura 21).

Figura 21 - Tanque de armazenamento de GNL de pequeno tipo.



Fonte: Questel (2024).

Esses dispositivos são conectados a um motor usado para acionar os agitadores. Por sua vez, o motor é conectado ao controlador e o controlador tem um temporizador que define o tempo da mistura do GNL. O tanque de armazenamento agitará o líquido de GNL contido no tanque que caso ele esteja na posição em pé evitará a queda do tanque, assim não será aumentada drasticamente a pressão no corpo do tanque e os riscos potenciais à segurança são reduzidos.

6.7 CN109307146 - 'Storage tank'

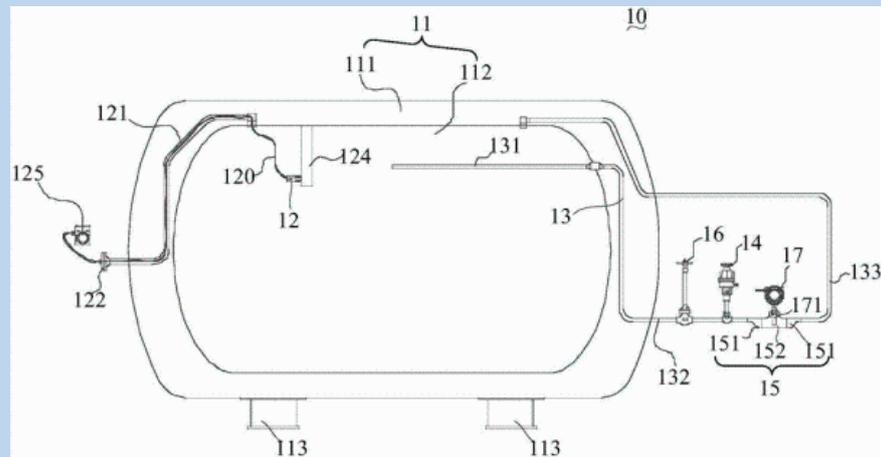
Esta é uma patente de invenção que foi publicada em 26 de julho de 2017. É uma patente com o status legal 'caducada' e pertence aos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-013/00 - F17C-013/02 - F17C-013/04 e códigos CPC: F17C-001/00/2 - F17C-013/00 - F17C-013/02/6 - F17C-013/04 - F17C-2201/0109 - F17C-2201/035 - F17C-2203/0619 - F17C-2205/0323 - F17C-2221/033 - F17C-2223/0161 - F17C-2250/0631 - F17C-2250/075 - F17C-2270/0102. Foi depositada pelas empresas 'China International Marine Containers Group', 'Cimc Enric Investment Holdings', 'Zhangjiagang Zhongji Sanctum Low Temperature Equipment'.

De acordo com as informações desta patente, os tanques de armazenamento de GNL utilizados nos navios precisam de tubulações de transbordamento e sensor de temperatura. O sensor serve para medir a temperatura antes do líquido atingir a altura total do nível. Então, quando a

temperatura for inferior a um determinado valor, um alarme é acionado para avisar que o tubo de transbordamento está prestes a encher e uma válvula de corte automática no tubo de transbordamento é aberta.

Assim, este tanque de armazenamento possui em sua composição um sensor de temperatura, um tubo de transbordamento, uma válvula de corte automática e uma estrutura coletora de líquido. O sensor de temperatura possui altura menor que a altura limite para o armazenamento (Figura 22).

Figura 22 - Tanque de armazenamento



Fonte: Questel (2024).

Compreende ainda, um tubo com abertura para o transbordamento de líquido que está localizado no lado interno do tanque, alinhado na altura limite de armazenamento.

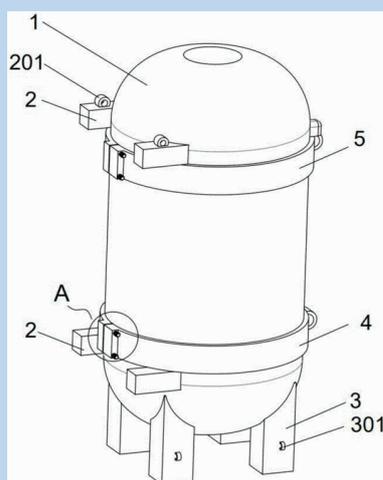
Neste tubo, no lado externo, há uma válvula de corte automática com conexão elétrica, no momento em que o sensor de temperatura atinge um limite predeterminado, a válvula de corte automática é aberta para que o líquido excedente flua para fora onde há um coletor de líquido conectada ao tubo de transbordamento. Na outra extremidade deste tubo há o retorno do líquido a para a parte interna do tanque através da estrutura de coleta de líquido, com isso o tempo de enchimento do tanque é monitorado para evitar transbordamento.

6.8 CN218409517 - ‘*Marine fuel tank convenient to hoist*’

Este modelo de utilidade apresenta um tanque de combustível marítimo que pode ser elevado. Foi publicado em 19 de setembro de 2022. Tem seu status legal de patente ‘concedida’ e pertence aos códigos CPC: F17C-001/00 - F17C-013/00 - F17C-013/08, seu depositante é: ‘*Xinxiang Chengde Gas Equipment*’, uma grande empresa fabricante de tanques de armazenamento de líquidos criogênicos na região central da China e que fabrica também vasos de pressão, equipamentos criogênicos de baixa temperatura, etc. A empresa possui “Licença de fabricação de vasos de pressão” com Certificação ASME, Certificação europeia emitida pela Autoridade Supervisora do Mercado Nacional.

O modelo de utilidade apresenta um tanque de combustível marítimo que pode ser elevado. É composto por uma estrutura externa, oito assentos de suporte firmados no corpo do tanque, possui dois anéis de fixação nas extremidades do tanque. Possui estrutura interna estável e pode ser instalado e colocado verticalmente ou horizontalmente (Figura 23).

Figura 23 - Tanque de combustível marítimo conveniente para içamento.



Fonte: Questel (2024).

O levantamento transversal ou longitudinal pode ser feito em diferentes modos para a montagem, instalação e novo posicionamento, além do mais este tanque de combustível marítimo, pode se adaptar à resistência de vários modos de elevação que forem convenientes.

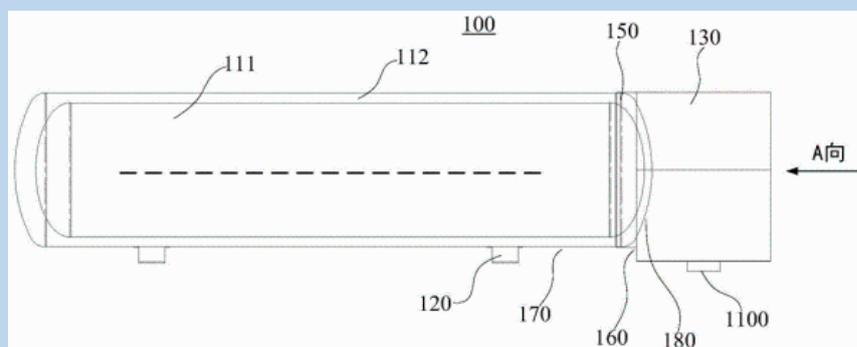
6.9 CN214369301 - ‘Marine fuel tank’

Este modelo de utilidade refere-se a um tanque de combustível marítimo, publicado em 30 de dezembro de 2020 e tem o status de patente ‘concedida. Está inserido nas seguintes Classes IPC: F17C-001/00 - F17C-013/00 - F17C-013/06 e F17C-013/08. Seus depositantes são: ‘China International Marine Containers Group, ‘Cimc Enric Investment Holdings Shenzhen’ e ‘Nantong Cimc Energy Equipment’. As duas primeiras são empresas já mencionadas líderes no fornecimento de equipamentos de logística e energia, a última trata-se de uma empresa subsidiária da CIMC Enric Holdings Limited situada no leste da China.

Os taques fabricados pela *Nantong* atendem aos Padrões Industriais Japoneses e aos padrões internacionais da Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME). A empresa aprovou os primeiros produtos da empresa estrangeira através do Instituto de Segurança de Gás de Alta Pressão do Japão, um processo de certificação que é considerado amplamente complexo e exigente na indústria (*Nantong China, 2024*).

O presente modelo de utilidade apresenta um tanque de combustível marítimo composto por um recipiente externo e um interno em formato cilíndrico com um invólucro de transição anular fixado na direção axial do corpo do tanque. Na extremidade de junção do tanque há elementos de suporte elástico feito em material termicamente isolante para suportar a união do tanque de gás (Figura 24).

Figura 24 - Tanque de combustível marítimo.



Fonte: Questel (2024).

A forma cilíndrica do tanque possui tensão mais uniforme que as formas quadradas sob as mesmas condições de trabalho e mesma ação de pressão e com a mesma espessura. Destaca-se que devido a tensão exercida na parede cilíndrica

do tanque ser menor do que na parede quadrada, ainda assim suporta uma pressão externa com maior capacidade sem que seja preciso aumentar o comprimento do tanque. Ademais, devido ao menor espaço da parte cilíndrica do tanque uma placa de conexão reta é fixada para suportar maior capacidade de carga, contando igualmente com uma porta hermética para que a entrada de ar que fica entreposta juntamente com uma placa de conexão, não limite a passagem pela porta hermética.

6.10 CN115773456 - ‘Fuel and tail gas dual-purpose storage tank system’

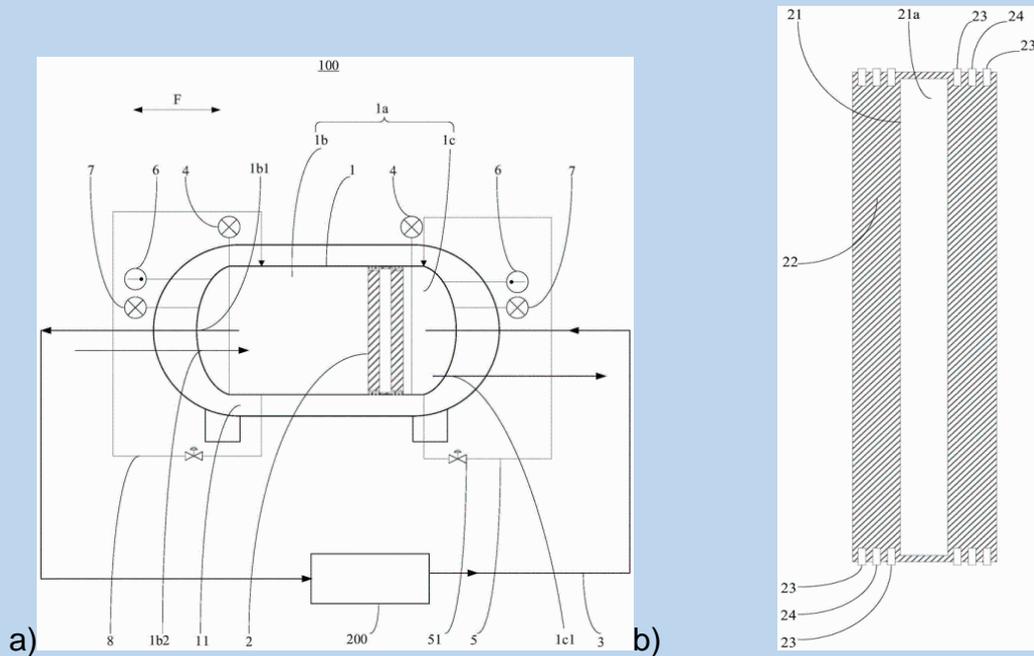
A patente de invenção que se refere ao domínio técnico dos tanques de armazenamento para navios, em particular a um sistema de tanques de armazenamento de dupla finalidade para combustível e gases residuais. Foi publicada em 15 de novembro de 2022, possui o status ‘pendente’. Está inserida nas Classes IPC: F17C-001/00 - F17C-001/12 - F17C-013/00 - F17C-013/02 - F17D-001/02 - F17D-001/08 - F17D-003/0. Seus depositantes são: ‘*Wuhan Hydrogen Energy & Fuel Cell Industry Technology Research Institute*’ e ‘*Wuhan Marine Electric Propulsion Device Research Institute*’. São Institutos de Pesquisa Tecnológica Co. da Indústria de Energia de Hidrogênio e Células de Combustível de *Wuhan, Ltd.* sediado na China com um total de 102 patentes depositadas (*Wuhan Hydrogen Energy And Fuel Cell Industry Technology Research Institute Co., Ltd., 2024*).

Sobre esta patente, os documentos informam que os combustíveis liquefeitos de baixa temperatura ao serem gaseificados geram energia de combustão, contendo principalmente dióxido de carbono. Esse gás de combustão é descarregado diretamente na atmosfera após passar por redução de temperatura. As medidas mais comuns de redução de emissões incluem a adsorção (retidão de moléculas de uma substância na superfície de um material sólido por meio de interações químicas e físicas) de captura. Porém, os equipamentos de adsorção têm um grande volume e são difíceis de serem utilizados para a redução das emissões no domínio dos navios com espaço limitado.

Dessa forma, é necessário projetar tanques de armazenamento capazes de armazenar gases residuais para o espaço existente, pois os tanques de armazenamento de dióxido de carbono ocupam grande espaço nos navios. À vista disso, esta invenção apresenta um tanque de armazenamento com dupla finalidade

de combustível e gás residual composta por um corpo de tanque e câmaras de acomodação para gerar energia combustível e para gás residual. (Figura 25).

Figura 25 - a) Divisão dos espaços de armazenagem de gás; b) tanque de armazenamento de dupla finalidade de combustível e gás residual.



Fonte: Questel (2024).

Além disto, existe uma tubulação de liquefação para resfriamento e pressurização que se une na tubulação. Assim, após ser liquefeito o gás residual é esgotado pela tubulação do sistema de energia. O combustível ao ser gradualmente consumido, o espaço ocupado pelo GNL vai sendo reduzido e o espaço do gás residual aumentando, então as placas divisórias são acionadas progressivamente para reduzir o volume do combustível e expandir o volume do gás residual.

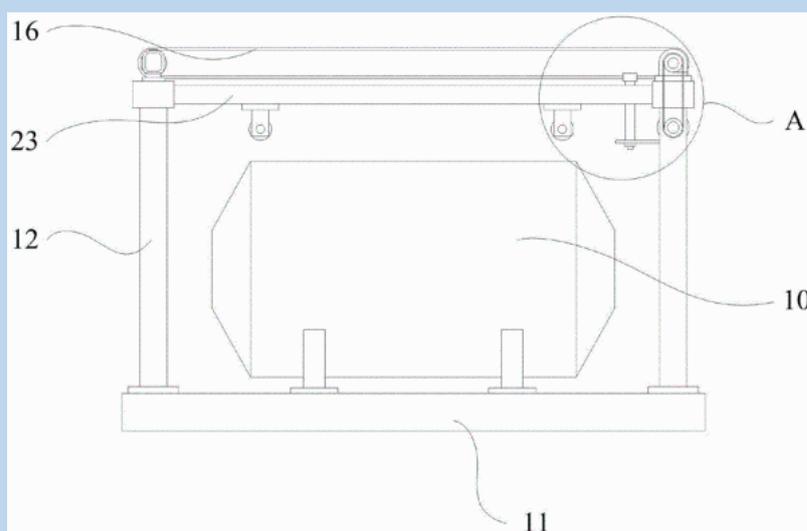
Este tanque de armazenamento com dupla finalidade de combustível e gás residual tem as vantagens de poder ter os volumes do espaço de divisão (combustível e gás residual) ajustados, fornecendo energia de maneira combinada e ainda há economia do espaço o que melhorará as emissões de carbono nas embarcações.

6.11 CN218510665 - 'Storage tank for liquefied natural gas'

Este é um modelo de utilidade para tanque de armazenamento de GNL, publicada em 21 de outubro de 2022, inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-013/00 - F17C-013/08. Seu depositante é a '*Liaoning Zhongshi New Asia Energy Development*', uma empresa atuante na produção e venda de carvão, eletricidade, aquecimento urbano e fornecimento de vapor industrial na China. A empresa se dedica principalmente ao transporte de carvão e matérias-primas na área de mineração para bases de produção de grandes clientes (*Liaoning Energy Industry Co.,Ltd, 2024*).

O tanque de armazenamento apresentado no modelo de utilidade compreende os seguintes itens: uma estrutura de armazenamento com uma placa inferior; uma estrutura de fixação; uma estrutura de suporte; um eixo giratório; duas correias; um eixo da persiana; uma cortina de proteção solar; e uma corda de elevação (Figura 26).

Figura 26 - Tanque de armazenamento para gás natural liquefeito.



Fonte: Questel (2024).

Há um eixo de rolamento fixado numa "cortina de proteção solar", que ao se desenrolar no corpo do tanque de armazenamento, através da corda de elevação, impede que a luz solar irradie diretamente sobre o tanque. Dessa forma, evitar-se

há a diferença de temperatura entre o interior e o exterior do corpo do tanque estabilizando-se o GNL armazenado e reduzindo-se as taxas de falhas do tanque.

6.12 EP3740712 - ‘Cryogenic tank’

Esta é uma invenção é composta por um método para produzir um tanque criogênico com parede dupla. Publicada em 17 de janeiro de 2019, está inserida nas Classes IPC: F17C-001/00 - F17C-001/14 - F17C-013/00 e nas Classes CPC: F17C-001/00 - F17C-001/14 - F17C-013/00/1 - F17C-013/00/5 - F17C-2201/054 - F17C-2203/0391 - F17C-2203/0629 - F17C-2203/0639 - F17C-2203/0641 - F17C-2203/0643 - F17C-2221/011 - F17C-2221/012 - F17C-2221/013 - F17C-2221/014 - F17C-2221/016 - F17C-2221/033 - F17C-2223/0161 - F17C-2223/033 - F17C-2260/013 - Y02E-060/32.

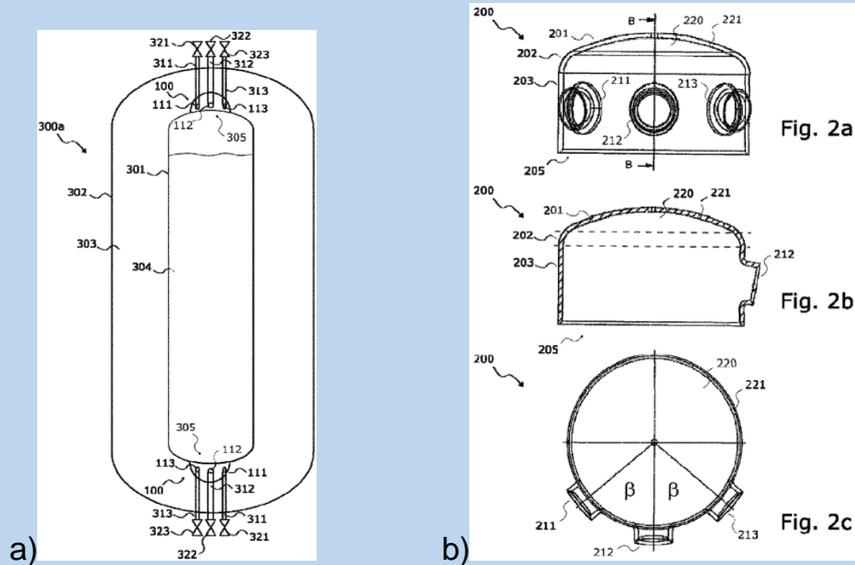
Possui seu status ‘concedida’ nos países: Organização Europeia de Patentes (OPE/EPO) - EP, Áustria - AT, Suíça - CH, China - CN, Alemanha - DE, Reino Unido - GB, Irlanda - IE, Eslováquia - SK, Estados Unidos da América - US e ‘pendente’ na Índia - IN. Os depositantes são ‘Linde’ e ‘Linde Liability’. Ambas são empresas global líderes em gases industriais e engenharia com sede na Alemanha. Atuam no ramo dos produtos químicos, energia manufatura, metais, mineração e outros (Linde PLC, 2024).

De acordo com as informações desta patente, os gases líquidos são utilizados em diversos campos de aplicação como no processamento de metais, na tecnologia médica, na produção de energia, entre outros usos. Os tanques criogênicos usados para armazenamento ou transportar gases líquidos ou outros fluidos, são de produção caras, as peças devem ser dimensionadas de acordo com regulamentos e os cálculos devem ser pré-determinados.

Assim, esta invenção apresenta um tanque criogênico de estrutura simples, que contém um reservatório interno e outro externo e um espaço intermediário para armazenar fluidos preferencialmente a uma pressão de até 40 bars. Dispõe-se de uma parede com seção curva para melhorar a pressurização na distribuição de fluido. O tanque é feito com pouca espessura o que é vantajoso para a fabricação ou adaptação das forças atuantes que se distribuem em pontos de menor espessura do casco. Sua configuração é para armazenagem de gases líquidos, como por

exemplo: gás natural liquefeito, nitrogênio líquido, oxigênio líquido, dióxido de carbono líquido, entre outros (Figura 27).

Figura 27 - a) Tanque criogênico; b) Detalhe com as aberturas do tanque.



Fonte: Questel (2024).

Em comparação com os demais tanques criogênicos, com esta configuração é possível conseguir economia de material e redução nos gastos de produção, além de poderem ser projetados para fabricação em partes separadas ou unidos um ao outro formando uma só peça.

6.13 CN213712634 - 'Low-temperature storage tank with high strength and good durability'

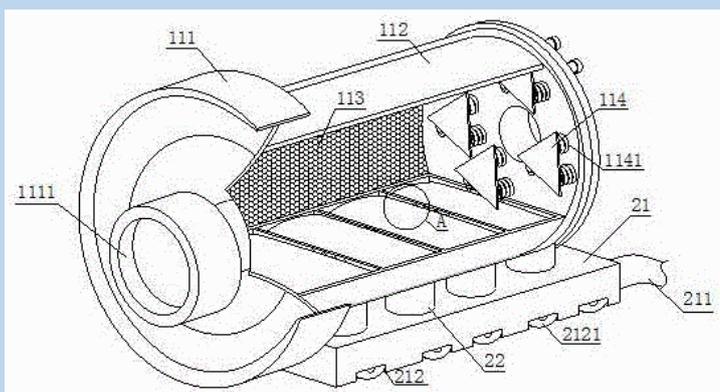
Esta patente de modelo de utilidade foi publicada em 27 de outubro de 2020. Insere-se nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-001/12 - F17C-013/00 - F17C-013/08, seu depositante é a 'Shanxi Zhongning Engineering Technology'.

Trata-se de uma empresa de alta tecnologia que integra pesquisas, desenvolvimentos, produção e vendas. É fornecedora de molas de relógio para fabricantes de equipamento de corrente alternada e fabricante de compressores no país e no exterior. Possui uma equipe de P&D com experiência em equipamentos de testes avançados para o desenvolvimento de novos produtos de acordo com as necessidades de seus clientes.

O modelo de utilidade propõe um tanque com mecanismos de tanque de armazenamento e de ocupação. Possui grupos de placas amortecedoras angulares conectadas nas paredes internas e externas do tanque. Quando o tanque entra em contato com a força externa é desarmado o impacto pelas placas amortecedoras em forma de ângulo que impedem o contato direto com a estrutura interna do tanque e evita que ocorram danos. Existem bolsas fixadas nas cavidades internas do tanque que se conectam através de tubos de ar para melhorar a resistência estrutural do tanque de armazenamento (Figura 28).

Assim, quando essas bolsas inflam o grau de extrusão da estrutura interna do tanque é controlado através da quantidade de ar proveniente das bolsas de ar. A área de contato direto e o coeficiente de atrito da estrutura interna e externa do tanque durante o impacto são efetivamente evitados alcançando-se boa resistência e aumentando a vida útil do equipamento.

Figura 28 - Tanque de armazenamento de GNL de baixa temperatura, alta resistência e boa durabilidade.



Fonte: Questel (2024).

Além das descrições apresentadas, poderão ser sugeridas, pelos especialistas técnicos capacitados, alterações e/ou substituições de componentes, sem que sejam desviados os princípios da invenção ou se distancie do escopo definido nas reivindicações desta patente.

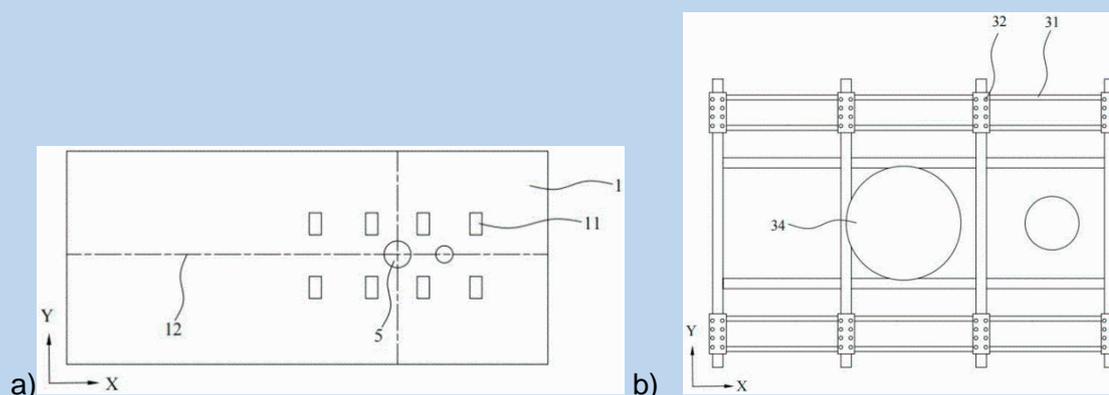
6.14 CN116164223 - '*LNG tank manufacturing method and LNG tank*'

A patente aqui citada é de invenção e trata-se de um tanque de GNL e um método de fabricação deste tanque. A patente foi publicada em 31 de janeiro de 2023 e tem o status legal 'pendente'. Pertence aos códigos IPC: B23P-019/04 - F17C-001/00 - F17C-013/00 e códigos CPC: B23P-019/04 - F17C-001/00 - F17C-013/00 - F17C-2209/22 - F17C-2209/221 - F17C-2209/23 - F17C-2221/033. Seu depositante é a '*Guangzhou Shipyard International*', um estaleiro fundado na China em 1954, um dos maiores na parte sul da China. A empresa conta com um cais de águas profundas, equipado com dois estaleiros, duas plataformas de construção naval, vários guindastes de pórtico entre outras diversas linhas de produção (*China Shipbuilding*, 2024).

De acordo com as informações encontradas nos documentos desta patente, os tanques de GNL do tipo vaso de pressão são comumente utilizados em instalações marítimas para armazenamento e transporte do GNL. Os métodos de fabricação existentes não atendem adequadamente os requisitos operacionais, os quais o tanque de GNL tenha a garantia de instalação nas plataformas de maneira menos brusca.

O método proposto provê uma ferramenta de posicionamento, com selim de suporte e plataforma para um tanque de GNL. Destaca-se que este método é utilizado para a fabricação um tanque de GNL com capacidade para 1.750m³. Dessa forma, em sua composição o tanque possui os seguintes mecanismos: uma estrutura com um suporte e uma plataforma; possui também um formato cilíndrico com uma cavidade oca e em aço; na superfície superior do tanque são alocados suportes para oferecer maior fixação e estabilidade no corpo do tanque. Estes suportes são fixados através de solda e utilizados como apoios para montar uma plataforma horizontal (Figura 29).

Figura 29 - a) Tanque de GNL; e b) Detalhes da placa e trilho do tanque de GNL.



Fonte: Questel (2024)

A plataforma que será montada tem uma placa de fundo e um trilho, na qual serão instaladas válvulas de controle, tubulações e outros acessórios de modo que possam ser realizadas inspeções de controle da válvula e outras inspeções nos equipamentos através da plataforma. O tanque fabricado por este método conta com uma ferramenta de posicionamento combinada, com o assento de suporte e a plataforma de maneira que possa ser movimentada e montada com o assento de apoio.

6.15 CN113154245 - 'Low-Temperature Storage Tank'

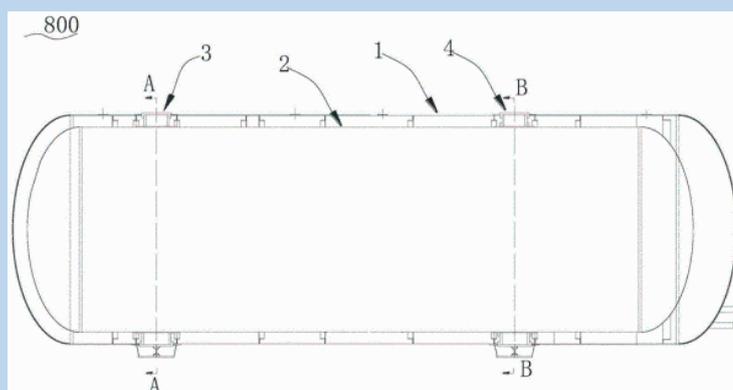
Esta patente de invenção refere-se ao campo técnico de equipamentos de armazenamento e transporte de gás liquefeito de baixa temperatura. Teve sua publicação em 02 de abril de 2021.

Está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-003/00 - F17C-013/00 e nos códigos CPC: F17C-001/00/2 - F17C-003/00 F17C-013/00 F17C-2201/0109 F17C-2203/014 F17C-2221/033 F17C-2223/0161 F17C-2270/0102. Os depositantes são: 'China International Marine Containers Group', 'Cimc Enric Investment Holdings', 'Zhangjiagang Cimc Sanctum Engineering', 'Zhangjiagang Cimc Sanctum Special Equipment' e 'Zhangjiagang Zhongji Sanctum Low Temperature Equipment', empresas já citadas que atuam no ramo de tanques de armazenamento de GNL e outros serviços de energia.

Nos documentos da referida patente há a informação de que o desenvolvimento da indústria marítima de tanques de armazenamento de GNL tem avançado cada vez mais devido às exigências da IMO quanto às restrições e às emissões. Ademais, as instalações de armazenamento de gás natural possuem processos complexos e os clientes desejam armazenar com menor frequência para atender aos requisitos das operações de longo prazo.

A presente invenção trata-se de um tanque de armazenamento de baixa temperatura com fabricação rápida e simples que visa solucionar os problemas apresentados anteriormente. Compreende um invólucro externo e uma estrutura tanque interna, bem como um conjunto de suportes entre eles. Esse conjunto de suporte compreende um conjunto móvel e um conjunto fixo dispostos nas duas extremidades e são espaçados em torno da circunferência do tanque. O tanque é adequado para armazenar e transportar GNL como combustível em navios e também transportar o GNL em terra (Figura 30).

Figura 30 - Tanque de armazenamento de baixa temperatura.



Fonte: Questel (2024).

A invenção apresenta vantagens na montagem das placas de base do suporte cilíndrico que é simples e o tempo de fabricação do tanque de armazenamento é menor. Os documentos informam que, embora a presente invenção seja descrita com base em outras tecnologias patenteadas, esta pode ser fabricada em diversas formas sem se afastar das suas características essenciais, informa também que a configuração dos suportes é adaptável ao tamanho e configuração de qualquer navio.

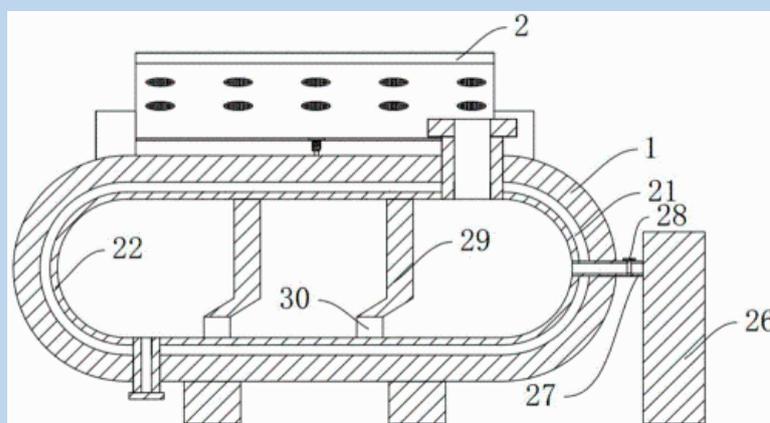
6.16 CN214425662 - 'Natural gas storage tank'

Esta patente de modelo de utilidade de um tanque de armazenamento de gás natural. Teve sua publicação em 17 de dezembro de 2020. Está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-001/12 - F17C-013/00 e F17C-013/08C e tem como depositante 'Liaoning Gaosheng New Energy'.

Nos documentos desta patente é informado que se as temperaturas externas do GNL armazenado forem muito altas o GNL gaseifica facilmente e a pressão interna aumenta podendo causar explosões, em razão do GNL ser um combustível inflamável e explosivo quando armazenado de maneira inadequada.

O modelo de utilidade possui o seguinte esquema técnico: um dispositivo de armazenamento; um dispositivo de refrigeração e uma caixa de controle. É equipado com dispositivo que impede a entrada de calor no interior do tanque, pois possui um separador que reduz a probabilidade de o GNL balançar fortemente e explodir. Esse separador funciona como um dissipador de calor que pulveriza o líquido para o exterior do tanque evitando que a luz solar penetre diretamente e aumente a temperatura (Figura 31).

Figura 31 - Tanque de armazenamento de gás natural.



Fonte: Questel (2024).

O dispositivo de refrigeração é organizado no tanque de acordo com a seguinte composição: um suporte limitador; uma placa de suporte; um cilindro limitador de limpeza; uma ranhura de elevação do cilindro; uma caixa de colocação

do dispositivo de resfriamento; um sulco de ajuste na direção de resfriamento; um motor de resfriamento; um eixo de conexão; uma pequena roda sem-fim; uma placa de colocação de equipamento de resfriamento; uma abertura dobrável da placa de resfriamento; uma mola; um dispositivo de pulverização de resfriamento; um bloco limitador e uma ranhura deslizante antiqueda.

6.17 CN110067932 - ‘Mini low-temperature LNG storage tank

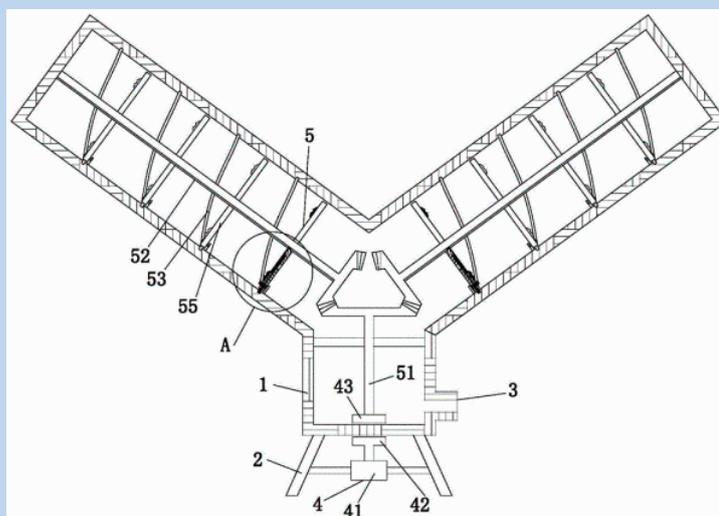
A patente de invenção refere-se a um mini tanque de armazenamento de GNL de baixa temperatura. Depositada em 03 de abril de 2019, tem o status legal de patente ‘concedida’ e está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-005/04 - F17C-007/02 - F17C-013/00 e os códigos CPC são: F17C-001/00 - F17C-005/04 - F17C-007/02 - F17C-013/00 - F17C-2223/0161.

Tem como depositante ‘*Yiyang Zhongda Gas*’ o qual quando pesquisado, remeteu a empresa ‘*Ms Gas Cylinder*’, fabricante de Planta de certificação de vasos de alta pressão ASME Classe I, II, III, fabricação em instalação de todos os tipos de embarcações de alta pressão, incluindo tanque de armazenamento, trocadores de calor, torres, reatores, separadores, tanques cilindros, tanques de tampão utilizados para armazenar pequenos volumes de líquidos de perfuração, etc (MS Group, 2024).

De acordo com esta invenção, os vasos de pressão são dispositivos fechados que suportam determinada pressão e podem conter gás ou líquido. Possuem aplicações amplas e importantes funções na indústria como uso civil, industrial, militar e similares e estão presentes em muitos campos de pesquisa científica. Os vasos de pressão utilizados na indústria petroquímica representam apenas cerca de 50% do número total de vasos de pressão existentes.

Desta forma, a invenção presente é composta por um corpo de tanque com um suporte, uma saída de líquido, uma unidade de acionamento, uma unidade de elevação e uma unidade de partida e parada. O corpo do tanque tem uma estrutura em forma de Y e o suporte é alocado na parte inferior do corpo do tanque. Contém uma abertura para a saída de líquido na parte inferior do tanque que também é usada para armazenar ou escoar GNL em baixa temperatura. O corpo do tanque possui uma unidade de elevação que é usada para acelerar a velocidade do fluxo de GNL, que fica alocada no centro do assento de suporte e se eleva através da unidade de acionamento (Figura 32).

Figura 32 - Mini tanque de armazenamento de GNL de baixa temperatura.



Fonte: Questel (2024).

Na indústria química e na indústria petroquímica os recipientes de pressão são usados principalmente para processos técnicos de transferência de calor, transferência de massa, além de poder armazenar e transportar gases de pressão ou GNL. Dessa maneira, o tanque e os demais componentes juntos podem ser fabricados com baixos custos, devido ao tamanho do tanque, e podem ser amplamente usados em outras aplicações industriais como compressores de ar, em máquinas auxiliares, como resfriador, amortecedor, separador de óleo-água, tanque de armazenamento de ar, entre outros.

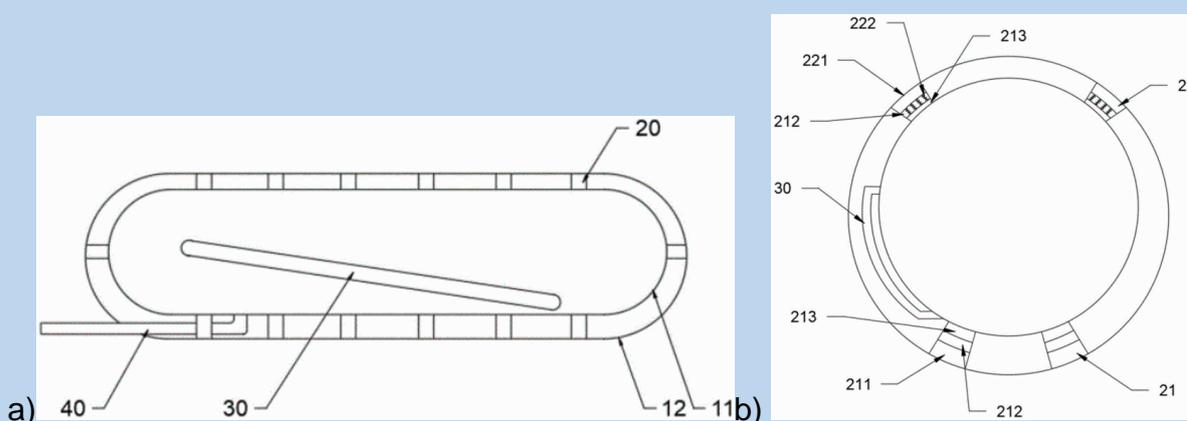
6.18 CN212029144- *'Interlayer low-temperature liquid storage tank'*

Esta patente de modelo de utilidade refere-se a um campo técnico de armazenamento de hidrocarbonetos liquefeitos. Foi depositada em 17 de março de 2020, seu status legal é 'concedida'. Insere-se nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-013/00 e F17C-013/08. Tem como depositante *'Yangzhou Juren Machinery'*, empresa fabricante de tanques de armazenamento criogênico de GNL de 5 a 250m³, oxigênio líquido de 5 a 100 m³, nitrogênio líquido, argônio líquido, tanque de armazenamento criogênico de dióxido de carbono líquido, tanque de armazenamento de líquido criogênico de pequeno porte, projetos de fornecimento de

pontos de gás natural, estação de abastecimento de GNL, entre outros (*Yangzhou Giant Machinery Co , Ltd*, 2024).

De acordo com os documentos desta patente, este é um tanque de estrutura simples estável e seguro de camadas intermediárias com o seguinte esquema técnico: compreende um corpo de tanque interno e um externo dispostos horizontalmente, há uma peça de suporte disposta entre a parte interna e externa do tanque. Apresenta uma camada intermediária entre as duas partes do tanque interno e externo e um eixo na parte interna na direção do comprimento que é maior do que a parte externa (Figura 33).

Figura 33 – Tanque de armazenamento intercamada.



Fonte: Questel (2024).

Observa-se o seguinte esquema técnico na Figura 33: possui o revestimento externo em material anticorrosivo e com uma cobertura de cobre, é acomodado um tubo condutor entre uma extremidade e outro na parte interna do tanque em ângulos opostos. É fixada na parte inferior de um tubo de condução de calor uma descarga que fará com que os hidrocarbonetos liquefeitos com níveis em diferentes alturas realizem transferência mútua de calor e fiquem estáticos devido às camadas que causam diferença na temperatura.

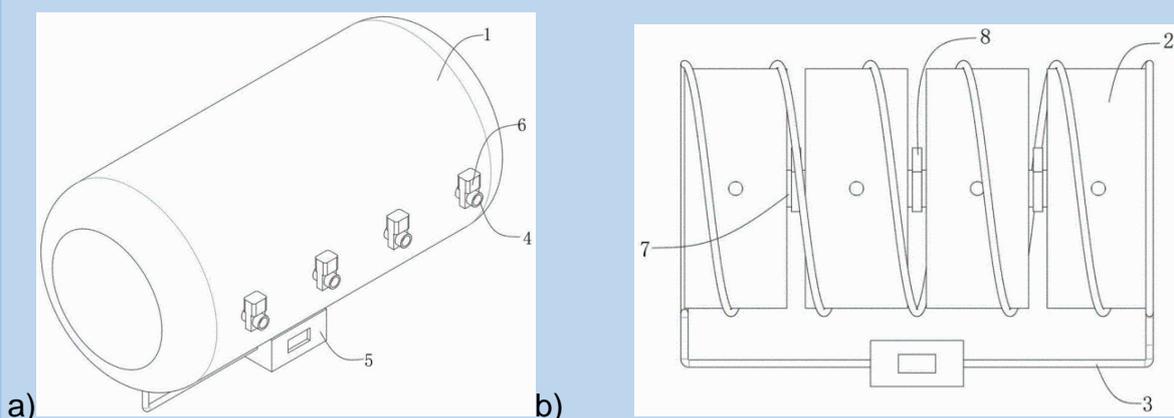
6.19 CN215569685 - 'LNG storage structure for LNG stand-alone vehicle'

A patente de modelo de utilidade refere-se ao domínio técnico do transporte de GNL, em particular a uma estrutura de armazenamento de GNL cuja publicação foi em 12 de julho de 2021. Tem o status legal de patente 'concedida e está inserida

nos códigos IPC: F17C-001/00 e F17C-013/00. Foi depositada por ‘*CNCC Energy*’ empresa voltada para operações na área de fontes de energia renováveis, cujo objetivo é aumentar a produção de recursos energéticos renováveis e reduzir o consumo de combustíveis fósseis importados, através da produção de energia “verde”, construção de usinas eólicas e na produção de energia (*CNC Energy Solutions, 2024*).

O modelo de utilidade refere-se a tanque de armazenamento de GNL para um veículo autônomo. Possui os seguintes componentes: um corpo principal do tanque de armazenamento de GNL com parte interna fixamente montada no corpo principal do referido tanque; uma tubulação de circulação é estruturada para a entrada do líquido fixada ao fundo do corpo do tanque; uma tubulação de saída de líquido fixada no outro lado da parte externa do tanque; um mecanismo de circulação de resfriamento fixado no outro lado da tubulação de circulação; e uma primeira válvula eletromagnética fixada na tubulação de entrada de líquido (Figura 34 a e b).

Figura 34 - a) Tanque de armazenamento de GNL para veículo autônomo; e b) Dispositivo da tubulação do tanque de armazenamento de GNL.



Fonte: Questel (2024).

Este tanque de armazenamento de GNL tem a vantagem de possuir uma segunda válvula eletromagnética e uma tubulação de comunicação entre esses componentes. Um arranjo é montado para auxiliar a tubulação de circulação de resfriamento para conter o balanço do GNL armazenado no momento do transporte.

Como vantagem esta tecnologia, pode ser preenchida com volumes de GNL diferentes devido haver uma tubulação conectada nos espaços de armazenamento interno do tanque e por haver uma segunda válvula eletromagnética fixada na

tubulação de comunicação entre a parte externa e interna do tanque. A abertura e o fechamento da tubulação são controlados pela segunda válvula eletromagnética assim o volume de armazenamento de GNL se mantém sempre controlado.

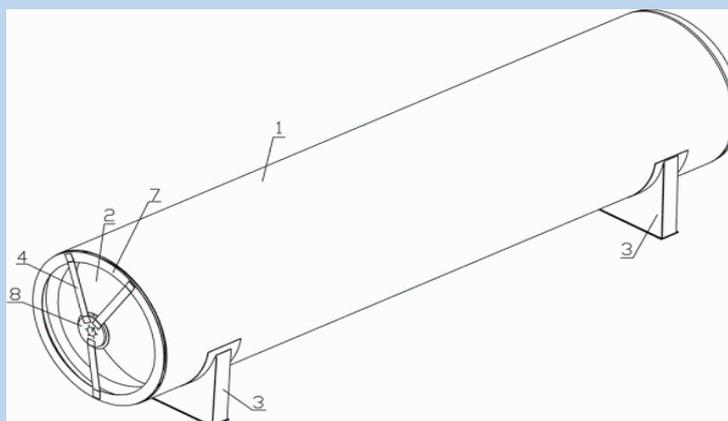
6.20 CN217208907- '*Vacuum heat insulation horizontal storage tank adopting hanging belts and supporting legs*'

A patente é um modelo de utilidade referente a um tanque de armazenamento horizontal isolado termicamente a vácuo, possui suspensor e membros de apoio. Teve sua publicação em 31 de março de 2022 e tem status legal 'concedida. Está inserida códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-001/02 - F17C-001/16 - F17C-013/00 - F17C-013/08 e códigos CPC: Y02E-060/32. Seu depositante é: '*Zhangjiagang Furui Cit Technology*'.

De acordo com as informações desta patente, os tanques de armazenamento horizontal com isolamento a vácuo são compostos por uma parte cilíndrica externa e outra interna com isolamento térmico entre as camadas intermediárias da parte interna e externa do cilindro. Na estrutura de rolamento há suportes fixados na parte interno e externa, que geralmente apresenta diferença no isolamento a vácuo durante a transferência de calor o que faz com que os líquidos criogênicos gaseifiquem com maior velocidade e não podem ser preservados por longo tempo comprometendo os sistemas de isolamento do tanque.

Este modelo de utilidade compõe-se de uma tira suspensa e suportes para reduzir o vazamento de calor dos tanques convencionais. Tem uma estrutura externa e interna, uma camada intermediária adiabática entre as duas partes do tanque e uma sela de apoio nas extremidades. São dispostas várias tiras suspensas nas partes externas e internas e na parte frontal do cilindro (Figura 35).

Figura 35 - Tanque de armazenamento horizontal com isolamento térmico a vácuo com cintos suspensivos e pernas de apoio.



Fonte: Questel (2024).

Esse modelo de utilidade tem as vantagens de ter na parte frontal do tanque isolamento térmico a vácuo para mantê-lo comprimido durante a suspensão e ter melhor flexibilidade. A parte interna pode ser ordenada axialmente e a área de contato entre a forquilha e o cilindro possam ser reduzidas evitando vazamentos.

6.21 CN212226688 - *'Marine liquefied natural gas fuel tank'*

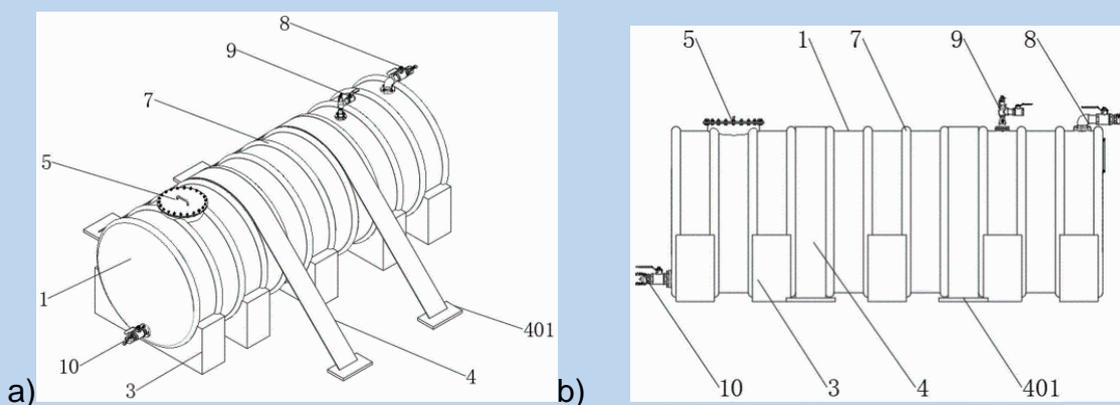
Esta patente se refere a um modelo de utilidade pertencente ao campo técnico de tanque de combustível de GNL e foi depositada em 27 de abril de 2020 a qual tem o status legal de 'caducada' e tem como depositante *'Zhengzhou Tianzhiji Information Technology'*, empresa do ramo da tecnologia da informação, bioengenharia, integração ótico-mecânica-eletrônica e novas energias.

De acordo com as informações desta patente, o GNL se tornou um componente importante como combustível naval, o qual é armazenado em tanques criogênicos para aplicações práticas. Porém, as estruturas dos tanques de armazenamento precisam ser reforçadas devido a movimentação do GNL durante as viagens.

A tecnologia descrita no documento busca resolver esta problemática propondo um tanque de combustível de GNL marítimo com os seguintes componentes: um corpo de tanque, um recipiente interno, uma base, uma correia de fixação, uma abertura à prova de explosão, placas oscilantes e anel antiqueda. O tanque é encaixado numa base fixada no navio juntamente com uma correia de

contenção localizada na parte superior do tanque, bem como outras duas as correias existentes fixadas na base do navio (Figura 36 a e b).

Figura 36 - a) Vista em perspectiva do tanque de combustível de gás natural liquefeito marítimo; b) Vista lateral do tanque de combustível de gás natural liquefeito marítimo.



Fonte: Questel (2024).

O tanque possui uma abertura à prova de explosão na sua parte superior externa e possui uma placa oscilante na parte interna, além do que o tanque é envolto em um anel de vedação antiqueda e ainda é conectado a um manômetro.

O corpo do tanque é fixado firmemente ao navio através do arranjo correspondente na base, pelo cinto de fixação e ainda pelo arranjo das placas oscilantes para melhorar sua estabilidade evitando que ocorram impactos no tanque e a flutuação do líquido seja reduzida.

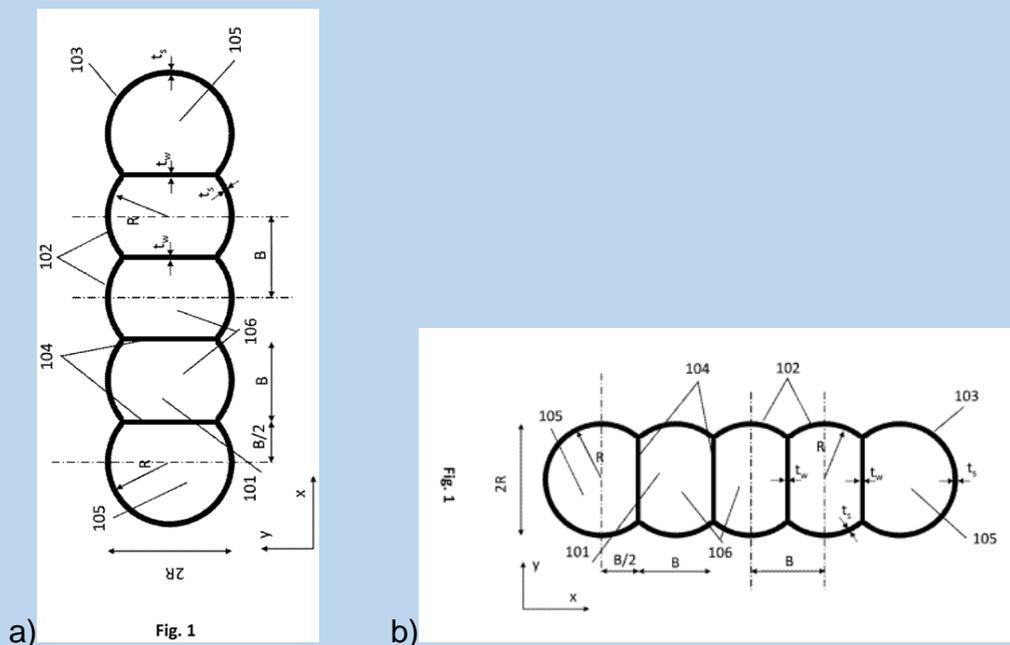
6.22 EP4295074 - 'Cellular pressure vessel, method for fabrication and use thereof'

Esta é uma patente que se refere a um vaso de pressão celular e um método para fabricação do mesmo. Foi publicada em 22 de fevereiro de 2021 e seu status legal na Alemanha é 'caducada', porém consta como 'pendente' na Organização Europeia de Patentes e na Noruega. Foi depositada por 'Lattice Int e 'Lattice Technology', empresas do mesmo grupo e atuam há mais de dez anos no mercado na fabricação de tanques de alta pressão para armazenamento e transporte de

gases industriais, como GNL, GLP, CO₂ e hidrogênio líquido como produtos escaláveis e sustentáveis para a indústria de energia e transporte.

Este tanque é composto por várias unidades celulares idênticas dispostas no sentido longitudinal da proteção externa, são numeradas em par de modo que formem uma parede compartilhada lado a lado, além de possuir uma abertura para armazenamento e descarga de fluido. As paredes quando unidas possuem uma ou mais aberturas permitindo que o fluido migre entre elas equalizando a pressão. Essas unidades além de possuírem dimensões de seção transversal interna idênticas, possuem espessura e comprimento iguais em cada unidade celular e essa relação das dimensões e espessuras favorecem uma tensão sem flexão nas paredes internas (Figura 37 a e b).

Figura 37 - a) Vaso de pressão com montagem horizontal; b) Vaso de pressão com montagem vertical.



Fonte: Questel (2024).

Além do mais, o tanque pode ser montado em qualquer combinação e as unidades celulares longitudinais devem ser feitas em material sólido contínuo numa só peça, sem soldas ou outra união de material.

6.23 WO2017/086507 - 'Square pressure tank'

Esta patente de invenção apresenta um tanque de pressão retangular capaz de manter alta pressão interna e com eficiência no espaço da montagem do tanque. Publicada em 19 de novembro de 2015. Trata-se de uma patente com status legal 'concedida' na República da Coréia, já 'caducada' na Alemanha, na Organização Europeia de Patentes (OPE/EPO) e em Singapura.

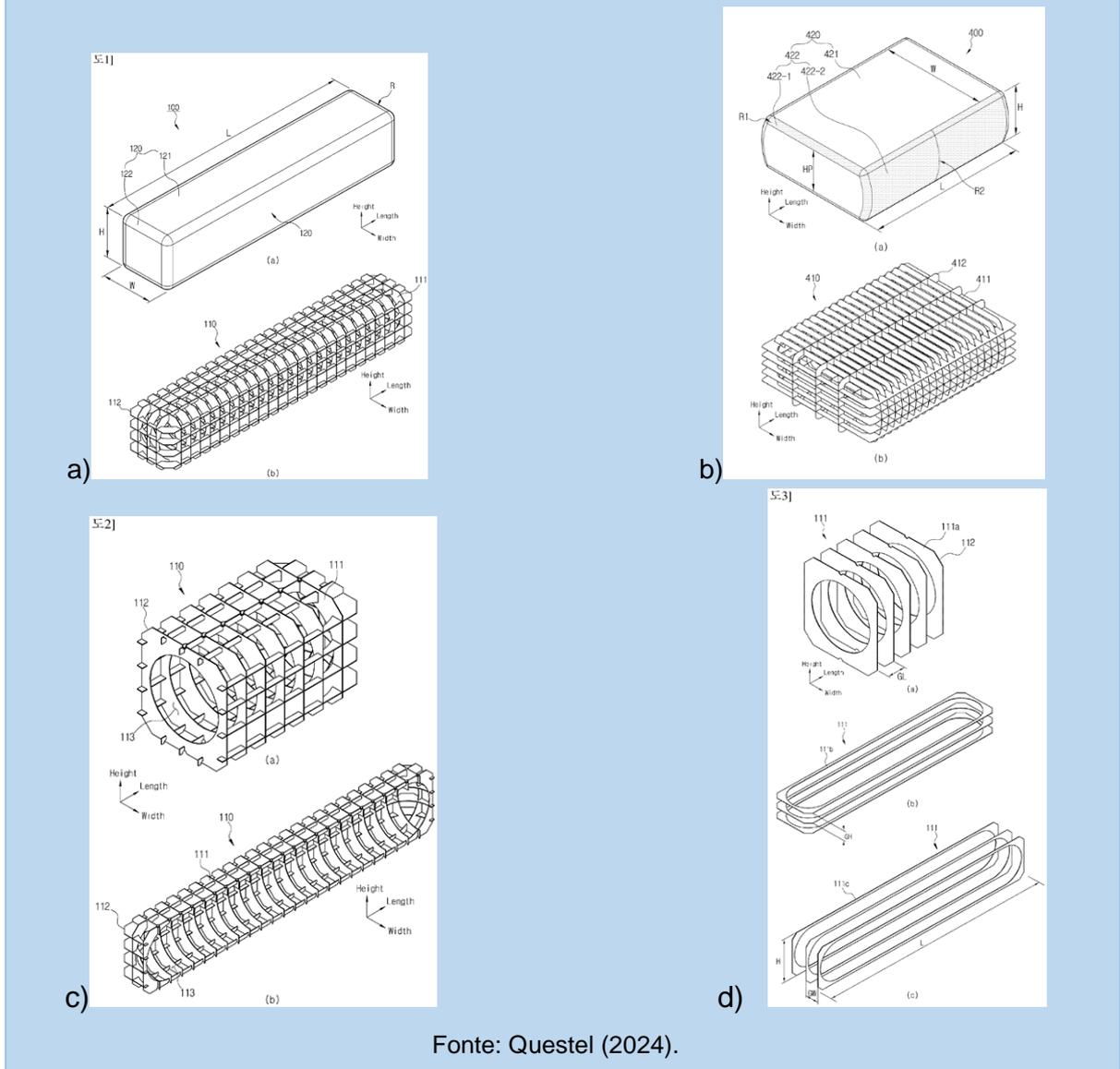
Está classificada pelos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-001/02 - F17C-003/00 - F17C-013/00 e nos códigos CPC: F17C-001/00 - F17C-001/02 - F17C-003/00 - F17C-013/00 - F17C-2201/0157 - F17C-2203/013 - F17C-2209/22 - F17C-2270/0105 e foi depositada por '*Latticetechnology*'.

A depositante desta patente é uma empresa coreana, fundada em 2012, da área de engenharia de processos e mecânica estrutural que oferece serviços de transporte e armazenamento. Atua também na elaboração e aperfeiçoamento de protótipos de Vasos de Pressão, ganhando o selo *ASME* em 2014 pela qualidade e resistência na construção desses produtos. Com longa atuação no mercado, oferece soluções para empresas de transporte marítimo, petróleo e gás, em terra e em mar, atuando em Tóquio, Cingapura, Perth, Houston dentre outros países.

O GNL, segundo informações da patente, tem sido utilizado como combustível em veículos e navios, costumando ser armazenado para a utilização tanques de pressão geralmente cilíndricos. Informa do mesmo modo, que um tanque cilíndrico tem boa resistência à pressão, no qual os pequenos volumes são mais convenientes para a utilização em automóveis e afins e que no caso de navios se faz necessário instalar vários tanques de pressão cilíndricos para suprir a demanda das longas viagens devido a necessidade de grandes volumes de GNL.

A presente invenção fornece um tanque de pressão retangular de forma a otimizar o espaço de acomodação. Possui em sua composição estruturas em treliças e placas externas que se combinam entre si. Seu formato externo pode ser alterado de acordo com o local onde será instalado, podendo ser feitas equações de projeto necessárias para cada configuração (Figura 38 a, b, c e d).

Figura 38 - a e c) Tanque de GNL retangular; b e d) Tanque GNL quadrado.



Fonte: Questel (2024).

Este tanque possui ainda os seguintes componentes: uma parte interna feita com placas de treliça combinada com varias outras treliças espaçadas umas das outras longitudinalmente na largura e na altura; apresenta uma cavidade interna onde parte é oca na direção longitudinal; possui uma placa circundando a parte externa do tanque (em que pelo menos uma superfície da placa externa de tanque é formada como uma superfície curva perfeita); possui inclusive um membro auxiliar com treliça interna espaçado um a um em direção longitudinal, um membro auxiliar espaçado um a um na direção da altura e na direção da largura; e possui uma borda em formato correspondente à placa externa do tanque com a superfície de curva

perfeita para suportar a pressão atuante nesta placa. Além disso, possui uma abertura longitudinal circular elaborada no membro auxiliar longitudinal.

6.24 KR10-2016-0015019 - '*Liquid and gas cargo storage tank and ship having the same*'

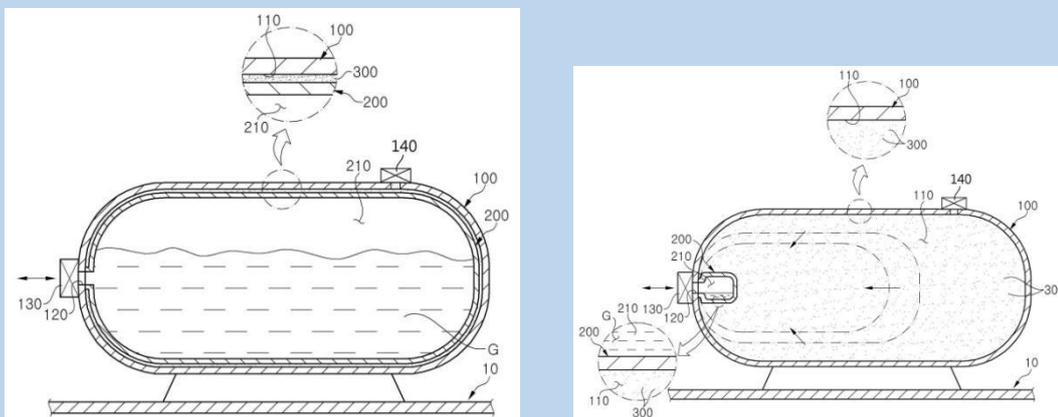
Esta patente de invenção refere-se a um tanque e a um navio de armazenamento de carga líquida e gasosa. A patente foi publicada em 30 de julho de 2014 e seu status é da patente 'revogada'. Está inserida nos códigos IPC: B63B-025/08 - F17C-001/00 e nos códigos CPC: B63B-025/08 - F17C-001/00/2 - F17C-013/00/2 F17C-2260/016. Foi depositada por '*Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering*', a primeira já mencionada anteriormente, tratando-se de um estaleiro de grande porte na Coreia do Sul e a segunda sediada na Itália especializada design de navios especializada em transportadores de gás, navios de abastecimento de GNL, navios-tanques químicos, navios com sistema de propulsão de combustíveis alternativos de GNL, metanol, hidrogênio, amônia, entre outros.

A invenção apresenta um tanque e um navio em que ambos os fluidos são armazenados em um tanque interno que podem ser descarregados sem equipamento de bombeamento através da instalação de tanques de pressão interno externa com boa flexibilidade e formando uma estrutura de tanque duplo.

Sua composição compreende um primeiro espaço de pressão interno que conta com abertura e fechamento em um de seus lados. A parte interna do tanque é posicionada dentro do primeiro espaço de pressão que se expande formando um segundo espaço de pressão maior que o primeiro para permitir que o fluido flua para dentro dele através da abertura e seja descarregado para o exterior (Figura 39).

Deste modo a descarga do fluido armazenado no tanque interno é realizada sem ser necessário equipamentos de bombeamento ou carga externa. Em relação ao navio um tanque de armazenamento de carga líquida e gasosa é instalado no casco do navio.

Figura 39 - Tanque de GNL.



Fonte: Questel (2024).

Sobre as vantagens, de acordo com as informações da patente os tanques, interno instalado no tanque externo, formam um tanque duplo com boa flexibilidade, permitindo que o fluido armazenado seja descarregado sem que seja preciso uma bomba. Além disso, a ligação entre o tanque de pressão externa e interna pode ser mantida sem estrutura de ligação facilitando a fabricação.

6.25 CN212029143- '*Marine LNG fuel tank*'

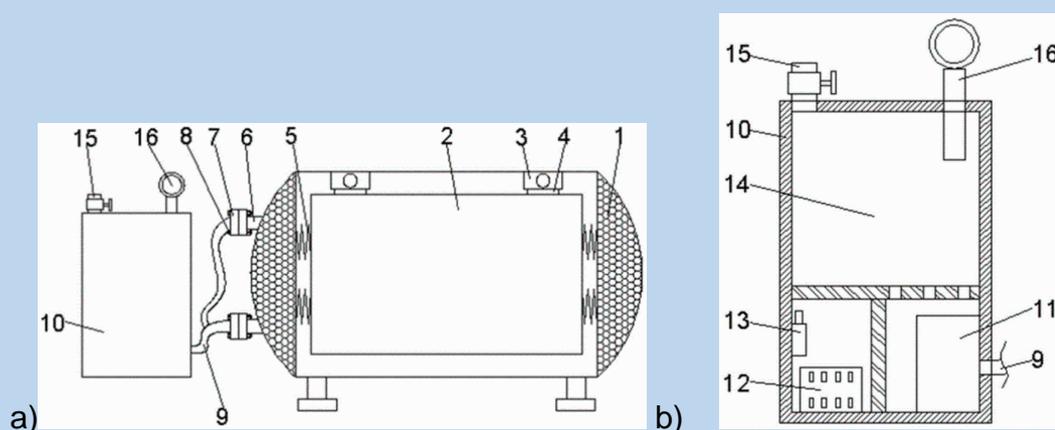
Esta patente é um modelo de utilidade relacionado a um tanque de combustível GNL marítimo, publicada em 29 de novembro de 2019. Apresenta o status de patente 'concedida. Os códigos IPC no qual está inserida são: F16F-015/04 - F17C-001/00 - F17C-013/02 e F17D-005/02. Foi depositada por: '*Zhangjiagang Furui Heavy Equipment*' subsidiária da Zhangjiagang Furui Special Equipment Co., Ltd. cujos principais produtos são: trocador de calor, reator, adsorvente, tanque de armazenamento, tanque de bala, tanque montado e outros vasos de pressão, amplamente utilizados em campos de refino de petróleo e gás, indústria química.

Conforme informações contidas nos documentos desta patente, o Gás Natural Liquefeito (GNL), é uma a energia fóssil limpa, incolor, insípida, não tóxica e não corrosiva, cujo principal componente é o metano. As tecnologias atuais de

armazenagem de GNL marítimo frequentemente geram grandes vibrações durante o transporte, o que pode danificar o tanque de combustível durante uso frequente.

O tanque apresentado visa resolver os problemas descritos acima, compreende: um corpo do tanque; um invólucro interior; um encosto de apoio do lado esquerdo e lado direito, que se movimenta para baixo; uma placa de ligação, na qual as extremidades são equipadas com mola de amortecimento; um respiradouro de gás; um dispositivo de detecção na parte inferior; e um dispositivo de desativação na extremidade superior (Figura 40 a e b).

Figura 40 - a e b) Tanque de GNL estrutura.



Fonte: Questel (2024).

Este tanque em relação aos anteriores, conforme informado nos documentos da patente, contém o efeito de absorção através do encosto de apoio da placa de ligação e da mola de amortecimento, que reduz as vibrações do tanque durante o transporte, protegendo a estrutura do tanque. Como vantagem possui uma área de armazenamento para o gás natural evaporado composta por um manômetro que mede a pressão do gás natural armazenado e possui uma válvula no tubo de descarga.

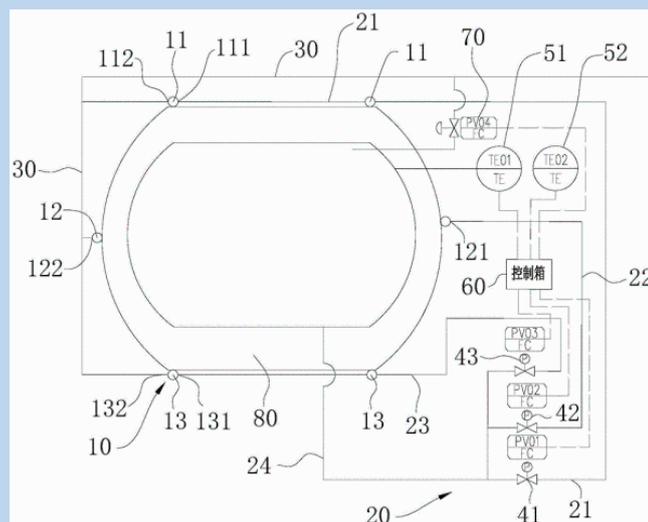
6.26 CN217057122 - 'LNG storage tank and LNG ship

A patente de modelo de utilidade refere-se a um tanque e um navio de armazenamento de GNL. Foi depositada em 25 de março de 2022 e seu status legal é 'concedida'. Está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-013/02 e F17C-013/04, cujo depositante é 'Sunrui Marine Environment Engineering'.

A Sunrui Marine possui experiência em pesquisa e tecnologias de produtos anticorrosivos e de tratamento de água, controle de corrosão, antiincrustante e revestimentos marítimos. Seus produtos são aplicados para proteger navios e linhas submarinas, transporte, armazenamento, dutos de transporte, energia elétrica, petroquímica. Seus produtos são exportados para vários países e regiões como América, Japão, Holanda, Indonésia, Cingapura, entre outros (Sunrui Marine, 2024).

Por conseguinte, o tanque de armazenamento e o navio são usados para armazenamento de combustível de GNL. É composto por um tubo de conexão guia instalado fora do tanque o qual é usado para absorver o calor do ambiente ao redor do tanque. Conecta-se a uma saída de líquido e a um outro tubo de circulação para o armazenamento de GNL. O tubo de conexão guia absorve o calor do ambiente para converter o combustível GNL em gás natural que por sua vez é conectado a um tubo de circulação de saída de gás líquido (Figura 41).

Figura 41 - Diagrama esquemático da estrutura do tanque de armazenamento de GNL.



Fonte: Questel (2024).

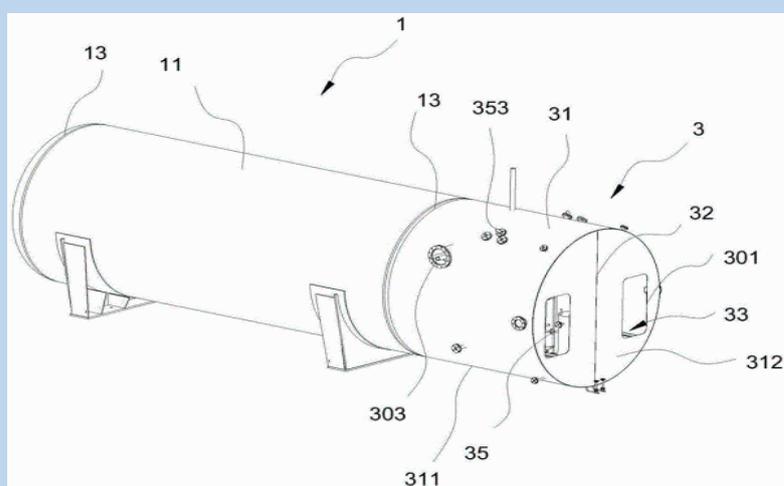
Em seu mecanismo de funcionamento, o GNL é gradativamente gaseificado pela absorção do calor do ambiente externo, reduzindo o uso de trocador de calor, economizando energia elétrica, além de prolongar o tempo de armazenamento do GNL.

6.27 CN112524473- ‘Marine storage tank’

Esta patente de invenção refere-se ao domínio técnico dos navios movidos a gás natural monocombustível, em particular a um tanque de armazenamento marítimo. Tendo sido publicada em 07 de dezembro de 2020, encontra-se inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-013/04 - F17C-013/08 e CPC: F17C-001/00/2 - F17C-013/04 - F17C-013/08 - F17C-2201/0104 - F17C-2201/035 - F17C-2227/0337 - F17C-2227/0383 e F17C-2270/0105. Seus depositantes são: ‘China International Marine Containers Group’, ‘Cimc Enric Investment Holdings’ e ‘Jingmen Hongtu Special Aircraft Manufacturing, ambas do mesmo grupo, fortes empresas no ramo global de tanques de armazenamento de GNL.

Esta invenção apresenta um tanque de armazenamento marítimo, composto por um corpo de tanque utilizado e uma caixa fria conectada ao lado externo do tanque. A caixa fria possui um invólucro entre uma extremidade a outra do corpo do tanque, que por sua vez possui uma placa divisória inserida verticalmente no casco e conectada ao corpo do tanque, o casco do tanque possui um espaço interno que se divide em duas partes (Figura 42).

Figura 42– Esquemático do tanque.



Fonte: Questel (2024).

As duas sub-cavidades da caixa fria são conectadas respectivamente com duas saídas de líquido de modo correspondente, dois conjuntos de dispositivos fornecem ar nas duas sub-cavidades da caixa fria. Cada dispositivo de fornecimento de gás alcança um tanque de recuperação de energia fria, um gaseificador e uma

tubulação de fornecimento de gás conectados a uma saída de gás. Na extremidade do tanque localiza-se uma estrutura de caixa fria dupla que reduz o comprimento axial da caixa. As caixas duplas são vedadas e atuam isoladamente se complementando mutuamente para melhorar o fornecimento do gás e a confiabilidade dos dispositivos.

6.28 CN207990187 - ‘Marine LNG bottle group’

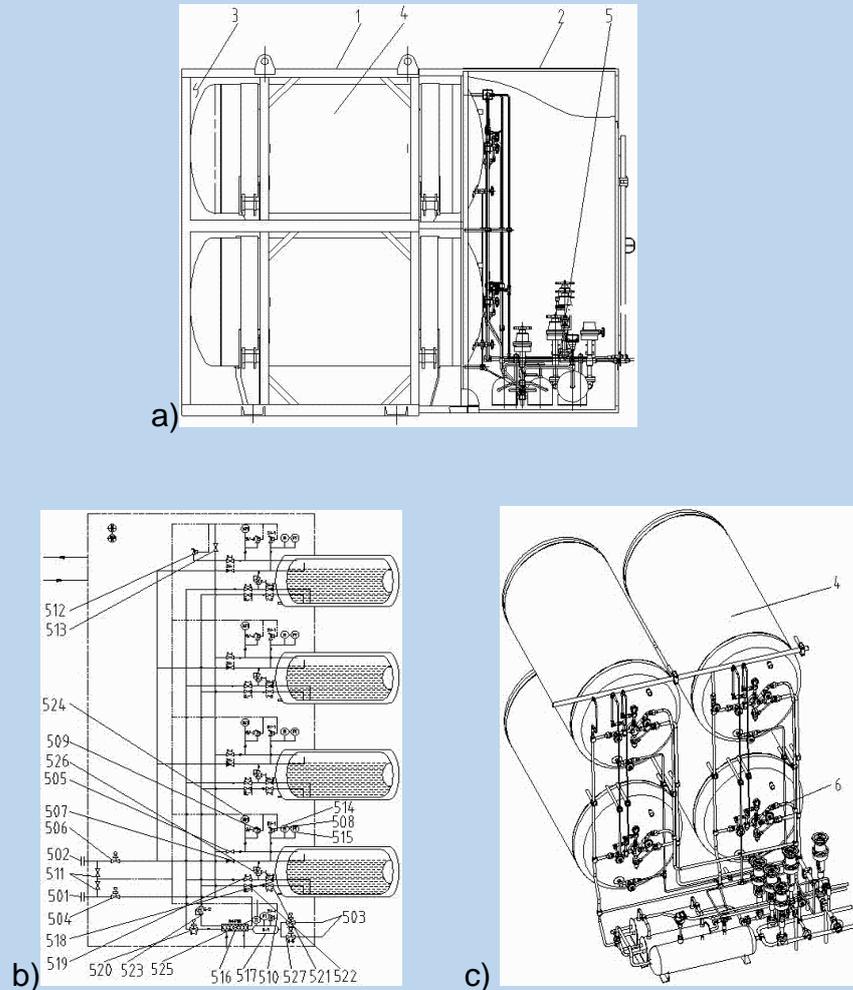
A patente de invenção refere-se a um grupo de garrafas marítimas de GNL. Foi publicada em 18 de dezembro de 2017. Está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-005/02 - F17C-007/04 - F17C-013/02 - F17C-013/04 e F17C-013/08. Tem como depositante a ‘*Changzhou Lanyi Aircraft Equipment Manufacture*’ uma companhia de projetos, fabricação e vendas de vasos de pressão e outros produtos relacionados.

A depositante é uma empresa relativamente grande e diversificada na produção e exportação de cilindros de gás soldados em aço na China. Tem seus produtos vendidos em todo o país e demais regiões como Estados Unidos, Alemanha, Austrália, Japão, Coreia do Sul, Egito, Índia, Sudeste Asiático e Oriente Médio (*Lanyi Special Equipment Manufacturing Co., Ltd.* 2019).

Sobre esta patente, as informações são de que o tratamento da poluição por descargas de resíduos oleosos dos navios tem sido uma grande prioridade na China e devido o GNL ter alta segurança como combustível seu uso tem trazido bons resultados na economia de energia além de oferecer benefícios para a ecologia.

Uma das medidas para resolver a problemática desses resíduos oleosos provenientes é criar postos para abastecimento de GNL de pequena escala que demandam baixo custo de operação. A presente invenção apresenta um grupo de garrafas marítimas de GNL para atender aos requisitos navios de vários tamanhos e capacidades com fabricação segura e confiável. É composta por: um grupo de garrafas equipada com uma caixa de vedação conectada a um subconjunto de tubulação; dois cilindros para GNL; e uma conexão de vedação alocada na frente do cilindro de GNL (Figura 43 a, b e c).

Figura 43 - Arranjo dos cilindros instalados.



Fonte: Questel (2024).

O cilindro pode ser soldado ou flangeado à uma caixa de vedação na qual pode conter 2, 3, 4 ou mais cilindros de GNL. A tubulação do conjunto é conectada aos cilindros e podem ser retornados para armazenamento, entrada e fornecimento de ar. Há uma válvula de corte de emergência de retorno da carga e uma de descarga de gás firmadas na parte do retorno da carga de gás. A invenção oferece como benefícios um grupo de garrafas marítimas de GNL capazes de atender aos requisitos de vários navios e possui fabricação segura e confiável.

6.29 CN111174082 - ‘Vertical marine fuel tank’

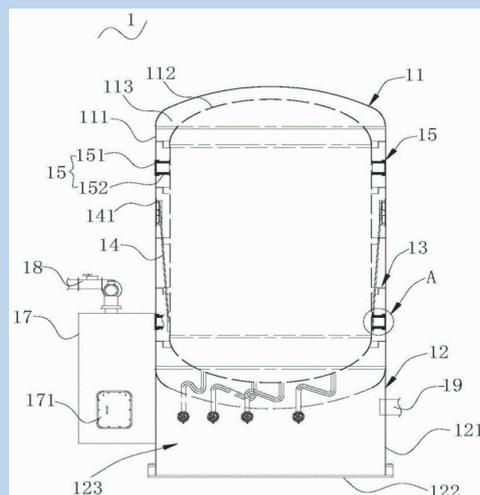
Esta patente de invenção refere-se a um tanque vertical de combustível marítimo. Publicada em 09 de novembro de 2018, é uma patente com o status legal ‘concedida’. Se insere nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-001/04 - F17C-001/08 - F17C-001/12 - F17C-013/08 e nos códigos CPC: F17C-001/00/2 - F17C-001/04 - F17C-001/08 - F17C-001/12 - F17C-013/08/2- F17C-2201/0109 - F17C-2201/032 - F17C-2203/012 - F17C-2203/0391 - F17C-2203/0629 - F17C-2205/0111 - F17C-2205/0126 - F17C-2205/0176 - F17C-2205/0184 - F17C-2205/0379 - F17C-2209/238 - F17C-2221/033 - F17C-2223/0161 - F17C-2270/0105.

Os depositantes são ‘China International Marine Containers Group’, ‘Cimc Enric Investment Holdings’, ‘Zhangjiagang Zhongji Sanctum Low Temperature Equipment’, empresas já citadas como tendo forte atuação no mercado de tanques de armazenamento de GNL e geração de energia.

Sobre esta patente constam informações sobre o uso dos tanques de GNL e sobre o espaço que os tanques horizontais costumam ocupar nas embarcações. Esses tipo de tanque possui uma caixa fria montada normalmente na extremidade do corpo do tanque devido à necessidade de instalar linhas de fornecimento de ar, válvulas e instrumentação dentro da caixa o que ocupa grande espaço fora do tanque.

A invenção visa resolver este problema apresentando um tanque de combustível marítimo vertical com menores dimensões (Figura 44).

Figura 44 - Esquema do tanque de combustível.



Fonte: Questel (2024).

Este tanque pode resolver o problema de espaço de instalação e torná-lo aplicável a navios com espaço onde o convés é pequeno. É composto por: um corpo de tanque e uma caixa fria, um corpo externo e um interno com um suporte disposto no fundo do tanque externo. O suporte possui uma placa inferior e tem estrutura cilíndrica com aberturas formadas nas duas extremidades

O fundo do tanque externo é reforçado para suportar o peso do tanque. A placa inferior é fixada na parte inferior do suporte onde há um espaço de montagem entre o corpo de suporte, a placa inferior e o tanque externo. Possui um espaço interno projetado de acordo com o tamanho da caixa fria o que pode ser fabricado em tamanho reduzido. A posição ocupada pela caixa fria no lado externo do corpo do tanque pode ser reduzida para ocupar o espaço do tanque vertical de combustível marítimo fabricado em tamanho igual ao da caixa fria.

6.30 KR10-2018-0060238 - '*Liquefied gas storage tank having corrugated baffle*'

Esta patente de invenção refere-se a um tanque independente de GNL que contém em seu interior divisórias em formatos ondulados. Foi publicada em 28 de novembro de 2016. Possui o status legal de patente 'revogada' e tem como depositante a 'NK', empresa que atua no ramo de desenvolvimentos tecnológicos fabricando mecanismos de fusão de energia renovável, contêineres de armazenamento, produtos para sistema de tratamento de água de lastro e demais desenvolvimentos tecnológicos. Foi uma das empresas de tecnologia selecionada como empresa verde pelo Ministério do Comércio, Indústria e Energia da República da Coreia (NK, 2024).

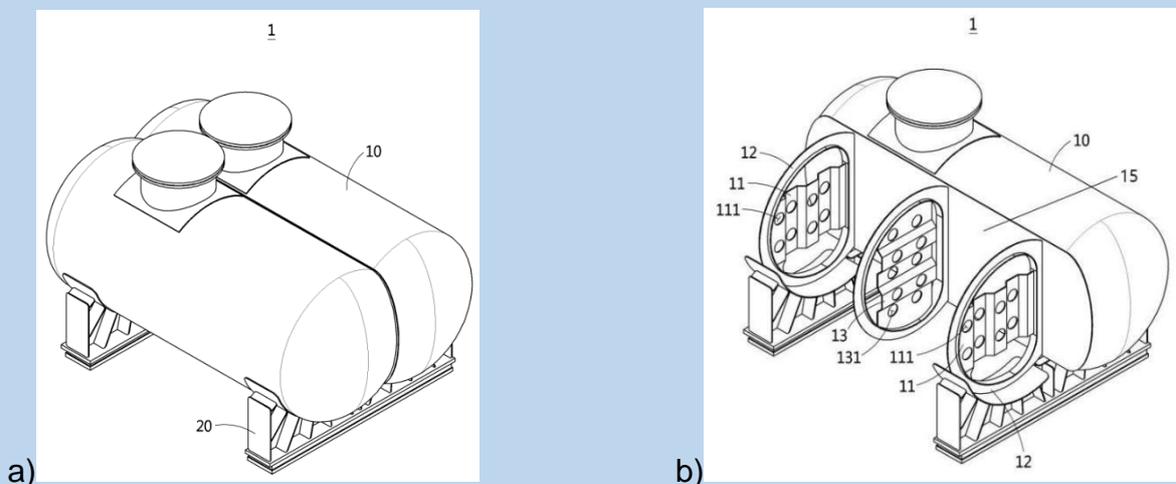
A patente traz informações sobre os vasos de pressão, que podem ter formato cilíndrico ou esférico para suportar a pressão interna em que estes vasos são submetidos. Podem ser fabricados de forma única ou duplos para compor um reservatório interno, um externo e materiais isolantes.

Na indústria já são utilizados tanques denominados bi-lóbulos, que são formados por dois cilindros anulares cortados paralelamente. Estes tanques tem as vantagens de utilizar o espaço do navio de forma mais eficientemente do que os tanques cilíndricos anulares convencionais. Os vasos de pressão o GNL como combustível parcialmente para que a pressão seja reduzida e não ocorra derramamento ou respingo de GNL.

A presente invenção objetiva fornecer um tanque de armazenamento de gás liquefeito em formato bi-lóbulo com estrutura específica no seu interior para evitar o fenômeno de chapinhamento e deformação por diferença de temperatura.

Assim sendo, o tanque possui um espaço no qual o gás liquefeito pode ser armazenado, possui paredes divisórias espaçadas umas das outras em formato ondulado. Essas paredes se estendem em direção predeterminada e se cruzam em direções perpendiculares e longitudinais de forma planas ou inclinadas alternadamente no corpo do tanque. As superfícies da divisória são perfuradas e podem ser fabricadas em aço com alto teor de manganês combinadas com as superfícies laterais dos dois lados do cilindro, além de formar uma parede divisória (Figura 45 a e b).

Figura 45 - a e b) Apresentação da forma do tanque em perspectiva.



Fonte: Questel (2024).

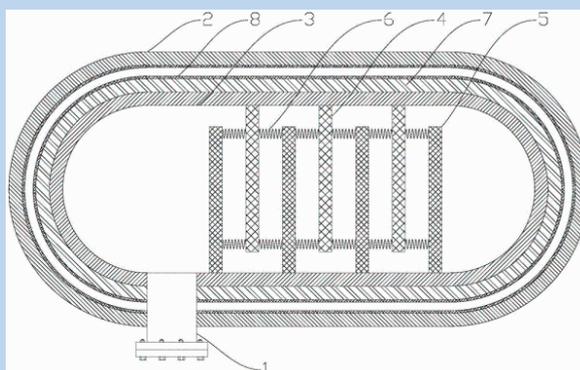
Os inventores afirmam que não haverá danos ao tanque com os respingos de GNL, pois o formato interno das divisórias tem o formato ondulado para melhorar a contração e expansão do GNL no tanque. As descrições da invenção não se limitam a esses exemplos e podem ser sugeridos formas diferentes, bem como podem ser inseridas sugestões, alterações ou exclusão de componentes para favorecer melhorias na invenção.

6.31 CN215636495 – ‘LNG (liquefied natural gas) low-temperature storage tank with damping mechanism’

A patente aqui escrita é uma patente de modelo de utilidade que se refere a um tanque de armazenamento criogênico de GNL com mecanismo de amortecimento, foi publicada em 20 de agosto de 2021 e tem seu status legal ‘concedida’. Insere-se nos códigos IPC: F17C-001/00 e F17C-013/12 além de ter como depositante a ‘MA Rongzhong’ empresa chinesa fabricante de transformadores, comutadores e conjuntos de equipamentos de energia.

Este tanque é composto por um corpo de tanque e um tubo de transporte o qual o corpo do tanque possui um invólucro externo e interno dispostos de forma espaçada, além de dispor de um mecanismo de amortecimento para conter o armazenamento interno de GNL no tanque (Figura 46).

Figura 46 - Formato do tanque.



Fonte: Questel (2024).

Esse mecanismo é composto por duas placas de malha elástica dispostas de forma ordenada no qual a primeira é fixada na parte lateral superior e a segunda é fixada na direção do comprimento do tanque em direção opostas e há um intervalo entre uma extremidade de cada placa de onde ambas são graduadas.

6.32 CN218544005 - ‘Leakage-proof storage tank for liquefied natural gas’

Esta é uma patente de modelo de utilidade pertencente ao campo técnico do gás natural liquefeito e busca a prevenção de vazamentos em tanques de armazenamentos. Foi publicada em 08 de agosto de 2022. Seu status é ‘garantido’.

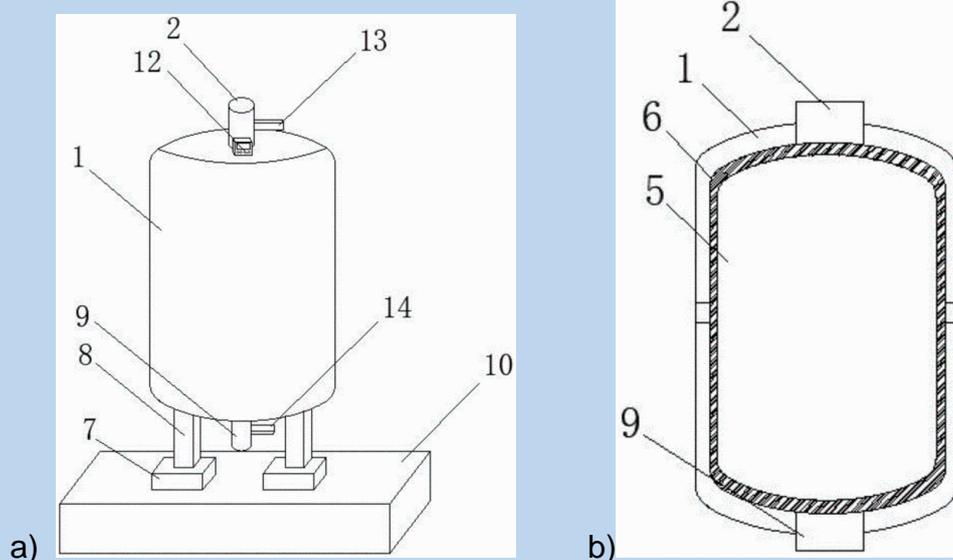
Os códigos IPC em que está inserida são: F16F-015/067 - F17C-001/00 e F17C-013/08. O seu depositante é *'Beijing Tailai Wharton Cryogenic Equipment'*.

Este depositante se refere a uma empresa que produz linhas abrangentes de equipamentos criogênicos para fins de armazenamento, transporte e regaseificação, atendendo aos os aspectos do fornecimento da cadeia de frios para aplicações de gás industrial, ciências biológicas e GNL. Seus produtos são usados em transporte rodoviário, marítimo, transporte de minas, liquefação, petróleo e gás, pesquisa e desenvolvimento industrial, entre outros.

A patente informa que o gás natural é um combustível de alta qualidade e dele são extraídas matérias-primas importantes para a indústria moderna. Além disso, seu no transporte requer segurança devido ser agitado facilmente quando em transporte e qualquer vazamento pode ocorrer uma explosão.

A tecnologia apresenta um tanque para fornecimento de GNL que visa resolver o problema apresentando com a seguinte composição: corpo de tanque externo com seção de bambu grosso bem como uma válvula para a entrada de ar, uma placa de retenção e uma alavanca conectando o corpo externo do tanque a placa de retenção (Figura 47 a e b).

Figura 47 - a e b) Ilustração do tanque.



Fonte: Questel (2024).

A parte externa do tanque tem uma base em bambu que se interliga com o corpo do tanque, além de um suporte onde a válvula está alocada para saída de gás. Possui uma caixa-defletora com tampa de amortecimento com uma camada isolante em espuma de poliuretano.

Essa estrutura busca prevenir vazamentos no tanque de armazenamento devido a configuração da caixa defletora, que possui tampa superior como um amortecimento para aumentar a área de contato com a base e melhorar a estabilidade do tanque.

6.33 KR10-2019-0054846 - *'Double wall pressure vessel*

Esta é uma patente de invenção coreana que se refere a um vaso de pressão duplo que mantém a pressão entre um recipiente interno e um recipiente externo a uma pressão mais alta que a atmosférica. Apresenta diâmetro com limite reduzido para diminuir a pressão do vaso interno ao máximo reduzindo os custos de material. Foi publicada em 14 de novembro de 2017, seu status é de patente 'pendente'. Está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-001/12 - F17C-013/02 e nos códigos CPC: F17C-001/00/2 - F17C-001/12 - F17C-013/02/5 - F17C-013/04 - F17C-2203/0375 - F17C-2203/0629 - F17C-2205/0332 - F17C-2223/0161 - F17C-2270/0105 e seus depositantes são: *'Lee, Kwang Min E 'You, Byungyoung'*.

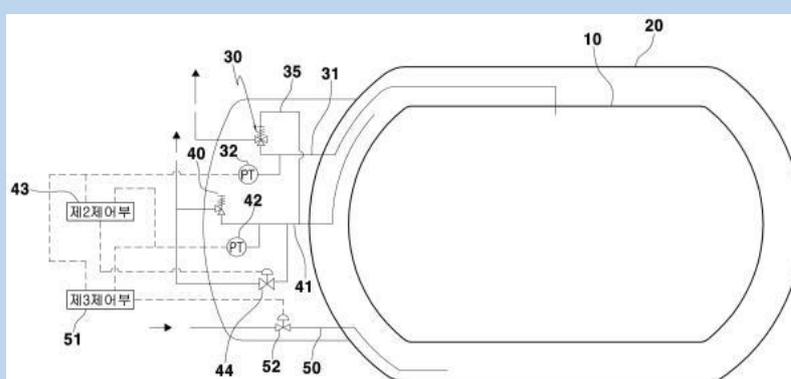
Sobre as informações desta patente, tem-se que os vasos de pressão possuem demanda com funções especiais como para armazenamento de líquidos criogênicos, vasos de pressão que exigem alto desempenho de isolamento térmico, vasos com grandes capacidades, entre outros.

Com as exigências nas reduções das emissões geradas pelos navios têm-se aumentado a produção dos vasos de pressão os quais armazenam o GNL como combustível para os navios. O tanque de combustível necessário para armazenar GNL em grandes quantidades geralmente é feito de matéria prima como o aço inoxidável ou o alumínio que suporta com eficiência as baixas temperaturas, porém com custos muito altos. Estes tanques são concebidos para suportar o aumento de pressão por vaporização do GNL devido a entrada de calor externo e são necessários grandes tamanhos para fornecer combustível durante um longo período de navegação. Seria necessário desenvolver tecnologias capazes de suportar

pressão maior com materiais de mesma espessura para vasos de pressão utilizados na indústria.

A patente apresenta um tanque composto por um recipiente externo e interno, de forma a manter uma pressão predeterminada diminuindo a pressão operacional máxima do tanque, de modo que a espessura e o material do tanque sejam mantidos. Compõe-se também de um tubo para descarregar o gás para o exterior e uma segunda válvula de segurança para descarregar mecanicamente o gás do recipiente externo quando houver diferença entre a pressão externa e a pressão operacional do tanque (Figura 48).

Figura 48 - Esquema do tanque.



Fonte: Questel (2024).

Há ainda um dispositivo de medição de pressão e uma unidade de controle para receber o sinal de pressão medido pelo detector de pressão do recipiente interna e externa do tanque. Além do mais, é instalado um detector de vazamento no tubo de descarga que fica na parte externa. Como vantagem essa tecnologia possui as pressões interna e externa em harmonia operando a uma pressão segura e com mesma espessura que os demais vasos de pressão.

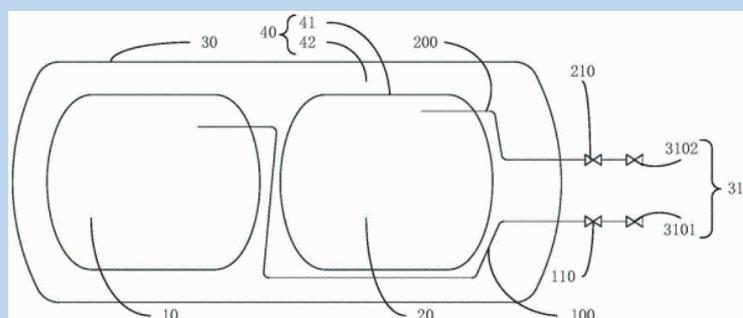
6.34 CN214405593- 'Cryogenic container'

O modelo de utilidade refere-se a um campo técnico de dispositivos criogênicos, em particular a recipientes de baixa temperatura. Publicado em 19 de fevereiro de 2021. Consta o status 'garantida'. Está inserida no código IPC F17C-001/00. Seus depositantes são: 'China International Marine Containers Group', Cimc

Enric Investment Holdings, e *Zhangjiagang Zhongji Sanctum Low Temperature Equipment* ambas já mencionadas e grandes empresas na construção de tanques de GNL marítimos.

Este tanque para baixas temperaturas é composto por uma parte externa, uma primeira e uma segunda parte interna, com duas tubulações. O primeiro e o segundo tanques internos são espaçados um do outro e são vedados de uma extremidade a outra o qual a primeira tubulação se conecta com a primeira parte do tanque interno para ser carregada ou descarregado e a segunda tubulação se conecta igualmente com a segunda parte do tanque interno para ser carregado e descarregado (Figura 49).

Figura 49 - Ilustração do tanque criogênico.



Fonte: Questel (2024).

Com isso, ambos os tanques internos são usados, para armazenamento de dois tipos de fluídos diferentes e são carregados e descarregados de forma independente por meio de tubulações diferentes o que haverá economia de combustível.

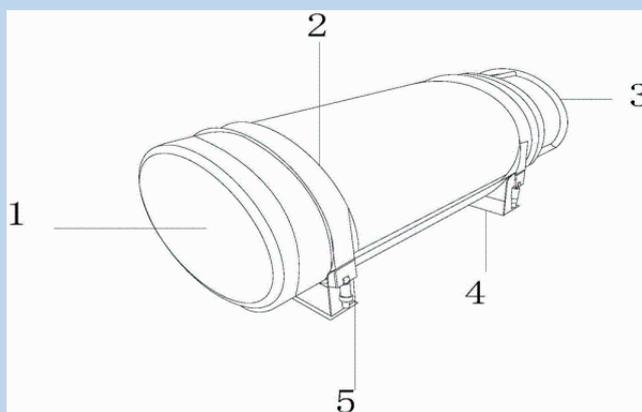
6.35 CN213394607 - *'Natural gas storage tank'*

Este modelo de utilidade apresenta um tanque de armazenamento de gás natural, publicada em 15 de maio de 2020 e tem seu status 'caducada'. Está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 e F17C-013/04. Foi depositada pela *'KE Jiefang'*, uma montadora de veículos chinesa. Esta traz informações que os tanques de armazenamento de gás natural para os veículos são compostos com isolamento

térmico de alto vácuo, possuem camadas duplas compostas de várias camadas de isolamento térmico.

Estes tanques têm alto desempenho de isolamento térmico para o armazenamento do gás natural, porém é necessária uma estrutura anti-vazamento e segura. Assim, o tanque estruturado com cinto de retenção, guarda-corpo, uma base e uma haste fixa a qual para ser ajustada na parte lateral do tanque de armazenamento com o cinto de retenção e uma tubulação. Uma base com parafusos e arruelas de vedação é fixada no tanque para funcionar como um guarda-corpo (Figura 50).

Figura 50 - Formato do tanque.



Fonte: Questel (2024).

Há uma entrada de ar, um regulador, uma parte interna, válvula de refluxo. Assim, o ar entra pelas paredes internas perfuradas do tanque o qual possui um regulador para o guarda-corpo fixado por solda e uma bolsa interna para oferecer folga no regulador.

6.36 CN209262660 - *'Full-automatic control marine double-cold-box LNG fuel tank'*

Este modelo de utilidade propõe um tanque de combustível de GNL com dupla caixa fria e controle automático para uso em navio. Foi publicado em 16 de outubro de 2018, está inserida nos códigos IPC: F17C-001/00 - F17C-013/04 e F17D-003/01. O depositante é *'Wuhan Yuanfang Science & Technology'* uma subsidiária integral fundada na China em 1993 envolvida principalmente na pesquisa e

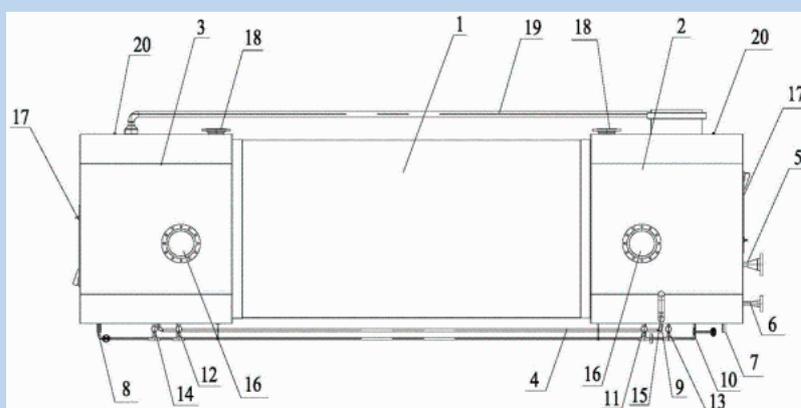
desenvolvimento, produção e serviços de equipamentos de teste de petróleo e gás, equipamentos de energia limpa, entre outros.

De acordo com as informações contidas nesta patente, com a crescente maturidades da construção de navios de GNL e navios de duplo combustível, a aplicação de sistemas de abastecimento de gás natural baseados em tanques de armazenamento é cada vez mais ampla. O tanque de combustível marítimo de GNL é aplicado principalmente em navios para o fornecimento de gás natural em temperatura normal para os motores a gás.

As operações com os tanques de combustível marítimo de GNL são baseadas em manuais de processos operacionais com informações de armazenamento, gaseificação por pressurização, fornecimento de gás, esvaziamento de gás entre outros. Em razão de ser necessária a atenção redobrada para no uso deste combustível, pois há o risco de congelamento devido a baixíssima temperatura com que o gás é mantido.

Esta tecnologia visa fornecer um tanque de combustível de GNL com dupla caixa e controle automático para uso em navio. O tanque é composto por um corpo de tanque, uma caixa fria de vedação principal e um sistema de tubulação onde uma caixa fria é composta por uma estrutura quadrada conectada a uma entrada de ar, flangeada que permite a passagem do ar para a caixa onde há da mesma forma uma saída de ar conectada (Figura 51).

Figura 51 - Formato do tanque de combustível com caixa fria de controle automático.



Fonte: Questel (2024).

Há ainda uma abertura conectada a uma luva de fixação e uma porta hermética instalada na caixa, tem um sistema de tubulação de armazenamento para a fase líquida do gás, uma tubulação para a fase gasosa e uma tubulação principal para o armazenamento de gás juntamente com uma tubulação de difusão da caixa de válvulas, bem como as tubulações de purga, de entrada de água circulante, de saída de água circulante e uma tubulação principal de esvaziamento todas interligadas com a caixa fria de vedação principal.

No processo de operação normal de armazenamento, pressurização, gaseificação, fornecimento de gás, esvaziamento de GNL, há um sistema que controla remotamente a abertura e o fechamento da válvula pneumática de corte de emergência de baixa temperatura e esse controle evita que haja o risco de acidentes para as pessoas envolvidas nas operações com válvulas de baixa temperatura manuais.

6.37 CN116557768- ‘LNG (Liquefied Natural Gas) storage tank with microseismic resistance function’

Esta patente de invenção propõe um tanque de armazenamento de GNL com função de resistência microssísmica, publicada em 24 de maio de 2023 a qual tem o status legal ‘pendente’. Está inserida nos códigos IPC: F16F-015/067 - F17C-001/00 - F17C-013/06 - F17C-013/08 e códigos CPC: F16F-015/067 - F17C-001/00 - F17C-013/06 - F17C-013/08 - F17C-2205/0115 - F17C-2205/0196 - F17C-2221/033 a qual foi depositada por ‘Sanying United Technolog’ uma empresa de tecnologia especializada em produtos de controle.

Os produtos da empresa abrangem plataforma de movimento de alta precisão de grande curso, plataforma de controle de movimento nano e sub-nano, sensor capacitivo de nano-deslocamento, sistema integrado de controle de movimento de precisão e outros produtos (*Sanying Motioncontrol Instruments Ltd, 2024*).

De acordo com as informações desta patente os tanques de armazenamento de GNL possuem estrutura frágil contra terremotos, o que pode causar a perda da funcionalidade destes por isso precisam ser protegidos quando na ocorrência destes fenômenos de vibração.

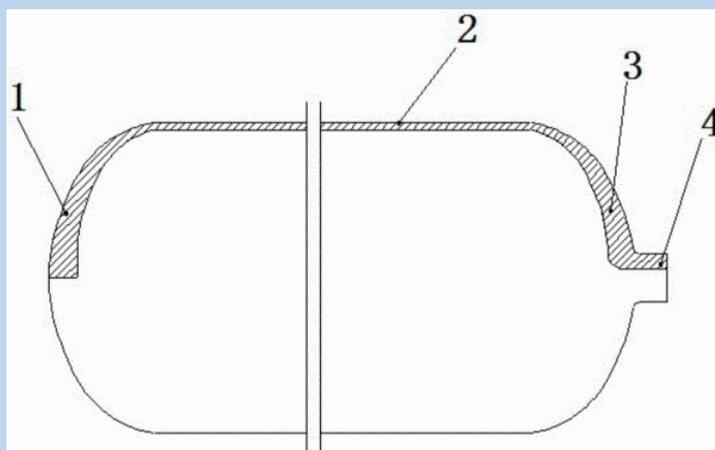
A invenção visa resolver este problema apresentando um tanque com a seguinte composição: um corpo de tanque, uma placa antioscilação e um cilindro

2018, seu status legal é 'concedida', esta inserida no código IPC F17C-001/00 e nos códigos CPC: F17C-001/00 - F17C-2209/2172 e F17C-2209/2181. Tem como depositantes '*Aerospace Research Institute of Special Material & Process Technology*', os quais não foi possível encontrar informações a respeito.

Este tanque é confeccionado em alumínio de alta pressão com estrutura integrada sem emenda, possui a extremidade do fundo vedada e a outra extremidade com abertura. A parte interna do recipiente é feita em liga de alumínio. A parte do gargalo possui uma abertura que pode ser fechada cujo comprimento interno em liga de alumínio que tem 5 metros e seu diâmetro externo deve ser entre 406 a 850 milímetros.

O método de fabricação informa que na parte interna do recipiente contém uma estrutura interna integrada sem emendas, uma extremidade selada e a outra em forma de abertura de garrafa, o recipiente interno apresenta uma vedação na parte inferior com uma seção de cilindro reta, uma cabeça de vedação e uma abertura de garrafa (Figura 53).

Figura 53 - Tanque cilíndrico de alta pressão.



Fonte: Questel (2024).

A vedação inferior e a cabeça de vedação são posicionadas em duas extremidades da seção reta do cilindro, a qual deve ter o comprimento interno inferior a 5 metros e o diâmetro externo da seção reta entre 420 a 850 milímetros. A pressão nominal do cilindro de gás deve ter entre 20 a 30Mpa. Além disso, a parede da seção reta do cilindro deve ter a espessura entre 1 a 10 milímetros e deve ter retilineidade na seção reta não superior a 0,5 mm/m.

6.39 KR10-2023-0088004- ‘Quad-lobe type pressure vessel with vertical asymmetric shape’

Esta patente de invenção refere-se a um vaso de pressão com quatro lóbulos de formato assimétrico no sentido vertical. Foi publicada em 10 de dezembro de 2021. Seu status legal é ‘pendente’ e foi depositada por ‘*Hanwha Ocean*’ empresa líder global em instalações de produção de energia e transporte como hidrogênio, energia eólica, GNL e amônia. Também conta com uma tecnologia de sistemas marítimos avançada e tecnologia de sistema de armazenamento de energia ecológica para navios e instalações offshore (*Hanwha Group*, 2024).

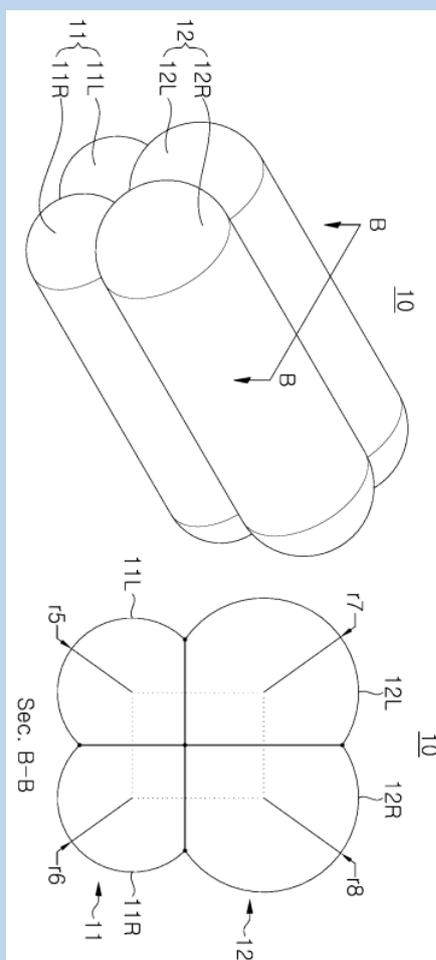
De acordo com as informações contidas nesta patente, um navio com vaso de pressão do tipo ‘quad-lóbulo’ (quatro lóbulos ou quádruplo) tem um formato no qual quatro tanques são dispostos em formato esférico combinados nas direções para cima e para baixo ou para esquerda ou direita.

Geralmente os parâmetros de projeto de um vaso de pressão levam em consideração diversos fatores para que suportem uma determinada carga de pressão e muitos projetos não levam em consideração as características da pressão formada no interior do tanque, o que se exigem melhorias constantes para que o carregamento seja aproveitado ao máximo.

Esta tecnologia, portanto, objetiva fornecer um vaso de pressão do tipo ‘quatro-lóbulos’ em formato assimétrico no qual uma área de seção transversal do tanque superior é projetada para ser maior do que uma área de seção transversal do tanque inferior, permitindo que mais carga seja armazenada sob as mesmas condições de um vaso de pressão.

Dessa forma este tanque é constituído por duas partes: tanques inferiores esquerdos; e duas partes de tanques superiores direitos. Assim, são formados quatro tanques em formato esférico combinados. A área da seção transversal dos tanques superiores deve ser maior que a área da seção transversal dos tanques inferiores e devem possuir o mesmo raio, porém o raio dos tanques superiores é maior que os raios dos tanques inferiores (Figura 54).

Figura 54 - Vaso de pressão tipo quad-lóbulo com formato vertical assimétrico.



Fonte: Questel (2024).

Além do que, a pressão do líquido a ser armazenado nos tanques superiores deve ser menor que a pressão do líquido armazenado nos tanques inferiores. Como vantagem tem-se que um tanque com o formato vertical assimétrico com capacidade para o armazenamento de mais carga sob as mesmas condições de projeto de um vaso de pressão quádruplo com área de seção transversal idêntica.

6.40 KR10-2192104 - 'Pressure Tank and Ship having the same

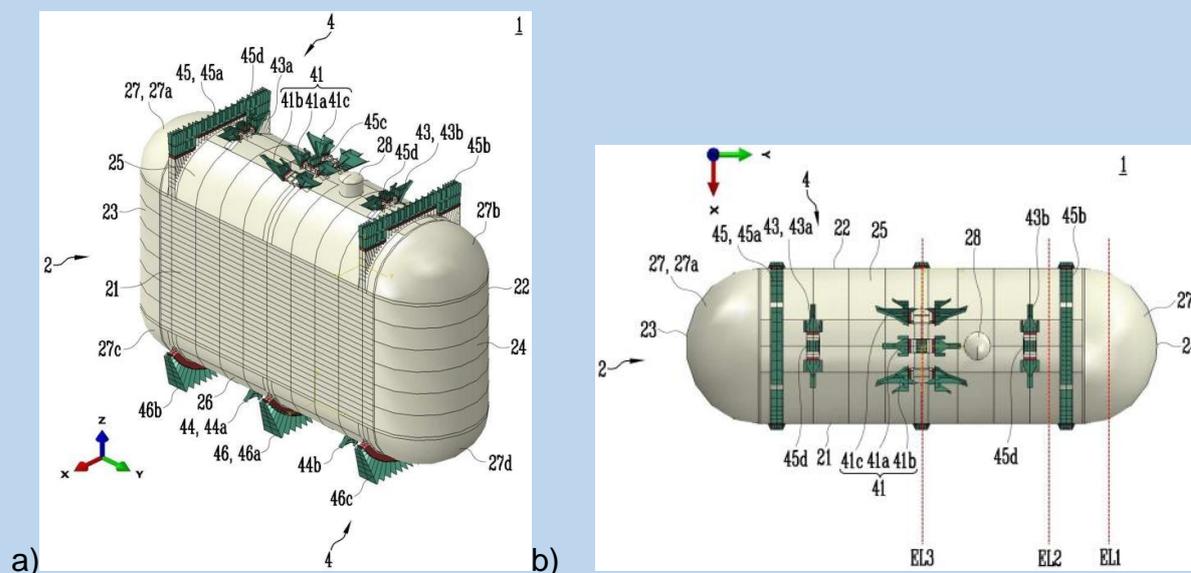
A patente de invenção refere-se a um tanque e a um navio de pressão, foi publicada em 19 de março de 2019, seu status legal é 'concedida' e insere-se nos códigos IPC: B63B-025/14 - F17C-001/00 - F17C-001/02 e F17C-013/08 tem como

depositantes a 'Hyundai Heavy Industry', 'Korea Shipbuilding & Offshore Engineering' e 'LatticeTechnology'.

O primeiro depositante é um conglomerado de empresas da Coreia do Sul atuante na área de construção de navios. O segundo depositante é uma empresa de construção naval e negócios offshore de capacidade de engenharia de classe mundial. O terceiro depositante concentra-se no desenvolvimento e industrialização de tecnologias para armazenamento, utilização e aplicação em energias alternativas (Hd Hyundai Heavy Industries, Korea Shipbuilding & Offshore Engineering, 2023).

As informações desta patente afirmam a depender do tempo de viagem de um navio é necessário instalar vários tanques de pressão o que acabam ocupando grande espaço a bordo do navio. Esta invenção, portanto, sugere um tanque de pressão composto por paredes planas frontais e traseiras no qual as paredes de quina são fabricadas como membros curvos tridimensionais para acomodar o fluido de alta pressão no corpo do tanque. Há ainda uma peça de reforço instalada dentro do corpo principal do tanque para tracionar as paredes dianteiras e traseiras (Figura 55 a e b).

Figura 55 – a e b) Tanque de pressão em perspectiva; e b) Vista lateral do tanque de pressão.



Fonte: Questel (2024).

A parte de reforço disposta no tanque, compreende elementos espaçados a uma distância predeterminada em direção vertical no interior do tanque evitando-se

assim que às paredes laterais sofram empenamento. Enquanto isso, as paredes dianteiras e traseiras são contraídas por uma força de tração, além disso um segundo elemento de reforço é espaçado a uma distância predeterminada para evitar a flambagem das paredes superiores e inferiores no tempo em que as paredes dianteiras e traseiras são restringidas pela tração. O tanque de pressão e o navio possuem o número de processos de soldagem reduzido o que faz com que seja mantida a alta pressão interna e a utilização do espaço de armazenamento seja melhorado de forma a reduzir o peso em excesso a bordo.

7. DISCUSSÃO

De maneira oposta aos países asiáticos e europeus, observa-se que o Brasil é deficiente em relação ao desenvolvimento de tecnologias de armazenagem de GNL como combustível marítimo, visto que não foram identificados depósitos de patentes relacionadas no período pesquisado. De acordo com o Centro de Pesquisa para Inovação em Gás Natural (RCGI), os estudos sobre construção de embarcações movidas a GNL no país estão em estágio inicial.

Existe um grupo de engenheiros ligados ao referido centro de pesquisas que possuem a intenção de projetar navios para o uso do gás natural como combustível por meio, inicialmente, da criação de cenários de uso do GNL na indústria naval, de forma a contribuir para o desenvolvimento sustentável no país (RCGI, 2023).

O aumento nas expectativas quanto a adoção do GNL como combustível pelo setor marítimo no Brasil oportunizou ideias para projetos de navios gaseiros, em especial na região Norte, onde há projetos para a construção de embarcações para atender à demanda de transporte do GNL, por exemplo (Silva, 2023). O autor ressalta que, no Brasil, somente se construiu e importou embarcações para transporte de GLP (residencial) e nunca para transporte de GNL.

À vista disso, as patentes selecionadas apresentaram tanques com a finalidade de armazenar o GNL como combustível as quais apresentaram formatos variados e também apresentaram variação na sua aplicabilidade não apenas marítima, mas para usos automobilísticos, industriais e outros. Destaca-se que, conforme informações contidas nos documentos destas patentes, algumas destas tecnologias podem ser adaptadas para uso marítimo, o que poderá subsidiar a

adoção do GNL como alternativa energética para impulsionar o setor naval no estado do Amazonas.

7.1 Considerações quanto os tanques para combustível de GNL

As tecnologias de grandes tanques de gás combustível de GNL já estão consolidadas nos mercados consumidores em grande escala, porém foram identificadas poucas pesquisas relacionadas a tanques médios ou pequenos e as mesmas estão em estágio inicial de desenvolvimento (Yanhai, 2020).

Além disso, segundo os documentos das patentes estudadas, existem altas dificuldades técnicas para a produção em pequena escala, bem como a exigência do nível de segurança na fabricação que é alto envolvendo diversos processos como o de soldagem, tratamento térmico, capacidade de pressão, etc.

Para os tanques de armazenamento de GNL são estipulados variados critérios tais como: ser criogênico e ser isolado a vácuo, pode ter camada dupla vertical ou horizontal, possuir geralmente em sua estrutura externa material feito em aço carbono, aço inoxidável, alumínio, entre outros. Também deve apresentar uma cavidade de pressão instalada composta de várias camadas de isolamento para manter um alto vácuo.

O GNL armazenado nesses tanques, por ser um líquido bastante frio, quando entra em ebulição sob pressão de armazenamento compara-se ao “refrigerante em ebulição” ou à água fervente por funcionarem com temperaturas extremamente baixas. Por isso, é necessário que seus materiais sejam capazes de resistir aos efeitos criogênicos, pois os tanques cilíndricos são considerados os componentes mais adequados para sistemas de armazenamento de GNL (*CIMC ENRIC*, 2024).

Ressalta-se que, de acordo com a Resolução MSC.370 (93), de maio de 2014, sobre as alterações do Código IGC, os tanques em formato cilíndrico tipo C baseiam-se em critérios de vasos de pressão para os quais são estipuladas normas de pressão mínima de projeto, a espessura do material do tanque, materiais que podem ser utilizados, tais como aços níquel, aços carbono-manganês, aços austeníticos ou ligas de alumínio, além das definições para a instalação e os critérios de segurança que envolvem o uso do cilindro de GNL como combustível em uma embarcação (*IMO*, 1993).

Considerando que essa pesquisa foi embasada principalmente nos códigos IPC e CPC F17C-001/00, que tratam especificamente de “vasos contendo ou armazenando gases comprimidos, liquefeitos ou solidificados; armazenadores de gás de capacidade fixa; enchimento ou descarga de vasos com gases comprimidos, liquefeitos ou solidificados”; no código CPC B63B-017/0027, que trata de “tanques para combustível ou similares, acessórios para os mesmos”; na B63H-021/38, que trata especificamente de “aparelhos ou métodos especialmente adaptados para uso em embarcações marítimas, para o manuseio de líquidos da usina ou da unidade, por exemplo, lubrificantes, refrigerantes, combustíveis ou similares; e na Y02T, que trata especificamente de “tecnologias de mitigação de mudanças climáticas relacionadas ao transporte”, as patentes sobre as tecnologias de tanques cilíndricos, tidas como vasos de pressão, serviram de referência para a compreensão do estado da arte dessas tecnologias.

Foram então apresentadas as características principais como o formato dos tanques, os materiais mais utilizados, o status legal dessas tecnologias, suas vantagens tecnológicas, entre outros critérios, os quais facilitaram comparação e a análise contidas nesse Relatório Técnico Conclusivo. Observou-se que existem desafios técnicos para a produção de tanques em pequena escala, incluindo altos padrões de segurança, as cavidades de pressão interna requerem isolamento com várias camadas para manter o alto vácuo. O GNL armazenado nesses tanques torna-se um líquido extremamente frio sob pressão de armazenamento, semelhante à “água fervente”, operando em temperaturas criogênicas. Apesar dos requisitos de segurança, os tanques cilíndricos são considerados os mais adequados para sistemas de armazenamento de GNL em embarcações. Algumas destas características importantes são discutidas no tópico seguinte.

7.2 Status das patentes

A maioria das patentes sobre os tanques selecionados detém o status legal “concedido”, o que significa dizer que estão protegidas nos mercados de interesse. Há algumas com o status legal “pendente”, o que se entende que são tecnologias com pedidos de depósito recentes e que a inovação é continua nesse seguimento.

Observou-se ainda que algumas estão “caducas” em curto espaço de tempo, como é o caso da patente KR10-1350802, depositada pelo estaleiro ‘Daewoo

Shipbuilding & Marine Engineering, situado na Coreia do Sul não sendo possível afirmação de que essa tecnologia não deu certo no mercado. O que pode ser deduzido é que não houve interesse do depositante em mantê-la ativas ou não houve o retorno financeiro esperado.

Reitera-se que os constantes depósitos de patentes no continente asiático são resultado das ações na busca de soluções tecnológicas para atendimento às exigências da Organização Marítima Internacional quanto às melhorias climáticas. No Japão, por exemplo, a segunda maior empresa de construção naval do país, a *Japan Marine United*, planeja construir embarcações movidas a GNL em curto prazo, a empresa acredita que o GNL é um combustível com boa tecnologia para a total descarbonização da frota existente no país e vem buscando parcerias com a China e a República da Coreia para o alcance desse objetivo, (*Star Marine [...]*, 2024).

Até 2030, a companhia estima haver mais de 2.000 navios movidos a GNL no Japão firmando contrato com uma grande empresa no ramo de máquinas siderúrgicas, a *Steel Plantech*, que opera largamente com a indústria de construção naval (*Star Marine [...]*, 2024). Diante dessa perspectiva, infere-se que haverá novos depósitos de patentes referentes a tanques de armazenamento de GNL aumentando ainda mais o domínio do continente asiático no mercado de tais tecnologias.

7.3 Tamanho do tanque

Quanto ao tamanho do tanque, a proporção de patentes está equilibrada entre tecnologia de tanques grandes e de tanques pequenos para uso do GNL como combustível em embarcações. Entretanto, parte das tecnologias de tanques pequenos está relacionada à aplicação veicular ou “outras aplicações”.

De acordo com a *Tractebel Engineering S.A.* (2015), uma regra geral para a escolha de um tanque de armazenamento de combustível de GNL é o volume que será armazenado nele. Para pequenos volumes, os tanques isolados a vácuo são a melhor devido ao curto prazo de entrega, sistema de fabricação mais simples, melhor comportamento em áreas sismicamente ativas e menor geração de gás de ebulição.

Dentre os tanques de pequeno porte, a patente CN116557768 tem a vantagem de ser resistente a altas vibrações e a abalos sísmicos por exemplo (Figuras 56 e 57).

Figura 56 - Tanque de GNL com função de resistência microssísmica.

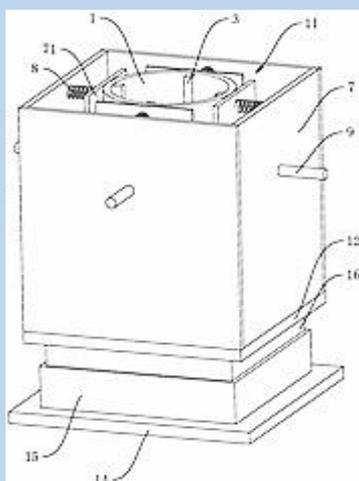
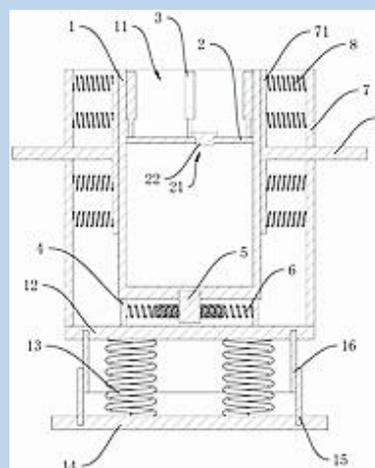


Figura 57 - Esquema de molas do tanque de GNL.



Fonte: Questel (2024).

A patente em questão traz informações úteis que podem ser aproveitadas para desenvolver um tanque de armazenamento voltado para as embarcações do Amazonas, posto que se trata de um tanque de pequeno porte, com custo de fabricação reduzido e projetado com função anti-terremotos e anti-altas vibrações. Por ser um tanque pequeno, poderia se sugerir esta patente para aplicabilidade nas lanchas rápidas de passageiros (os Ajatos), por exemplo, que são embarcações velozes, utilizadas para pequenas ou grandes distâncias, transportando passageiros e pouca quantidade de carga.

Este modelo de tanque poderia trazer uma solução inovadora referente aos riscos o quais as embarcações estão sujeitas na sua trafegabilidade, pois conforme reiterado por Queiroz (2019), há os bancos de areia submersos, decorrentes dos barrancos que desmoronam nas margens dos rios formando “banzeiros”, podendo ocorrer emborcamento das embarcações que passam pelos rios onde haja materiais submersos como troncos soltos. Um tanque de GNL contra abalos sísmicos seria uma tecnologia que ajudaria na resolução desses problemas.

A viabilidade para essa aplicabilidade é sustentada pela declaração do presidente do Sindicato da Indústria da Construção Naval, Náutica, *Offshore* e

Reparos do Amazonas (Sindnaval), Irani Bertolini, para quem a tecnologia hoje faz parte do cenário atual das embarcações no Amazonas (Portos [...], 2023). Para ele, os estaleiros instalados na região têm crescido e se desenvolvido quanto às suas estruturas e tecnologias.

7.4 Formato do tanque

Quanto ao formato dos tanques, observou-se que houve uma grande preocupação em relação a redução do peso e instalação dos tanques a bordo. Pois, os tanques tendem a ocupar um grande espaço, além de impactar no volume total de uma embarcação. Nesse sentido, identificaram-se patentes de tanques com diferentes configurações que não as cilíndricas para melhor adaptação a bordo e redução do peso como é o caso da patente WO2017/086507 (Figuras 58 a 61).

Figura 58 - Módulo retangular do Tanque de GNL tipo treliça.

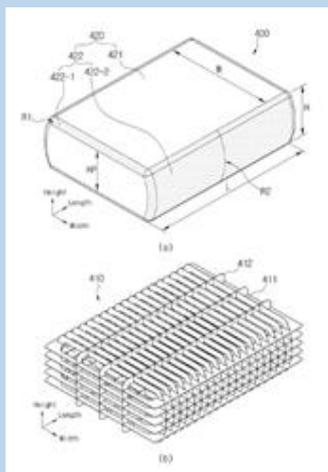
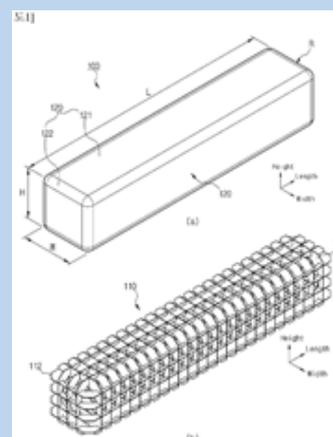


Figura 59 - Módulo singular do Tanque de GNL tipo treliça.



Fonte: Questel (2024).

Figura 60- Formato da cavidade interna do Tanque de GNL tipo treliça.

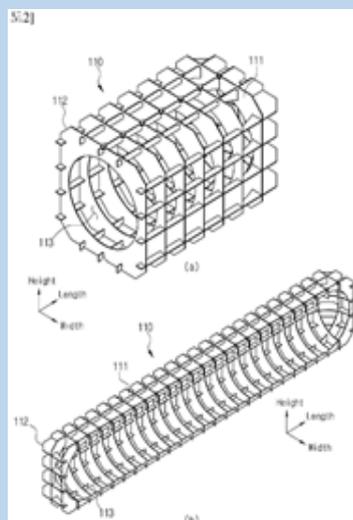
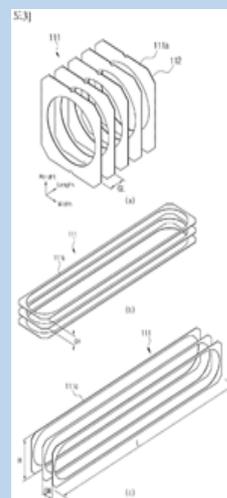


Figura 61 - Partes dos módulos do Tanque de GNL tipo treliça.



Fonte: Questel (2024).

Esta é uma patente que se refere a um tanque de pressão retangular que não necessita de cálculos complexos para a sua fabricação e pode ser configurado para vários tamanhos e capacidades, por meio de estruturas em grades e é capaz de manter a pressão interna elevada e melhorar a eficiência na sua instalação. Podendo ser mais uma sugestão para aplicabilidade em diversos tipos de embarcações existentes na região Amazônica pela versatilidade com que o tanque pode ser instalado.

7.5 Material, posição e demais características de um tanque

Outras características relacionadas aos tanques se referem ao material e às posições. Observa-se: uma discreta variação no material externo, sendo a maioria confeccionada em aço; raras tecnologias propõem posições verticais, das quais a maioria seria para “outros tipos de aplicações”; poucas tecnologias possuem tubulação para a fase gasosa; e dentre as principais vantagens tecnológicas está a capacidade de armazenamento.

Em virtude da existirem diferentes configurações de tanques de armazenamento de GNL, alguns tanques possuem melhores propriedades de

isolamento que outros. Têm-se ainda as reivindicações do fabricante quanto as estruturas dos tanques, estas devem ser analisadas cuidadosamente garantindo o consenso entre projetistas e fabricantes de tanques em virtude de o GNL armazenado nos tanques evaporarem devido ao aumento na temperatura do GNL a construção destes itens deve ter atenção redobrada em sua fabricação.

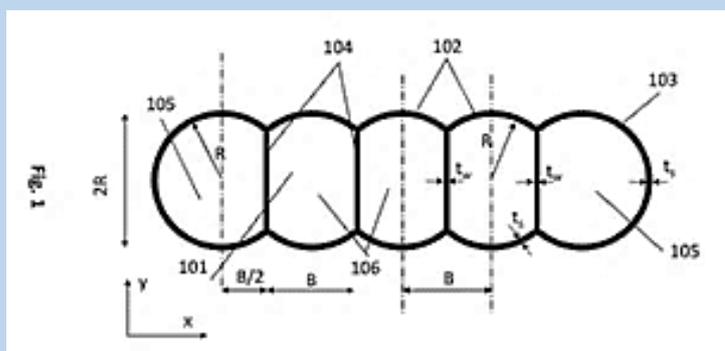
Ademais, um sistema de combustível marítimo de GNL, além de ser composto por tanques de armazenamento de GNL, é composto por uma infinidade de componentes para sua funcionalidade, como os permutadores de calor, tubulações, válvulas, os equipamentos para o processo de regaseificação e condicionamento do gás que alimentará os motores, o espaço de conexão do tanque, caixa fria, entre outros componentes.

Identificou-se inclusive outra tecnologia com potencial de aplicabilidade, trata-se da patente EP4295074, que se refere a um projeto de vaso de pressão adequado para a produção de tanques pequenos e médios para armazenamento de gás na forma líquida ou gasosa. De acordo com os documentos desta patente, é apresentada uma alternativa aos tanques cilíndricos existentes chamada "*Lattice Pressure Vessels*" (LPV) ou "Vasos de Pressão Treliçados" (VPT). Esta tecnologia é suportada por uma "estrutura de treliça" modular interna que conecta a pressão nas paredes externas opostas podendo manter a pressão equilibrada nas paredes externas do tanque.

As principais vantagens deste tipo de tanques são: os vasos de pressão LPV são totalmente escalonáveis em diversos tamanhos sem exigir maior espessura da parede externa; oferece melhorias para a eficiência do espaço em razão de seu formato prismático ou semelhante a uma caixa flexível que pode ser utilizada em qualquer espaço de armazenamento o qual o tanque possa circular. Outrossim, os LPVs são modulares e possuem grande flexibilidade em termos de formato e tamanho, normalmente são feitos de placas de metal finas soldadas entre si e adequadas para pressões internas que variam de 2 a 50 bars.

O documento dessa patente informa que o GNL deve ser armazenado nesse tipo de tanque isolado a uma temperatura próxima do ponto de condensação para evitar pressões excessivas. São tanques que têm sido muito utilizados como tanques de combustível de GNL em navios e estão em desenvolvimento para serem testados no armazenamento de hidrogênio líquido (Figura 62).

Figura 62 - Geometria das paredes celulares externas do tanque.



Fonte: Questel (2024).

Das tecnologias analisadas, depreende-se que são passíveis de aplicação nas embarcações do Amazonas, entretanto o setor aquaviário precisa estar em condições adequadas para receber uma nova tecnologia. É importante que sejam atendidos critérios rígidos de segurança exigidos nesse processo, é preciso ter ciência das características de cada embarcação, atentando para o espaço disponível, os equipamentos auxiliares para o armazenamento do GNL, espaços de ventilação, dentre outros critérios importantes estipulados pelo código IGC nas grandes embarcações.

São critérios que devem ser seguidos, visto que o GNL se transforma em gás e podem correr explosões, o que envolve risco para a segurança. E não menos importante, há que se levar em consideração a geografia da região amazônica e a complexidade dos rios o que exige maiores habilidades dos navegantes, por isso a necessidade de treinamento frequente de pessoal, não somente para estas situações, mas o desenvolvimento de uma cultura de segurança e incentivo na busca de melhorias na economia e a sustentabilidade do estado.

8 CONCLUSÕES

Buscou-se com este RTC conhecer o estado da arte da tecnologia de tanques cilíndricos de armazenagem para uso de GNL como combustível em embarcações, vislumbrando uma futura aplicabilidade dessas tecnologias nas embarcações regionais no estado do Amazonas. Com esse intuito, foi realizado levantamento de artigos científicos na base de dados *Scopus* para entender a evolução da produção científica sobre o uso do GNL como combustível no setor marítimo, além de

pesquisa em Anuários, Catálogos setoriais e dispositivos legais que elucidaram as indagações propostas nesta pesquisa.

Foram realizadas buscas de patentes na plataforma *Orbit Intelligence*, apresentando tecnologias relacionadas abrangentes e seus respectivos mercados que servem como ponto de partida para pesquisas mais delimitadas.

As buscas para prospectar tais tecnologias foram bastante complexas, desde a definição dos termos de buscas para se chegar àquelas que mais se aproximasse de tecnologias de tanques cilíndricos de armazenamento de GNL para combustível naval, até a seleção das patentes que pudessem possuir maior possibilidade de aplicabilidade nas embarcações regionais que navegam no estado do Amazonas, considerando as particularidades regionais.

Considerando a complexidade das buscas, é possível concluir não será suficiente apenas identificar as tecnologias existentes e replicá-las para as embarcações regionais, pois cada embarcação tem suas características e possuem uma infinidade de componentes em sua conjuntura. Uma das regras para a aplicabilidade de um tanque de armazenamento de combustível de GNL é o volume que será armazenado nele. Para pequenos volumes, os tanques isolados a vácuo são as melhores opções os prazos de entrega são mais curtos além de poderem ser construído em oficinas com sistema de fabricação mais simples.

Além das particularidades quanto ao sistema propulsivo e as variadas funcionalidades das embarcações, vários fatores devem ser levados em consideração para a aplicação do tanque mais adequado para o estado. Verifica-se que para que a aplicabilidade destas tecnologias nas embarcações do estado do Amazonas é preciso identificar os desafios e ultrapassá-los, e um ponto de partida seria um olhar mais atento as patentes aqui estudadas e sua melhor compreensão.

Além da possibilidade de adaptação das tecnologias, o estudo apresenta o cenário mundial da tecnologia no qual Identificou a Ásia e a Europa como os continentes proeminentes quanto às produções técnicas e científicas, dado que utilizam em grande escala o gás natural na movimentação de sua economia.

Do exposto e do que foi gerado com a pesquisa em termos de informações fundamentadas, conclui-se que existem tecnologias possíveis de aplicação no setor aquaviário do estado do Amazonas, o que seria mais viável caso uma rede de distribuição local de GNL fosse desenvolvida e houvesse fácil aceitação por parte dos armadores para as inovações apresentadas, e ainda a conscientização por parte

de todos os demandantes do setor quanto à situação real do impacto negativo que as emissões geradas pelo carbono proveniente das embarcações causam ao meio ambiente.

9 CENÁRIOS FUTUROS

A discussão sobre a possibilidade de inserção do gás natural no transporte aquaviário na Amazônia abre caminho para mudança inovadoras, porém desafiadoras no estado. No Amazonas, o transporte aquaviário é amplamente dependente do diesel e da gasolina devido à infraestrutura e às condições da rede de distribuição já estabelecidas. Essa dependência representa um desafio para a introdução de alternativas energéticas, especialmente em uma região com vasta extensão e logística complexa.

A transição para o uso do GNL no setor aquaviário se apresenta como uma oportunidade de inovação tecnológica, com impactos positivos na redução de emissões e na sustentabilidade ambiental. No entanto, essa transformação exige que haja planejamento estratégico para curto, médio e longo prazo para vencer os desafios e consolidar-se uma nova matriz energética.

Curto Prazo: Consolidação de infraestrutura e inserção inicial

Inicialmente, a introdução do GNL no transporte aquaviário pode ser viabilizada em rotas onde o gás natural já está disponível, facilitando a adaptação gradual. Especificamente, frotas que operam entre Itacoatiara e Coari apresentam um cenário favorável para o uso de GNL, considerando a proximidade com as bacias de Silves e Urucu, grandes reservas de gás natural na região. Nesse contexto, o curto prazo contempla:

1. **Desenvolvimento de Terminais de Abastecimento:** A instalação de terminais de abastecimento de GNL em pontos estratégicos nessas rotas permitirá o atendimento das embarcações que transitam entre Itacoatiara e Coari. Estes terminais deverão ser dotados de capacidade para atender à demanda inicial de GNL e assegurar a autonomia necessária às embarcações de pequeno e médio porte que operam nessas localidades.
2. **Adaptabilidade das Frotas Existentes:** A tecnologia de conversão para GNL inicialmente seria focada em embarcações que possam ser readequadas para a

nova matriz, reduzindo os custos de adaptação. Essa abordagem permitiria uma experiência operacional mais controlada e permitiria ajustes conforme a necessidade de desempenho e segurança.

3. Capacitação e Regulamentação: A introdução do GNL requer capacitação técnica para operação e manutenção das embarcações adaptadas e dos terminais de abastecimento. Paralelamente, é necessária a criação de regulamentações específicas que incentivem o uso seguro e sustentável do GNL.

Médio Prazo: Expansão para embarcações menores e infraestrutura de apoio

Com a consolidação inicial e um melhor entendimento das demandas logísticas e tecnológicas, o médio prazo envolve o avanço do GNL para embarcações menores e a expansão da rede de abastecimento para atender a novas rotas na Amazônia.

1. Ampliação do Alcance das Estações de Suprimento: Com terminais de abastecimento em funcionamento, é possível expandir a cobertura do GNL para embarcações menores, que passam a ter autonomia para navegar em torno dessas estações. A instalação de estações de suprimento adicionais em áreas-chave aumentará a abrangência da rede, possibilitando que embarcações menores operem em um raio maior.
2. Incentivo à Produção de Embarcações Adaptadas: Além da adaptação de frotas existentes, o incentivo à construção de novas embarcações projetadas para operar com GNL permitirá o desenvolvimento de uma frota aquaviária mais eficiente e alinhada à sustentabilidade energética da região.
3. Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): O avanço do uso de GNL no transporte aquaviário demanda investimentos contínuos em P&D, explorando novas tecnologias que aumentem a eficiência do GNL e a compatibilidade com as condições ambientais da Amazônia, além de possíveis sinergias com outras fontes renováveis.

Longo Prazo: Expansão para longas distâncias e introdução do hidrogênio

No longo prazo, espera-se que a tecnologia de GNL avance ao ponto de ser viável para embarcações de grande porte e longas rotas, como as que realizam a cabotagem e conectam Manaus com os principais portos do Brasil, como Belém e Porto Velho.

1. Expansão para Embarcações Maiores: Com o desenvolvimento e o fortalecimento da infraestrutura de GNL na Amazônia, torna-se possível adaptar o uso desse combustível para embarcações maiores e para rotas de longo alcance, como as operações de cabotagem e de conexão interestadual. Por exemplo, rotas de Manaus a Belém pode se beneficiar de um terminal de GNL em Barcarena/PA, enquanto as embarcações com destino a Porto Velho podem, eventualmente, utilizar um terminal em Rondônia, suprido pela bacia de Silves.
2. Integração com Portos Nacionais: Embarcações que conectam Manaus aos principais portos nacionais podem, a longo prazo, aproveitar uma infraestrutura de abastecimento nacional de GNL. Esta abordagem expandirá o uso de GNL para rotas mais extensas e integraria a Amazônia ao sistema de transporte aquaviário sustentável em todo o Brasil.
3. Transição para o Hidrogênio: A infraestrutura estabelecida para o GNL poderá, futuramente, ser utilizada para distribuição de hidrogênio. Esse processo poderia envolver a produção de hidrogênio a partir de fontes locais, como a reforma de derivados de petróleo e gás da própria região e de hidrogênio verde, proveniente das usinas hidrelétricas e parques fotovoltaicos disponíveis. Essa transição representa um passo importante para um transporte aquaviário de baixíssimo impacto ambiental na Amazônia, alinhando-se aos objetivos de sustentabilidade e de descarbonização a longo prazo.

Dessa forma, a adaptação tecnológica para a introdução de sistemas de armazenagem de GNL em embarcações regionais amazônicas representa uma iniciativa de grande impacto ambiental e econômico, mas que exige um esforço significativo em pesquisa, desenvolvimento e inovação. A maioria das embarcações utilizadas atualmente está totalmente adaptada ao armazenamento de diesel e gasolina, o que significa que a transição para o uso de cilindros de GNL envolve não apenas modificações nos sistemas de armazenagem e propulsão, mas uma revisão estrutural e técnica de cada modelo de embarcação.

Essas adaptações demandam estudos detalhados sobre a viabilidade e segurança do GNL como fonte de energia para embarcações fluviais. Será necessário avaliar aspectos como a resistência dos materiais e componentes que constituirão os novos cilindros de armazenamento, especialmente considerando as condições climáticas e hídricas da Amazônia, como temperaturas elevadas, alta umidade e contato frequente com água doce e sedimentos. Outro ponto crítico é a

estabilidade das embarcações com os novos sistemas de armazenagem, uma vez que o GNL apresenta características físicas e de densidade diferentes do diesel e da gasolina, impactando a distribuição de peso e o centro de gravidade das embarcações.

Além disso, é indispensável um alinhamento com as instâncias reguladoras e fiscalizadoras, incluindo o Inmetro, a Marinha do Brasil e a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). Essas instituições terão um papel fundamental na criação de normas e diretrizes que garantam a segurança e a sustentabilidade do uso de GNL na navegação regional.

A construção de normativas específicas, como padrões para os cilindros de GNL, regulamentos de segurança para manuseio e transporte do combustível, além de protocolos de manutenção e inspeção das embarcações adaptadas, são passos essenciais para o avanço dessa iniciativa. Esses regulamentos deverão ser robustos e atualizados regularmente, com base nas inovações e descobertas tecnológicas que o próprio processo de adaptação trará.

A viabilização desse projeto envolve o desenvolvimento de uma cadeia de fornecimento de GNL eficiente e segura, que suporte o abastecimento regular e economicamente viável das embarcações na Amazônia. Esse processo demandará colaborações entre o setor público, empresas de transporte e fornecedoras de gás, além de possíveis incentivos governamentais para mitigar os custos iniciais da transição energética.

Portanto, a adaptação dos sistemas de armazenagem de GNL nas embarcações fluviais da Amazônia é um processo que, embora desafiador, representa uma oportunidade única para impulsionar a sustentabilidade na região. Espera-se que a difusão desta dissertação desperte para a necessidade de uso do GNL não somente no Amazonas, mas em outras regiões necessitadas, o que com o esforço coordenado entre inovação tecnológica, regulamentação e parcerias estratégicas, é possível que essa transição contribua para uma matriz energética mais limpa, eficiente e integrada com as necessidades ambientais e socioeconômicas da Amazônia.

Vislumbra-se que trabalhos futuros possam aprofundar sobre o tema e que os institutos tecnológicos que dominam os estudos sobre o GNL possam considerar a viabilidade de mudanças para o mercado de pequenas e médias embarcações. Como a inovação é um processo contínuo, espera-se que o GNL se mantenha como

uma solução atual, porém, almeja-se novas soluções tecnológicas limpas, acessíveis, renováveis e, principalmente, confiáveis.

10 REFERÊNCIAS

ABRAMO, V. Ferry Boat Ivete Sangalo chega ao Rio para apresentação à Indústria Naval. **Portal Naval**, Rio de Janeiro, 07 ago. 2008. Seção Travessia Marítima. Disponível em: <https://portalnaval.com.br/noticia/ferry-boat-ivete-sangalo-chega-ao-rio-para-apresentacao-a-industria-naval/#:~:text=O%20Ferry%20Ivete%20Sangalo%20%C3%A9,se%20comparado%20aos%20navios%20tradicionais>. Acesso em: 31 maio 2024.

AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. LNG bunkering: Technical and operational advisory. **LNG Bunkering**, v. 1, p. 58, 2018. Disponível em: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/ABS_LNG_Bunkering_Advisory.pdf. Acesso em: 24 abr. 2024.

AJAZ, W. Proposed expansion of gas power in Asia poses climate, economic risks. **Global Energy Monitor**, Reports & Briefings, may. 2023. Disponível em: <https://globalenergymonitor.org/report/proposed-expansion-of-gas-power-in-asia-poses-climate-economic-risks/>. Acesso em: 31 maio 2024.

ALS WEB. **O que é: Trending Topics (Tópicos em Tendência)**. [2023?]. Disponível em: <https://alsweb.com.br/glossario/o-que-e-trending-topics-topicos-em-tendencia/>. Acesso em: 02 abr. 2024.

AMAZONAS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação. Sedecti destaca avanço para o transporte hidroviário em estudo sobre uso do gás natural em balsas. **Portal SEDECT**. Manaus, 20 jul. 2023 [on-line]. Disponível em: <https://www.sedecti.am.gov.br/sedecti-apoia-projeto-que-foca-no-uso-de-combustiveis-mais-limpos-em-ferry-boats/>. Acesso em: 16 abr. 2024.

AMERICAN ALLOY FABRICATORS. **Stainless Steel Pressure Vessels**. [2024?]. Disponível em: <https://americanalloyfab.com/pressure-vessels/>. Acesso em: 16 abr. 2024.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **Liquefied Natural Gas: Exports - America's Opportunity and Advantage**. Washington DC, USA, nov. 2016. Disponível em: <https://www.api.org/~media/files/policy/lng-exports/lng-primer/liquefied-natural-gas-exports-highres.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2024.

ANTUNES, Adelaide Maria de Souza; PARREIRAS, Viviane Masseran Antunes; QUINTELA, Cristina M.; RIBEIRO, Núbia Moura. Métodos de prospecção tecnológica, inteligência competitiva e Foresight: principais conceitos e técnicas. In: RIBEIRO, Núbia Moura. **Prospecção tecnológica**. Salvador: Profnit, 2018. Cap. 1. p. 19-108. Disponível em: <https://www.api.org/~media/files/policy/lng-exports/lng-primer/liquefied-natural-gas-exports-highres.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2024.

ARAUJO, Pedro Antonio da Rocha Miranda Carvalho de. **ESTUDOS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE LIQUEFAÇÃO EMBARCADA DE GNL (FLOATING LIQUEFIED NATURAL GAS - FLNG) PARA CAMPOS GIGANTES DE PRODUÇÃO DE GÁS (LIBRA) DO PRÉ-SAL**. 2015. 20 f. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2015/relatorios_pdf/ctc/MEC/MEC-Pedro%20Araujo.pdf#page=18.69. Acesso em: 19 jun. 2024.

ASEEL, S. *et al.*, A model for estimating the carbon footprint of maritime transportation of Liquefied Natural Gas under uncertainty. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, p. 1602-1613, apr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.002>. Acesso em: 19 jun. 2024.

AZEVEDO JR., P. C. **Rede logística de gás natural para abastecimento de embarcações na Amazônia brasileira**. 2017. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Tecnologia, Manaus, 2017.

BALCOMBE, P. *et al.* How to decarbonise international shipping: Options for fuels, technologies and policies. **Energy Conversion and Management**, [S.l.], p. 72-88, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.12.080>. Acesso em: 19 jun. 2024.

LOPES, Marcos Renato Rodrigues. **SISTEMAS DE PROPULSÃO MECÂNICA, DIESEL-ELÉTRICA E HÍBRIDA EM EMBARCAÇÕES**. 2014. 36 f. TCC (Graduação) - Curso de Aperfeiçoamento Para Oficiais de Máquinas, Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://repositorio.mar.mil.br/bitstream/ripcmb/29390/1/0000036a.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2024.

BARATA, R. M. M., **Gás Natural Liquefeito – GNL/LNG Um combustível alternativo no transporte marítimo**. 2018. 138f. Dissertação (Mestrado em Gestão Portuária)- Escola Náutica Infante Dom Henrique, ENIDH, Paço d'Arcos, PT, 2018. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/41001>. Acesso em: 24 jun. 2024.

BARBOSA, B. Navios gaseiros. **Jornal Pelicano**. Rio de Janeiro, 19 fev. 2010. Disponível em: <http://www.projetomemoria.org/2010/02/navios>. Acesso em: 12 maio 2022.

BARRETO, W. A.; QUINTELLA, C. M., Transporte Hidroviário: uma análise de Revisão Sistemática Patentária e de Literatura (RSL) sobre os impactos da Internet das Coisas no contexto das cidades inteligentes pós-ODS 11. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 16, n. 6, p. 1863-1878, out./dez. 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/52127>. Acesso em: 24 jun. 2024.

BOGAERT, H. **An experimental investigation of sloshing impact physics in membrane LNG tanks on floating structures**. 2018. 275f. Tese (Doutorado)- Delft University of Technology, Países Baixos, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4233/uuid:96870b88-e07b-4ec2-8bd4-ef2cd3713568>. Acesso em: 16 abr. 2024.

BOMBARCO. **Empresa no Amazonas constrói embarcação movida a GNV**. 2011. Disponível em: <https://www.bombarco.com.br/comunidade/noticias/empresa-no-amazonas-constroio-embarcacao-movida-a-gnv>. Acesso em: 28 maio 2024. (o “a critica “ citado no comentário não abre, formatei do jeito que deu)

BORSCHIVER, S.; LEMOS, A. **Technology Roadmap: planejamento estratégico para alinhar mercado-produto-tecnologia**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. Interciência, 2016.

BORSCHIVER, S. Roadmap: histórico e formatos. *In*: RIBEIRO, N. M. (Org.) *et al.* **Prospecção Tecnológica – volume II**. Salvador (BA): IFBA/PROFNIT, 2019. Cap. 2, p. 60-90. Disponível em: <https://www.profnit.org.br/wp-content/uploads/2019/02/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-2.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2024.

BORTNOWSKA, M. Development of new technologies for shipping natural gas by sea. **Polish Maritime Research**, Gdańsk, v. 16, n. 3, p. 70-78, jul. 2009. DOI 10.2478/v10012-008-0036-2. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.2478/v10012-008-0036-2>. Acesso em: 19 jun. 2024.

BOYLSTON, J. W. **LNG as a Fuel for Vessels: Some Design Notes**. [S.l.]: Washington State Legislature, 2012. Disponível em: https://leg.wa.gov/JTC/Documents/Studies/LNG/LNGFuelDesignNotes_060911.pdf. Acesso em: 26 fev. 2024.

BUREL, F., TACCANI, R., ZULIANI, N. Improving sustainability of maritime transport through utilization of Liquefied Natural Gas (LNG) for propulsion. **Science Direct Energy**, v. 57, p. 412-420, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.05.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544213003861?via%3Dihub>. Acesso em: 26 jul. 2024.

CARVALHO, V. S., **Análise de viabilidade de operação de motores navais a gás natural através de estudos de caso aplicados a navios mercantes**. 2018. 71p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica)- Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

CHINA INTERNATIONAL MARINE CONTAINERS. **Company Profile**. Shenzhen: CIMC, 2023. Disponível em: <https://www.cimc.com/en/>. Acesso em: 8 abr. 2023.

CHRYSSAKIS, Christos *et al.* **ALTERNATIVE FUELS FOR SHIPPING**: dnv gl strategic research & innovation position paper 1-2014. Oslo: Dnv- GI, 2014. 28 p. Disponível em: https://production.presstogo.com/fileroot7/gallery/dnvgl/files/original/c4499b3e5a874771a19919fc007bdf6a/c4499b3e5a874771a19919fc007bdf6a_low.pdf. Acesso em: 12 fev. 2024.

CIMC Enric Holdings Limited. **Company Profile**. Shenzhen: CIMC-ENRIC, 2023. Disponível em: <https://en.enricgroup.com/offshore>. Acesso em: 8 abr. 2023.

COBO, M. J.; LÓPEZ-HERRERA, A. G.; HERRERA-VIDEIRA, E.; HERRERA, F. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. **Journal of informetrics**, v. 5, n. 1, p. 146-166, 2011. DOI 10.1016/j.joi.2010.10.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751157710000891>. Acesso em: 28 maio 2024.

CUNHA, C. E. F. O.; ISPER JR., A. S. O desafio na regulação do transporte hidroviário intermunicipal no Amazonas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 15736-15752, mar. 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/81977064>. Acesso em: 15 maio 2024.

DNV. **Assessment of selected alternative fuels and technologies in shipping**. 2019. Disponível em: <https://www.dnv.com/maritime/publications/alternative-fuel-assessment-download/>. Acesso em: 07 mar. 2024.

Ducon Petroleum. **Liquefied Natural Gas (Lng)**. 2023. Disponível em: <https://duconpetroleum.com/liquefied-natural-gas-lng/>. Acesso em 28 dez. 2024.

ENVIRONMENTAL DEFENSE FUND. **Impact Report: a breakthrough year for climate**. New York: Environmental Defense Fund, 2022. Disponível em: <https://www.edf.org/annual-reports/2022>. Acesso em: 7 mar. 2024.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DO AMAZONAS. FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Chamada Pública N. 001/2020**. Manaus, FAPEAM/FAPESP, 2020. Disponível em: <https://www.fapeam.am.gov.br/resultado-da-chamada-fapeamfapesp/>. Acesso em: 20 ago. 2023.

FURUI GROUP. Zhangjiagang Furui Special Equipment Co., Ltd. **Who we are**. Jiangsu, China: Furui Group, 2023. Disponível em: <https://en.furuigroup.com/about.html>. Acesso em: 13 mar. 2024.

GOMES, P. A. **Avaliação das oportunidades do gás natural liquefeito em pequena escala no Brasil sob as perspectivas do produtor, transportador e do consumidor final**. 2018. 177f. Dissertação (Programa de Planejamento Energético – COPPE)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

GUANGZHOU SHIPYARD INTERNATIONAL CO., LTDA (China). **Estaleiro Guangzhou International Co., Ltd**. 2023. Disponível em: <http://en.gsidy.com/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

GU, Y.; ZHANG, C. **Alternative or fuels for future deep sea container shipping**. 2014. 119f. Dissertação (Master Degree Project in Logistics and Transport Management)- School of Business, Economics and Law of University of Gothenburg, Gothenburg, 2014. Disponível em: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/37711/gupea_2077_37711_1.pdf?sequence=1. Acesso em: 12 fev. 2024.

HANWHA GROUP . (Coreia do Sul). **History Hanwha Group**. 2024. Disponível em: <https://www.hanwha.com/about-us/history.do>. Acesso em: 27 dez. 2024.

HD HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO., LTD. (Coreia do Sul). **Motor e máquinas**. 2013. Disponível em: https://english.hhi.co.kr/biz/engine_over. Acesso em: 27 dez. 2024.

HERRERA-VIDEIRA, E.; LÓPEZ-ROBLES, J. R.; GUALLAR, J.; COBO, M.J., Global trends in coronavirus research at the time of Covid-19: A general bibliometric approach and content analysis using SciMAT. **El Profesional de la Información**, n. 29, v. 3, jun. 2020. DOI 10.3145/epi.2020.may.22. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341892549_Global_trends_in_coronavirus_research_at_the_time_of_COVID-19_A_general_bibliometric_approach_and_content_analysis_using_SciMAT. Acesso em: 24 abr. 2024.

IBARCO. **Manaus** / **Jutaí**. Disponível em: <https://ibarco.com.br/ibarcopassagens/ibarcopassagens/product/manaus-jutai-4/>. Acesso em: 15 maio 2024.

IGNACIO, J. ECO-92: o que foi a conferência e quais foram seus principais resultados? Meio ambiente. 24 nov. 2020. **Politize!** Disponível em: <https://www.politize.com.br/eco-92/>. Acesso em: 01 maio 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. **Navio da Anglo American com tecnologia para combustível sustentável é recebido pela primeira vez no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/navio-da-anglo-american-com-tecnologia-para-combustivel-sustentavel-e-recebido-pela-primeira-vez-no-brasil/>. Acesso em: 02 maio 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy system of China**. [S.l.]: IEA 50: 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/countries/china>. Acesso em: 07 mar. 2024.

INTERNATIONAL GAS UNION. **IGU world LNG report**: 2015 edition. Press Release Issued. Paris: France, 2015. Disponível em: <https://igu.org/news/igu-world-lng-report-2015-edition/>. Acesso em: 14 out. 2023.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Convenção Internacional para a prevenção da poluição por navios. MARPOL 73/78** – Anexo VI - Regras para a prevenção da poluição do ar por navios. 1973. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/ccaimo/marpol>. Acesso em: 24 abr. 2024.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Resolution MSC.370(93)**. Amendments to the international code for the construction and equipment of ships carrying liquefied gases in bulk (IGC code). Disponível em: [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.370\(93\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.370(93).pdf). Acesso em: 24 abr. 2024.

IRIS, C.; LAM, J. S. L. A review of energy efficiency in ports: Operational strategies, technologies and energy management systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 112, p. 170-182, sept. 2019. DOI 10.1016/j.rser.2019.04.069. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119302904?via%3Dihub>. Acesso em: 01 maio 2024.

KHAN, Manjur. **Liquefied Natural Gas (LNG): Exploration & Production Process**. 2017. Priyoaustralia. Disponível em: <https://priyoaustralia.com.au/articles/research-paper/2017/liquefied-natural-gas-lng-exploration-production-process/>. Acesso em: 13 jul. 2024.

KOREA SHIPBUILDING & OFFSHORE ENGINEERING CO., LTD. (República da Coreia). **Motor e máquinas marítimas**: liderando tecnologias de navios ecologicamente corretas e altamente eficientes com equipamentos essenciais por meio de desenvolvimento e produção internos. 2024. Disponível em: <https://www.hdksoe.co.kr/en/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

KUWAHARA, N. **Análise do Gás Natural Liquefeito como Alternativa Energética para os Pequenos e Médios Sistemas Isolados da Amazônia**. 1999. 156f. Dissertação (Planejamento de Sistemas Energéticos)– Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1999.

LAMBERTI, C. V.; GABELLINI, M.; MAGGI, C.; NONNIS, O.; MANFRA, L.; CERACCHI, S.; TRABUCCO, B.; MOLTEDO, G.; ONORATI, F.; FRANCESCHINI, G.; DI MENTO, R. AN

ENVIRONMENTAL MONITORING PLAN FOR THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF A MARINE TERMINAL FOR REGASIFYING LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) IN THE NORTH ADRIATIC SEA. In: HUGHES, Terrence B.. **Mediterranean sea: ecosystems, economic importance and environmental threats**. New York: Marine Biology, 2013. Cap. 5. p. 115-133. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/286319911_An_environmental_monitoring_plan_for_the_construction_and_operation_of_a_marine_terminal_for_regasifying_liquefied_natural_gas_LNG_in_the_North_Adriatic_Sea?enrichId=rgreq-3e0380db0217b84a9f4ae7776db00afb-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4NjMxOTkxMTtBUozMDY4NTYzNzc5NDYxMTNAMTQ1MDE3MTY2OTk3Ng%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf. Acesso em: 24 abr. 2024.

LINDE PLC (org.). **Linde Signs Agreement to Supply Industrial Gases to World's First Large-Scale Green Steel Plant**. 2024. Disponível em: <https://www.linde.com/news-and-media/2024/linde-signs-agreement-to-supply-industrial-gases-to-world%E2%80%99s-first-large-scale-green-steel-plant>. Acesso em: 26 dez. 2024.

MELO, F.; OLIVEIRA, I. Primeiros impactos das novas regras de descarbonização da IMO nos contratos de afretamentos de embarcações. **Migalhas**, Seção Migalhas Marítimas, 6 jul. 2024. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/coluna/migalhas-maritimas/389510/primeiros-impactos-das-novas-regras-de-descarbonizacao-da-imo>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MERKULOV, V. I.; SKRIPNUK, D. F.; KULIK, S. V. Analysis of world LNG production capacity. **IOP Publishing**, [S.l.], 2020. DOI 10.1088/1755-1315/539/1/012057. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/539/1/012057>. Acesso em: 05 abr. 2023.

MOKHATAB, S.; MAK, J.; VALAPPIL, J.; WOOD, D. **Handbook of Liquefied Natural Gas**. [S.l.]: Gulf Professional Publishing, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/book/9780124045859/handbook-of-liquefied-natural-gas>. Acesso em: 15 abr. 2024.

MOREIRA, P. J. P. **O Gás Natural Liquefeito Como Combustível Alternativo: Evidências De Portugal**. 2019. 243f. Tese (Doutorado em Sustentabilidade e Desenvolvimento)- Universidade Aberta de Transporte Marítimo e Sustentabilidade, Portugal, 2019.

MOTTA, R. F. **Uso de Gás Natural em Navios de Apoio**: Infraestrutura de Abastecimento. 2015. 126f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval)- Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

NANTONG, 2024. **What we do**. Industries application. Disponível em: <https://www.nttank.com/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

NERHEIM, A. R. Maritime LNG fuel systems for small vessels - a survey of patents. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 119, jun. 2023. DOI 10.1016/j.trd.2023.103766. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920923001633?via%3Dihub>. Acesso em: 15 abr. 2024.

NK CO., LTD. (República da Coreia). **ABOUT NK History**. 2016. Disponível em: https://nkcf.com/en/bbs/content.php?co_id=sub1_2. Acesso em: 27 dez. 2024.

NOGUEIRA, R. J. B.; OLIVEIRA NETO T. O. A Geografia do Gás na Amazônia Brasileira. **Revista Tempo do mundo**, n. 27, p. 355-384, dez. 2021. DOI 10.38116/rtm27art13. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/revistas/index.php/rtm/article/view/324>. Acesso em: 15 abr. 2024.

OLIVEIRA NETO, T.; NOGUEIRA, R.J.B. Os transportes e as dinâmicas territoriais no Amazonas. **Confins: Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 43, 2019. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/25365?lang=pt>. Acesso em: 13 fev. 2024.

OLIVEIRA, D. Propulsão a Gás para Balsas. **Portos e Navios**, Indústria Naval, Rio de Janeiro, 20 mar. 2019. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/ind-naval-e-offshore/propulsao-a-gas-para-balsas>. Acesso em: 24 fev. 2024.

PANAGIOTOPOULOS, N. K. **Investigation of BOG management during marine LNG transport focusing on its use for ship propulsion**. 2024. 117f. Tese (Department Of Naval Architecture)- University of West Attica School Of Engineering, Athens, 2024.

COMERC. **Os efeitos da guerra Rússia-Ucrânia para o mercado de gás natural**. Panorama. Disponível em: <https://www.comerc.com.br/panorama/os-efeitos-da-guerra-r%C3%BAssia-ucr%C3%A2nia-para-o-mercado-de-g%C3%A1s-natural>. Acesso em: 24 maio 2024.

PARADISO TURISMO. **Rio Solimões, Amazônia Estradas D'Água – 13 a 23 de julho de 2023**. 2024. Disponível em: <https://paradisoturismo.com.br/programas/rio-solimoes-amazonia-estradas-dagua/>. Acesso em: 15 maio 2024.

PARANHOS, R. C. S.; RIBEIRO, N. M. Importância da Prospecção Tecnológica em Base de Patentes e seus Objetivos da Busca. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, BA, v. 11, n. 5, p. 1274, 2018. DOI 10.9771/cp.v11i5.28190. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/28190>. Acesso em: 07 jun. 2022.

PEREIRA, S. A. **O GNL como mecanismo de flexibilização no fornecimento de Gás Natural para geração termelétrica no Amazonas**. 2020. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos)- Universidade Federal do Pará, Pará, 2020.

PORTAL A CRÍTICA. **Lancha que opera Manaus-Santarém exige RT-PCR de passageiros**. A Crítica. Manaus. 2021. Disponível em: <https://www.acritica.com/saude/lancha-que-opera-manaus-santarem-exige-rt-pcr-de-passageiros-1.21440>. Acesso em: 15 maio 2024.

PORTOS e navios. Painel: O futuro da navegação na Amazônia – Tendências e Oportunidades. **Sinaval**, Rio de Janeiro, 26 maio 2023. Disponível em: [_http://sinaval.org.br/2023/05/painel-o-futuro-da-navegacao-na-amazonia-tendencias-e-oportunidades/](http://sinaval.org.br/2023/05/painel-o-futuro-da-navegacao-na-amazonia-tendencias-e-oportunidades/). Acesso em: 24 fev. 2024.

QUEIROZ, K. O. Transporte fluvial no Solimões: uma leitura a partir das lanchas Ajato no Amazonas. **GEOUSP Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 322–341, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/133370>. Acesso em: 24 fev. 2024.

QUESTEL. **Base de dados Orbit Intelligence®**. Paris: Questel, 2024. Disponível em: <https://www.orbit.com/#PatentDocumentPage>. Acesso em: 4 fev. 2024.

QUESTEL. **Concept and Key content extraction**. [S.l.]: Orbit Intelligence®, 2023. Disponível em: <https://intelligence.help.questel.com/en/support/solutions/articles/77000467935-concept-and-key-content-extraction>. Acesso em: 04 fev. 2024.

RATH S.; KROL M. Comparative Risk Assessment for Different LNG-Storage Tank Concepts. **Chemical Engineering Transactions**, [S.l.], v. 31, 2013. DOI 10.3303/CET1331018. Disponível em: <https://www.cetjournal.it/index.php/cet/article/view/CET1331018>. Acesso em: 10 mar. 2024.

RESEARCH CENTRE FOR GREENHOUSE GÁS INNOVATION. **Engenheiros estudam como projetar navios movidos a gás natural liquefeito**. Butantã, SP, 04 jan. 2017. Disponível em: <https://sites.usp.br/rcgi/br/engenheiros-estudam-como-projetar-navios-movidos-a-gas-natural-liquefeito/>. Acesso em: 10 mar. 2024.

RUDDY, G. Eneva avalia projeto para escoar gás por meio de balsas flutuantes em Manaus. **Seção Valor**. Editora **Globo**. 09 fev. 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/02/09/eneva-avalia-projeto-para-escoar-gas-por-balsas-em-rios-no-amazonas.ghtml>. Acesso em: 29 maio 2024.

SANYING MOTIONCONTROL INSTRUMENTS LTDA. (China). **Instrumentos de controle de movimento**, 2019. Disponível em: <https://en.symc-tec.com/intro/1.html>. Acesso em: 27 dez. 2024.

SILVA, G. H. S. **O Transporte marítimo de granéis líquidos os efeitos de mudanças regulatórias na cabotagem**. 2023. 218f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Naval e Oceânica)- Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

SILVA, J., Cargueiro encalha e fica 'atravessado' na foz do Rio Amazonas. **Seles Nafes**, Amapá 12 jun. 2024. Disponível em: <https://selesnafes.com/2024/06/cargueiro-encalha-e-fica-atravessado-na-foz-do-rio-amazonas/>. Acesso em: 15 maio 2024.

SINAVAL. Extensão da vida útil manteve aquecidos serviços na região Norte. **Notícias da Semana**, 05 abr. 2022. Disponível em: <http://sinaval.org.br/2022/04/extensao-da-vida-util-manteve-aquecidos-servicos-na-regiao-norte/>. Acesso em: 15 maio 2024.

SOUSA; A. S.; OLIVEIRA, G. S. ALVES, L. H. A Pesquisa Bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da Fucamp**, v. 20, n. 43, p. 64-83, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2336>. Acesso em: 24 jul. 2023.

SPOOF-TUOMI, K.; NIEMI, S., Environmental and Economic Evaluation of Fuel Choices for Short Sea Shipping. **Clean Technologies**, v. 2, n. 1 p. 34-52, 2020. DOI 10.3390/cleantechnol2010004. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2571-8797/2/1/4>. Acesso em: 28 maio 2024.

STAR MARINE Public Relations Co., Ltd. **Future net zero with the Japan new Technology**. Japan: The Nippon Foundation. 2024. Disponível em: https://maritimejapan.com/cms/wp-content/uploads/2024/03/2024_ShipbuildinginJapan2024.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

SUNRUI MARINE ENVIRONMENT ENGINEERING CO., LTD (China). China Shipbuilding Industry Company Limited (ed.). **O que estamos fazendo?** 2024. Disponível em: <https://www.sunruimarketing.com/what-are-we-doing>. Acesso em: 27 dez. 2024.

TRACTEBEL ENGINEERING S.A. **Mini/Micro LNG for commercialization of small volumes of associated gas**. World Bank Group, Energy and Extractives. Global Gás Flaring Reduction a Public Private Partnership. Out./ 2015. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10986/25919>. Acesso em: 15 maio 2024.

VEIGA, M., Advogada diz que corrida de rabetas proposta por Cristiano D'Angelo vai contra as normas marítimas. **Portal/AM1**, Cenário, 05 de abril de 2024. Disponível em: <https://amazonas1.com.br/advogada-diz-que-corrida-de-rabetas-proposta-por-cristiano-dangelo-vai-contra-as-normas-maritimas/>. Acesso em: 15 maio 2024.

VELLING, A. Types of Machine Elements. **Fractory**, Manchester, 05 ago. 2021. Disponível em: <https://fractory.com/types-of-machine-elements/>. Acesso em: 7 mar. 2024.

WIKIPÉDIA. **Oceano Hanwha**. 2024. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Hanwha_Ocean. Acesso em: 27 dez. 2024.

YALE UNIVERSITY. Cryogen use and storage guidelines. **Yale Environmental Health & Safety**, Connecticut, oct. 2016. Disponível em: <https://ehs.yale.edu/sites/default/files/files/cryogen-use-storage.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2024.

YANGZHOU GIANT MACHINERY CO., LTDA (China). **Quais detalhes precisam ser observados durante o uso de tanques de armazenamento de baixa temperatura?** . 2023. Disponível em: <http://en.jurencn.com/news/427.html>. Acesso em: 27 dez. 2024.

YANHAI, L. **Liquefied natural gas storage tank**. CN211203629 U Depositante: Petrochina. 2019CN-U2176534. Procurador: Daqing Jinxing Fuel Gas. Depósito: 06 dez. 2019. Concessão: 07 ago. 2020.

ZHANG, Y. *et al.* Shipping emissions and their impacts on air quality in China. **Science of the Total Environment**, p. 186-198, mar. 2017. DOI 10.1016/j.scitotenv.2016.12.098. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28062109/>. Acesso em: 12 abr. 2024.

AUTORES



VERA LUCIA LIMA GOMES: Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação - PROFNIT, especialista em Engenharia de Avaliações e Perícias pela Universidade do Estado do Amazonas - UEA (2016), graduada em Tecnologia da Construção Naval pelo Centro Universitário Luterano de Manaus - CEULM/ULBRA (2012), graduada em Desenho Industrial (Projeto de Produto) pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM (2009). Experiente na área naval com ênfase em projetos e vistorias navais. Trabalhou em empresas como: a Netuno Engenharia Naval Ltda., (2011 a 2017) no auxílio a projetos navais e elaboração de desenhos técnicos de embarcações variadas; Marinha do Brasil / Capitania Fluvial da Amazônia Ocidental (2017 a 2020) atuando na realização de vistorias e perícias navais; Amaggi Navegação (2022 a 2023) nas atividades de regulação de embarcações e gerenciamento de requisitos de segurança da navegação. Prestadora de serviços para a Petrobrás, pela empresa Infotec Brasil, exercendo e acompanhando Inspeções a bordo de plataformas (FPSO), pendências nas inspeções e auditorias e pareceres técnicos de baixa a média complexidade.



ROSANA ZAU MAFRA: Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Mestra em Economia dos Recursos Naturais pela Okayama University (Japão). Especialista em Inovação e Negócios pela FUCAPI e Anderson School of Management (UNM). Graduada em Economia pelo CIESA. Professora Adjunta do Departamento de Economia e Análise da Faculdade de Estudos Sociais da UFAM. Tem experiência nos setores público e privado. Entre 2021 e 2023, coordenou o Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação - PROFNIT/UFAM. Participa do Programa de Mestrado Profissional em Economia, da UFAM. Temas de interesse: Bioindústria amazonense; Cadeia Produtiva de Plantas Medicinais e Fitoterápicos; Propriedade Intelectual; Transferência de Tecnologia; Inovação e tecnologia.



RAPHAEL MAGALHÃES GOMES MOREIRA: Professor Efetivo do IFES campus Itapina, Coordenador e docente permanente do Programa de Pós-graduação stricto sensu profissional em Cafeicultura, docente permanente do Mestrado profissional stricto sensu em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação, Coordenador Programas e Cursos de Pós-graduação e Coordenador Substituto do curso Superior em Agronomia. Atua nos temas: Desenvolvimento de Protótipos e Processos na Agricultura; Mecanização Agrícola; Ergonomia de Máquinas Agrícolas e Florestais. Armazenamento; Recursos Hídricos; Agroecologia. Legislação Ambiental. Manejo e gestão ambiental da propriedade rural; Tecnologia e Reuso de Resíduos na Agricultura; e Objetivos do Desenvolvimento Sustentável na agricultura.



NELSON KUWAHARA: Professor Titular da UFAM. Coordenador do Laboratório TRANSPORTAR, Departamento de Design e Expressão Gráfica DEG, Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas - UFAM. Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Pará (1997). Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas (1999). Doutorado em Engenharia de Transportes, PET - COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro (2008). Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design (PPGD). Desde 2018 pertence ao Banco de Avaliadores (BASIS) do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes), bem como avaliador do Conselho Estadual de Educação do Amazonas, com vasta experiência em avaliações de Autorização, Reconhecimento de curso e Renovação de reconhecimento de curso. Possui artigos publicados em anais de congressos e periódicos nacionais e internacionais. Possui capítulos de livros da área de transportes e logística. Tem experiência na área de engenharia mecânica, planejamento de transportes e logística, planejamento energético, métodos de tomada de decisão, geração de energia, análise de impactos ambientais, desenvolvimento de produtos, propriedade industrial.



DANIEL REIS ARMOND DE MELO: Doutor em Administração pela Universidade Federal da Bahia (2012). Mestre em Engenharia de Produção (2006) e bacharel em Administração (2002) e Direito (2022) pela Universidade Federal do Amazonas. Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal do Amazonas. Coordenador do mestrado profissional em propriedade intelectual e transferência de tecnologia para inovação PROFNIT de 2018 a 2021. No Mestrado Profissional em Administração Pública (PROFIAP) ministra a disciplina Teoria das Organizações. Tem experiência na área de consultoria empresarial, atuando nas áreas de: Gerenciamento de Projetos, Gestão da Inovação e Processos Organizacionais. É líder do GEPETTO - Grupo de Pesquisas sobre Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia/UFAM. Atua como revisor de periódicos na área de Administração. Em 2013 recebeu o Prêmio CAPES de Tese na área de Administração com a tese Relação universidade-empresa no Brasil: o papel da academia em redes de coinvenção. Realizou estágio pós-doutoral na área de Gestão da Inovação, na Faculdade de Economia da Universidade do Porto, Portugal, (2016-2017).



MARCOS VINÍCIUS ALMEIDA NARCISO: Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal da Bahia (2007), mestrado em Engenharia Industrial pela Universidade Federal da Bahia (2012) com doutorado em curso em Engenharia Mecatrônica pela Universidade Federal da Bahia com previsão de conclusão em 2022. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Processos Industriais, atuando principalmente nos seguintes temas: reconciliação de dados, Qualidade da Informação, balanço hídrico, EMSO, desenvolvimento de softwares e otimização. Tem experiência, também, em ensino para turmas de educação superior, lecionando disciplinas nas áreas das Engenharias.



ISBN: 978-65-01-55179-1

CDL



9 786501 551791

