

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

LUCAS EDSON MICHALAK

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NO ESTADO DE SANTA  
CATARINA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA *SMALL SCALE*

Joinville

2023

LUCAS EDSON MICHALAK

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NO ESTADO DE SANTA  
CATARINA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA *SMALL SCALE*

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Naval do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval.

Orientadora: Dra. Eng. Vanina Macowski Durski Silva

Joinville

2023

Michalak, Lucas Edson  
ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NO ESTADO DE  
SANTA CATARINA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA SMALL SCALE  
/ Lucas Edson Michalak ; orientadora, Vanina Macowski  
Durski Silva, 2023.  
70 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville,  
Graduação em Engenharia Naval, Joinville, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Naval. 2. Gás Natural. 3. Small Scale. 4.  
Gás Natural Liquefeito. I. Silva, Vanina Macowski Durski.  
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia Naval. III. Título.

LUCAS EDSON MICHALAK

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NO ESTADO DE SANTA  
CATARINA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA *SMALL SCALE*

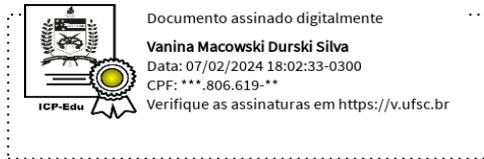
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Naval e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Naval.

Joinville, 06 de dezembro de 2023.



Coordenação do Curso

**Banca examinadora**



Prof. Dra. Eng. Vanina Macowski Durski Silva

Orientadora/Presidente



Prof. Dr. Eng. Luis Fernando Peres Calil

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Me. Eng. Natan Bissoli

Universidade Federal de Santa Catarina

Joinville, 2023.

*Dedico este trabalho à minha Mãe,  
Suzana (in memoriam), e ao meu Pai, E. Michalak.*

## RESUMO

As recorrentes crises energéticas fomentaram o desenvolvimento de combustíveis alternativos no que diz respeito aos seus impactos ambientais. Nesse contexto, foi evidenciado o grande potencial do uso e distribuição do Gás Natural Liquefeito (GNL) *small scale*, como alternativas para viabilizar o transporte em longas distâncias e a competição com os demais combustíveis. Dessa forma, este presente trabalho, se propõe a realizar uma análise a fim de identificar os agentes responsáveis pela cadeia logística de transporte do Gás Natural bem como, analisar e avaliar logística de GNL *small scale* para suprir a futura demanda de gás natural do interior do estado de Santa Catarina, onde serão considerados os custos operacionais e de investimento através de dois cenários para a implementação do sistema de pequena escala. Para realização deste estudo identificou-se qual o perfil de mercado nacional e internacional de GNL, além do fluxo logístico para exploração do GNL em grande e pequena escala. Além disto, foram analisados dois cenários de distribuição *small scale* a fim de determinar o cenário mais viável para implementação em Santa Catarina. O cenário com a instalação de um centro de distribuição rodoviária de gás natural liquefeito nas proximidades do Terminal Gás Sul, se mostrou mais vantajoso a partir da comparação dos custos operacionais da distribuição do GNL *small scale*.

**Palavras-chave:** Gás Natural; Gás Natural Liquefeito; *Small Scale*.

## ABSTRACT

Recurrent energy crises have encouraged the development of alternative fuels with regard to their environmental impacts. In this context, the great potential for the use and distribution of small-scale Liquefied Natural Gas (LNG) was highlighted, as alternatives to enable transport over long distances and competition with other fuels. Therefore, this present work proposes to carry out an analysis in order to identify the agents responsible for the Natural Gas transport logistics chain and evaluate their supply to meet the demand for natural gas in Santa Catarina. To carry out this study, the profile of the national and international LNG market was identified, as well as to the logistical flow for LNG exploration on a large and small scale. In addition, two small scale distribution scenarios were analyzed in order to determine the most viable scenario for implementation in Santa Catarina. The scenario with the installation of a liquefied natural gas road distribution center close to the Gás Sul Terminal proved to be more advantageous based on the comparison of the operating costs of distributing small scale LNG.

**Keywords:** Natural Gas; Liquefied Natural Gas; *Small Scale*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Demanda Mundial de Gás Natural.....	14
Figura 2 – Maiores exportadores de Gás Natural em 2021 (bilhões m <sup>3</sup> ).....	15
Figura 3 – Classificação do GN quanto a sua origem. ....	22
Figura 4 – Fluxo de exportação e importação internacional de GNL em 2021.....	24
Figura 5 - Crescimento global da capacidade de liquefação por região. ....	25
Figura 6 – Produção de Energia Primária no Brasil. ....	26
Figura 7 – Consumo de energia por setor no Brasil. ....	26
Figura 8 – Emissão de CO <sub>2</sub> pelo uso de energia.....	27
Figura 9 - Infraestrutura de produção e movimentação de gás natural .....	28
Figura 10 - Operadores de Gás Natural no Brasil. ....	29
Figura 11 – Fatores determinantes para atender navios a GNL em portos.....	33
Figura 12 – Terminais de gás natural na América, África e Oriente Médio. ....	33
Figura 13 - Terminais de gás natural na Ásia e Oceania. ....	34
Figura 14 – Terminais de GNL no Brasil. ....	35
Figura 15 – Infraestrutura logística do terminal de GNL em Paranaguá.....	37
Figura 16 - Infraestrutura logística do terminal de GNL TGS. ....	38
Figura 17 - Fluxo logístico do gás natural .....	40
Figura 18 – Navio FFLNG. ....	42
Figura 19 – Navio metaneiro GNL.....	43
Figura 20 – Exemplo de operação <i>ship-to-ship</i> , FSRU e FSU.....	44
Figura 21 – Modelos de Caminhão de Transporte de Gás Natural .....	45
Figura 22 – Fluxo logístico de distribuição de GNL em pequena escala. ....	46
Figura 23 – Fluxograma do método abordado no estudo .....	49
Figura 24 – Rede Dutoviária de Distribuição de Gás Natural em Santa Catarina.....	52
Figura 25 – Movimentação de gás natural no GASBOL em Santa Catarina. ....	53
Figura 26 – Movimentação do GASBOL em Santa Catarina. ....	53
Figura 27 – Participação na movimentação de GN no GASBOL (SC) em 2023.....	54
Figura 28 – Municípios atendidos por GN pela SCGÁS. ....	55
Figura 29 – Consumo de Gás Natural em Santa Catarina. ....	56
Figura 30 – Volume de Gás Natural por estação de recebimento. ....	57
Figura 31 – Redes de distribuição de Gás Natural. ....	58
Figura 32 – Consumo de Gás Natural por rede de distribuição.....	58

Figura 33 – Participação por segmento no consumo de GN em Santa Catarina. ....	59
Figura 34 – Participação pelo segmento industrial em Santa Catarina em 2022. ....	60
Figura 35 – Cenários propostos. ....	61
Figura 36 – Resultado das Análises do Cenário 1 .....	62
Figura 37 – Resultado da Análise do Cenário 2 .....	63
Figura 38 – Resultado dos Cenários - OPEX .....	64

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos comerciais. ....	31
---	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Equações do Custo Operacional para o Gás Natural. ....	48
Tabela 2 – Custos de Investimento por Tipo de Infraestrutura. ....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FFLNG	<i>Floating Liquefied Natural Gas</i>
FSRU	<i>Floating Storage and Regasification Unit</i>
FSU	<i>Floating Storage Unit</i>
GASBOL	Gasoduto Bolívia-Brasil
GN	Gás Natural
GNC	Gás Natural Comprimido
GNL	Gás Natural Liquefeito
GNV	Gás Natural Veicular
LNG	<i>Liquified Natural Gas</i>
MMCD	Milhões de Metros Cúbicos por Dia
MT	Milhões de Toneladas
MTPA	Milhões de Toneladas por Ano
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OSPAR	Oleoduto Santa Catarina - Paraná
RDGN	Rede de Distribuição de Gás Natural (Gasoduto)
REPAR	Refinaria Presidente Getúlio Vargas
TEFRAN	Terminal de São Francisco do Sul
TGS	Terminal Gás Sul
UPGN	Unidade de Processamento de Gás Natural

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS .....	17
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>17</b>
1.2	JUSTIFICATIVA DO TRABALHO.....	18
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	19
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>21</b>
2.1	GÁS NATURAL LIQUEFEITO.....	21
<b>2.1.1</b>	<b>Características do GNL.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Mercado de GNL Internacional .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Mercado de GN Nacional.....</b>	<b>25</b>
2.2	DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NO BRASIL.....	28
2.3	TERMINAIS E PROJETOS DE GNL .....	30
<b>2.3.1</b>	<b>Fatores de análise de projeto de terminais de GNL .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Terminais de GNL.....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Projeto de terminais de GNL no sul do Brasil .....</b>	<b>35</b>
2.4	CADEIA LOGÍSTICA DO GNL .....	39
<b>2.4.1</b>	<b>Fluxo logístico do GNL.....</b>	<b>39</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Exploração.....</b>	<b>40</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Liquefação .....</b>	<b>41</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Transporte.....</b>	<b>42</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Regaseificação e armazenagem .....</b>	<b>43</b>
<b>2.4.6</b>	<b>Distribuição .....</b>	<b>44</b>
2.5	GÁS NATURAL LIQUEFEITO EM PEQUENA ESCALA (SSLNG) .....	45
<b>2.5.1</b>	<b>Fluxo Logístico GNL em pequena escala .....</b>	<b>45</b>
<b>2.5.2</b>	<b>GNL em pequena escala no Brasil .....</b>	<b>46</b>
<i>2.5.2.1</i>	<i>Custos operacionais e investimentos .....</i>	<i>48</i>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
4.1	GÁS NATURAL EM SANTA CATARINA .....	51
<b>4.1.1</b>	<b>Rede de distribuição .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Movimentação do GASBOL .....</b>	<b>52</b>

<b>4.1.3</b>	<b>SCGÁS.....</b>	<b>54</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Consumo em Santa Catarina.....</b>	<b>56</b>
<b>4.2</b>	<b>INCLUSÃO DO GNL <i>SMALL SCALE</i>.....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

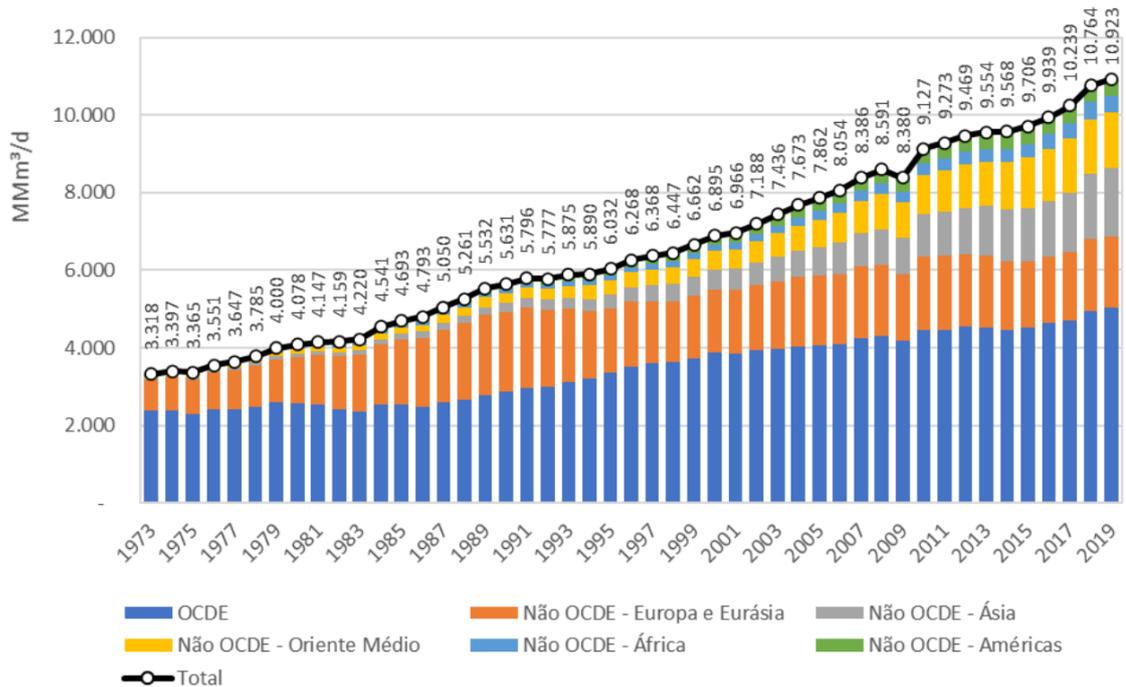
## 1 INTRODUÇÃO

A matriz energética global estruturou-se historicamente em virtude da energia fóssil, sendo esta, contribuinte para o efeito estufa e a geração de gases poluentes, como exemplo, o dióxido de carbono. As medidas aplicadas para o processo de descarbonização e redução do aquecimento global estão voltadas principalmente para esta base do sistema energético mundial. Estas ações, com objetivo de mitigar o impacto ambiental das fontes de energia fóssil convencionais, como o carvão e petróleo, são iniciativas de políticas energéticas que apoiam a difusão de energias alternativas, como as renováveis e o gás natural. Com isso, o desenvolvimento do gás natural e do gás natural liquefeito (GNL) pode impulsionar a ampliação e estimular mais investimentos em infraestrutura nacional. As grandes descobertas de gás natural, encontrado em reservas subterrâneas originado através da decomposição de matéria orgânica a determinada pressão, principalmente em países em desenvolvimento, têm chamado a atenção da indústria internacional de petróleo e gás para os projetos de exportação de GNL, que são fundamentais para monetizar esses recursos (USAID, 2018).

Em função da necessidade de ampliação e diversificação na matriz energética atual, uma alternativa para geração de energia que está sendo utilizada é o gás natural (GN). O gás natural é o hidrocarboneto de combustão mais limpa do mundo (IGU, 2023), o que torna uma fonte de energia com maiores benefícios ambientais quando comparado com outros combustíveis fósseis. Em comparação ao petróleo e o carvão, o uso de gás natural reduz as emissões de dióxido de carbono em 30%, redução de 50% nas emissões de óxido de nitrogênio e em emissões desprezíveis de dióxido de enxofre (Al-Haidous et al., 2021).

A indústria de gás natural internacional encontra-se em um crescimento constante de demanda. O uso para geração de energia no setor industrial é uma das principais aplicações do GN, todavia destacam-se também o uso no consumo industrial como matéria prima, residencial e automotivo. A citar, no Brasil, o setor industrial é responsável por 50% do consumo de gás no país nos últimos 10 anos (EPE, 2020) e a demanda de GN mundial cresceu em média 3% ao ano no período de 2009-2019, conforme apresentado na Figura 1. Destaca-se que a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) é composta por 35 países dedicados à promoção de padrões convergentes em vários temas, como questões econômicas, financeiras, comerciais, sociais e ambientais (MEC, 2023).

Figura 1 – Demanda Mundial de Gás Natural.

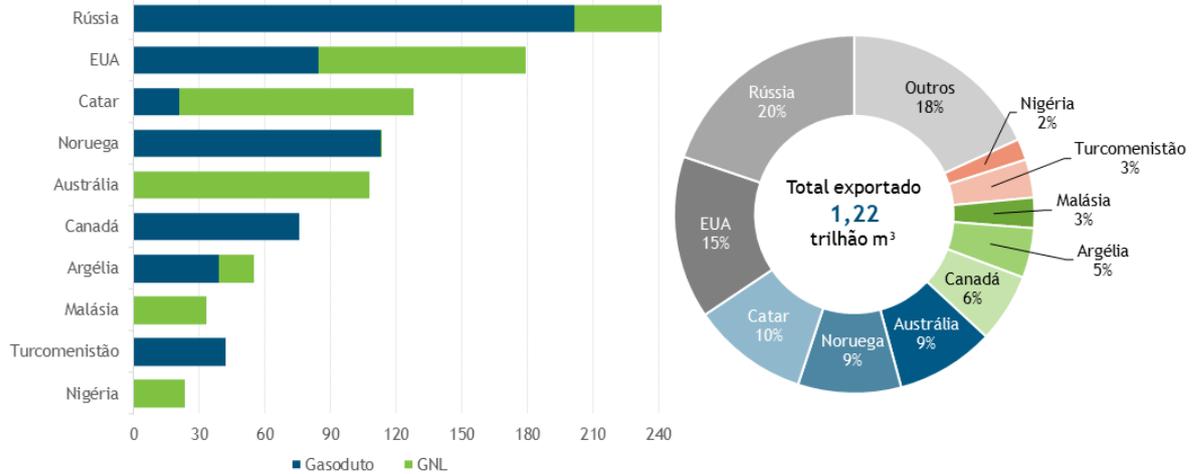


Fonte: Adaptado de EPE (2020, p. 1)

O aumento da demanda de gás natural se deve principalmente por países que fazem parte da OCDE, sendo estes responsáveis por aproximadamente 50% da demanda dos últimos anos. Destaca-se a crescente demanda de gás natural em função dos anos, com o aumento em países que não fazem parte da OCDE no Oriente Médio e Ásia, em amarelo e laranja, respectivamente.

O Brasil foi o 30º país no *ranking* dos países produtores mundiais de gás natural em 2021, segundo o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2022). Neste ranking o EUA e a China são responsáveis por quase 40% da produção de natural no mundo. Para isso, no cenário de importação, foram transportados um total de 1,2 trilhão de metros cúbicos de GN, e em primeiro lugar encontra-se a União Europeia com um total de 349 bilhões m<sup>3</sup> de gás natural, representando 29% do total de GN importado no mundo. No contexto de maiores exportadores de 2021, a Rússia lidera com 20% do total, seguido pelo EUA (15%) e Catar (10%), sendo responsáveis por quase a metade das exportações de gás natural no mundo. O transporte mundial de GN exportado em 2021 foi de 57,7% em gasodutos e 42,3% em forma de gás natural liquefeito (IBP,2022a). Logo, conforme ilustrado na Figura 2, é apresentada a participação modal de transporte de GN para a exportação dos maiores países exportadores de gás natural.

Figura 2 – Maiores exportadores de Gás Natural em 2021 (bilhões m<sup>3</sup>).



Fonte: IBP (2022, p.1).

O Brasil teve o crescimento médio da produção de gás natural de 2,5% ao ano, nos períodos de 2012 a 2021 (ANP, 2023a). Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (2023a), o consumo do mercado brasileiro de gás natural, quando analisado o mesmo período (2012 a 2021), mostrou um crescimento médio de 3% ao ano, apesar da redução de 12% do consumo de gás natural em 2020, porém, em contrapartida, em 2021 apresentou um crescimento de 29% no consumo de GN quando comparado ao ano anterior.

Ao avaliar o cenário de importação do gás natural, o mesmo acompanhou o crescimento da produção e consumo, registrando um aumento médio de 8,7% ao ano para o mesmo período (ANP, 2023b); fato que impacta diretamente o preço de comercialização de GN no mercado interno. O Brasil importa gás natural de duas formas, o gás natural por gasodutos, e o gás natural liquefeito por navios metaneiros. Segundo o Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (2022), a importação de gás natural deve-se principalmente ao EUA sendo responsável por 13,5% do GN, realizado por navios metaneiros (GNL), e a Bolívia através do Gasoduto Bolívia-Brasil, em operação desde 1999, representando 81% do total das importações de gás natural do Brasil.

Diante do vasto território brasileiro e um litoral de aproximadamente 7.500 quilômetros de extensão, diversas reservas de gás natural foram descobertas ao longo dos anos, o que gerou um aumento na produção de gás natural no Brasil. Destaca-se a Bacia de Santos, responsável por 64% das reservas provadas de GN em 2021 (IBP, 2022b). Além desta, a Bacia de Campos tem uma parcela significativa 13% no volume de reservas provadas, além de ser a bacia que mais contribuiu para o volume total extraído desde 1960. Nota-se também um

potencial crescimento no volume contido nas reservas em Solimões e Parnaíba, atraindo investidores para a região (IBP,2022b).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (2022), em 2022 as reservas do pré-sal foram responsáveis por 75,9% da produção nacional de petróleo e gás natural, sendo, em janeiro de 2023, a maior produção registrada, ultrapassando a marca registrada de outubro de 2022. Apesar disso, 50% do gás natural extraído em janeiro de 2022 foi injetado novamente nas reservas subterrâneas (ANP, 2023c). Segundo a Fundação Getúlio Vargas (2015), o Brasil tornou-se importador de GNL com a entrada do terminal de importação e regaseificação de Pecém no mercado, em 2009, seguidos dos terminais da Baía de Guanabara e Aratu na Bahia em 2014. Estes três terminais, pertencentes a Petrobrás, foram construídos com o objetivo de suprir as usinas termoeletricas, as quais necessitam de alta flexibilidade e são sazonais, já o setor industrial é um consumidor estável e de baixa volatilidade.

Dessa forma, este cenário revela o avanço na presença e posicionamento do Brasil entre os maiores produtores de petróleo e gás no mundo. Todavia, esta crescente produção exige: um desenvolvimento na infraestrutura atual, com o objetivo de maior distribuição do gás natural; a necessidade no aumento de oferta, que surge a partir da melhoria na infraestrutura; e a competitividade com o mercado internacional de GN.

A distribuição de gás natural no Brasil se deve principalmente pela rede de distribuição convencional de gás natural. Uma rede convencional de distribuição de gás natural é um sistema de tubulações interligadas que transporta o gás natural desde as estações de recebimento (importação ou produção) até os consumidores finais. Esta estrutura se caracteriza por uma infraestrutura extensa, confiável e com altos investimentos, todavia pode causar impactos ambientais como possíveis vazamentos e ter um custo de manutenção elevado.

Por este motivo, se estuda a implementação do sistema *small scale* para o atendimento de regiões que não possuem o atendimento da demanda através da rede convencional, sendo esta realizado por outros modais, como o marítimo (cabotagem) e rodoviário (modal utilizado como base para as análises deste estudo). Para este estudo será avaliado dois cenários, onde o primeiro abordará a distribuição rodoviária de GNL do Terminal Gás Sul, presente no município de São Francisco, até o município de Chapecó. O segundo cenário é composto pela distribuição rodoviária da cidade de Lages até Chapecó, sendo está escolhida devido a conexão com a infraestrutura de gás natural presente no estado de Santa Catarina.

Diante deste contexto, questiona-se: *qual o atual consumo de gás natural em Santa Catarina? É possível a implementação da cadeia de valor small scale para a distribuição de GNL a fim de atender a futura demanda do interior do estado Santa Catarina?*

Com o objetivo de responder a estes questionamentos, na seção seguinte serão abordados os principais objetivos deste trabalho.

## 1.1 OBJETIVOS

A fim de suprir a necessidade de estudos e análises sobre GNL *small scale* no mercado brasileiro visando atender alternativas sustentáveis para o cenário futuro de geração de energia, propõe-se neste trabalho os seguintes objetivos:

### 1.1.1 Objetivo Geral

Identificar os agentes responsáveis por compor a cadeia logística de transporte do GNL, bem como, analisar e avaliar logística de GNL *small scale* para suprir a futura demanda de gás natural do interior do estado de Santa Catarina, onde serão considerados os custos operacionais e de investimento através de dois cenários para a implementação do sistema de pequena escala.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Distinguir os conceitos logísticos utilizados para o transporte de GNL, identificando e caracterizando os principais agentes responsáveis pelo processo logístico de importação e exportação de GNL;
- Identificar os principais polos logísticos de importação e exportação no cenário nacional e internacional;
- Mapear os terminais de GNL em operação e em projeto no Brasil;
- Avaliar o atual cenário de consumo de gás natural em Santa Catarina, analisado por segmentos;
- Identificar os polos de consumo de GN no estado de Santa Catarina;
- Analisar os custos logísticos para implementação do transporte de GNL em pequena escala para o interior do estado de Santa Catarina.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

### ***Econômica***

Segundo o Ministério de Minas e Energias (2023), as descobertas no pré-sal atraíram grandes investimentos na exploração de petróleo e gás natural, com destaque à atuação da Petrobrás. A expectativa de produção, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2020), para 2030 é de 273Mm<sup>3</sup>/dia de GN, já para a produção de GNL é de 128 Mm<sup>3</sup>/dia, desconsiderando consumo próprio, injeção, queimas e perdas, obtendo um crescimento de 97% e 100%, respectivamente, entre as projeções para os anos de 2022 a 2030. Segundo Ferreira, Matos, Paulista, Silva e Oliveira (2023), como a Rússia é o maior fornecedor de gás natural para a União Europeia (UE), a invasão da Ucrânia resultou em um corte no fornecimento de gás da Rússia para muitos países da UE, uma vez que a UE planeja proibir ou reduzir drasticamente sua dependência da Rússia, implicando na diversificação das importações de gás promovendo a movimentação de mercado. Além disto, sabe-se que os importadores europeus estão desenvolvendo maneiras para superar a crise do gás, a longo prazo, e o governo alemão pretende reduzir as importações de gás da Rússia em até 10% até 2024 (FERREIRA; MATOS; PAULISTA; SILVA; OLIVEIRA, 2023).

Adicionalmente, a forte demanda de energias renováveis e combustíveis de baixa emissão de carbono motivou as empresas a estabelecer uma meta de redução de carbono até 2030, segundo os estudos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (2022), o que possibilitou a maior demanda de GNL como geração de energia alternativa.

### ***Operacional***

Visando atender a redução da emissão de carbono no cenário nacional, faz-se necessário este estudo a fim de analisar as possíveis formas de melhoria na distribuição de GNL, assim como no investimento em infraestrutura em médio e longo prazo. Estas análises possibilitam a melhor compreensão da cadeia de distribuição de GNL, sendo possível, otimizar a rede de abastecimento da região de estudo e encontrar cenários logísticos ideais para a implementação do sistema de distribuição *small scale* em Santa Catarina.

### ***Acadêmica***

A importância deste estudo para o curso de Engenharia Naval deve-se ao fato de a indústria naval de construção de embarcações estar diretamente relacionada com o mercado de

transporte marítimo de GNL, e para este estudo, será visto que existem vários tipos de embarcações que utilizam este combustível como fonte de energia, assim como, fazem parte da cadeia logística de transporte do GNL. Sendo estes tipos relacionados às embarcações responsáveis pela liquefação do gás natural, embarcações de longo curso que transportam o GNL, embarcações responsáveis por regaseificação do GNL, como também, embarcações de menor porte ligadas à distribuição de GNL em pequena escala, por cabotagem, por exemplo.

Além disso, o tema de estudo faz parte de uma das 4 ênfases do curso de Engenharia Naval da Universidade Federal de Santa Catarina, impactando indiretamente as outras ênfases do curso. Este estudo possui um viés interdisciplinar relacionando os conhecimentos do mercado de engenharia naval, estudo de estatísticas de mercado, conhecimento da cadeia logística do GNL, economia do transporte e o impacto direto na economia nacional e internacional, além de proporcionar o desenvolvimento de cenários logísticos possíveis para a implementação do gás natural no mercado.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho é composta por cinco capítulos. Este primeiro introduz ao cenário atual do gás natural no mercado nacional e internacional, evidenciando a importância do estudo na área, assim como, detalha os objetivos e a estrutura deste. No capítulo 2 é desenvolvido o levantamento bibliográfico onde é abordado o mercado de GNL, os principais terminais em operações atualmente no Brasil e os previstos em projeto, são detalhados conceitos e etapas presentes na cadeia logística de distribuição do GNL, e por fim, caracteriza-se o conceito de distribuição em pequena escala (*small-scale*) para distribuição de GNL. No capítulo 3 será abordada a metodologia desenvolvida para este estudo, sendo esta composta pela definição dos objetivos, estudo de mercado, revisão bibliográfica, coleta e tratamento de dados com o objetivo da padronização dos resultados das análises, análise do perfil de consumo de Santa Catarina e, por fim, os resultados com os cenários para implementação do sistema *small scale* no estado de Santa Catarina.

No capítulo 4 são apresentados os resultados das análises de consumo e distribuição de gás natural no estado de Santa Catarina, sendo estas, realizadas através de dados públicos e privados, mapeamento da atual infraestrutura de distribuição dutoviária de gás natural no estado, avaliação do impacto do preço no consumo, assim como com a presença do terminal de gás em São Francisco do Sul, e em seguida, identificado possíveis cenários para compor a

distribuição de gás natural, com foco na distribuição de gás natural liquefeito. Por fim, no capítulo 5 são abordadas as principais conclusões para este estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados os conceitos teóricos utilizados neste trabalho. Destacam-se a presença do GNL no mercado nacional e internacional; o mapeamento dos terminais de GNL existentes e em projeto no Brasil; caracterização do fluxo logístico de GNL incluindo a produção, liquefação, armazenagem, transporte, regaseificação e a utilização deste para a geração de energia; o conceito de GNL *small scale*; e a análise para inserção deste no sistema logístico no Brasil.

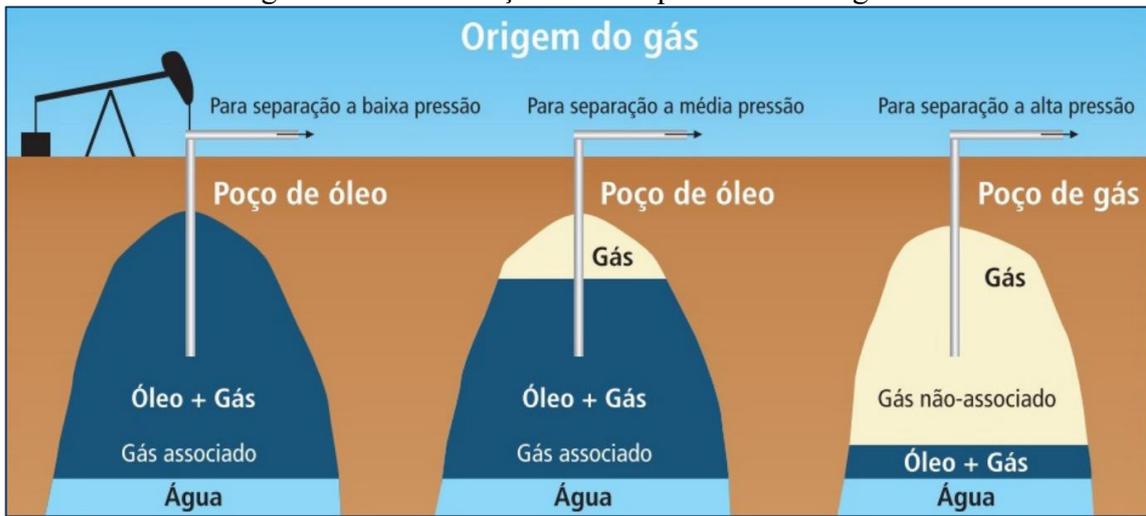
### 2.1 GÁS NATURAL LIQUEFEITO

Esta seção tem como objetivo explicar as características orgânicas do gás natural e a identificar o comportamento do mercado quanto a projeções para o cenário nacional e internacional deste combustível.

#### 2.1.1 Características do GNL

O termo gás natural é um combustível fóssil rico em hidrocarbonetos, este, encontrado na forma gasosa em condições atmosféricas normais. O composto químico se forma a partir da deposição de matéria orgânica formada ao longo dos anos atrelada a determinadas condições de temperatura e pressão. O GN é composto por hidrocarbonetos como metano ( $\text{CH}_4$ ) com teor acima de 70%, etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) em menores proporções, e propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) com proporção inferior a 2% (ANP, 2020). O GN pode ser dividido em duas categorias, sendo estas, o gás associado, dissolvido em petróleo ou sob uma pequena quantidade de gás, e o não associado, referente a reservas exclusivas de GN ou misturados a pouca quantidade de óleo ou água no reservatório, com sua produção predominante na camada rochosa (ANP, 2020), conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Classificação do GN quanto a sua origem.



Fonte: Vieira *et al.* (2005, p. 21).

De acordo com Santiago (2017), para que o gás natural seja transformado, podem-se dividir as operações da cadeia em três etapas distintas: as atividades de busca, identificação e localização, e extração. O processo de busca é caracterizado pelo mapeamento e identificação das bacias sedimentares potenciais que abrigam o combustível. Em seguida, é realizada a identificação e localização do solo até o poço de extração identificado na etapa anterior, coletadas amostras do material e analisada a viabilidade da composição química deste. Por fim, a extração se dá por plataformas com equipamentos especializados para retirada do combustível das fontes de óleo, sendo nesta etapa, exploração e produção, que se realiza a perfuração.

O GNL provém do gás natural que foi resfriado até atingir o estado líquido a fim de obter a redução do volume e aumento na capacidade de transporte e armazenagem do combustível (EIA, 2020), sendo que 1 m<sup>3</sup> de GNL corresponde a 600 m<sup>3</sup> de gás natural (Thomas & Dawe, 2003). A produção do GNL baseia-se em três processos: tratamento, desidratação e liquefação. No tratamento e desidratação do gás são removidas as impurezas do gás natural bruto, como o mercúrio, gases ácidos e água nele presente. Já o processo de liquefação, transforma o gás natural para o estado líquido refrigerando-o a uma temperatura de cerca de -162 °C (USAID, 2018).

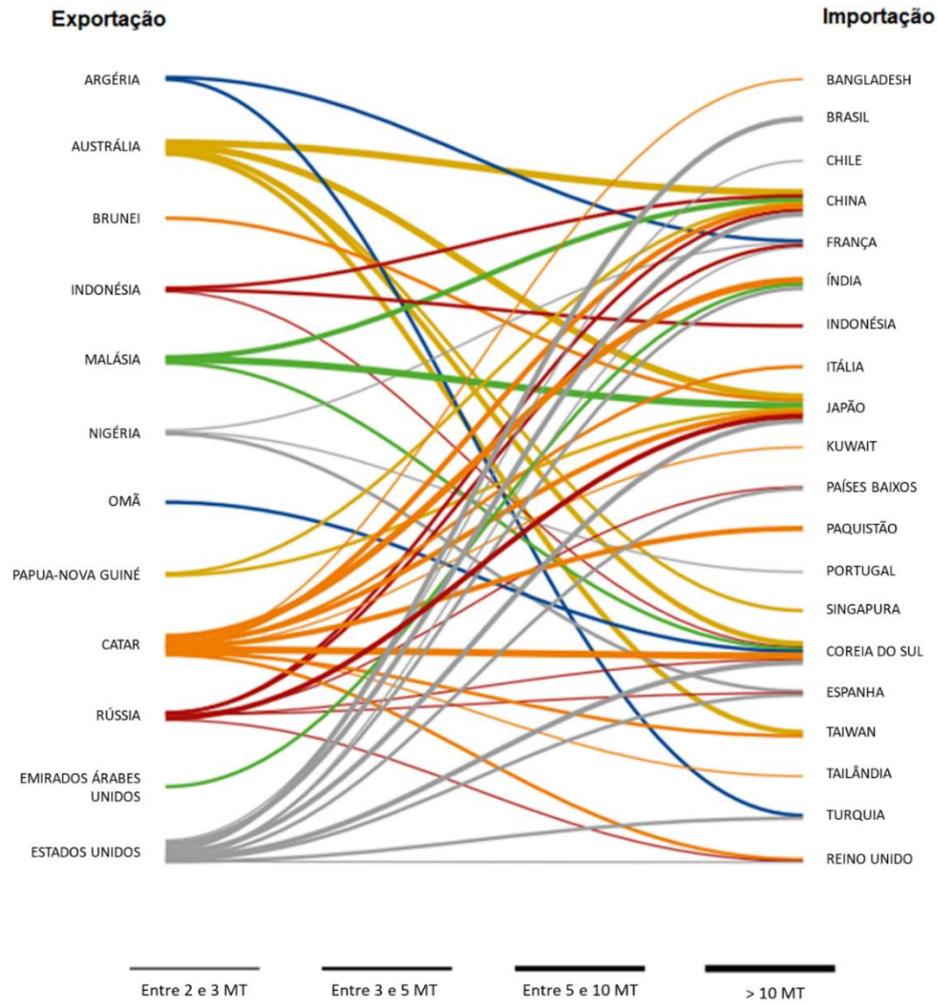
### 2.1.2 Mercado de GNL Internacional

O mercado de gás natural possui uma estrutura globalizada com interconexões entre os países produtores e consumidores, onde flutuações de oferta e demanda pode influenciar diretamente na estrutura do mercado, por este motivo, para este trabalho, é necessário a melhor compreensão de como esta estrutura está conectada no contexto internacional.

Em 2021, o comércio global de GNL representou 372,3 milhões de toneladas (MT) com um aumento de 16,6 MT do ano anterior, este volume de comércio se deu pelos 44 países importadores de GNL e 19 países exportadores de GNL (IGU, 2022). A recuperação econômica pós-bloqueios e a mudança contínua de carvão para gás resultou em um aumento nas importações de GNL, embora a taxa de crescimento anual permanecesse longe dos níveis pré-pandêmicos, apenas com o crescimento de 4,5%. A Ásia registrou o maior crescimento, liderada pela China, que ultrapassou o Japão como principal importador mundial de GNL, enquanto a Europa lutou para atrair cargas de GNL durante a maior parte de 2022 (GIIGNL, 2022).

Segundo o Global LNG Fundamentals (2018), em termos do balanço de oferta global de GNL, as principais características dos últimos anos foram o surgimento dos EUA como um grande exportador de GNL, potencialmente adicionando mais de 60 milhões de toneladas por ano (MTPA) ao fornecimento global; a conclusão de uma série de grandes instalações de exportação de GNL na Austrália, que em breve atingirão uma capacidade nominal de cerca de 85 MTPA; o aumento da demanda mais lento do que o esperado dos mercados asiáticos; e novas descobertas de reservas de gás natural. A relação de comércio de importação e exportação entre os países consta na Figura 4.

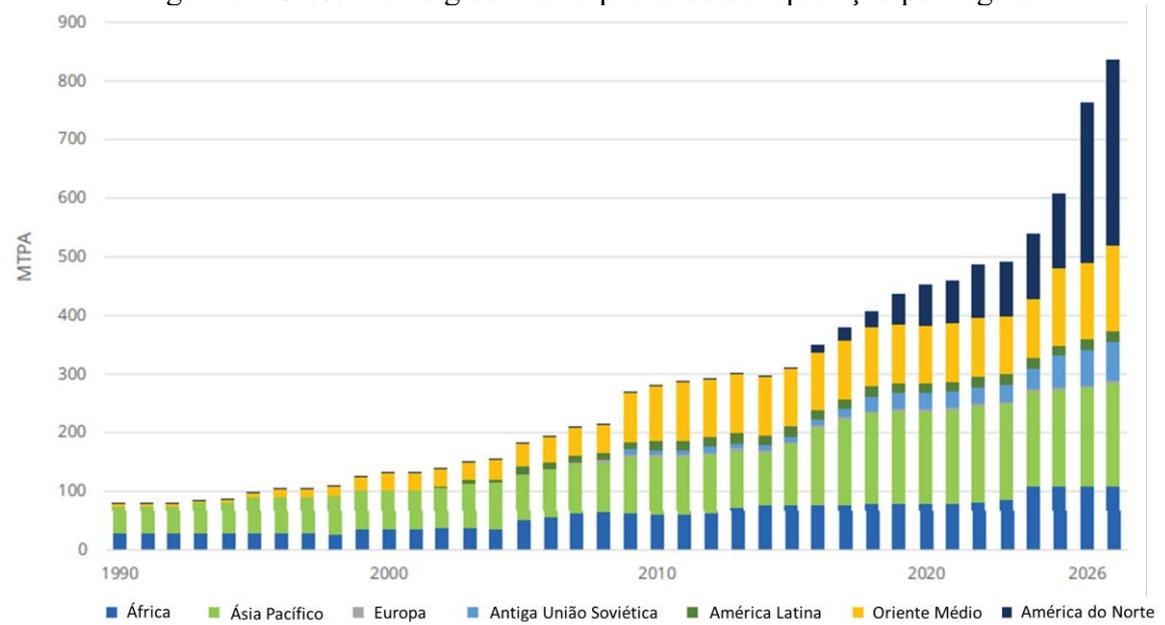
Figura 4 – Fluxo de exportação e importação internacional de GNL em 2021.



Fonte: Adaptado de GIIGNL (2022).

De acordo com a União Internacional de Gás (2022), a projeção do crescimento da capacidade de terminais de liquefação pode resultar no aumento de oferta de GNL, principalmente na América do Norte, onde percebe-se um crescimento expressivo a partir de 2020, ultrapassando a capacidade de 300 milhões de toneladas por ano (MTPA) em 2027, conforme a Figura 5.

Figura 5 - Crescimento global da capacidade de liquefação por região.



Fonte: Adaptado de IGU (2022).

Este crescimento na capacidade de liquefação permite o aumento da oferta de GNL, e por consequência, impacta diretamente nos preços do mercado nacional e internacional. Sendo assim, no próximo capítulo será abordado o volume de mercado do gás natural no Brasil.

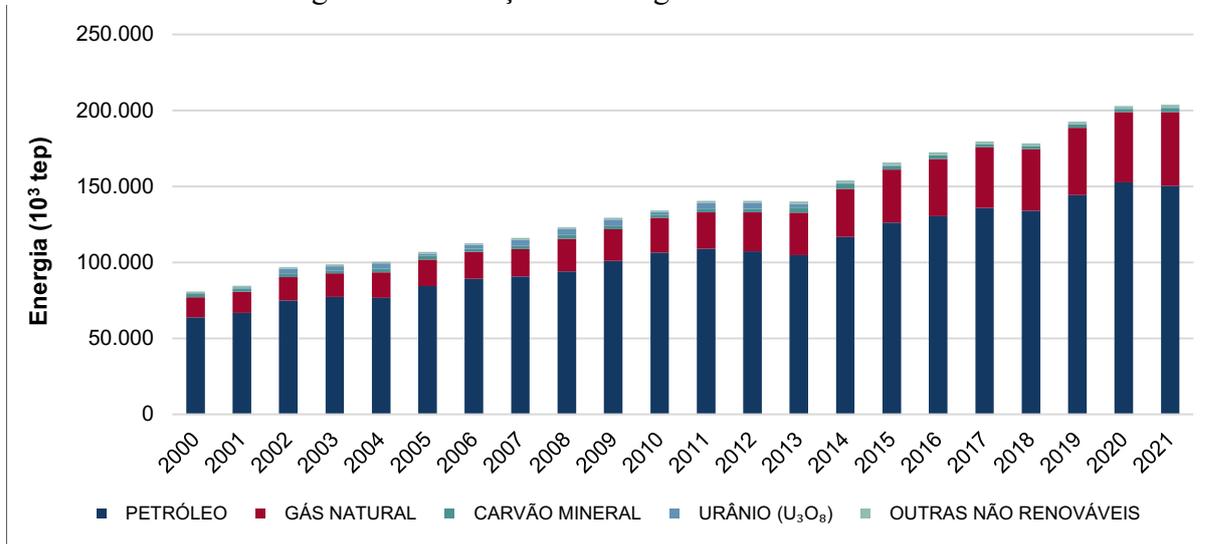
### 2.1.3 Mercado de GN Nacional

O entendimento da estrutura de gás natural nacional se faz necessário devido a influência desta com os preços de mercado aplicados no Brasil atualmente, o que depende de importações e da produção de gás natural nacional, outro motivo, são os impactos de tendências globais, tanto na transição energética como em inovações tecnológicas, assim como, uma segurança de investimentos voltados ao mercado de gás natural brasileiro. Com isso, segundo o Ministério de Minas e Energias (2023), a produção de GN de 2010 a 2021 no Brasil cresceu 112%, conforme a Figura 6. A projeção de produção bruta de GN para o cenário nacional em 2030 é de 273 milhões de m<sup>3</sup>/dia, um crescimento de 97% quando comparado a 2022 (EPE, 2022a).

O produção de energia brasileira deve-se fundamentalmente à bioenergia obtida através da biomassa de origem orgânica, como plantas, resíduos orgânicos, carvão vegetal, microrganismos e algas. Outra grande parcela do consumo de energia deve-se à utilização de

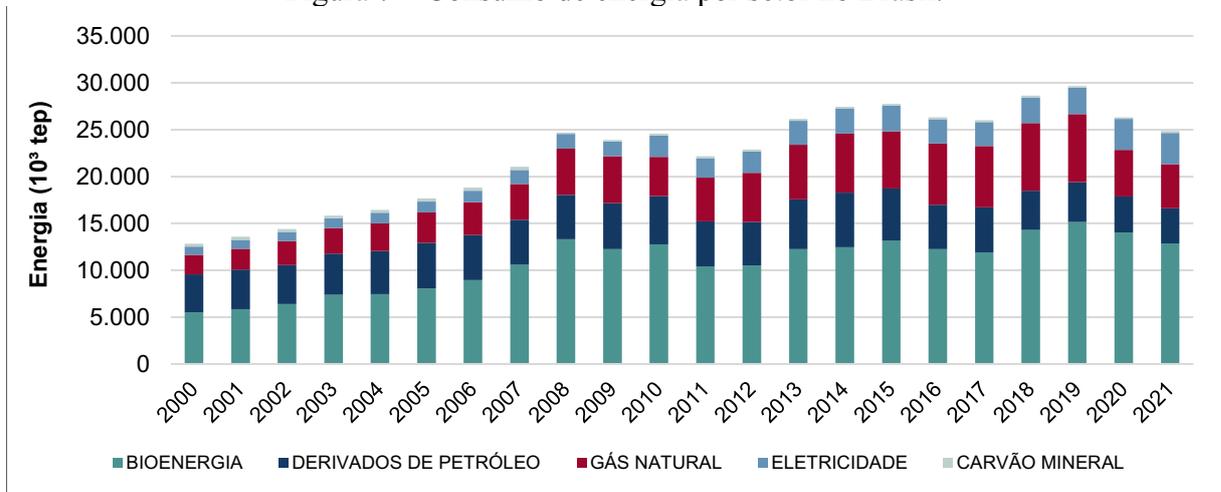
derivados de petróleo e gás natural, com a representatividade de 15% e 19%, respectivamente, do consumo em 2021 (MME, 2023), conforme apresentado na Figura 7.

Figura 6 – Produção de Energia Primária no Brasil.



Fonte: Adaptado de MME (2023).

Figura 7 – Consumo de energia por setor no Brasil.

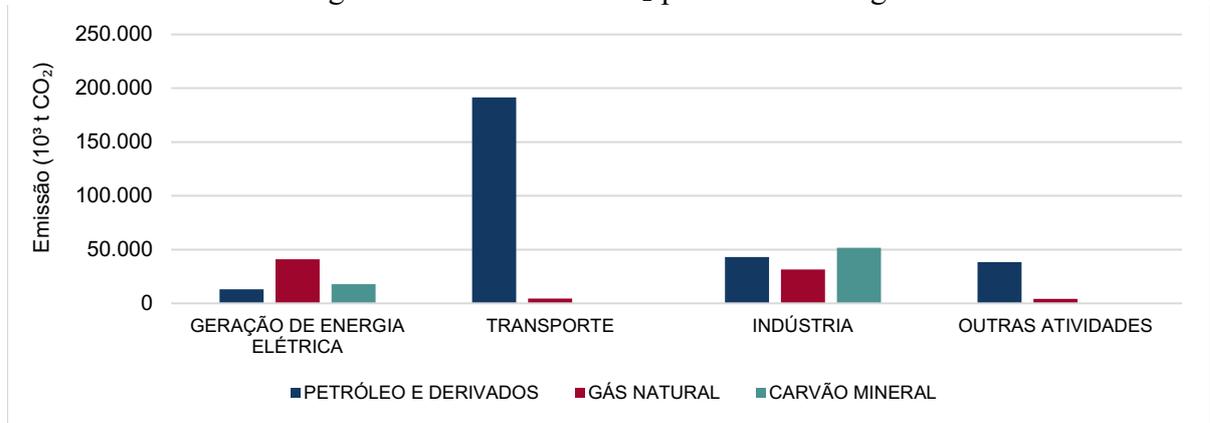


Fonte: Adaptado de MME (2023).

O consumo de energia nacional impacta diretamente nos índices de poluição e emissão de gases poluentes. Conforme o Ministério de Minas e Energias (2023), o maior índice de emissão de CO<sub>2</sub> por ano está vinculado ao transporte, onde atualmente a demanda por petróleo e derivados se mostra dominante, como mostrado na Figura 8, dada a estrutura de transporte presente atualmente no Brasil. Com este objetivo, já se implementou o GN na forma veicular,

gás natural veicular (GNV), a fim de reduzir este impacto e, com a crescente demanda por veículos elétricos, o uso de petróleo e derivados se tornará menor.

Figura 8 – Emissão de CO<sub>2</sub> pelo uso de energia.



Fonte: Adaptado de MME (2023).

Arend (2021) ressalta que apesar da exploração e produção nas reservas petrolíferas do pré-sal apresentarem um potencial para o Brasil, estas apresentam muitos desafios para o seu desenvolvimento. Desafios estes, que estão atrelados à dependência da superação de barreiras técnicas e econômicas, à distância entre o pré-sal e a costa brasileira, falhas na infraestrutura necessária para a monetização do gás, dificuldades de acesso ao mercado brasileiro de gás natural para outros consumidores, como também as incertezas quanto a viabilidade comercial.

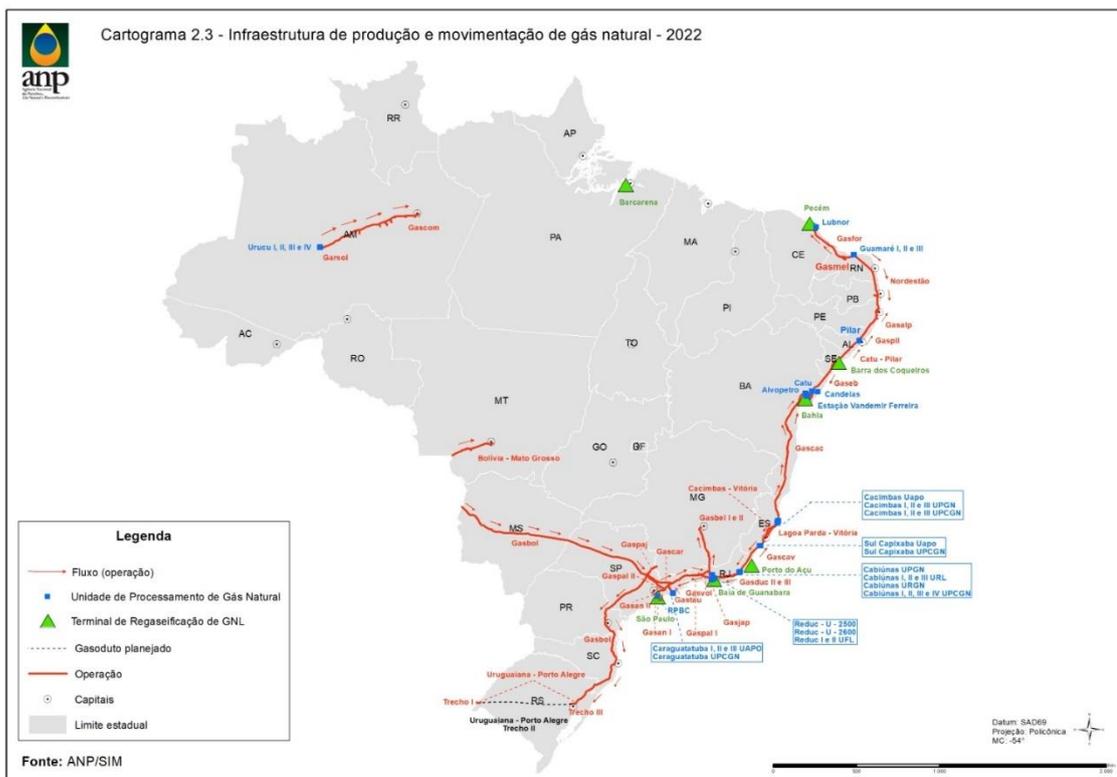
Ainda para Arend (2021), apesar destes desafios, há diversas oportunidades para o desenvolvimento do mercado de GNL no Brasil, sendo estes: a possibilidade do país ser um agente de conexão entre os mercados de energia pelo mundo; a redução da dependência de grandes investimentos em novas redes de gasodutos ou em dutos de escoamento entre as reservas *offshore* (no mar) e os terminais em terra; independência de GN frente as incertezas no suprimento boliviano; bem como, com a intenção dos Estados Unidos em se aproximar dos mercados da América do Sul, onde o mesmo está disposto a flexibilizar condições contratuais para a distribuição do gás natural importado pelo Brasil. Além disto, o GNL é visto como uma possível forma de transição energética global.

Sendo assim, com o objetivo de entender a distribuição do gás natural no cenário nacional, a seção a seguir mostrará a infraestrutura de distribuição dutoviária de GN no Brasil.

## 2.2 DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL NO BRASIL

No cenário nacional, o processamento e movimentação de gás natural estão concentrado no litoral do país através de gasodutos do estado Ceará ao Rio Grande do Sul, além de realizar esta distribuição no interior do país através de fluxo internacional como o trecho de operação do gasoduto Bolívia-Brasil (GASBOL) e o trecho Bolívia-Mato Grosso (ANP, 2023c). É importante ressaltar que a infraestrutura e movimentação de gás natural no Brasil é composta por trechos de operação, terminais de regaseificação, unidades de processamento de gás natural, gasodutos, como também os gasodutos planejados, como é possível observar na Figura 9.

Figura 9 - Infraestrutura de produção e movimentação de gás natural



Fonte: ANP (2023).

Destaca-se que atualmente não existe terminais de regaseificação em operação na região sul, os terminais atuais estão presentes principalmente na região sudeste e nordeste do país. O principal gasoduto que oferece gás natural ao sul do Brasil é o GASBOL, conectando o gás natural importado da Bolívia com a rede de distribuição de acesso aos terminais de regaseificação no litoral. Sendo assim, com o objetivo de realizar o transporte de gás natural para as demais áreas que possuem conexão com os gasodutos principais no país, operadores

responsáveis pela distribuição possuem acesso a estações de recebimento e conectam a malha estadual com os municípios de interesse. Logo, na Figura 10, é apresentada a divisão destes operadores no país.

Figura 10 - Operadores de Gás Natural no Brasil.



Fonte: CBIE (2019).

O operador responsável pela distribuição de gás natural no estado de Santa Catarina é a SCGÁS. No ano 1993, de acordo com a SCGÁS (2023), aprovou-se a Lei Estadual nº. 8.999 que autorizou a constituição de uma sociedade de economia mista voltada à distribuição local do gás canalizado, que resultou na Companhia de Gás de Santa Catarina (SCGÁS) no ano de 1994. No entanto o fornecimento do gás começou seis anos depois, em 2000. Além disto, a companhia, iniciou a distribuição de gás nas regiões Norte, Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Sul, regiões mais desenvolvidas no segmento industrial.

A SCGÁS atende os segmentos industrial, automotivo, comercial e residencial nas diversas regiões do Estado de Santa Catarina. É uma sociedade de economia mista tendo como acionistas: CELESC, COMMIT, MITSUI GÁS e INFRAGÁS (SCGÁS, 2023), além disto, sabe-se que ao considerar os aspectos socioeconômicos, a companhia conseguiu atender as grandes multinacionais exportadoras, reconhecidas no mundo e que concorrem no mercado interno ultrapassando 50% do PIB industrial abastecido com gás natural. Para isso, com o objetivo de atender à crescente demanda de gás natural, a seção a seguir apresentará os principais terminais de GNL no Brasil, assim como os projetos, com destaque para projetos na região sul do Brasil.

## 2.3 TERMINAIS E PROJETOS DE GNL

Esta seção tem como objetivo mapear os principais terminais de GNL, atuais e projetos, e identificar os fatores de escolha para implementação de projetos de terminais.

### 2.3.1 Fatores de análise de projeto de terminais de GNL

Os projetos de liquefação de gás natural requerem um investimento de capital considerável e envolvem vários participantes no projeto. Como resultado, projetos de terminais de GNL geralmente possuem vida longa com parcerias comerciais de longo prazo. Os riscos de projetos devem ser analisados pelos integrantes afim de permitir o pagamento da dívida e gerar retorno para os investidores (USAID, 2018). Segundo o relatório Global LNG Fundamentals (2018), estima-se um tempo de operação de 20 a 40 anos para cada projeto de terminal de GNL, por isso, deve-se estruturar o projeto corretamente, antecipando os riscos e evitando desalinhamentos entre as partes. Para realizar a exportação de GNL existem três formas básicas de estruturas comerciais: *Integrated*, *Merchant* e *Tolling* (USAID, 2018). A seleção correta de uma estrutura comercial é uma questão de debate e negociações entre os investidores do projeto e o governo, esta escolha é significativa para o resultado futuro.

Na estrutura comercial *Integrated*, o proprietário (entidade privada) das instalações de exportação de GNL é o próprio produtor do GNL. A produção e exportação de GNL está totalmente vinculada e integrada neste tipo de estrutura. Para a estrutura comercial *Merchant*, o produtor e o proprietário das instalações de GNL são diferentes, resultando na venda do gás natural da produtora para a empresa de liquefação responsável pela exportação. Já referente à estrutura comercial *Tolling*, o proprietário do gás natural é uma entidade diferente do proprietário das instalações de GNL e do produtor, onde as empresas fornecem serviços sem assumir a titularidade do gás natural e cobrando taxas de serviços prestados para o proprietário do gás natural (USAID, 2018). Existem também as estruturas híbridas que combinam alguns dos atributos dos modelos comerciais anteriormente mencionados, assim como a estrutura onde o responsável é o governo, que possui o controle desde a exploração até a distribuição para o consumidor final. Com isso, no Quadro 1, são apresentadas as principais vantagens e desvantagens destas estruturas comerciais.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos comerciais.

Estrutura Comercial	Vantagens	Desvantagens
<b><i>Integrated</i></b> (Integrado)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Setores comerciais são alinhados entre o processo de exploração e projeto de GN liquefeito.</li> <li>▪ Não precisa determinar um preço de transferência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Não permite que diferentes projetos de exploração com diferentes proprietários.</li> <li>▪ Não permite que outras entidades, incluindo o governo do país, sejam proprietárias da produção.</li> <li>▪ Complexibilidade para expandir a produção não concessionada.</li> </ul>
<b><i>Merchant</i></b> (Comerciante)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estrutura conhecida e comumente utilizada por compradores e financiadores.</li> <li>▪ Flexibilidade para permitir a participação de investidores não concessionários na produção de GNL.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Requer acordos de projeto adicionais com o governo.</li> <li>▪ Regime fiscal e tributário potencialmente diferente.</li> <li>▪ Requer negociação de preço de transferência de gás.</li> </ul>
<b><i>Tolling</i></b> (Portagem)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estrutura conhecida e comumente utilizada por compradores e financiadores.</li> <li>▪ Não tem preço ou mercado de risco para o investidor do projeto de GNL.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Requer acordos de projeto adicionais com o governo.</li> <li>▪ Regime fiscal e tributário potencialmente diferente.</li> </ul>
<b><i>Government Owned</i></b> (Propriedade governamental)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proprietário (governamental) tem o total controle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Os governos podem não ter experiência na exploração, comercialização e operação de GNL.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de USAID (2018).

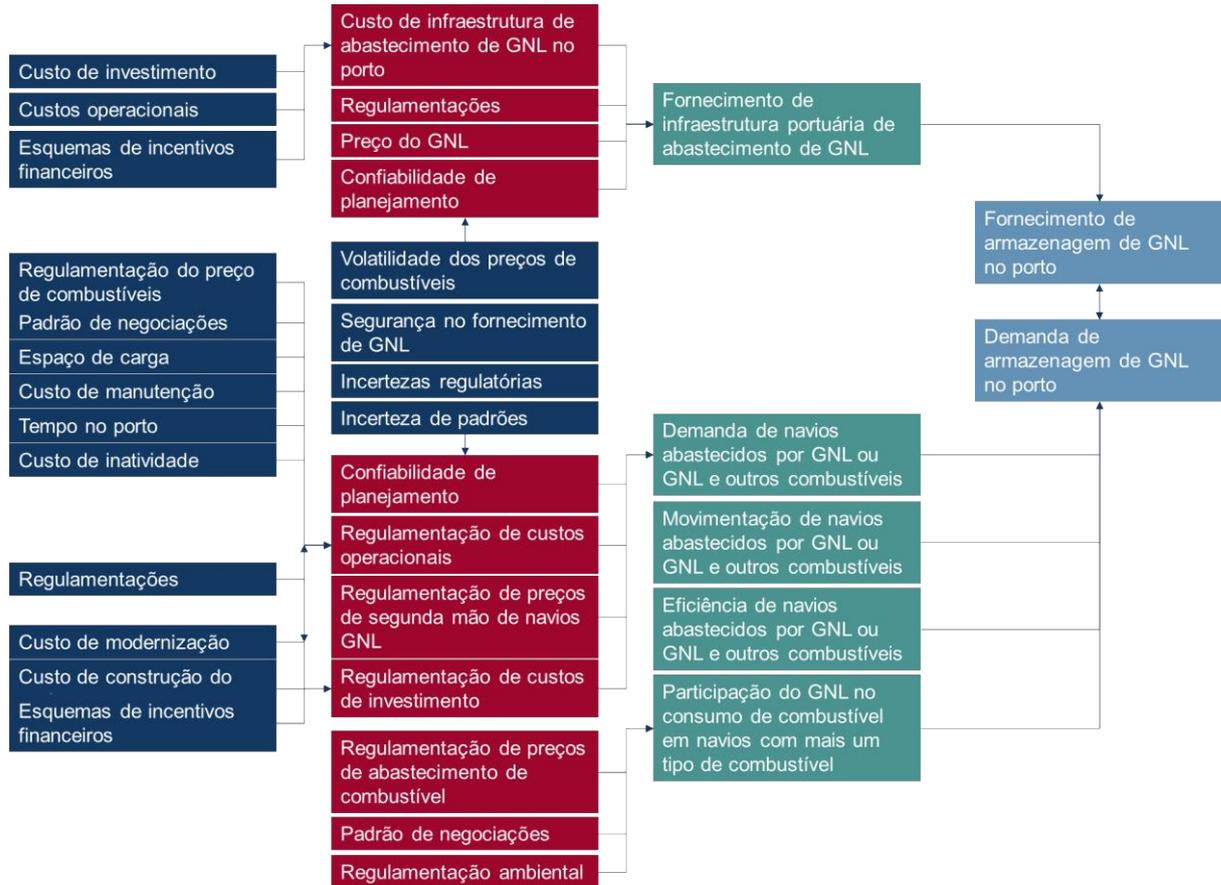
Para receber o GNL no terminal, uma estrutura de regaseificação é necessária para transferir o gás liquefeito, regaseificar, armazenar e entregar para o destinatário através de dutos. O desenvolvimento deste projeto se baseia nas seguintes considerações: avaliação da demanda e importação; avaliação econômica; e infraestrutura (em terra ou flutuante) (USAID, 2018). Dessa forma, existem fatores importantes a serem analisados pelos investidores, governo, compradores e proprietários para a escolha da estrutura comercial do projeto de GNL, que segundo o Global LNG Fundamental (2018), estes podem ser:

- Regime jurídico e tributos;
- Governança;
- Uso eficiente das instalações do projeto;
- Flexibilidade na propriedade;
- Flexibilidade para expansão;
- Financiamento com recurso limitado;
- Eficiência operacional;
- Arranjos de Marketing;
- Regulamentações;
- Preço de transferência de gás.

Com o objetivo de promover a inclusão do gás natural no contexto industrial, residencial e comercial, considerando os principais fatores analisados, existe também a necessidade de implementação de combustíveis limpos nos diversos setores mundiais, principalmente nos transportes, fator este, que está diretamente relacionado à redução de emissões de gases poluentes.

Além do consumo *onshore* (em terra), projetos de navios que utilizam GNL como combustível estão ganhando espaço na produção em estaleiros. De acordo com a sociedade classificadora Det Norske Veritas (DNV) (2023), dos 1.376 navios atualmente encomendados que utilizarão de combustíveis alternativos, 306 são transportadores de gás natural liquefeito movidos a GNL, 523 são outros tipos de navios (como exemplo, porta-contêineres e graneleiros) movidos a GNL e 295 navios estão projetados com um sistema híbrido para propulsão. Com base nestes dados, a infraestrutura portuária que irá receber navios movidos GNL nos portos deve estar preparada para a expansão deste tipo de combustível, e para isso, o investimento nestas infraestruturas dependem de diversos fatores, conforme apresentados na Figura 11.

Figura 11 – Fatores determinantes para atender navios a GNL em portos.



Fonte: Adaptado de Faber *et al.* (2015)

Conforme Faber (2015), os principais influenciadores para a implementação da infraestrutura de abastecimento em portos são as regulamentações ambientais e a incerteza do preço do GNL. Fatores como o tempo necessário para o abastecimento, manutenção, espaço de carga e padronização operacional também influenciam a viabilidade dos projetos, todavia, com o aumento do número de navios movidos a GNL, estes fatores de incerteza serão reduzidos, dado a experiência operacional nos portos.

Sendo assim, através dos fatores de escolha de projeto, terminais de GNL já são a realidade no contexto mundial. Dessa forma, para a próxima subseção serão abordados os principais terminais de GNL presentes no mundo, bem como, os principais terminais e possíveis projetos para implementação no Brasil.

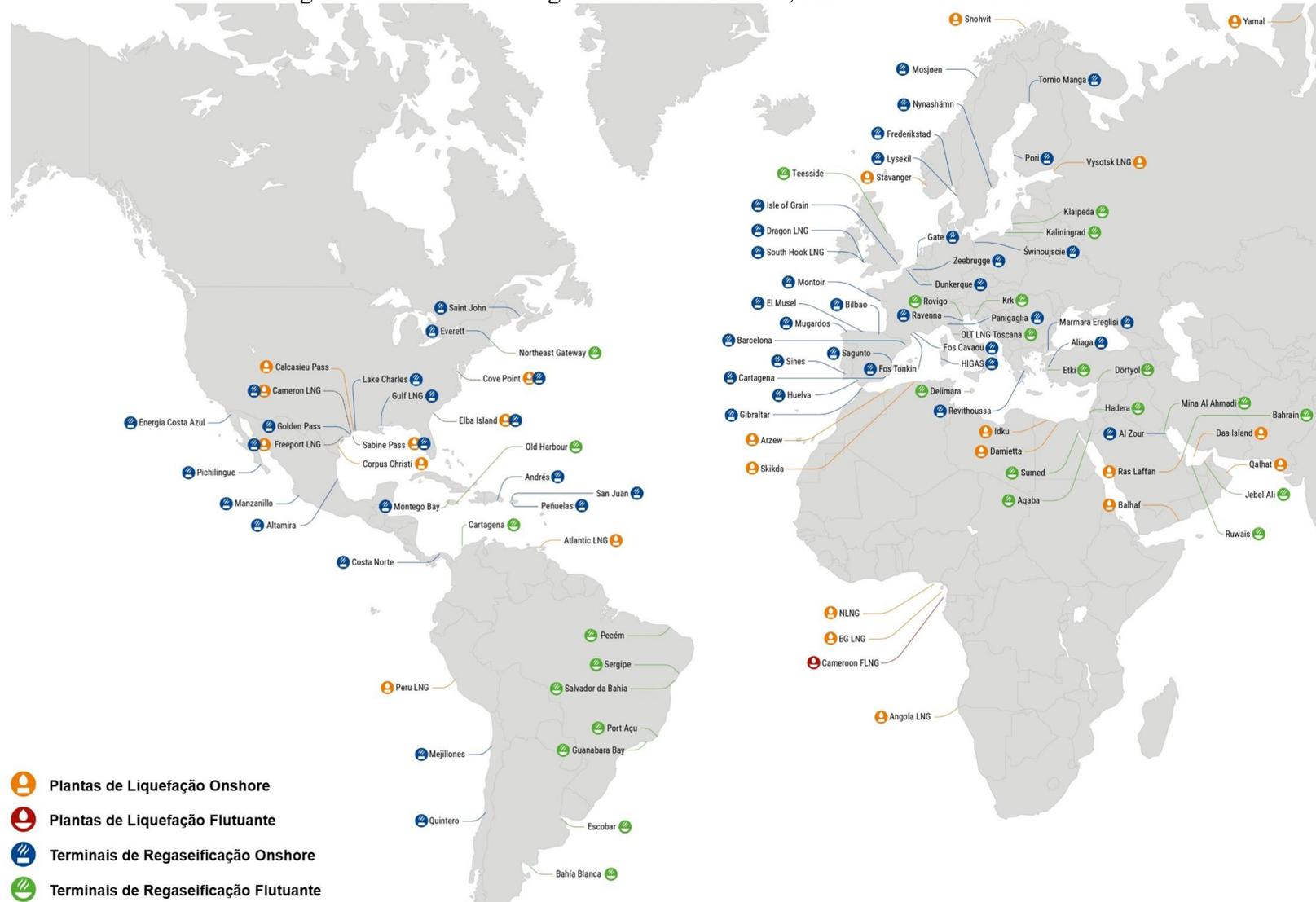
### 2.3.2 Terminais de GNL

Os terminais de GNL desempenham um papel fundamental no contexto logístico de transporte de gás natural liquefeito. Estes, atuam como porta de entrada para o GNL importado e podem ser uma alternativa para o desenvolvimento de projetos de pequena escala (EPBR, 2021). Atualmente, existem mais de 150 terminais de GNL localizados de forma estratégica nos 5 continentes, incluindo plantas *onshore* (em terra) e *floating* (flutuante), assim como terminais de liquefação e regaseificação (GIIGNL, 2022), como relatado na Figura 12 e 13.

Destaca-se que a maior densidade de terminais de liquefação estão presentes nos países exportadores, como a região do Oriente Médio, Estados Unidos e Oceania, devido a necessidade da liquefação do gás natural para ser transportado por navios metaneiros como GNL. Por consequência, países do sudeste asiático, europeus e da América do Sul importam este gás natural liquefeito, o que gera uma maior densidade de estações de regaseificação, para posteriormente ser distribuído através de gasodutos, gás natural comprimido (GNC) ou liquefeito (GNL) em outros modais.

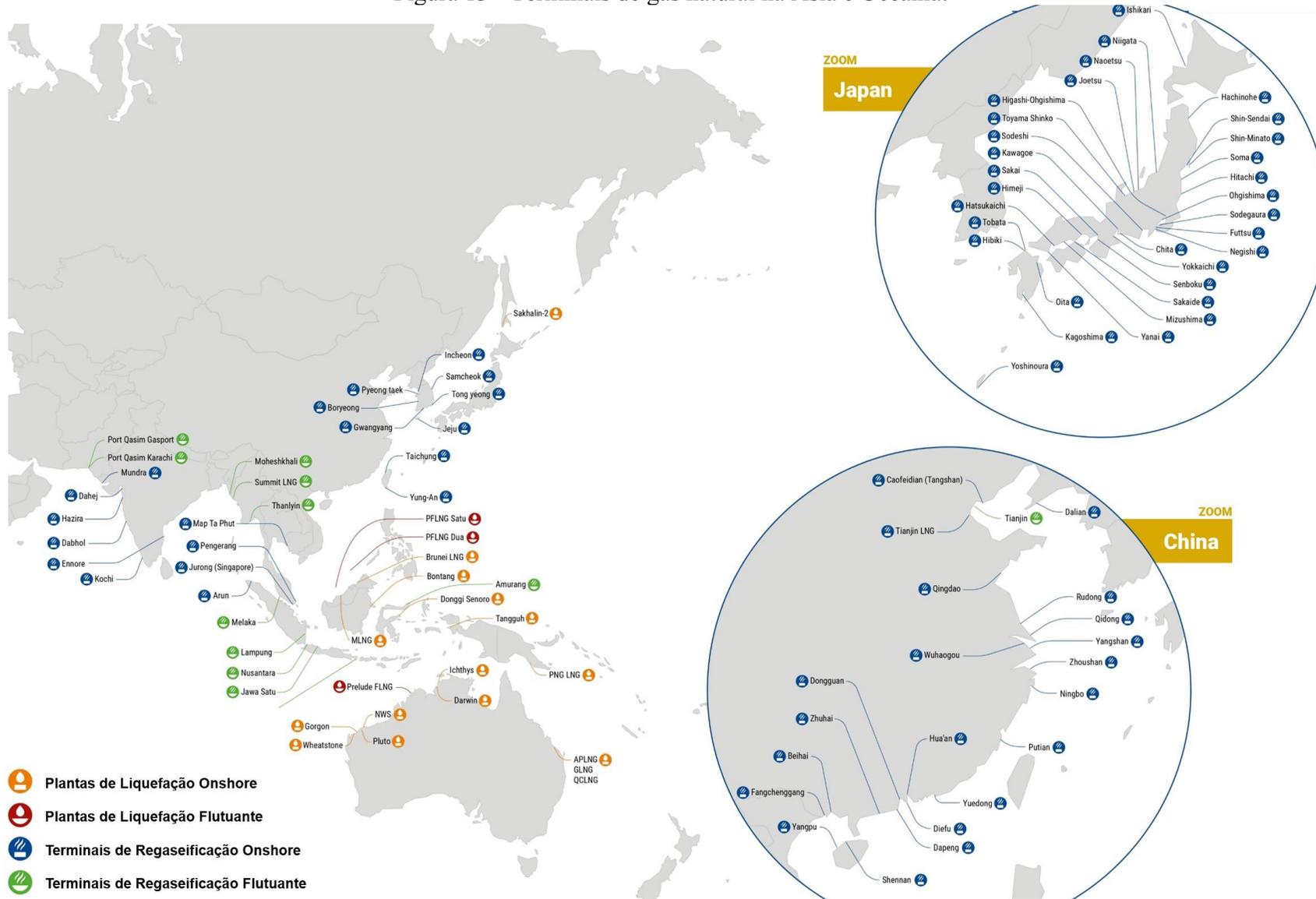
Sendo assim, no final de 2021 a capacidade anual de liquefação atingiu cerca de 462 MTPA, sendo que novos terminais, implementados em 2021, somaram um total de 7,4 MTPA. Já referente a capacidade de regaseificação, para o mesmo ano, se atingiu a marca de 993 MTPA, onde, em 2021, entraram em operação 7 novos terminais, totalizando 22,6 MTPA, com destaque para dois terminais de pequena escala presentes na Itália e um no México (GIIGNL, 2022).

Figura 12 – Terminais de gás natural na América, África e Oriente Médio.



Fonte: Adaptado de GIIGNL (2022).

Figura 13 - Terminais de gás natural na Ásia e Oceania.

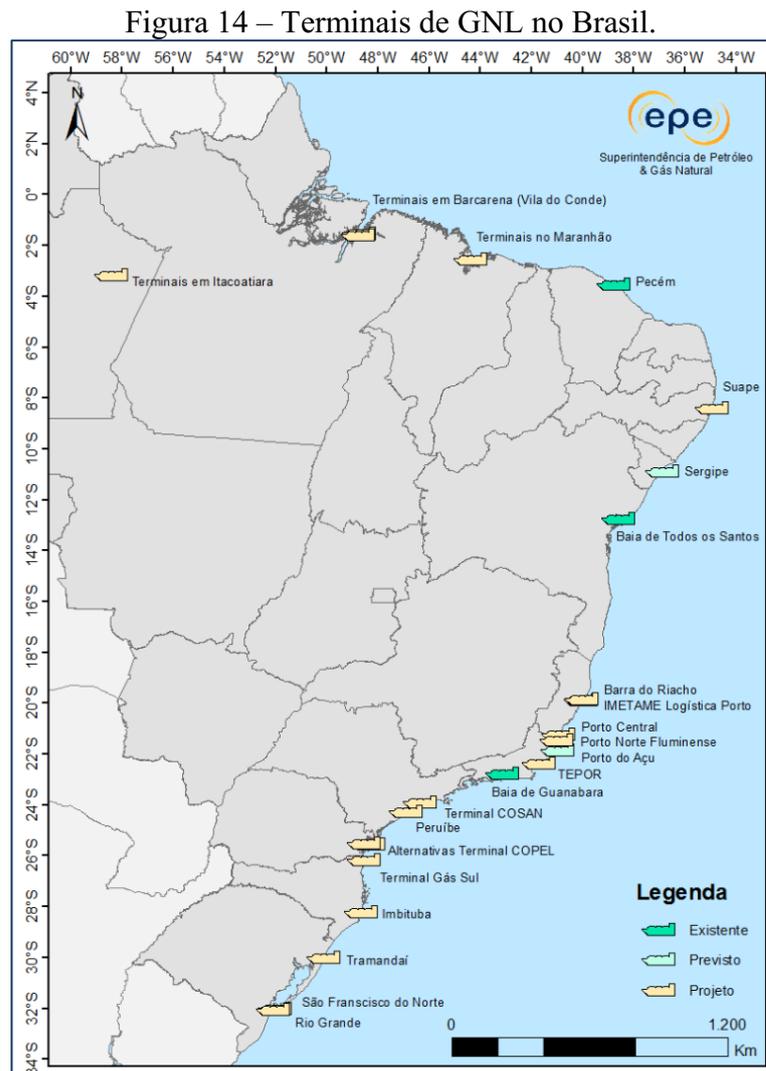


Fonte: Adaptado de GIIGNL (2022).

Com isso, após o mapeamento dos terminais no contexto internacional, a subseção a seguir abordará os projetos atuais de GNL no Brasil, como também, os projetos futuros que estão sendo avaliados para implementação na região sul do Brasil.

### 2.3.3 Projeto de terminais de GNL no sul do Brasil

Os terminais de GNL no Brasil estão se tornando destaque quanto aos investimentos a nível nacional, dado ao fato de que, nos 10 últimos anos, empresas nacionais e multinacionais estão investindo em construção de novos terminais e desenvolvendo projetos de distribuição de gás natural em pequena escala, com o objetivo de atender a demanda existente e suprir o futuro cenário de consumo brasileiro de gás natural (EPBR, 2022). Portanto, a Figura 14 apresenta os terminais de GNL no Brasil divididos em existentes, previstos (em etapa de construção) e em projeto.

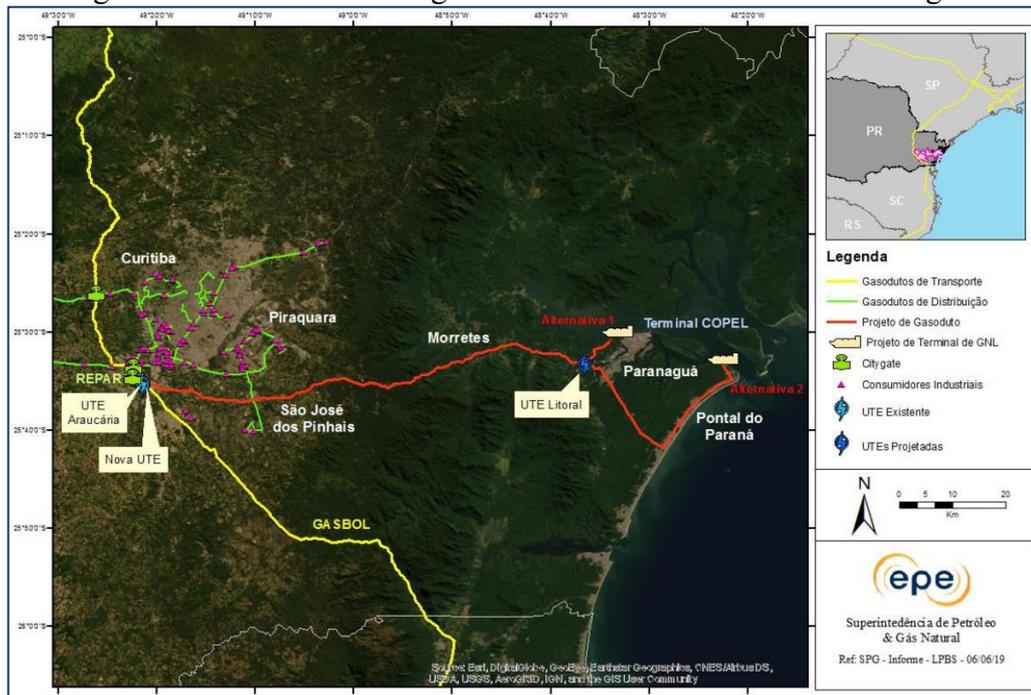


Destaca-se que o Brasil conta com apenas 5 terminais de GNL existentes e previstos distribuídos ao longo da costa e 17 terminais ainda em projeto para implementação. Com o objetivo de analisar a demanda e alternativas para a distribuição de GNL no sul do Brasil, nesta subseção serão abordados os principais terminais em projeto na região de estudo. Com isso, dividiu-se em 2 tópicos que abordarão as principais características do terminal em Paranaguá no estado do Paraná e o Terminal Gás Sul (TGS), no estado de Santa Catarina. O terminal de Imbituba não apresentou evoluções de projeto no decorrer deste trabalho e por este motivo não será abordado.

### ***Terminal Paranaguá***

Conforme o estudo do Ministério de Minas e Energia (2019), a Companhia Paranaense de Energia é responsável pelo terminal. Este projeto tem como objetivo a construção de um terminal na baía de Paranaguá, sendo a primeira alternativa de construção na cidade de Paranaguá e a segunda na cidade de Pontal do Paraná, ambos no estado do Paraná, como mostrado na Figura 15. Este terminal irá atuar para viabilizar a distribuição de GNL com parceria da Shell, tendo a capacidade de regaseificação de 14 MMm<sup>3</sup>/dia. O projeto que visa a instalação na cidade de Paranaguá está localizado fora da área do Porto Organizado, e o principal desafio na região é o calado restrito, o que pode gerar custos referente a dragagem. Em contra partida, em Pontal do Paraná não existe essa restrição, pois o calado é maior e existe outras alternativas de terreno para a construção (MME, 2019).

Figura 15 – Infraestrutura logística do terminal de GNL em Paranaguá.



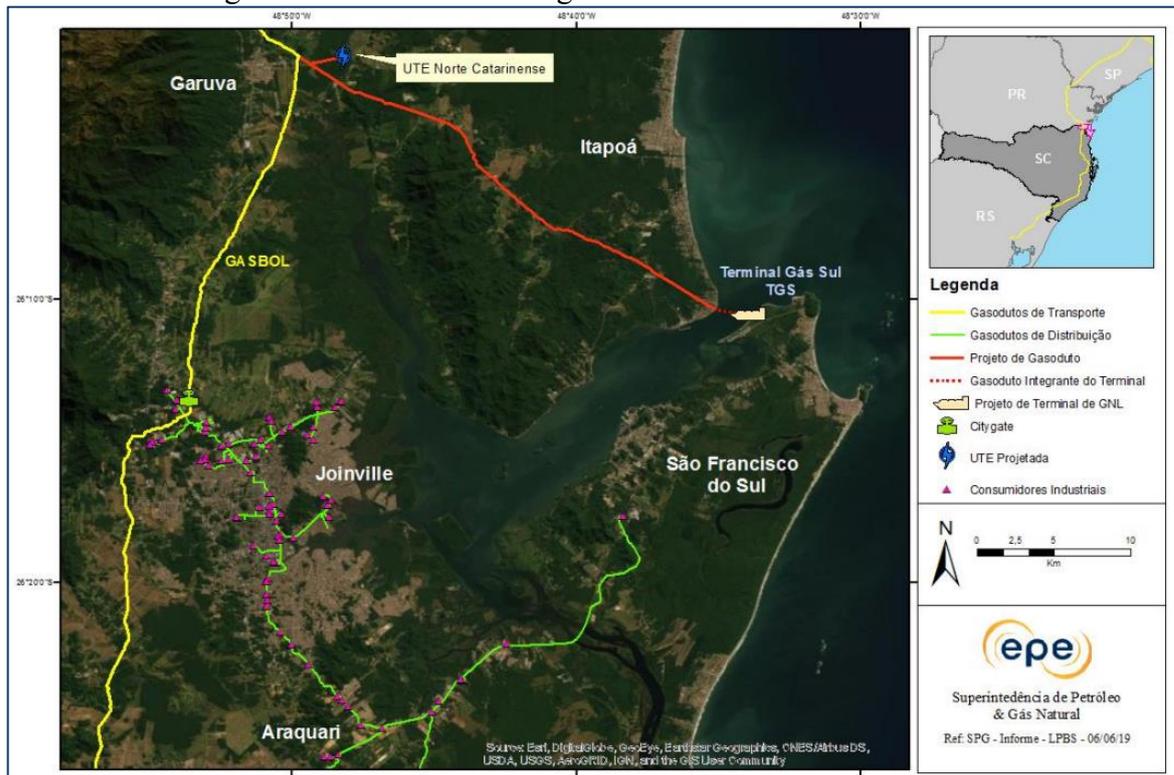
Fonte: EPE (2019).

Atualmente, existe um projeto de terminal de GNL na Baía de Paranaguá que está sendo desenvolvido pela empresa Nimofast e prevê uma unidade flutuante de armazenamento (FSU) no mar, localizada a 4 km do terminal, onde abastecerá barcaças que realizarão o transporte *small scale* até o porto no município de Antonina para ser regaseificado (RAMALHO, 2022).

### ***Terminal Gás Sul – TGS***

Segundo o relatório do Ministério de Minas e Energias (2019), o Terminal Gás Sul (TGS) está localizado na cidade de São Francisco do Sul no estado de Santa Catarina. A empresa responsável pelo projeto é a New Fortress Energy. Atualmente, em 2023, o projeto já está na fase de construção e contará com um navio FSRU responsável pela regaseificação do gás natural liquefeito. Este navio ficará atracado em um terminal fixo onde será realizada a operação *Ship-to-Ship* (STS) para a transferência do metaneiro para o FSRU e posteriormente distribuído através de gasoduto. Este projeto visa também atender outro futuro projeto da ENGIE responsável pela UTE Norte Catarinense, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 - Infraestrutura logística do terminal de GNL TGS.



Fonte: EPE (2019).

O novo empreendimento terá a conexão direta com o gasoduto GASBOL (em vermelho) na região de Garuva utilizando a mesma rota do oleoduto OSPAR, que conecta o Terminal de São Francisco do Sul (TEFRAN) e a Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), localizada no município de Araucária, próximo a região metropolitana de Curitiba (Golar LNG, 2018). Segundo a empresa Golar LNG (2018), o terminal receberá periodicamente navios metaneiros carregados com gás natural liquefeito, será feita a transferência para a unidade de armazenamento e regaseificação flutuante (FSRU); após a regaseificação, o gás natural será transportado até Garuva para interligar com o ramal sul do Gasoduto Bolívia-Brasil, com o objetivo de compor a oferta de gás natural para a região de Santa Catarina e demais regiões, suprimindo a crescente demanda. O TGS contará com a capacidade de transferência do FSRU de 5.000 a 10.000 m<sup>3</sup>/hr, capacidade de regaseificação de 15 milhões de metros cúbicos por dia (MMCD), já o FSRU presente no local terá a capacidade de armazenagem de 160 mil de metros cúbicos de gás natural. Santa Catarina possui um consumo médio em 2022 e 2023 de 1,9 MMCD (ANP, 2023a), podendo assim, ser suprido de forma integral pelo terminal futuramente.

## 2.4 CADEIA LOGÍSTICA DO GNL

Nesta seção serão abordados o fluxo logístico e os principais agentes responsáveis pelo transporte de GNL na exportação e importação. Para realizar o transporte do gás natural, como já visto, existe a fase de transformação de gás para líquido, processo responsável pela redução de volume de aproximadamente 600 vezes do gás natural para gás natural liquefeito. Segundo o relatório da Tractebel Engineering S.A. (2015), esta redução no volume traz benefícios para o transporte do gás natural liquefeito como:

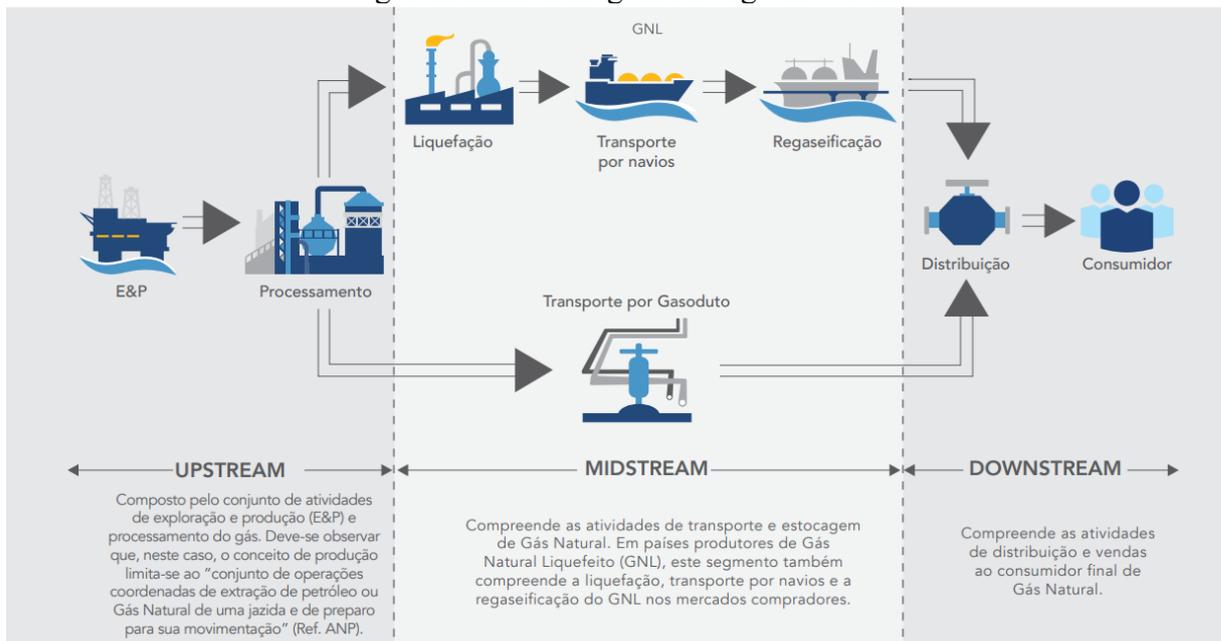
- Transporte por longas distâncias onde gasodutos não são viáveis ou muito caros;
- Flexibilidade de importação de gás;
- Garantir o abastecimento de diferentes fornecedores.

Sendo assim, nas próximas subseções serão apresentados o detalhamento da cadeia logística e os conceitos dos agentes logísticos nela presentes, sendo estes, na produção de GNL, liquefação, armazenagem, transporte, regaseificação e o consumidor final.

### 2.4.1 Fluxo logístico do GNL

A cadeia logística convencional do GNL é composta pelas fases de *upstream*, *midstream* e *downstream*. Para cada fase existem agentes responsáveis pela logística operacional da cadeia, estando presentes na exploração, processamento, transporte, distribuição e comercialização do gás natural. A Figura 17 apresenta o fluxo logístico convencional de gás natural, composto pelos agentes responsáveis por cada fase da cadeia do GN.

Figura 17 - Fluxo logístico do gás natural



Fonte: FGV (2014).

O presente estudo foca na etapa de *downstream* de modo a avaliar a complexidade de dois cenários para as melhores formas de distribuição do gás natural no interior do estado de Santa Catarina. De modo geral, pode-se dividir a estruturação da cadeia nas fases de exploração, liquefação, transporte, regaseificação, armazenagem e distribuição. Com isso, nas subseções a seguir, serão detalhadas as fases logísticas do gás natural, assim como a infraestrutura responsável pelo processo operacional de cada uma.

## 2.4.2 Exploração

A cadeia de valor do GNL se inicia através da perfuração e exploração de gás natural em reservatórios subterrâneos encontrados através de estudos específicos na região de interesse. Segundo o relatório *Global LNG Fundamentals (2018)*, o mercado de gás natural e petróleo está sendo desenvolvido, historicamente, pelos recursos nacionais com parceria de empresas petrolíferas internacionais. Estas, sendo, em caso de países menos desenvolvidos e com pouca capacidade de capital, empresas internacionais que agregam valor devido a experiência na exploração destes recursos. O estágio de perfuração e exploração direciona e orienta o plano de investimento essencial para compor o desenvolvimento do projeto e aplicação dos recursos financeiros para obter o retorno desejado.

Conforme a ANP (2020), no Brasil, as reservas encontradas em solo nacional são de propriedade da União. A exploração e extração destes recursos podem ser feitas por empresas estatais ou privadas através de licitação pública, realizadas pela ANP. Para realizar a exploração no Brasil, a empresa interessada na região deve passar por etapas e processos burocráticos, sendo estes: seleção dos blocos exploratórios, rodadas de licitação, oferta permanente, cessão de contratos, regimes de concessão e partilha, cessão onerosa, fase de exploração, fase de produção, e por fim, a participação governamental e de terceiros (ANP, 2020).

### 2.4.3 Liquefação

Após a extração do gás natural, na fase de liquefação, o gás bruto oriundo de plataformas de exploração é enviado para uma instalação de tratamento antes de realizar a liquefação. Esta fase de tratamento retira as impurezas do gás bruto, a citar o butano, dióxido de carbono, enxofre, entre outras substâncias. Após a remoção das impurezas do gás natural bruto, o gás natural tratado pode ser liquefeito, onde passa pelo resfriamento a  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$  (USAID, 2018).

As plantas de liquefação geralmente possuem unidades de processamento paralelas, sendo estas independentes. O processo de liquefação é responsável por 28% do custo da cadeia de valor do GNL (EIKENS, M., 2020). Atualmente existem plantas de liquefação em estruturas *offshore* por razões ambientais, todavia, as tecnologias exigidas para a implementação destas plantas são de alta complexidade, como também, nestes ambientes (*offshore*), a possibilidade de uso de equipamentos se torna reduzida devido a questões de estabilidade e espaço na embarcação (USAID, 2018). Na Figura 18 apresenta-se a estrutura de liquefação *offshore*, conhecida como FFLNG (*Floating Liquefied Natural Gas*).

Figura 18 – Navio FFLNG.



Fonte: Offshore Energy (2022).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2017), a liquefação offshore de gás natural pode oferecer benefícios ao meio ambiente, em comparação com a liquefação *onshore* tradicional, tal qual, a redução de emissões de gases de efeito estufa, pois há uma menor queima de gás natural, como também, apresenta uma estimativa menor de uso da terra, pois as plataformas *offshore* ocupam menos espaço do que as plantas *onshore*, o que pode reduzir o impacto ambiental local, como a desflorestação e a perda de habitat.

Além disso, há a redução dos riscos de derramamentos uma vez que as plataformas *offshore* são geralmente consideradas mais seguras do que os oleodutos terrestres, pois há menor risco de derramamentos em caso de acidente. No entanto, conforme o Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (2017), as desvantagens da liquefação *offshore* são referente a poluição marinha, ruídos submarinos, possibilidade de explosões, vazamentos de gás e outros incidentes, além de apresentar alto custo de investimento inicial em infraestrutura, assim como a dependência de combustíveis fósseis destas infraestruturas.

#### 2.4.4 Transporte

Após a liquefação do gás natural, o GNL é transferido para navios metaneiros especializados no transporte deste tipo de carga, composta por estruturas de resfriamento responsáveis por manter a temperatura adequada para o transporte. Um exemplo de navio metaneiro que transporta GNL é apresentado na Figura 19. Estes navios metaneiros que transportam GNL têm sua produção em maioria no continente asiático devido aos maiores

conhecimentos da região com o desenvolvimento deste tipo de projeto naval. Navios metaneiros são, geralmente, de propriedade de uma companhia de navegação e fretados para o vendedor ou comprador, de acordo com a opção comercial (USAID, 2018).

Figura 19 – Navio metaneiro GNL.



Fonte: Marine Digital (2023).

#### 2.4.5 Regaseificação e armazenagem

Após o transporte, na etapa de regaseificação, o GNL retorna à fase gasosa, transformando-o de líquido para gasoso. Nesta etapa o GNL é transferido para uma unidade flutuante de armazenamento e regaseificação, conhecido como FSRU (*Floating Storage Regasification Unit*). A função deste navio é receber o gás, armazenar e transformar o GNL para GN, o que permite com que o combustível esteja apto aos usos para geração de energia (USAID, 2018). Esta transferência entre navios geralmente ocorre *ship-to-ship*, de navio para navio, onde não há a necessidade de transportar o GNL para alguma infraestrutura em terra.

Todavia, quando não há a necessidade de uma estrutura de regaseificação juntamente com o armazenamento, navios FSU (*Floating Storage Unit*) são utilizados para armazenar o gás natural. Estes dois navios normalmente estão conectados por dutos com a infraestrutura em terra a fim de distribuir, armazenar ou regaseificar o gás natural (USAID, 2018). O transporte *small scale* permite a transferência direta de um navio FSU para caminhões que transportam o GNL, de modo que a distribuição rodoviária seja realizada com o gás natural liquefeito, regaseificando o mesmo somente no destino final deste modal. Destaca-se a importância do planejamento de recepção do GNL importado, devido a restrições nas capacidades dos navios, tanto FSRU quanto FSU, pois o mal planejamento pode afetar em atrasos dos navios nos

terminais, assim como excesso de gás natural, impedindo a distribuição e transporte de todo gás natural importado, de acordo com relatório Global LNG Fundamentals (2018). Na Figura 20 mostra-se o procedimento *ship-to-ship*, um exemplo de navio FSRU e um exemplo de navio FSU.

Figura 20 – Exemplo de operação *ship-to-ship*, FSRU e FSU.



Fonte: Autor (2023).

#### 2.4.6 Distribuição

Para a distribuição do gás natural, seja por gasodutos ou por outros modais, alguns fatores de transporte devem ser considerados, como exemplo a capacidade, volume transportado, preços, oferta e demanda. Estes fatores garantem a negociação entre o comprador e o vendedor (USAID, 2018). Todavia, por se tratar de um mercado global, condições de políticas públicas de países importadores ou exportadores podem afetar em alguns destes fatores, o que pode causar um impacto na oferta ou demanda, e por consequência o impacto no resultado econômico previsto pelo projeto.

Com isso, além do sistema convencional de transporte de gás natural (gasodutos e navios), o transporte utilizado neste trabalho para a distribuição *small scale* se baseia no modal rodoviário, sendo este utilizado para transportar o gás natural na forma comprimida (gasosa) ou liquefeita (líquida). A Figura 21 apresenta dois modelos de caminhão utilizado para o transporte de gás natural. Destaca-se a necessidade de uma estrutura de refrigeração para o transporte de gás natural liquefeito, com o objetivo de manter a temperatura necessária do gás natural, já para o gás natural comprimido é necessário somente de tanques de armazenagem que suportem a pressão do gás natural.

Figura 21 – Modelos de Caminhão de Transporte de Gás Natural

Caminhão de Transporte de GNL

Caminhão de Transporte de GNC



Fonte: Autor (2023).

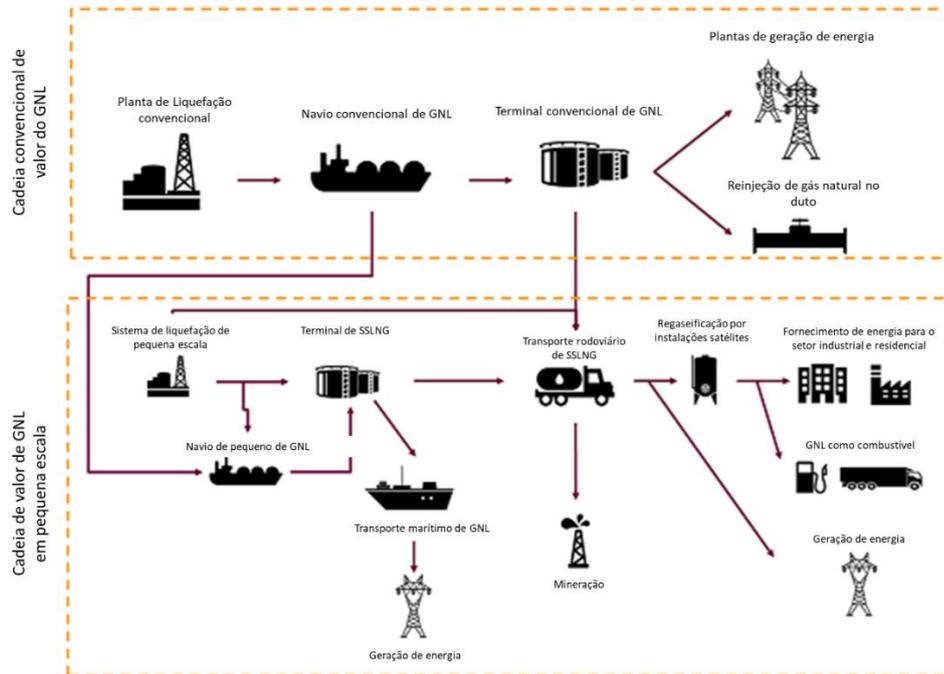
## 2.5 GÁS NATURAL LIQUEFEITO EM PEQUENA ESCALA (SSLNG)

O conceito de GNL em pequena escala ou *Small Scale LNG (SSLNG)* está relacionado às instalações de terminais, armazenamento, embarcações, entre outros responsáveis pela cadeia logística de GNL, de características semelhantes, todavia com uma magnitude de infraestrutura menor que a convencional utilizada para grande escala (APEC, 2019). Sendo assim, nas próximas seções será abordado o detalhamento do fluxo logístico de GNL em pequena escala e o atual cenário do Brasil na distribuição em pequena escala, composto por desafios para a expansão do SSLNG no Brasil.

### 2.5.1 Fluxo Logístico GNL em pequena escala

A citar, conforme a International Gas Union (2015), enquanto o mercado convencional de carga de base de GNL é considerado uma “cadeia de valor”, o transporte em pequena escala descreve-se como uma “rede de valor”, atendendo normalmente uma gama mais ampla de usuários finais do que a cadeia convencional de valor. Esta, desempenha função alternativa ao transporte e distribuição dutoviária de GN, atuando em locais onde a rede de dutos está imatura ou não está disponível, suprindo termelétricas, indústrias, residências e outros, através de modais como ferrovias, rodovias e o transporte aquaviário (EPE, 2022b). O cenário logístico da distribuição de GNL em pequena escala é apresentado na Figura 22.

Figura 22 – Fluxo logístico de distribuição de GNL em pequena escala.



Fonte: Adaptado de Sia Partners (2017).

Conforme observado, o fluxo convencional do GNL está apresentado de forma direta, possuindo uma quantidade de agentes inferiores ao pequena escala, sendo o transporte e distribuição de forma direta. Todavia, a presença da cadeia de pequena escala, definida anteriormente, assume um papel fundamental na distribuição da *last mile* (última milha), podendo atender um consumidor em áreas remotas que não possuem o acesso a infraestrutura convencional, promovendo assim, incentivos para o aumento do consumo de gás natural nestas regiões. Para isso, a seguir será apresentado o atual cenário legislativo e de incentivos para a implementação do gás natural liquefeito *small scale* no Brasil.

## 2.5.2 GNL em pequena escala no Brasil

Após um longo tempo com a mesma regulamentação para o mercado de gás natural, em 2021 foi votado o Projeto de Lei n. 4.476/2020 onde dispõe sobre escoamento, tratamento, processamento, estocagem subterrânea, acondicionamento, liquefação, regaseificação e comercialização de gás natural (Senado Federal, 2021). Isto deve-se a determinados movimentos que alteram o cenário atual de gás natural, dentre esses movimentos, segundo a Agência de Energia e Política Energética (2021), cita-se:

- Desinvestimentos da Petrobrás em suas subsidiárias dedicadas ao gás natural;
- Propostas de contratos de transporte nos modelos de entradas e saídas;
- Uso compartilhado de UPGNs (Unidade de Processamento de Gás Natural, instalação industrial que realiza o refino do gás natural);
- Projetos de distribuição de gás natural liquefeito (GNL) em pequena escala (*small scale LNG*) para suprimento de gás natural em áreas que não são atendidas por gasodutos;
- Entrada em operação de novos terminais de GNL operados por empresas privadas e vinculados a térmicas, adicionados a vários outros projetos de terminais em fase de estudos e implantação.

Destaca-se a necessidade de regulamentações que visam a prática do sistema de distribuição de GNL *small scale* no Brasil. Atualmente, o cenário nacional encontra-se com preços competitivos com o mercado internacional, como também as projeções futuras, quanto a demanda de gás natural, mostram-se positivas (EPBR, 2022). Sendo assim, o sistema *small scale* tem como um dos objetivos resolver a dificuldade de distribuição do gás natural no interior, oriundas da carência de gás natural de fontes confiáveis nestas localidades (EPBR, 2021). Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2022), mesmo com a entrada em operação de mais terminais de GNL privados no Brasil, há somente estudos de viabilidade de distribuição em pequena escala de gás natural liquefeito, ainda não existe projetos em operação.

Para Ramalho (2023a), existem companhias que pretendem desenvolver projetos com distribuição em pequena escalada a partir do 2024, como a GNLink e a GNL Brasil Logística. O autor relata que a companhia GNLink tem como objetivo aplicar 15 projetos em dez anos que somam 4 milhões de metros cúbicos por dia de capacidade.

A GNLink está construindo uma primeira unidade de liquefação, com capacidade para 88 mil metros cúbicos por dia com previsão para o primeiro semestre de 2024; e tem projeto para estruturar mais duas unidades para este mesmo ano. A companhia atualmente está instalando uma planta de liquefação no campo de Barra Bonita, da empresa Tradener, empresa responsável pela comercialização do gás natural, e espera fechar um contrato com a Compagas, para abastecer um projeto estruturante da concessionária paranaense em Londrina com o gás *onshore* da Bacia do Paraná (Ramalho, 2023b).

Para o mercado brasileiro existe uma grande oportunidade para a substituição de derivados de petróleo e a expansão do GNL *small scale*, uma vez que a redução da escala de um projeto permite maior controle sobre os custos e menor complexidade (GOMES, 2018). Logo, o GNL *small scale* pode ser competitivo frente a gasodutos que tenham enfrentado desafios de cronograma e orçamento. Sendo assim, na próxima subseção serão abordados os custos operacionais para realizar o transporte do gás natural em *small scale*, assim como os custos para os investimentos neste setor.

### 2.5.2.1 Custos operacionais e investimentos

A análise dos custos operacionais e dos investimentos necessários é fundamental para a viabilidade do projeto. A escolha da modalidade de transporte, a avaliação dos fatores que influenciam os custos, e a consideração dos aspectos regulatórios, ambientais e de retorno do investimento são essenciais para o sucesso do empreendimento. Sendo assim, para o desenvolvimento do estudo, utilizou-se como base para os custos operacionais de transporte as seguintes equações, conforme a Tabela 1, de acordo com o estudo da Empresa de Pesquisa Energética sobre a monetização de gás natural *onshore* no Brasil, onde a capacidade é medida em mil metros cúbicos por dia, a distância em quilômetros e os custos em US\$/MMBtu. Para os custos de investimento nas infraestruturas necessárias para realizar a distribuição foram consideradas as equações de acordo com a Tabela 2, conforme o mesmo estudo em milhões de dólares.

Tabela 1 – Equações do Custo Operacional para o Gás Natural.

Forma de Transporte	Equação
GNC	$(3,1076 * \text{Capacidade}^{-0,131}) + (0,0066 * \text{Distância})$
GNL	$(20,977 * \text{Capacidade}^{-0,246}) + (0,0045 * \text{Distância} * \text{Capacidade}^{-0,046})$

Fonte: Adaptado de EPE (2020).

Tabela 2 – Custos de Investimento por Tipo de Infraestrutura.

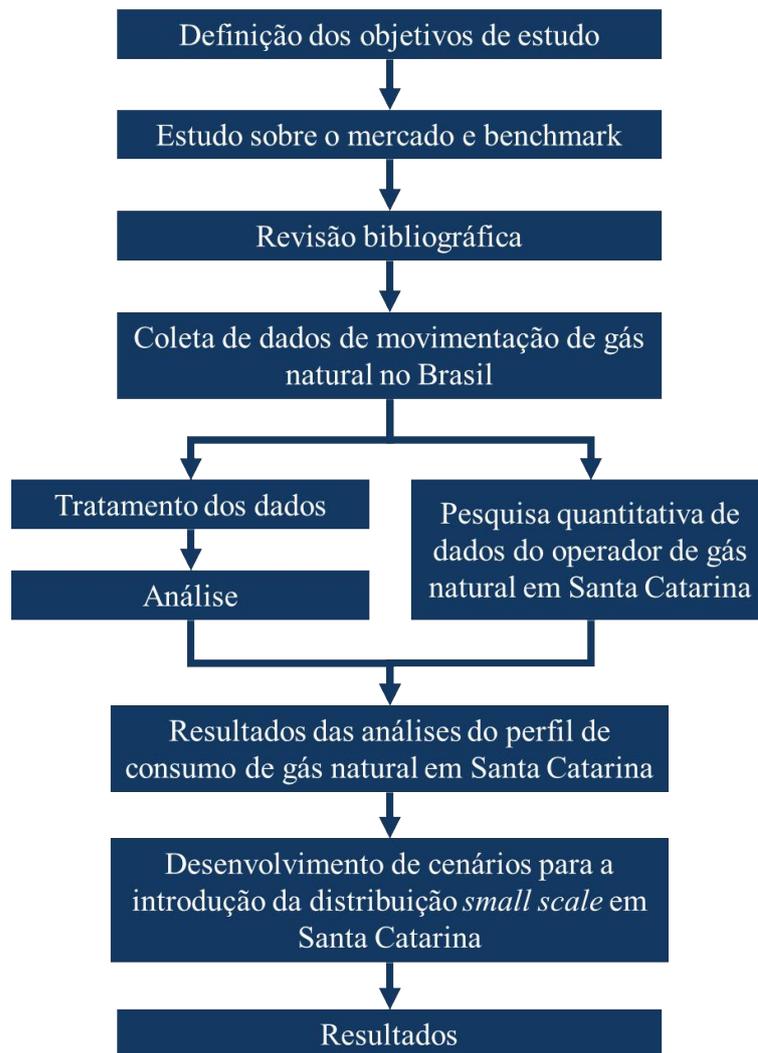
Investimento	Equação
Tratamento do gás	$25,231 * \text{Capacidade} + 154,9$
Compressão	$22,434 * (\text{Capacidade}^{0,65})$
Liquefação	$80,969 * (\text{Capacidade}^{0,65})$

Fonte: Adaptado de EPE (2020).

### 3 METODOLOGIA

Esta seção tem como objetivo apresentar as etapas desenvolvidas neste trabalho, onde será abordado a metodologia aplicada para a elaboração das análises e implementação do GNL *small scale* em Santa Catarina. Com isso, este estudo foi dividido nos seguintes tópicos conforme a Figura 23.

Figura 23 – Fluxograma do método abordado no estudo



Fonte: Autor (2023).

Definido os objetivos principais do presente estudo, se fez necessário a compreensão do atual perfil de mercado do gás natural no contexto nacional e internacional. Para isso, realizou-se um estudo do atual cenário de distribuição e consumo do gás natural no mundo,

com objetivo de compor a revisão bibliográfica, onde foi abordado os principais conceitos utilizados neste trabalho. Em seguida, buscou-se dados públicos fornecidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (ANP), Ministério de Minas e Energias (MME) e na plataforma digital da operadora de gás em Santa Catarina (SCGÁS). Após a coleta de dados, foi necessário a realização do tratamento dos mesmo, com o objetivo de padronizar os resultados posteriormente obtidos nas análises, onde foi avaliado a participação das empresas na movimentação do gás natural no GASBOL, perfil de coleta e consumo nas diferentes estações de recebimento e municípios, assim como, identificado os setores responsáveis pelo consumo do gás natural e qual o impacto do preço, adotado para a comercialização, no consumo do gás natural do estado. Sendo assim, realizada as análises necessárias para compor o estudo, desenvolveu-se cenários para a implementação do sistema *small scale* em Santa Catarina, avaliando os custos operacionais e de investimento em função do volume movimentado. Por fim, apresentou-se os principais resultados dos cenários avaliados.

Com isso, para as análises do próximo capítulo, será abordado o estudo de dados fornecidos por entidades privadas e órgãos públicos do governo brasileiro, onde têm-se como finalidade quantificar a distribuição e consumo de gás natural em Santa Catarina, assim como avaliar os cenários logísticos para a implementação do sistema de distribuição *small scale*.

## 4 RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar os resultados divididos em 4 seções: inicialmente é feita a análise da distribuição de gás natural no âmbito estadual, que busca identificar quais são as malhas dutoviárias presentes para realizar a distribuição de gás natural no estado. Posteriormente, é abordada a análise da distribuição em Santa Catarina, onde é analisada a movimentação dutoviária e o volume coletado na estação de recebimento ao longo do gasoduto GASBOL. Também, é apresentado o perfil de consumo do estado de Santa Catarina, divididos por segmentos. Na sequência, é comparado o perfil de consumo com a variação do preço do gás natural de mercado na região. E por fim, são propostos cenários para a implementação de gás natural liquefeito *small scale* para atender regiões que não possuem conexão com dutovias.

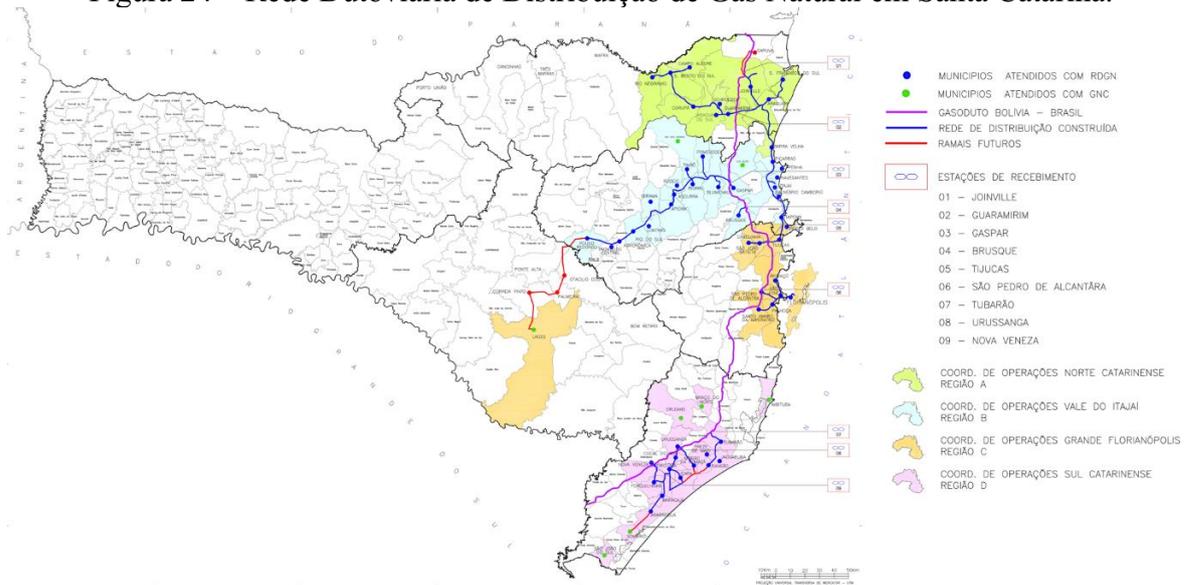
### 4.1 GÁS NATURAL EM SANTA CATARINA

Para análise da distribuição do gás natural no estado de Santa Catarina são discutidas as redes de distribuição já existentes e sua localização, o volume movimentado no estado por mês entre os anos de 2022 e 2023, além de correlacionar a movimentação por rede de distribuição no estado.

#### 4.1.1 Rede de distribuição

O cenário logístico de distribuição de gás natural no estado de Santa Catarina é composto por redes dutoviárias em sua maioria. A principal rede dutoviária para o estado é o GASBOL, que permite a distribuição ao longo do litoral. A conexão com o GASBOL se dá através de pontos de transferência para malhas intermediárias da SCGÁS que conecta os municípios do estado. Na Figura 24 é apresentada a rede dutoviária presente no estado de Santa Catarina, os municípios atendidos por dutos (RDGN) e por caminhões (GNC) e futuros ramais da malha dutoviária.

Figura 24 – Rede Dutoviária de Distribuição de Gás Natural em Santa Catarina.



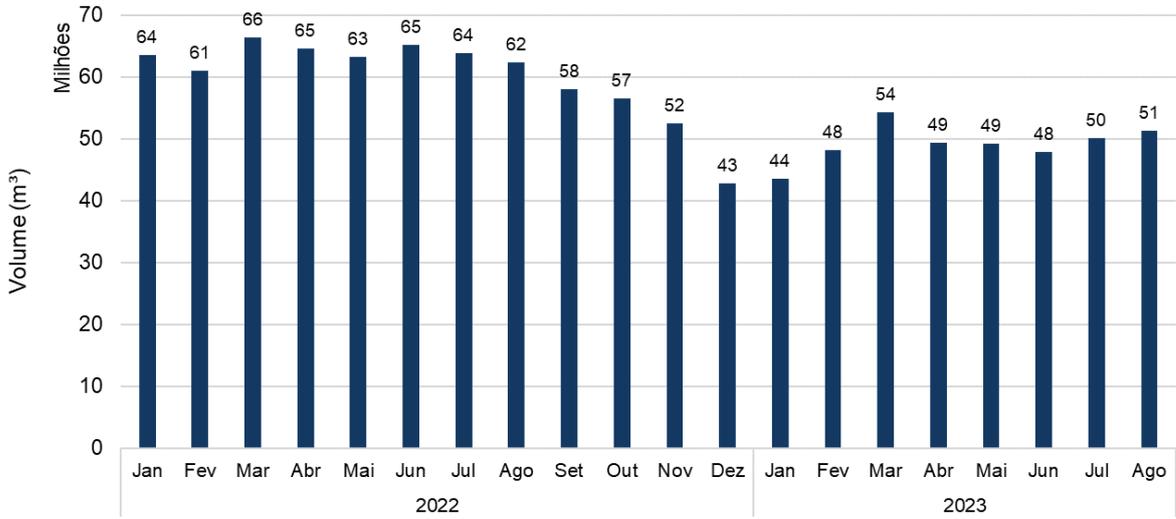
Fonte: SCGÁS (2023).

A distribuição de gás natural pelo duto GASBOL é de responsabilidade da empresa Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRÁS, onde a SCGÁS, através de estações de recebimento, coleta o volume necessário para atender a demanda dos municípios, atuando como o agente responsável pela distribuição no estado.

#### 4.1.2 Movimentação do GASBOL

O GASBOL é o principal duto de abastecimento para Santa Catarina, dessa forma, se faz necessário a compreensão do volume movimentado por este duto no estado, com o objetivo de analisar o comportamento da demanda realizada de gás natural. Os dados analisados foram obtidos através da base de dados de movimentação de gás natural fornecida pela ANP. A Figura 25 apresenta o histórico de movimentação de gás natural em função dos meses para os anos de 2022 e 2023.

Figura 25 – Movimentação de gás natural no GASBOL em Santa Catarina.

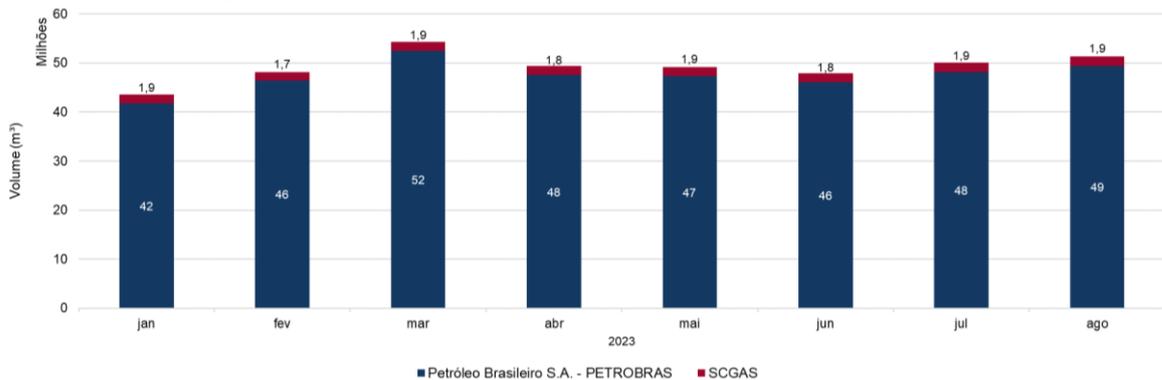


Fonte: Adaptado de ANP (2023d).

Nota-se a redução de aproximadamente 20% da movimentação de GN quando comparado o mês de janeiro de 2022 a agosto de 2023. Segundo a SCGÁS (2022), esta redução deve-se ao aumento da tarifa de gás natural cobrada pelo operador, o que impacta diretamente no consumo.

Como o GASBOL é utilizado para atender a demanda do estado de Santa Catarina, na Figura 26 é apresentada a movimentação em metros cúbicos de gás natural em Santa Catarina e a representatividade de cada empresa na utilização deste volume. Destaca-se que a empresa SCGÁS pode realizar a movimentação de gás natural utilizando a infraestrutura GASBOL, respeitando as devidas tarifas, com o objetivo de transferir o volume de uma determinada região para outra.

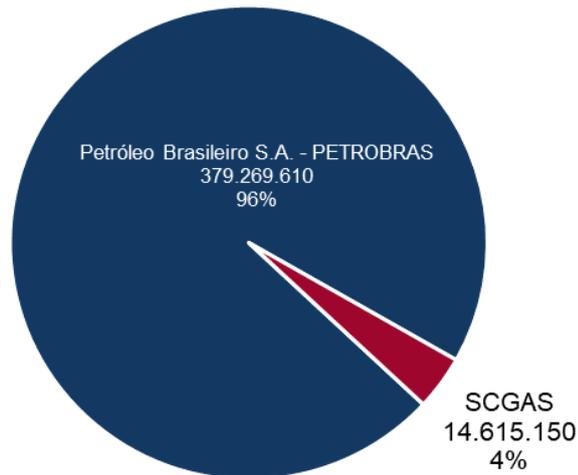
Figura 26 – Movimentação do GASBOL em Santa Catarina.



Fonte: Adaptado de ANP (2023d).

O volume movimentado pela SCGÁS no GASBOL se mostrou constante, apesar da variação do volume movimentado pelo gasoduto. Através desta análise, foi possível então, obter representatividade da empresa SCGÁS na movimentação do gasoduto em Santa Catarina, conforme mostrado na Figura 27.

Figura 27 – Participação na movimentação de GN no GASBOL (SC) em 2023.



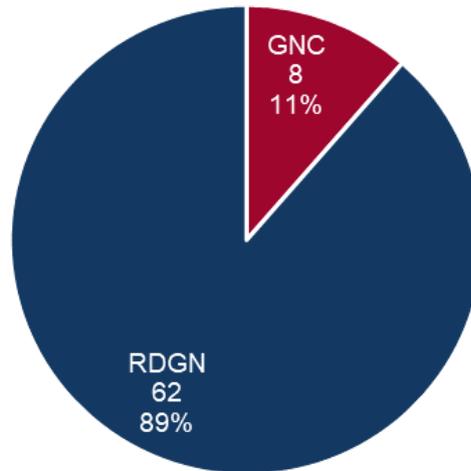
Fonte: Adaptado de ANP (2023d).

Com o volume coletado de 14,6 milhões de metros cúbicos até agosto de 2023, a SCGÁS representa 4% da movimentação total pelo GASBOL em Santa Catarina. Todavia, este volume não está atrelado ao consumo do estado. Como comentado anteriormente, a SCGÁS pode realizar a movimentação interestadual utilizando a infraestrutura do GASBOL.

#### 4.1.3 SCGÁS

A SCGÁS opera distribuindo gás natural em 70 municípios de Santa Catarina, estes atendidos por gasodutos ou entrega pelo modal rodoviário (SCGÁS, 2023). Para isso, faz-se a análise da representatividade de atendimento pelos diferentes tipos de modais, conforme apresentado na Figura 28.

Figura 28 – Municípios atendidos por GN pela SCGÁS.



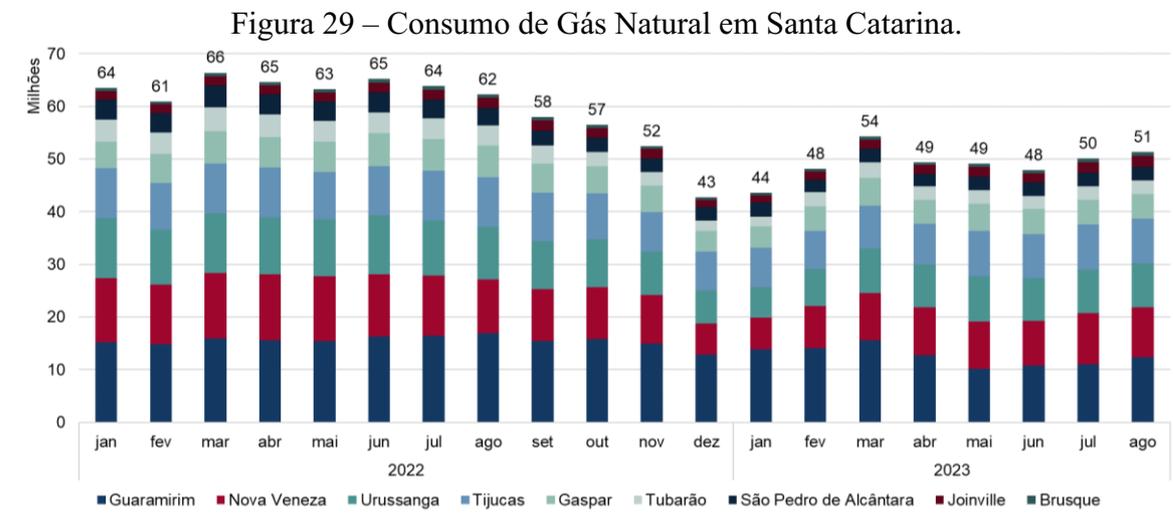
Fonte: Adaptado de SCGAS (2023).

Projetos futuros de implementação de novos ramais de distribuição por gasodutos preveem a redução de dois municípios atendidos por GNC, através do modal rodoviário, e o aumento em 6 municípios atendidos pela rede dutoviária de gás natural (RDGN). Esse aumento se deve à infraestrutura das cidades de Lages, Garuva e Sombrio. Segundo a SCGÁS (2023), a empresa atualmente, possui 1.260 quilômetros de rede implantada, porém há a meta de crescimento da rede em mais de 40% e o número de clientes atendidos avançará 120% até 2025. Esse crescimento tem como investimento chegar a 15 novas cidades, onde destacam-se o Projeto Serra e a Rede Isolada no Planalto Norte. Até 2025, a Companhia tem como planejamento investir, ainda R\$ 110 milhões para a finalização das obras. Tornando-se o maior projeto de infraestrutura de rede de distribuição de gás natural em execução no Brasil.

Apesar do aumento na malha dutoviária, os projetos atualmente se restringem ainda para a região norte, litorânea e serrana de Santa Catarina, o que impossibilita a distribuição dutoviária para o interior do estado. Sendo assim, alternativas como o uso do transporte rodoviário se mostram promissoras neste cenário. Logo, implementações como o uso de gás natural liquefeito transportado por caminhões podem atender a demanda pelo produto, substituindo a forma atual de distribuição de gás natural comprimido, promovendo um maior volume de carga para o mesmo trajeto. Para isso, se fez necessário o entendimento da distribuição e consumo atual das regiões de Santa Catarina, conforme analisado na subseção a seguir.

#### 4.1.4 Consumo em Santa Catarina

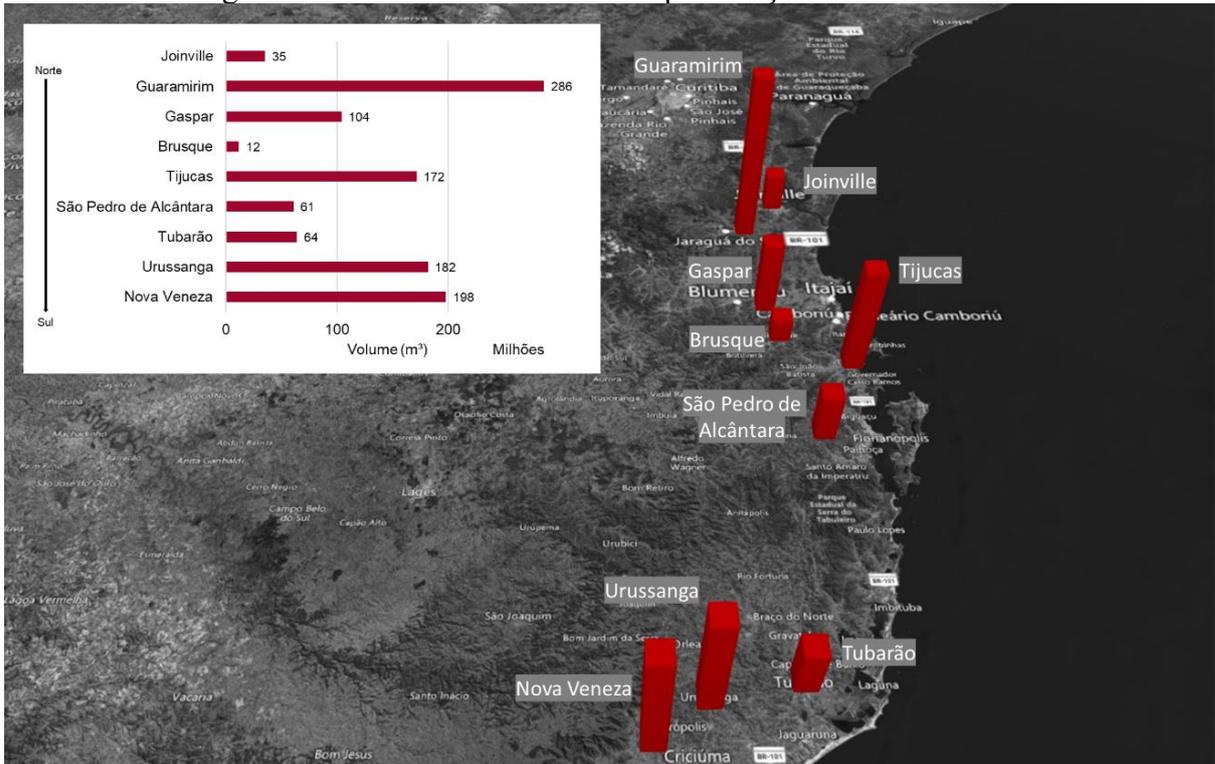
A SCGÁS tem nove estações de coleta de gás natural do gasoduto Bolívia-Brasil, sendo estes nos municípios de Joinville, Guaramirim, Gaspar, Brusque, Tijucas, São Pedro de Alcântara, Tubarão, Urussanga e Nova Veneza, respectivamente citadas do sentido norte ao sul do estado. Estas estações de recebimento atendem a demanda dos municípios conectados pela malha dutoviária presente na região, conforme apresentados na Figura 29. Logo, a partir dos dados disponibilizados pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil, a Figura 28 a seguir apresenta o total de volume consumido obtido através das estações de recebimento apresentados anteriormente.



Fonte: Adaptado de ANP (2023d).

As principais estações de recebimento que coletam gás natural do estado estão em Guaramirim, Nova Veneza, Urussanga e Tijucas. Conforme a malha de distribuição de Santa Catarina, Guaramirim é responsável pela região norte do estado, assim como, está conectada diretamente à malha de Joinville e indiretamente à malha de Tijucas (que atende em partes a região da Grande Florianópolis). Já os municípios de Nova Veneza e Urussanga são responsáveis por atender a região sul de Santa Catarina. A Figura 30 apresenta o comparativo do volume total recebido pelas estações no período de análise (janeiro de 2022 até agosto de 2023).

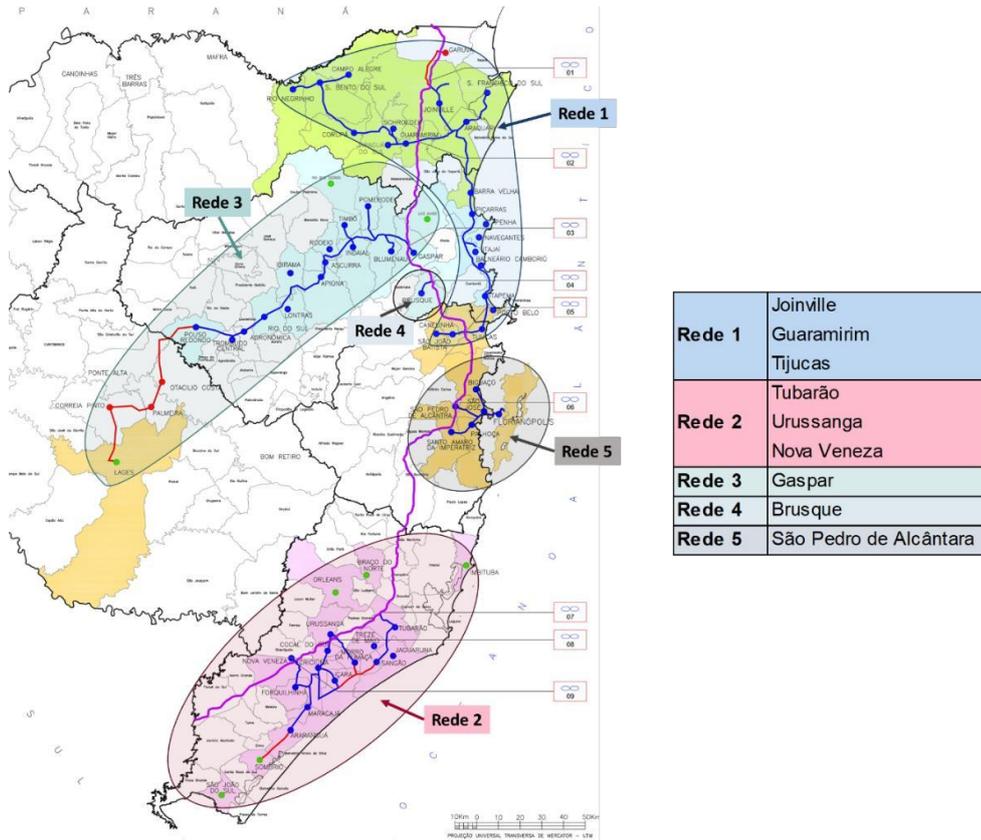
Figura 30 – Volume de Gás Natural por estação de recebimento.



Fonte: Adaptado de ANP (2023d).

O município com maior consumo no período analisado é Guaramirim, com o total de 286 milhões de metros cúbicos de gás natural, representando cerca de 25% de todo o consumo de Santa Catarina. Com o objetivo de analisar o consumo de gás natural da região, dividiu-se os municípios por redes de conexão, agrupados por malha dutoviária que possuem pelo menos um ponto de conexão em comum, conforme mostrado na Figura 31. As redes foram divididas em função das conexões dos ramais dutoviários da SCGÁS (em azul). Como exemplo, os municípios de Joinville, Guaramirim e Tijucas possui uma estação de recebimento conectada ao GASBOL, todavia, pela malha dutoviária da SCGÁS, estas estações se conectam, permitindo o compartilhamento do gás natural coletado entre as estações.

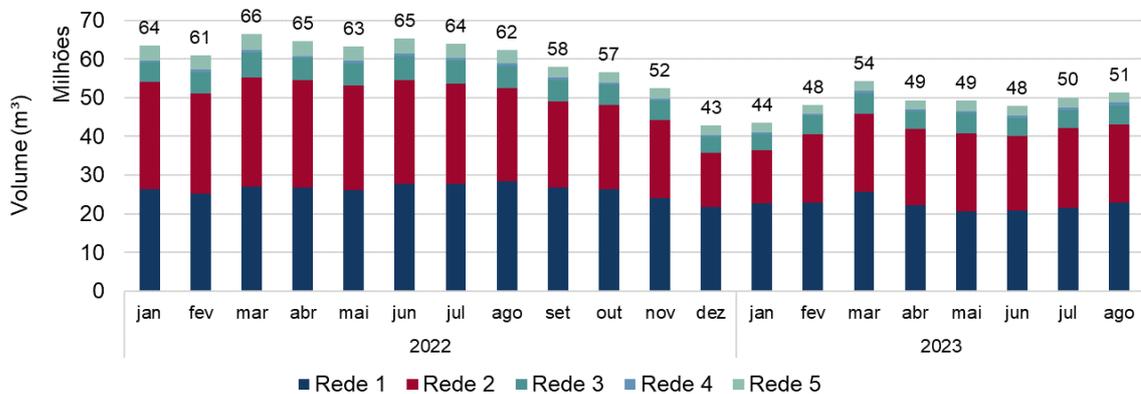
Figura 31 – Redes de distribuição de Gás Natural.



Fonte: Autor (2023).

Sendo assim, essa conexão pode gerar divergências na compreensão do consumo de gás natural por localidade, o que justifica a divisão das redes em grupos. As redes, elaboradas neste trabalho, permitiram compreender o perfil de consumo das regiões de conexão, para isso, desenvolveu-se a análise do consumo de gás natural dividido por redes em função do período analisado, conforme Figura 32.

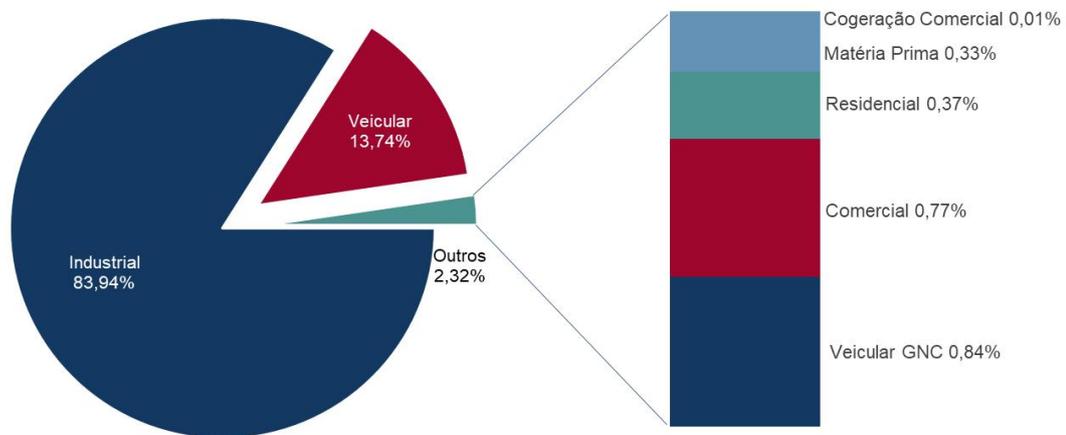
Figura 32 – Consumo de Gás Natural por rede de distribuição.



Fonte: Adaptado de ANP (2023).

Destaca-se a representatividade da rede de distribuição 1 e 2, sendo elas da região litorânea localizada no nordeste e no sul do estado, que juntas representam cerca de 83% do consumo de gás natural de Santa Catarina. Estas redes possuem maior parte do consumo de GN devido a sua localização com proximidades a regiões industriais, resultando em um maior consumo. Sendo assim, com o intuito de compreender o perfil de consumo destas regiões e quais os setores do mercado responsáveis, a Figura 33 apresenta a participação dos segmentos de Santa Catarina para o consumo de gás natural para o ano de 2022.

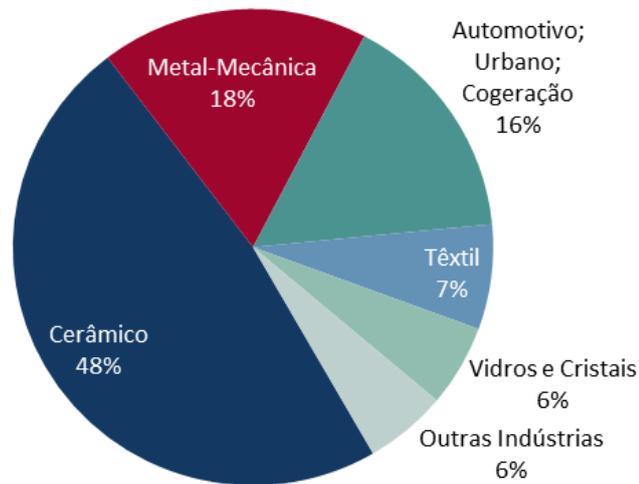
Figura 33 – Participação por segmento no consumo de GN em Santa Catarina.



Fonte: Adaptado de SCGAS (2023).

De acordo com a figura, a maior representatividade deve-se ao setor industrial, somando cerca de 84%, em seguida o consumo veicular, com aproximadamente 14%, responsável pelo abastecimento dos veículos movidos a gás natural veicular (GNV). O consumo industrial se destaca devido ao perfil econômico que compõe o estado de Santa Catarina, através de empresas multinacionais referências nas suas áreas, principalmente na região norte, nordeste e sul do estado. Sendo assim, conforme mostrado na Figura 34, o consumo industrial de gás natural deve-se principalmente aos segmentos cerâmico e metalmeccânica.

Figura 34 – Participação pelo segmento industrial em Santa Catarina em 2022.



Fonte: Adaptado de SCGAS (2023).

Destaca-se que o segmento de cerâmica representa 48% do consumo de gás natural, em seguida, o segmento metalmeccânica com 18% de representatividade. O setor de cerâmica tem o seu potencial localizado no sul do estado, onde está presente o polo de cerâmicos de Santa Catarina, sendo o gás natural utilizado principalmente como fonte de energia para aquecimento durante o processo de fabricação cerâmico, já o setor de metalmeccânica concentra-se nas regiões norte e nordeste, onde se localizam empresas multinacionais, como Tupy e WEG, onde se utiliza o gás natural no aquecimento das caldeiras e fornos de fundição, assim como em outros processos de fabricação.

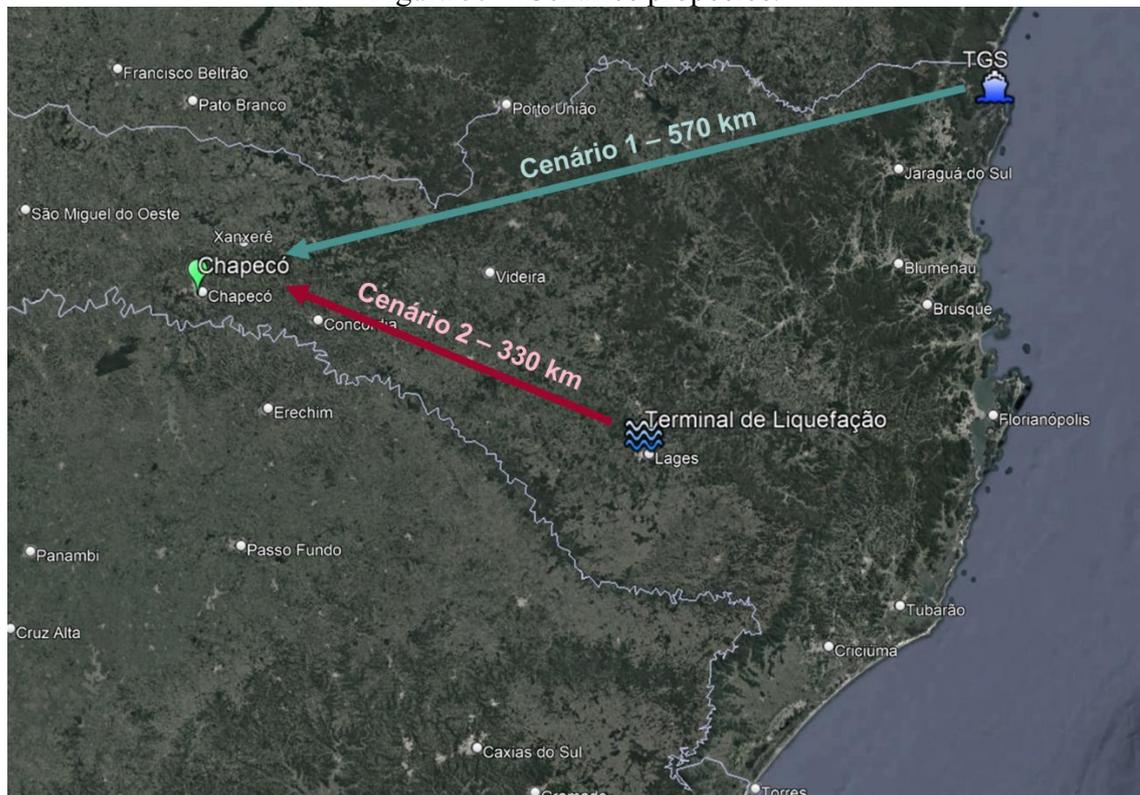
As análises apresentadas nesta seção mapearam o atual cenário da distribuição de gás natural, utilizando as malhas da empresa responsável SCGÁS; a movimentação feita por dutos no estado, realizadas pela Petrobras, através do gasoduto Bolívia-Brasil; o consumo em Santa Catarina, destacando a região norte, nordeste e sul; e os segmentos responsáveis por este consumo no estado. Com isso no próximo capítulo será realizado a análise dos custos operacionais e de investimento a partir da infraestrutura do estado para a realização do transporte e distribuição de gás natural para a região oeste de Santa Catarina.

## 4.2 INCLUSÃO DO GNL *SMALL SCALE*

Com o objetivo de promover e estimular a distribuição do gás natural liquefeito *small scale* em Santa Catarina, propõe-se os seguintes cenários logísticos, estes cenários estão exemplificados conforme a Figura 35.

- Cenário 1: Instalação de um centro de distribuição rodoviário de gás natural nas proximidades do Terminal Gás Sul - TGS (São Francisco do Sul).
- Cenário 2: Instalação de um centro distribuição de gás natural nas proximidades da cidade de Lages (Rede 3).

Figura 35 – Cenários propostos.



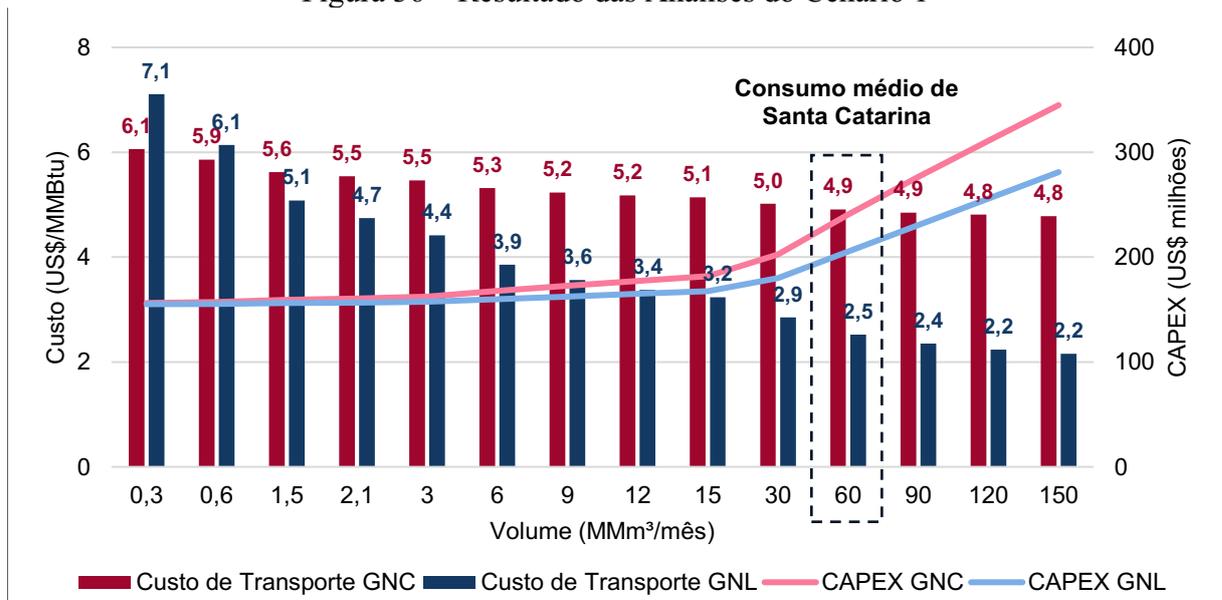
Fonte: Autor (2023).

Estes cenários foram propostos com o objetivo de atender a potencial demanda da região oeste do estado. Analisaram-se os cenários propostos a partir das distâncias até Chapecó, principal polo de desenvolvimento econômico do oeste de Santa Catarina, onde para o cenário 1 considerou-se a distância de 570 km e para o cenário 2 de 330 km.

Para o cenário 1 o gás natural chega no estado por meio do terminal marítimo localizado em São Francisco do Sul na forma liquefeita, sendo este transportado para a região de interesse pelo modal rodoviário. Já para o cenário 2, o gás natural chega pelo modal dutoviário na cidade de Lages conectado com o GASBOL, e o transporte para a região de interesse é realizado pelo modal rodoviário. Os cenários possuem cadeias logísticas semelhantes, todavia para o cenário 1 não se considera o transporte por meio dutoviário. Optou-se pelo cenário 1 devido à proximidade com o TGS, que receberá o gás natural já em forma liquefeita, sendo necessária apenas a transferência para tanques ou diretamente para caminhões. O cenário 2 foi escolhido devido à proximidade do ponto de entrega dutoviária com Chapecó.

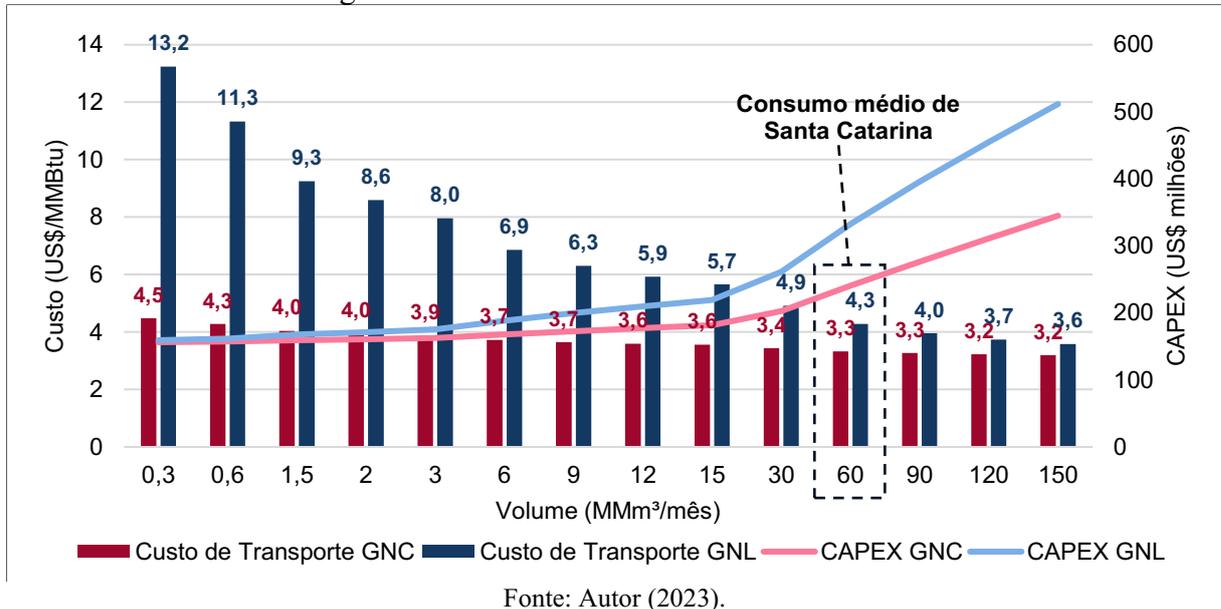
Dessa forma, desenvolveu-se a análise comparativa dos custos operacionais (OPEX – *Operational Expenditure*), assim como os custos de investimento (CAPEX - *Capital Expenditure*) relacionados a distribuição e transporte do GNL e GNC em função da demanda, sendo utilizado como referência o estudo de caso desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em 2020 para a monetização do gás natural *onshore* no Brasil. Logo, varia-se o volume movimentado com o objetivo de abranger os possíveis custos para os cenários de variação da demanda de gás natural, conforme mostrado nas Figura 36 e 37. No gráfico destacou-se o perfil de consumo médio de Santa Catarina, onde optou-se por estender a demanda com o objetivo de melhor compreensão do comportamento dos custos.

Figura 36 – Resultado das Análises do Cenário 1



Fonte: Autor (2023).

Figura 37 – Resultado da Análise do Cenário 2

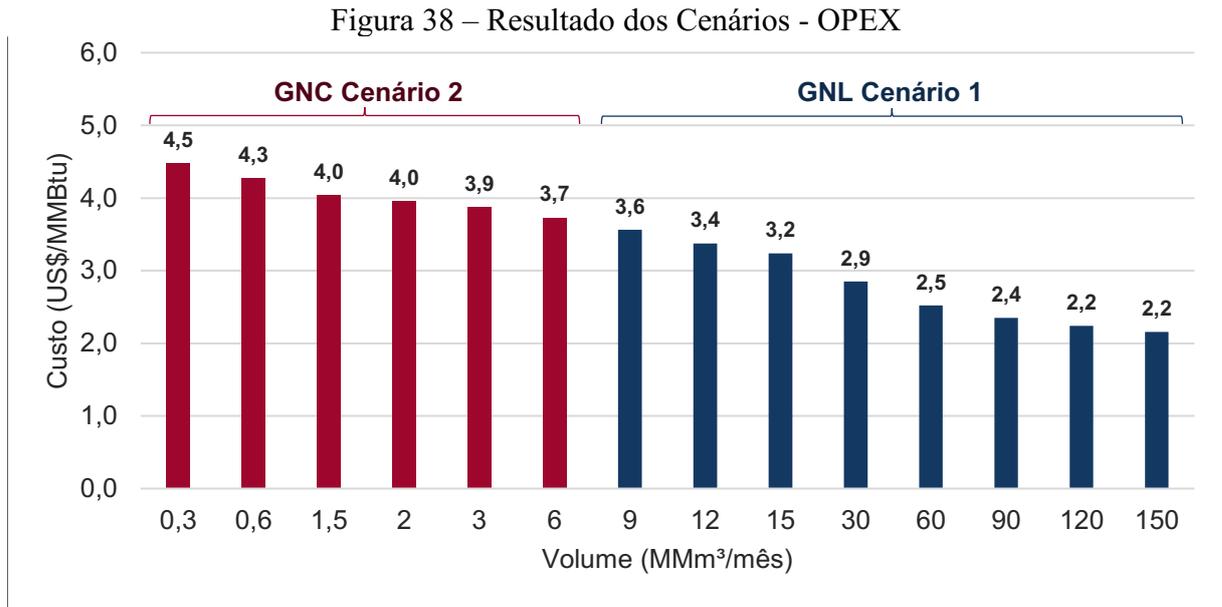


Nota-se que a alternativa de menor custo operacional para o transporte de gás natural, deve-se ao cenário de menor distância de transporte, o que favorece o cenário 2 proposto, quando analisado os custos de transporte GNC, variando entre 3,2 e 4,5 US\$/MMBtu. Todavia, para o cenário 1, custos relacionados a liquefação do gás não são considerados no custo final, o que reduz o custo em aproximadamente 50%, mostrando-se promissor para o GNL a partir de 1,5 milhões de metros cúbicos por mês.

Ao avaliar os custos de investimento (CAPEX), o cenário 1 apresentou um valor menor para o GNL quando comparado com o cenário 2. Isso deve-se por conta da ausência de uma unidade de liquefação em São Francisco do Sul, onde conta apenas com uma unidade de tratamento do gás natural. Devido à proximidade com o porto, que recebe o gás natural na forma liquefeita, o custo de investimento para GNL no cenário 1 apresenta um valor inferior aos custos de GNC, o que contribui para a viabilidade deste cenário. Já para o cenário 2, o custo de investimento para o GNL é composto pelo custo de tratamento e liquefação, o que acarreta em um valor elevado de CAPEX quando comparado com o GNC, composto por custos de tratamento e compressão.

A análise de projeção de mercado para todo o estado de Santa Catarina é necessária com o objetivo de compreender o perfil de demanda de gás natural. Todavia, por ausência de dados públicos não se desenvolveu esta análise neste estudo. Sendo assim, dado os resultados apresentados, para os custos operacionais de transporte, conclui-se que para cenários de menor

perfil de demanda (inferiores a 6 milhões de metros cúbicos por mês), o cenário 2 com o transporte por GNC se mostrou mais atraente, já para o volume de demanda superior a 6 milhões de metros cúbico por mês, a melhor alternativa é o transporte de GNL de acordo com o cenário 1, conforme mostrado na Figura 38. Ao comparar os investimentos (CAPEX), o cenário 1 com o transporte de GNL se mostrou mais atraente, com valores inferiores ao GNC para ambos os cenários.



Sendo assim, em função da demanda potencial, é possível avaliar o melhor cenário para a distribuição de gás natural para a região oeste de Santa Catarina, seja na forma de gás natural comprimido ou liquefeito. Deve-se ser considerado também o custo do investimento (CAPEX), onde conforme apresentado, o GNL para o cenário 1 apresentou valores inferiores aos demais. Logo, considerando a pequena variação de custos operacionais entre o GNC (cenário 2) e GNL (cenário 1) para os menores volumes analisados, conclui-se que o cenário 1, com a distribuição de GNL de São Francisco do Sul até Chapecó, se mostrou mais atraente considerando todos os fatores em função da demanda.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de alcançar o objetivo geral do estudo, neste trabalho foram levantadas as principais etapas logísticas que compõe o cenário de distribuição de gás natural no contexto global e os principais agentes responsáveis presentes na cadeia logística do gás natural. Além disso, com o objetivo de avaliar o atual cenário de distribuição de gás natural em Santa Catarina, desenvolveu-se a análise de custos de transporte e investimento do gás natural com a finalidade de introduzir a distribuição *small scale* em Santa Catarina.

A fim de atender os objetivos específicos, apresentou-se os principais polos logísticos, exportador ou importador, sendo possível mapear os terminais nacionais e internacionais de GNL, destacando as principais características dos terminais de acordo com a região e a função logística, assim como, abordou-se os futuros terminais de GNL presentes na região sul do Brasil com destaque para os terminais de Paranaguá e São Francisco do Sul com objetivo de compor a oferta de gás natural na região. Destaca-se que, para o Terminal Gás Sul (São Francisco do Sul), está previsto o início de operação em 2024, já para Paranaguá, os terminais estão ainda na fase de projeto, aguardando aprovações jurídicas para o início da construção.

Sendo assim, para responder as questões apresentados neste estudo (“*Qual o atual consumo de gás natural em Santa Catarina?*” e “*É possível a implementação da cadeia de valor small scale para a distribuição de GNL a fim de atender a futura demanda do interior do estado Santa Catarina?*”), através das análises apresentadas do perfil de demanda de gás natural no estado de Santa Catarina, foi possível quantificar o consumo para o estado, respondendo ao primeiro questionamento presente neste trabalho. Estas análises permitiram identificar que os maiores consumos de gás natural em Santa Catarina são provindos de regiões industriais como o norte e sul do estado. Destaca-se que o setor cerâmico é responsável por aproximadamente metade do consumo industrial do estado de gás natural, situado na região sul.

Com isso, após a análise de consumo de gás natural em Santa Catarina, foi proposto dois cenários com o objetivo de implementar o sistema *small scale* para atender a futura demanda de gás natural do interior do estado, abordando custos operacionais de acordo com a distância e volume movimentado, respondendo ao segundo questionamento do estudo. Dessa forma, o cenário que apresentou o menor custo operacional de distribuição de GNL *small scale* foi o cenário 1, responsável pela implementação de um centro de distribuição rodoviário de gás natural liquefeito em São Francisco do Sul, nas proximidades do Terminal Gás Sul, sendo possível realizar o transporte por caminhões até as regiões do interior de Santa Catarina. Este

cenário mostrou-se promissor, todavia questões políticas e ambientais devem ser consideradas, dado que este transporte será pelo modal rodoviário, acarretando em um aumento no fluxo de caminhões para as regiões.

Por fim, nota-se que o estudo e análise da utilização do gás natural para o estado de Santa Catarina se mostra promissor e com vantagens competitivas frente a outras formas de energia convencionais já utilizadas, com o objetivo da minimização da emissão de gás carbônico e o incentivo na utilização de fontes de energias alternativas menos poluentes. Além disto, dadas as análises de mercado, realizadas ao longo deste trabalho, a partir do cenário mais promissor, indica-se para a continuação desta pesquisa, a realização da análise de projeção de mercado de gás natural para a região de interior do estado de Santa Catarina, com o intuito de compreender o perfil de demanda de gás natural e avaliar os custos vinculados às infraestruturas para os cenários propostos.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Como funciona o processo de exploração e produção de petróleo e gás natural no Brasil**. 2020a . Disponível em: [https://www.gov.br/anp/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/kits-de-imprensa-1/como-funciona-o-processo-de-exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas-natural-no-brasil](https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/kits-de-imprensa-1/como-funciona-o-processo-de-exploracao-e-producao-de-petroleo-e-gas-natural-no-brasil). Acesso em: 25 mai. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, **Processamento de Gás Natural**. 2021. Disponível em: < <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-de-derivados-de-petroleo-e-processamento-de-gas-natural/processamento-de-gas-natural>>. Acesso em: 13 mar. 2023

AL-HAIDOUS, S. et al. **Evaluating lng supply chain resilience using swot analysis: The case of qatar**. *Energies*, p. 15–79, dez. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, **Anuário Estatístico 2022 - Dados Abertos Tabela 1.7**. 2022 Disponível em: < <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/anuario-estatistico-2022>>. Acesso em: 06 set. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, **Produção nacional de petróleo em janeiro registra recorde de 3,274 MMbbl/d**. 2023a Disponível em: [https://www.gov.br/anp/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/producao-nacional-de-petroleo-em-janeiro-registra-recorde-de-3-274-mmbbl-d](https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/producao-nacional-de-petroleo-em-janeiro-registra-recorde-de-3-274-mmbbl-d). Acesso em: 11 abr. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Gasodutos de Transporte - Instalações**. 2023b. Disponível em: < <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/movimentacao-estocagem-e-comercializacao-de-gas-natural/transporte-de-gas-natural/gasodutos-de-transporte/gasodutos-de-transporte-instalacoes>>. Acesso em: 26 jul. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Dados Estatísticos**. 2023c. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>. Acesso em: 06 set. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Dados Abertos**. 2023d. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos>. Acesso em: 06 set. 2023.

ANDRÉ RAMALHO. **O plano da Nimofast para tirar do papel o 1º terminal de GNL do Paraná**. 2022a. Disponível em: <https://epbr.com.br/o-plano-da-nimofast-para-tirar-do-papel-o-1o-terminal-de-gnl-do-pr/>. Acesso em: 14 set. 2023.

ANDRÉ RAMALHO. **O raio-x da distribuição de GNL em pequena escala no Brasil**. 2022b. Disponível em: <https://epbr.com.br/o-raio-x-da-distribuicao-de-gnl-em-pequena-escala-no-brasil/>. Acesso em: 14 set. 2023.

APEC ENERGY WORKING GROUP. **Small-scale LNG in Asia-Pacific**. Singapura: APEC, 2019. Disponível em: <https://www.apec.org/docs/default-source/publications/2019/9/small->

scale-lng-in-asia-pacific/219\_ewg\_small-scale-lng-in-asia-pacific.pdf?sfvrsn=e5628beb\_1. Acesso em: 02 mai. 2023.

AREND, Lauren. **O mercado de Gás Natural Liquefeito no Brasil: Realidade e expectativas futuras.** 2021. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Energia – Ppge, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

CBIE. **Quantos quilômetros de dutos temos no Brasil hoje?** 2019. Disponível em: <https://cbie.com.br/quantos-quilometros-de-dutos-temos-no-brasil-hoje/>. Acesso em: 21 set. 2023.

COMPANHIA DE GÁS DE SANTA CATARINA. **Regiões da rede de distribuição de gás natural de Santa Catarina.** 2023. Disponível em: <https://www.scgas.com.br/scgas/manager/resourcesDB.aspx?path=3326>. Acesso em: 28 jul. 2023.

DET NORSKE VERITAS. **Maritime Forecast to 2050.** Rio de Janeiro: DNV, 2023.

EIKENS, Magnus. **Economics of the LNG value chain.** 2022. Disponível em: <https://www.econnectenergy.com/articles/economics-of-the-lng-value-chain>. Acesso em: 08 mai. 2023

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Terminais de Regaseificação de GNL no Brasil: panorama dos principais projetos.** Rio de Janeiro: MME, 2019. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-412/Nota%20T%C3%A9cnica%20-%20Terminais%20de%20Regaseifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20GNL%20no%20Brasil%20\(Ciclo%202018-2019\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-412/Nota%20T%C3%A9cnica%20-%20Terminais%20de%20Regaseifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20GNL%20no%20Brasil%20(Ciclo%202018-2019).pdf). Acesso em: 28 mar. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Demanda de gás natural nos mercados nacional e internacional.** Rio de Janeiro, 2020.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **GNL de Pequena Escala Estudo de caso no Brasil.** Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2022a. 33 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032: previsão da produção de petróleo e gás natural.** Rio de Janeiro: EPE, 2022b. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Previs%C3%A3o%20da%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Petr%C3%B3leo%20e%20G%C3%A1s%20Natural%20-%20PDE%202032\\_20set22.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Previs%C3%A3o%20da%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Petr%C3%B3leo%20e%20G%C3%A1s%20Natural%20-%20PDE%202032_20set22.pdf). Acesso em: 05 mai. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032: previsão da produção de petróleo e gás natural.** Rio de Janeiro: EPE, 2022c. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Previs%C3%A3o%20da%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Petr%C3%B3leo%20e%20G%C3%A1s%20Natural%20-%20PDE%202032\\_20set22.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Previs%C3%A3o%20da%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20Petr%C3%B3leo%20e%20G%C3%A1s%20Natural%20-%20PDE%202032_20set22.pdf). Acesso em: 12 abr. 2023

ENERGY, D. of. **Global LNG Fundamentals**. Washington: US Department of Energy, 2017.

ENI. **Following Coral-Sul inauguration, Eni eyes more FLNG developments off Mozambique**. Disponível em: <https://www.offshore-energy.biz/following-coral-sul-inauguration-eni-eyes-more-flng-developments-off-mozambique/>. Acesso em: 15 jun. 2023.

EPBR. **GNL em pequena escala divide mercado na ANP**. Disponível em: <https://epbr.com.br/gnl-em-pequena-escala-divide-mercado-na-anp/>. Acesso em: 30 out. 2023.

FABER, Jasper; NELISSEN, Dagmar; AHDOUR, Saliha; HARMSSEN, Jorrit; TOMA, Silvia; LEBESQUE, Layla. **Analysis of the LNG market development in the EU**. Delft: European Commission, 2015.

FERREIRA, Catherine Gonçalves; MATOS, Daniel Felipe Oliveira de; PAULISTA, Guilherme Fischer; SILVA, Henrique Nogueira Andrade da; OLIVEIRA, Margibel Adriana de. **Guerra russo-ucraniana e a dependência europeia do abastecimento de gás natural russo**. Revista Científica Acertte - Issn 2763-8928, [S.L.], v. 3, n. 8, p. 1-10, 17 ago. 2023. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar. <http://dx.doi.org/10.47820/acertte.v3i8.148>. Acesso em: 30 jul. 2023.

FGV (Fundação Getúlio Vargas). FGV ENERGY. **Gás Natural**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2014. 80 p.

FGV (Fundação Getúlio Vargas). **Gás natural liquefeito: cenários globais e oportunidades para a indústria brasileira**. Brasília: FGV, 2016. Disponível em: [https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18196/gas\\_natural\\_liquefeito\\_-\\_cenarios\\_globais\\_e\\_oportunidades.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18196/gas_natural_liquefeito_-_cenarios_globais_e_oportunidades.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 17 set. 2023.

GOMES, Pedro Aguiar. **Avaliação das oportunidades do gás natural liquefeito em pequena escala no Brasil sob as perspectivas do produtor, transportador e do consumidor final**. 2018. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

IBP (INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS), **Maiores produtores mundiais de gás natural em 2021**. 2020 Disponível em: < <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-produtores-mundias-de-gas-natural-em-2020/> >. Acesso em: 27 fev. 2023.

IBP (INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS), **Maiores exportadores de gás natural**. 2022a Disponível em: < <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-exportadores-de-gas-natural/> >. Acesso em: 21 fev. 2023

IBP (INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS), **Maiores importadores de gás natural**. 2022b. Disponível em: < <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/maiores-importadores-de-gas-natural/> >. Acesso em: 21 fev. 2023

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, **The Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2023 Disponível em: <https://www.ipcc.ch/> >. Acesso em: 13 mar. 2023

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2022 Mitigation of Climate Change: working group iii contribution to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. S.I: 2022 Intergovernmental Panel on Climate Change., 2022. 2042 p.

INTERNATIONAL GAS UNION, **Natural Gas Advantage**. 2021 Disponível em: < <https://www.igu.org/facts-figures/> >. Acesso em: 22 abr. 2023.

INTERNATIONAL GAS UNION. **2022 World LNG Report**. Londres: IGU, 2022.

INTERNATIONAL GAS UNION. **Small Scale LNG**. Londres: IGU, 2015. Disponível em: <http://members.igu.org/old/IGU%20Events/wgc/wgc-2015/committee-reports-with-thematic-sessions/pgcd-3-paper.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2023.

INTERNATIONAL GROUP OF LIQUEFIED NATURAL GAS IMPORTERS. **GIIGNL Annual Report**. 2019 França: GIIGNL, 2022.

MARINE DIGITAL. **TOP 10 LNG shipping companies with LNG carriers**. 2019. Disponível em: [https://marine-digital.com/article\\_10biggest\\_lng\\_shipping\\_companies](https://marine-digital.com/article_10biggest_lng_shipping_companies). Acesso em: 10 out. 2023.

Ministério da Educação. **Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE**. 2021 Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/480-gabinete-do-ministro-1578890832/assessoria-internacional-1377578466/20746-organizacao-para-a-cooperacao-e-desenvolvimento-economico-ocde> >. Acesso em: 19 ago. 2023

BRASIL, MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA), **MME desenvolve projeto para elevar investimentos e tornar o Brasil o quarto maior produtor de petróleo do mundo**. 2023a. Disponível em: < <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-desenvolve-projeto-para-elevar-investimentos-e-tornar-o-brasil-o-quarto-maior-produtor-de-petroleo-do-mundo> >. Acesso em: 27 fev. 2023

BRASIL, MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA). **Dados Abertos**. 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/acao-a-informacao/dados-abertos>. Acesso em: 02 mar. 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO INDÚSTRIA COMÉRCIO. **Exportações, Importações e Balança Comercial**. 2023. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/comex-vis>. Acesso em: 11 ago. 2023.

RAMALHO, André. **Distribuição de GNL em pequena escala começa a ganhar tração em 2024**. 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/distribuicao-de-gnl-em-pequena-escala-comeca-a-ganhar-tracao-em-2024/>. Acesso em: 20 out. 2023.

SANTIAGO, Lucas Carneiro. **Análise do processo de licenciamento ambiental para perfuração nas atividades de e&p offshore de petróleo e gás natural**. 2017. 140 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

SCGÁS COMPANHIA DE GÁS DE SANTA CATARINA. **SCGÁS: 28 anos de história**. 2019. Disponível em: <https://www.scgas.com.br/scgas/site/a-scgas/historia>. Acesso em: 28 jul. 2023.

SCGÁS. **Relatório integrado da administração**. Florianópolis: SCGÁS, 2022. Disponível em: [https://www.scgas.com.br/scgas\\_transparencia/manager/resourcesDB.aspx?path=983](https://www.scgas.com.br/scgas_transparencia/manager/resourcesDB.aspx?path=983). Acesso em: 12 set. 2023.

SENADO FEDERAL, **Projeto de Lei nº 4476, de 2020**. Disponível em: <<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/144582#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20transporte%2C%20a,do%20suprimento%20de%20g%C3%A1s%20natural.>>. Acesso em: 04 mai. 2023

SENNA, Juliana Pizzolato Furtado; AZEVEDO, Patricia de Albuquerque de; FONSECA, Carolina do Rêgo Lopes; ANTUNES, Jessica Santos. **Novo Mercado de Gás e o mercado de GNL no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://epbr.com.br/novo-mercado-de-gas-e-o-mercado-de-gnl-no-brasil/>. Acesso em: 22 mar. 2023.

SIA PARTNERS. **Small-scale LNG Facilities Introduce Clean Fuel Alternative**. 2017. Disponível em: <https://www.sia-partners.com/en/insights/publications/small-scale-lng-facilities-introduce-clean-fuel-alternative>. Acesso em: 09 set. 2023.

TGS TERMINAL GÁS SUL. **Terminal Gás Sul: estudo de impacto ambiental**. Rio de Janeiro: Golar LNG, 2018. 2154 p.

THOMAS, S., DAWE, R. **Review of ways to transport natural gas energy from countries which do not need the gas for domestic use**. Energy, vol. 28, p. 1461-1477, Nov. 2003. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00124-5](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00124-5).

TRACTEBEL. Tractebel Engineering S.A., 2015a. **Mini /Micro LNG for commercialization of small volumes of associated gas**. October 2015. World Bank, Washington, DC. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25919>. Acesso em: 21 set. 2023.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, **Natural gas explained Liquefied natural gas**. 2023. Disponível em: <<https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/liquefied-natural-gas.php>>. Acesso em: 18 abr. 2023.

UNITED STATES AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. **Global LNG Fundamentals**. Washington: USAID Us Departament Energy, 2018.

VIEIRA, P. L., GARCIA, C. B., GUIMARÃES H., B., TORRES, E. A., PEREIRA, O. L. S. **Gás natural: benefícios ambientais no Estado da Bahia**. Salvador: Solisluna Design e Editora, 132 p., 2005.