

CENTRO DE TECNOLOGIA DA INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA SENAI: CENTRO DE TECNOLOGIA DA
INDÚSTRIA QUÍMICA E TÊXTIL

Adriane Nogueira Ceciliano

**Prospecção Tecnológica da Utilização do Gás Natural como Insumo na Indústria
Química Brasileira**

Rio de Janeiro
2020

Adriane Nogueira Ceciliano

**Prospecção Tecnológica da Utilização do Gás Natural como Insumo na Indústria
Química Brasileira**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em engenharia química, da Faculdade de Engenharia Química SENAI CETIQT, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia química.

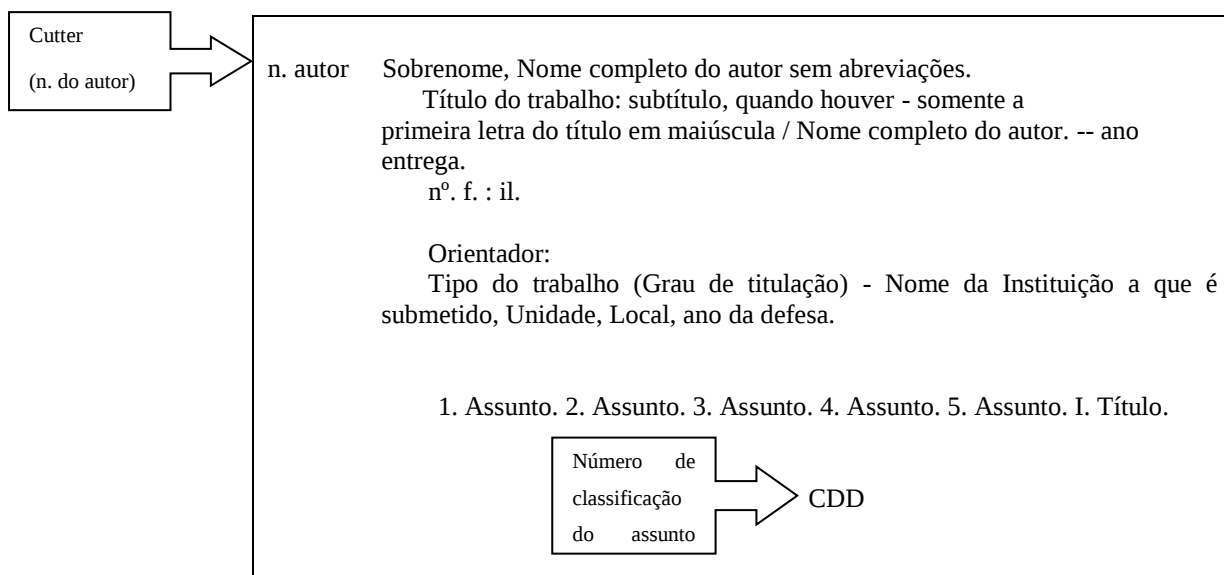
Orientador(a): Prof. DSc. José Roberto da Silva
Júnior

Rio de Janeiro

2020

Exemplo:

Ficha Catalográfica



Adriane Nogueira Ceciliano

**Prospecção Tecnológica da Utilização do Gás Natural como Insumo na Indústria
Química Brasileira**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em engenharia química, da Faculdade de Engenharia Química SENAI CETIQT, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia química.

Aprovada em: 03/12/2020

Aprovado por:

Orientador: José Roberto da Silva Júnior (DSc)

Banca Examinadora:*

Michelle Reich, MSc, Senai CETIQT

Héctor Napoleão Cozendey da Silva, DSc, Senai CETIQT

Pedro Paulo Dias Mesquita, MSc, BNDES

*as assinaturas foram geradas eletronicamente no site <https://www.assinaturagratis.com/>, e encontram-se no final do documento.

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais por toda dedicação e força que me deram durante esses cinco anos de formação. O apoio deles foi essencial para eu sempre acreditar em mim e dar o meu melhor, mesmo em momentos difíceis.

Gostaria de agradecer também aos meus irmãos, cunhados e meu namorado, por toda paciência e compreensão em momentos de estresses e cansaços. Sem vocês eu nada seria. Obrigada por me fazerem crescer.

Aos amigos que a faculdade Senai CETIQT me deu, obrigada por terem tornado minhas manhãs mais felizes, por tanta dedicação. Sou grata demais por essas amizades e levarei para sempre no meu coração.

Aos professores que me ajudaram nessa caminhada e me ensinaram muito, tanto como aluna, quanto como pessoa. Em especial para o meu orientador José Junior, pelas orientações e profissionalismo. Muito obrigada!

Um agradecimento especial para o BNDES, especialmente para a equipe da Geset, que me acolheu como estagiária e me fez crescer profissionalmente e aprender muito.

Por fim, obrigada Deus e Universo por terem proporcionado momentos tão bons e importantes para a minha vida até aqui.

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento”.

(Albert Einstein)

RESUMO

Considerando o cenário atual de demanda de Gás Natural (GN), entende-se que os interesses e estudos referentes ao uso desse gás vêm sendo impulsionados pela busca por fontes energéticas menos poluidoras. O GN pode ser utilizado nas indústrias como insumo para fins não energéticos, principalmente para a produção de metanol e fertilizantes nitrogenados, como também para fins energéticos, na geração de calor, energia elétrica e cogeração. No Brasil, esse gás é utilizado como matéria-prima exclusivamente na indústria química e a expansão do seu uso pode ser impulsionado por um cenário de maior estabilidade de oferta e preços competitivos do GN. Dessa forma, é importante compreender a tendência futura das possíveis utilizações do GN e aprofundar os estudos sobre essa tecnologia. Nesse contexto, o presente trabalho realizou uma prospecção tecnológica, com o auxílio da ferramenta do *Technology Roadmap* (TRM). Para isso, analisou-se artigos científicos da base de dados *ScienceDirect* e patentes do banco de dados *Google Patents* para construir o *roadmap*. Com o *roadmap* foi possível analisar o cenário em curto e longo prazo, a partir do estágio atual, sobre as diferentes aplicações do GN. Em curto prazo, identificou-se um interesse maior por parte das indústrias no consumo do GN como matéria-prima para a produção de metanol. Por outro lado, em longo prazo, a prospecção mostra uma tendência de uso desse gás para fins energéticos, na geração de energia e cogeração. Algumas empresas de relevância no setor e instituições brasileiras, mostradas no mapa visual, estudaram o tema em questão, como a Exxonmobil, BP e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE UFRJ). Os resultados desse estudo prospectivo foram comparados com as projeções do relatório “Gás para o desenvolvimento” publicado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), confirmando uma tendência de aumento da utilização do GN nas indústrias químicas brasileiras ao longo dos anos. Por esse motivo, é importante estudar e compreender essa tecnologia de maneira mais aprofundada, principalmente em um cenário mais favorável desse gás no Brasil.

Palavras-chave: gás natural, energéticos, não energéticos, indústrias químicas, *technology roadmap*.

ABSTRACT

Considering the current scenario of Natural Gas (NG) demand, it is assessed that the search for less-polluting energy sources has propelled interests and studies concerning the use of this gas. NG can be utilized in industries as input for non-energy purposes, mainly for the production of methanol and nitrogen fertilizers, and for energy purposes when generating heat, electrical energy, and cogeneration. In Brazil, this gas is utilized as primary material by the chemical industry exclusively and, the expansion of its use could be driven by better offer stability prospects and NG's competitive prices. Thus, it is essential to comprehend the future tendencies on the possible uses of NG and deepen studies about this technology. In this context, a technological prospection was carried out, with support from the Technology Roadmap (TRM) tool. To accomplish this, scientific articles from the ScienceDirect database and patents from the Google Patents database underwent analysis to build the roadmap. With the roadmap's assistance, it was possible to analyze the short and long-term scenarios for different NG applications stemming from the current stage. In the short-term, the analysis identified a growing interest by part of the industries in the consumption of NG as the primary material for methanol production. On the other hand, in the long-term, the prospection exhibits a tendency for NG use towards energy purposes, generating energy and, cogenerating. A few highly-relevant companies in the sector and some Brazilian institutions, such as ExxonMobil, BP, and the Alberto Luiz Coimbra Institute for Graduate Studies and Research in Engineering (COPPE UFRJ), shown in the visual map, have studied the matter in question. The results of this prospective study were compared to projections from the "Gas for Development" report, published by the Brazilian Development Bank (BNDES), which confirmed an increase in NG use by Brazilian chemical industries over the years. For this reason, this technology needs to be further studied and understood, especially in a more favorable outlook for this gas in Brazil.

Keywords: natural gas, energy, non-energy, chemical industries, technology roadmap.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Oferta e demanda de GN (médias diárias, 2014 e 2018).....	21
Figura 2 -	Segmentação da produção nacional.....	22
Figura 3 -	Percentual do gás produzido reinjetado nos campos Lula e Sapinhoá...	24
Figura 4 -	Distribuidoras de gás canalizado do Brasil.....	26
Figura 5 -	Segmentação do consumo de GN.....	27
Figura 6 -	Consumo final de GN no setor industrial em 2018.....	28
Figura 7 -	Modelo genérico de <i>Roadmap</i>	35
Figura 8 -	Estratégia de busca no <i>ScienceDirect</i>	40
Figura 9 -	Estratégia de busca no <i>Google Patents</i>	40
Figura 10 -	Arquitetura do <i>roadmap</i> no Excel.....	41
Figura 11 -	Número de artigos científicos por ano no período de 1983 a 2020.....	46
Figura 12 -	Número de artigos científicos por país no período de 1983 a 2020.....	47
Figura 13 -	Organização dos artigos científicos de acordo com uma visão em curto ou longo prazo.....	48
Figura 14 -	Organização dos artigos de acordo com os tipos de uso do GN.....	49
Figura 15 -	Número de artigos de acordo com o uso do GN para cogeração e outros fins energéticos.....	50
Figura 16 -	Número de artigos de acordo com os produtos gerados pelo uso do GN como matéria-prima.....	51
Figura 17 -	Número de patentes por ano no período de 1981 a 2010.....	52
Figura 18 -	Número de patentes por país no período de 1981 a 2010.....	53
Figura 19 -	Organização das patentes de acordo com uma visão de estágio atual e curto prazo.....	54
Figura 20 -	Organização das patentes de acordo com os tipos de uso do GN.....	55
Figura 21 -	Número de patentes de acordo com os produtos gerados pelo uso do GN como matéria-prima.....	56
Figura 22 -	<i>Roadmap</i> referente ao estágio atual da tecnologia do GN.....	57
Figura 23 -	<i>Roadmap</i> referente ao curto prazo da tecnologia do GN.....	58
Figura 24 -	<i>Roadmap</i> referente ao longo prazo da tecnologia do GN.....	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Palavras-chave definidas na etapa pré-prospectiva.....	39
Quadro 2 -	Estágios temporais: estágio atual, curto prazo e longo prazo.....	42
Quadro 3 -	Termos de busca utilizados no <i>Google</i>	43
Quadro 4 -	Documentos recuperados nas bases de dados selecionadas.....	44
Quadro 5 -	<i>Drivers</i> propostos para os <i>roadmaps</i>	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Indústrias químicas que utilizam GN como matéria-prima.....	29
Tabela 2 -	Potência instalada de unidades de cogeração da indústria química.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GN	Gás Natural
ANP	Agência Nacional do Petróleo
UPGN	Unidade de Processamento de Gás Natural
LGN	Líquido de Gás Natural
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BEN	Balanço Energético Nacional
PETROBRAS	Petróleo Brasileiro S.A.
COMPAGAS	Companhia Paranaense de Gás
TRM	<i>Technology Roadmap</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
MME	Ministério de Minas e Energia
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GNL	Gás Natural Liquefeito
GNC	Gás Natural Comprimido
ABEGÁS	Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado
BAHIAGÁS	Companhia de Gás da Bahia
Gasbol	Gasoduto Bolívia-Brasil
Gasene	Gasoduto da Integração Sudeste-Nordeste
E&P	Exploração e Produção
COPERGÁS	Companhia Pernambucana de Gás
COMGÁS	Companhia de Gás de São Paulo
Firjan	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CBIE	Centro Brasileiro de Infraestrutura
CNI	Confederação Nacional da Indústria
TBG	Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil
NTS	Nova Transportadora Sudeste
TAG	Transportadora Associada de Gás

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	15
1.1. INTRODUÇÃO	15
1.2. OBJETIVOS.....	17
1.2.1. Objetivo Geral.....	17
1.2.2. Objetivos Específicos	17
1.3. JUSTIFICATIVA.....	17
1.4. DELIMITAÇÃO	18
2. CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1. GÁS NATURAL	19
2.1.1. Conceituação	19
2.1.2. Mercado brasileiro.....	20
2.1.3. Reinjeção.....	22
2.1.4. Infraestrutura de escoamento e transporte	24
2.1.5. Distribuição no Brasil.....	25
2.2. GÁS NATURAL PARA A INDÚSTRIA.....	27
2.2.1. Demanda industrial brasileira	27
2.2.2. Principais consumidores industriais	28
2.3. UTILIZAÇÃO DO GÁS NATURAL NA INDÚSTRIA QUÍMICA	29
2.3.1. Uso como matéria-prima.....	29
2.3.1.1. Fertilizantes nitrogenados	30
2.3.1.2. Metanol.....	32
2.3.2. Uso energético e cogeração.....	32
2.4. PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA.....	33
2.4.1. Ferramenta do <i>Roadmap</i> Tecnológico.....	34
2.4.2. Perspectiva do BNDES sobre a evolução da demanda da produção de químicos derivados do Gás Natural	36

3. CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	37
3.1. ETAPA PRÉ-PROSPECTIVA	38
3.2. ETAPA PROSPECTIVA	39
3.3. ETAPA PÓS PROSPECTIVA	41
4. CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1. BASES DE DADOS ESPECÍFICAS	43
4.1.1. Etapa Pré-Prospectiva	43
4.1.2. Etapa Prospectiva	45
4.1.2.1. Base de artigos científicos <i>ScienceDirect</i>	45
4.1.2.2. Banco de patentes <i>Google Patents</i>	51
4.2. ROADMAP TECNOLÓGICO	57
4.2.1. Etapa Pós Prospectiva	57
4.2.1.1. Estágio Atual	57
4.2.1.2. Curto Prazo	58
4.2.1.3. Longo Prazo	60
5. CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO	62
5.1. CONCLUSÃO	62
5.2. SUGESTÕES FUTURAS	62
REFERÊNCIAS	64

1. CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) tem sido uma preocupação crescente em todo o mundo. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2020), 80% dessas emissões, principalmente de gás carbônico, provém da queima de combustíveis fósseis. Desse modo, entre esses combustíveis fósseis, o Gás Natural (GN) é o que emite menos GEE e por isso, é um combustível que desempenha um papel importante para a transição energética que está relacionada à uma economia de mais baixo carbono (FIRJAN, 2018).

O GN, de acordo com a Agência Nacional do Petróleo (ANP), é uma substância composta por hidrocarbonetos que permanecem em estado gasoso nas condições atmosféricas normais. É constituído de metano, com teores acima de 70%, seguido de etano e, em menores proporções, o propano, usualmente com teores abaixo de 2% (ANP, 2020a). Para que haja um melhor aproveitamento do GN é necessária uma separação de suas frações pesadas do metano e do etano pelas Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN), gerando o gás seco, o Líquido de Gás Natural (LGN), que formam o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e a gasolina natural (DICIONÁRIO DO PETRÓLEO, 2020).

Conforme o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), no Brasil, o setor industrial é o principal consumidor de GN com níveis elevados e contínuos de consumo diário (BNDES, 2020). Esse gás pode ser utilizado na indústria tanto como insumo energético, quanto como matéria-prima nos setores químicos e petroquímicos. Principalmente para a produção de metanol e de fertilizantes, para a produção de amônia e ureia (PETROBRAS, 2020a).

Em 2018, os dados do Balanço Energético Nacional (BEN) mostraram que o consumo total na indústria, considerando o energético e não energético, foi de 34 milhões de m³/dia e no período de 2016 a 2018, a indústria foi responsável por 35% em média da demanda anual de gás natural (BEN, 2019).

Analisando o uso do GN como insumo energético, sua destinação se baseia no fornecimento de calor, geração de eletricidade e de força motriz (PETROBRAS, 2020a). O gás natural é a terceira maior fonte de energia do setor industrial, que corresponde a um consumo de 28,8 milhões de m³/dia. Com esse volume, o setor industrial se destaca como o maior consumidor final de gás natural para fins energéticos, responsável por 47,8% do consumo total (BNDES, 2020).

No Brasil, o uso não energético atualmente se dá exclusivamente pela indústria química, que utiliza o gás natural para a produção de intermediários da indústria de fertilizantes. Em relações percentuais, a parcela utilizada como matéria-prima na indústria é 5% do total consumido. Essa parcela dá origem a mais de 80% do volume dos produtos orgânicos produzidos no mundo (COMPAGAS, 2020). O consumo final de GN como matéria-prima em quantidades, foi de 1,8 milhões de m³/dia em 2018, após um pico de 2,8 milhões de m³/dia em 2012 (BNDES, 2020).

Deste modo, entende-se que a indústria química desempenha um importante papel no mercado de GN, principalmente se considerar sua capacidade de expansão do uso como matéria-prima, que pode ser impulsionado por um cenário de maior estabilidade de oferta e preços competitivos do gás natural (BNDES, 2020). O uso desse gás para gerar energia pela combustão produz baixa emissão de poluentes, já que a queima do GN é mais limpa e eficiente. Como ele não deixa resíduos, seu uso é uma vantagem também para as indústrias, devido à diminuição do custo operacional com manutenção das máquinas (COMPAGAS, 2020).

Diante deste cenário, um estudo prospectivo se faz necessário. Por definição, a prospecção tecnológica é um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros, capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo. Os métodos de Prospecção Tecnológica são usados há várias décadas, como uma ferramenta para orientar os esforços empreendidos para a pesquisa, desenvolvimento e inovação (KUPFER e TIGRE, 2004; TEIXEIRA, 2013).

O presente trabalho, portanto, faz uma prospecção tecnológica do uso do GN como insumo no setor industrial químico brasileiro, utilizando como ferramenta o *Technology Roadmap* (TRM). Essa ferramenta reúne em um só documento os principais avanços tecnológicos de um determinado setor ou produto, realizando, desta maneira, a projeção das tendências identificadas ao longo de um período temporal definido.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por finalidade realizar uma projeção da evolução do consumo do gás natural em curto prazo e em longo prazo, a partir do *Roadmap* tecnológico da utilização do gás natural como insumo no setor industrial químico brasileiro.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico do consumo do gás natural no setor químico brasileiro;
- Definir taxonomias importantes através do estudo do gás natural nesse setor;
- Estudar a ferramenta de prospecção tecnológica TRM;
- Construir um *roadmap* da utilização do gás natural como insumo nesse ramo industrial;
- Comparar os resultados do *roadmap* com as projeções de curto prazo e longo prazo do relatório “Gás para o desenvolvimento” do BNDES, 2020.

1.3. JUSTIFICATIVA

Diante do cenário atual de demanda promissora de Gás Natural e com a ocorrência de grandes reuniões em instituições competentes, como o BNDES, sobre a utilização desse gás nas indústrias como pauta, um estudo prospectivo por meio da ferramenta do *Roadmap* Tecnológico se faz necessário (BNDES, 2020). Com essa ferramenta em forma de mapa, é possível identificar, avaliar e selecionar alternativas tecnológicas para a utilização do GN como insumo no setor industrial químico brasileiro (COUTINHO e BOMTEMPO, 2011). Essas alternativas reconhecem os parâmetros chave do mercado, produto e tecnologia, podendo responder problemas do presente e do futuro (CARDOSO; BOMTEMPO; BORSCHIVER, 2017).

Formas de energia mais poluidoras, como o carvão, a lenha e o óleo combustível são substituídas com o uso desse gás nas indústrias. Além disso, sua queima por ser mais limpa, produz baixa emissão de poluentes e fuligem, melhorando a qualidade do ar (COMPAGAS, 2020). Nesse contexto, foi desenvolvido o estudo de prospecção tecnológica para compreender a evolução do consumo do Gás Natural como insumo na indústria química brasileira.

1.4. DELIMITAÇÃO

O presente trabalho delimita-se a realizar uma prospecção tecnológica a partir de um levantamento bibliográfico, gerando informações relevantes para a aplicação da metodologia do *Roadmap* Tecnológico. Com essa ferramenta será possível obter uma perspectiva do cenário futuro sobre a evolução do consumo do Gás Natural, tendo como ênfase apenas a projeção da utilização desse gás como insumo no setor industrial químico brasileiro.

2. CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. GÁS NATURAL

2.1.1. Conceituação

O Gás Natural é a parcela do petróleo que se encontra na fase gasosa ou em solução nas condições de reservatório e que permanece no estado gasoso nas condições atmosféricas. É proveniente da combinação de hidrocarbonetos leves e gasosos, com predominância das moléculas de metano (CH_4), contendo também, em menores quantidades, o etano (C_2H_6), o propano (C_3H_8) e o butano (C_4H_{10}). Além disso, o GN corresponde a terceira maior fonte de energia fóssil primária no mundo, logo após o petróleo e o carvão (SANTOS *et al.*, 2007; FIOREZE *et al.*, 2013).

Assim como o petróleo, esse gás é resultante da degradação da matéria orgânica, fósseis de animais e plantas pré-históricas, sendo retirado da terra por meio de perfurações. Dessa forma, é considerado um combustível fóssil que se encontra na natureza em reservatórios profundos no subsolo, podendo ser associado ou não ao petróleo (BAHIAGÁS, 2020).

O gás associado se encontra dissolvido no petróleo ou sob a forma de uma capa de gás no reservatório geológico. Para esse caso, normalmente prioriza-se a produção inicial do óleo, utilizando-se o gás para manter a pressão do reservatório. Já o gás não-associado, não possuiu óleo e água no reservatório e sua concentração é predominante na camada rochosa, permitindo a produção basicamente de gás natural (ANP, 2020a).

O GN produzido no Brasil é predominantemente de origem associada ao petróleo e uma vez produzido, se distribui entre diversos setores de consumo, com fins energéticos e não energéticos (ANP, 2020a). Pode-se destacar ainda que o Brasil possui grandes reservas de GN. A América Latina possui 7 trilhões de m^3 , e deste total, 364 bilhões de m^3 estão distribuídos em reservas brasileiras (BAHIAGÁS, 2020).

Como principais características desse gás, destaca-se o fato de ser inodoro, incolor, e atóxico, se dissipando facilmente na atmosfera. Pode-se destacar ainda que o GN é um combustível fóssil mais limpo, diminuindo o consumo de outros combustíveis mais poluentes, como a gasolina, o óleo combustível, o gás liquefeito de petróleo (GLP) e o diesel. Permitindo, portanto, uma redução de emissões no balanço de gases de efeito estufa (GEE) e particulados em geral (BNDES, 2020).

2.1.2. Mercado brasileiro

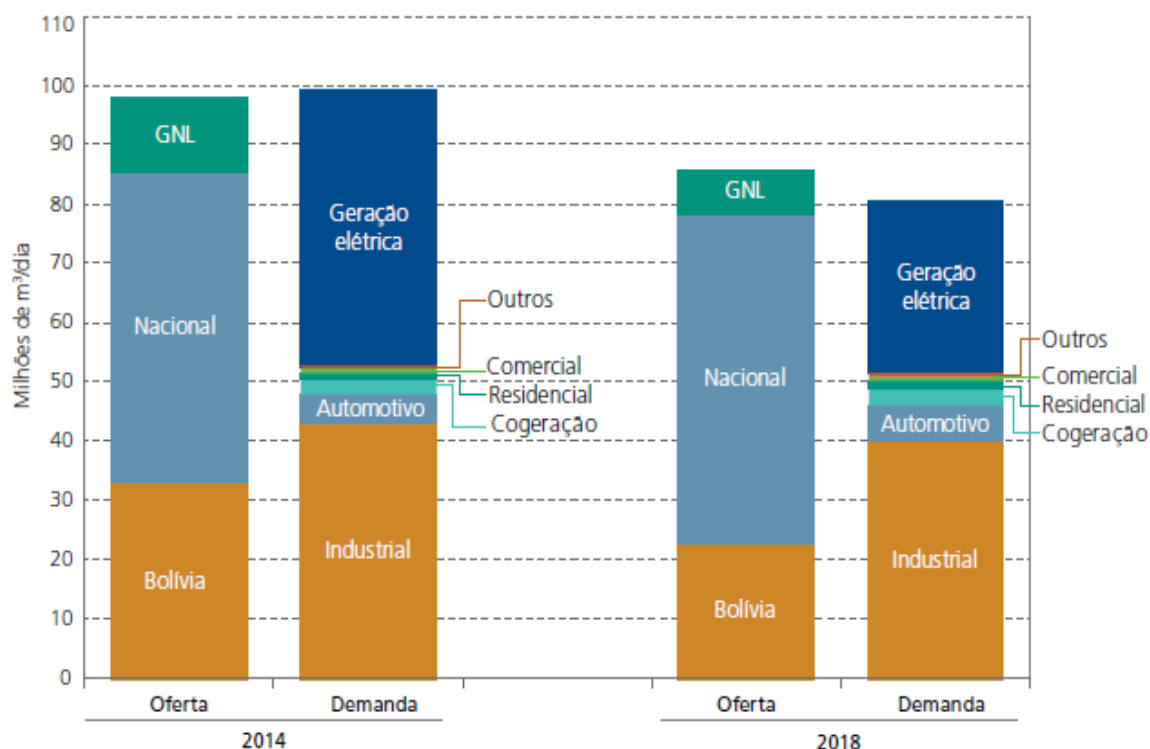
O mercado de Gás Natural possuiu aspectos diferenciados dos outros mercados de hidrocarbonetos. O segmento desse gás é regionalizado, ao contrário, por exemplo, do segmento de petróleo e seus derivados, que funciona através de uma ampla dinâmica de mercado global. Outro aspecto que diferencia essas substâncias refere-se ao grau de dificuldade de transportar os combustíveis. O petróleo é facilmente transportado, já o GN não, devido ao seu estado físico. Além disso, é muito mais difícil estocar o GN do que o petróleo. Dessa forma, os custos de infraestrutura são determinantes para viabilizar a colocação do GN no mercado (BNDES, 2020).

No Brasil, a oferta de GN é proveniente da produção nacional dos campos em terra (*onshore*) e dos campos em mar (*offshore*) associados ou não ao petróleo, de sua importação da Bolívia, dos terminais de regaseificação de gás natural liquefeito no Ceará, na Bahia e no Rio de Janeiro, e de uma quantidade menos expressiva da Argentina (BNDES, 2020). O Brasil tem potencial para produzir mais do que produz atualmente e não deveria precisar importar tanto gás boliviano ou sob a forma de GNL, já que possuiu o pré-sal, localizado entre os estados de Santa Catarina e Espírito Santo, e tantas outras bacias sedimentares terrestres e marítimas com potencial exploratório. Porém, apenas 5% das suas áreas estão sob contrato e um terço da sua produção é utilizada de maneira não eficiente, sendo reinjetada (ODDONE, 2019).

Nesse contexto, apesar do Brasil ainda não ter um mercado de GN consolidado como em países desenvolvidos, o gás começou a ganhar relevância na matriz energética brasileira através do grande crescimento do consumo a partir dos anos 2000. Esse fato se deve principalmente pela implantação do Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), bem como em função das regulações que contribuíram para o aumento da oferta de gás nacional. Ademais, com o aumento da transição para uma economia de mais baixo carbono, a importância desse gás tem crescido cada vez mais. Entende-se, portanto, que para um mercado de GN ser desenvolvido, é necessário identificar grandes consumidores que pretendam demandar o combustível em grandes volumes e por um longo período de tempo (BNDES, 2020).

Com a implantação dos principais gasodutos de infraestrutura no país nos últimos anos, como o Gasbol, a Malha de Gasodutos do Sudeste, a Malha de Gasodutos do Nordeste e o Gasoduto da Integração Sudeste-Nordeste (Gasene), a demanda de gás para variados tipos de consumo pode, em tese, ser atendida por qualquer tipo de fonte de GN, seja por oferta nacional ou importação (BNDES, 2020). Na figura 1, são apresentadas a oferta e demanda de GN nos anos de 2014 e 2018.

Figura 1 – Oferta e demanda de GN (médias diárias, 2014 e 2018).

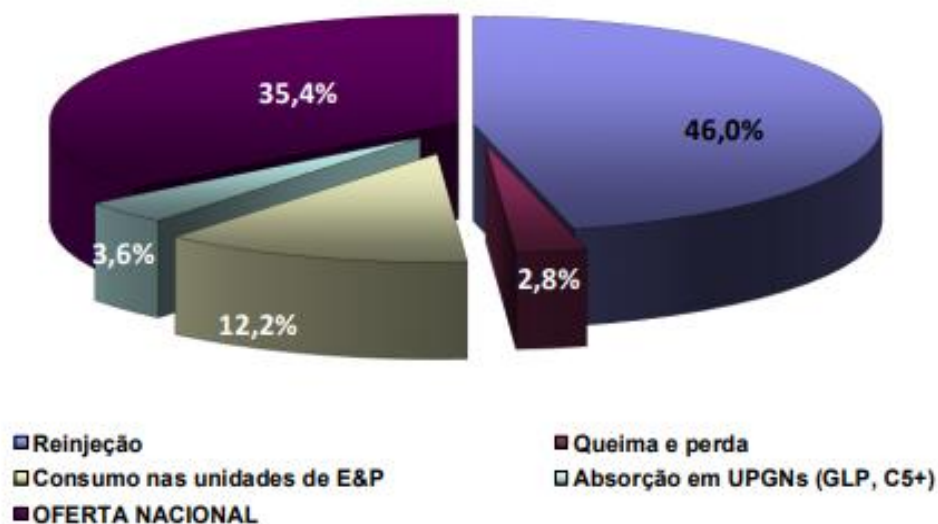


Fonte: BNDES, 2020

Em 2018, a oferta diária da produção nacional posta em mercado, ou seja, correspondente à produção nacional descontando os valores relativos à reinjeção, queima e perda, consumo nas unidades de Exploração e Produção (E&P), absorção nas UPGNs, gasolina natural, perdas em transporte, armazenamento e ajustes, foi de 55,3 milhões de m³ e correspondeu a 65% da oferta total no país. A importação diária do gás boliviano totalizou cerca de 22,9 milhões de m³, correspondendo a 27% da oferta de GN (BNDES, 2020).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2020), em março de 2020, 60,9 % do volume total de GN ofertado ao mercado foi de origem nacional e apenas 35,4% do volume total produzido no país foi ofertado ao mercado, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Segmentação da produção nacional.



Fonte: MME, 2020

Entende-se, dessa maneira, que o pré-sal tem potencial de fornecer volume de gás considerável para o mercado, no futuro. Embora sua produção venha aumentando, seu gás tem sido, na grande maioria, reinjetado por falta de gasoduto de escoamento. Atualmente, há necessidade de expansão dessa infraestrutura de GN no país, bem como de sua demanda. Ou seja, potencializar a demanda brasileira e viabilizar investimentos necessários à sua infraestrutura permitirão o acréscimo de sua oferta no mercado. Além disso, esse incremento tanto da oferta quanto da demanda de GN, produzirá maior riqueza, valor e emprego para a nação em geral, além de contribuir também com a redução dos níveis de emissões de poluentes no território nacional (BNDES, 2020).

2.1.3. Reinjeção

Como já relatado nesse trabalho, o GN pode ser associado ou não a produção de petróleo, e quando associado, ou seja, dissolvido no óleo, esse gás pode ser utilizado para otimizar a recuperação através do processo de reinjeção. Esse gás, portanto, separado do óleo produzido, pode ser injetado de volta no reservatório para a manutenção de pressão e aumento da recuperação do petróleo (CBIE, 2020).

O fato da produção de GN brasileiro ser mais de 80% no mar e no pré-sal representar, aproximadamente, 90% como gás associado ao petróleo, é normal que o desenvolvimento da produção leve ao crescimento do processo de reinjeção. Dessa forma, desde o início da exploração do pré-sal, houve um aumento expressivo da reinjeção de GN no Brasil (ABEGÁS, 2020).

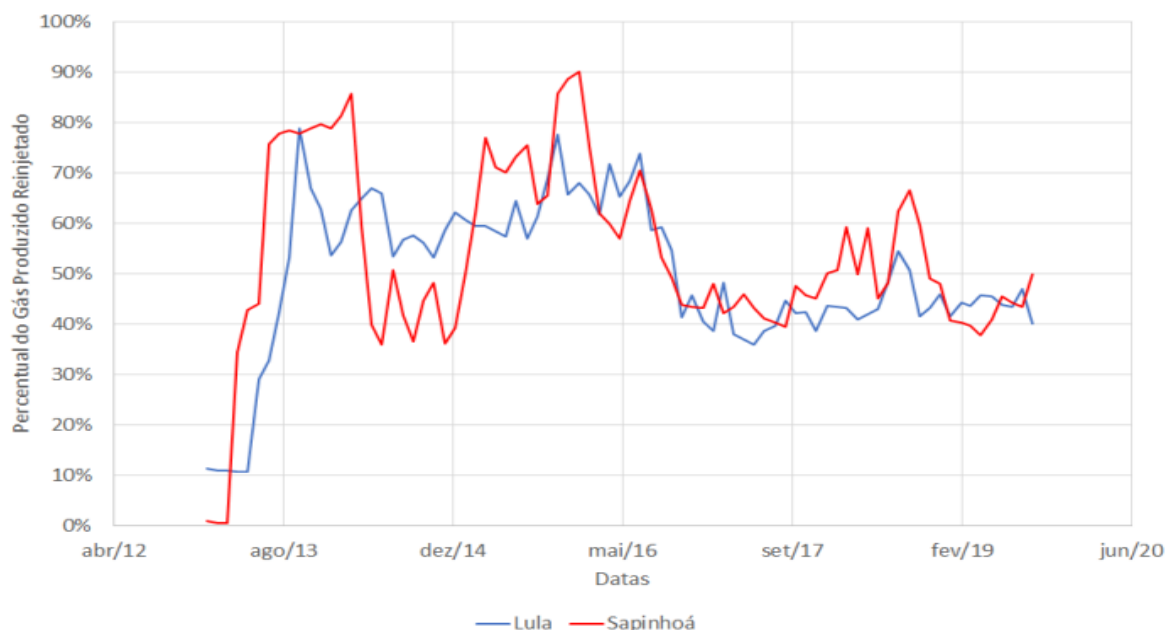
Os recursos em terra possuem baixo ou nenhum teor de CO₂, gás causador do efeito estufa e proibido de ser queimado e lançado na atmosfera. No entanto, o gás produzido no mar, pode ter um percentual de CO₂ entre 40% e 45%, demandando, conseqüentemente, um maior percentual de reinjeção (ANP, 2020b).

Entende-se, deste modo, que além de otimizar a produção de petróleo, a reinjeção tem, também, como objetivo evitar a queima do gás, seguindo limites regulatórios, já que devido à falta de infraestrutura suficiente para escoamento do GN, ele fica restrito, frequentemente, a esses dois destinos (ABEGÁS, 2020).

No Brasil, os principais campos de produção de GN são: Lula, Búzios, Sapinhoá e Mero, que somados ao polo de Urucu, correspondem por 95,5% da reinjeção total no país. No caso do campo de Urucu, a reinjeção ocorre devido ao gargalo de infraestrutura, que impede o crescimento do mercado de gás no estado do Amazonas. Já o campo de Mero (localizado a cerca de 180 km da costa do Rio de Janeiro) possui um elevado percentual de CO₂, que gera restrições econômicas para aumentar a produção (CBIE, 2020).

A Figura 3 representa o percentual do gás produzido reinjetado em Lula (localizado a 250 km da costa do Rio de Janeiro) e Sapinhoá (aproximadamente 360 km da costa do estado de São Paulo e 290 km da cidade do Rio de Janeiro).

Figura 3 – Percentual do gás produzido reinjetado nos campos Lula e Sapinhoá.



Fonte: ANP, 2020b

Esses dois campos são os únicos do pré-sal da Bacia de Santos que exportam gás atualmente. Analisando a Figura 3, é possível observar que o gás injetado nesses campos está atualmente em torno de 45% do gás produzido, representando quase metade da produção e confirmando, de acordo com o tópico anterior, que uma quantidade expressiva da produção de GN do pré-sal é, ainda, reinjetado (ANP, 2020b).

2.1.4. Infraestrutura de escoamento e transporte

Segundo o BNDES (2020), a infraestrutura de GN é composta de gasodutos de escoamento, gasodutos de transporte, Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN), terminais de GNL, *city gates* (estações normalmente utilizadas para a interconexão entre redes de transporte e de distribuição) e ramais de distribuição de gás. Dessa forma, o mecanismo mais utilizado para transporte em âmbito nacional e continental é o feito por meio de gasodutos. Esse sistema de transporte através de dutos é baseado na diferença de pressão entre dois pontos dentro dos dutos. Assim, os dois componentes básicos são os dutos e as estações de compressão (NETO, 2014).

O gasoduto de escoamento é aquele que transfere o GN do campo de produção até a UPGN. De acordo com a Fundação Getúlio Vargas, nessas unidades de processamento, o gás passará por um processo de separação do metano de outros elementos presentes no gás bruto. O tratamento nas UPGNs serve para remover impurezas e contaminantes, tais como enxofre,

dióxido de carbono e metais pesados. E também, para adequar o gás à regulamentação dos mercados consumidores quanto às suas propriedades físico-químicas. Após o tratamento, o GN pode ser injetado na malha de transporte (FGV ENERGIA, 2014).

Existem dois gasodutos que escoam a produção do pré-sal na bacia de Santos, os gasodutos Rota 1 e Rota 2. O gasoduto Rota 1 tem capacidade de aproximadamente 10 milhões de m³/dia, com extensão de 362 km, conecta a bacia de Santos ao estado de São Paulo e está em operação desde 2011. Já o gasoduto Rota 2, possui capacidade de cerca de 16 milhões de m³/dia, tem 382 km de extensão, liga a bacia de Santos ao estado do Rio de Janeiro e está em operação desde o ano de 2016 (BNDES, 2020).

O gasoduto de transporte é aquele que transporta o GN da UPGN até o *city gate*. A rede de gasodutos de transporte brasileiro tem em torno de 9 mil km de extensão em uma área de 8,5 milhões de km² e uma população de quase 210 milhões de habitantes. A maior parte dessa rede no Brasil começou a operar entre os anos de 1999 e 2012, período em que foram construídos mais de 7 mil km de gasodutos (BNDES, 2020).

No Brasil, os investimentos na criação de uma malha dutoviária foram liderados pela Petrobras. A empresa deteve controle total da rede de transporte por dutos, mas, atualmente, controla apenas a Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil (TBG). Em 2016, a Nova Transportadora Sudeste (NTS), que opera a malha Sudeste, foi alienada para a Brookfield e, em 2019, a Transportadora Associada de Gás (TAG), que opera a malha Nordeste, foi vendida para a Engie (MME, 2019).

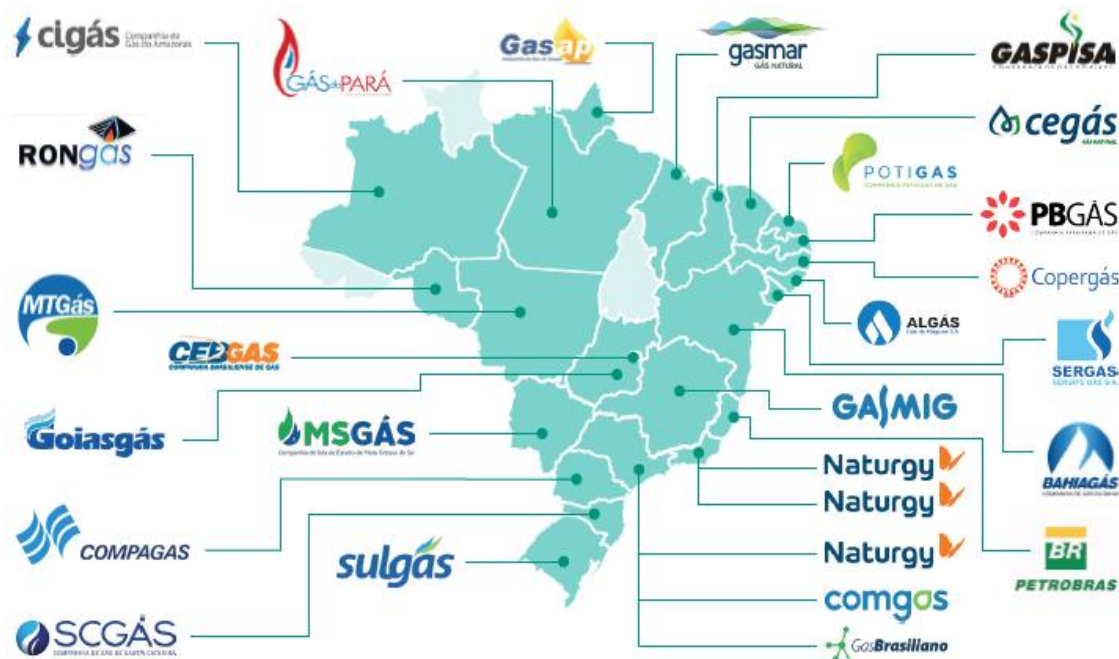
2.1.5. Distribuição no Brasil

Posteriormente a etapa de transporte, inicia-se o processo de distribuição (ou *downstream*). A partir dos *city gates*, o GN é direcionado através de tubulações aos diversos segmentos do mercado: industrial, comercial, residencial e geração de eletricidade. O Gás Natural comprimido (GNC) pode ser também transportado em caminhões para entrega a consumidores localizados em regiões distantes das redes de distribuição. Em países que dispõem de terminais convencionais de regaseificação de GNL, também é possível instalar estações de carregamento de caminhões. O GNL é, então, transportado por rodovia para regiões que não possuem infraestrutura de transporte e distribuição de GN, sendo depois regaseificado nas instalações dos usuários finais (FGV ENERGIA, 2014).

No Brasil, a regulação da distribuição cabe à esfera estadual e o serviço de distribuição de GN é operado por empresas estatais e privadas. A distribuidora é a responsável por fazer o

monitoramento da demanda, prospectando novos clientes e novos mercados. Cabe também à distribuição dar capilaridade à infraestrutura, permitindo a saturação da malha e a diversificação da base de clientes. Atualmente, o Brasil conta com 27 distribuidoras distintas, espalhadas em 23 estados e no Distrito Federal, conforme o mapa da Figura 4 (BNDES, 2020).

Figura 4 – Distribuidoras de gás canalizado do Brasil.



Fonte: BNDES, 2020

As dificuldades para desenvolver o mercado de GN não se limitam somente na produção do combustível, predominantemente no mar, no caso do Brasil. Uma das grandes dificuldades para disponibilizar o produto ao mercado está em sua infraestrutura de escoamento, transporte e distribuição, além dos desafios de desenvolver novos consumidores na indústria, na termogeração de energia elétrica, entre outros (BNDES, 2020).

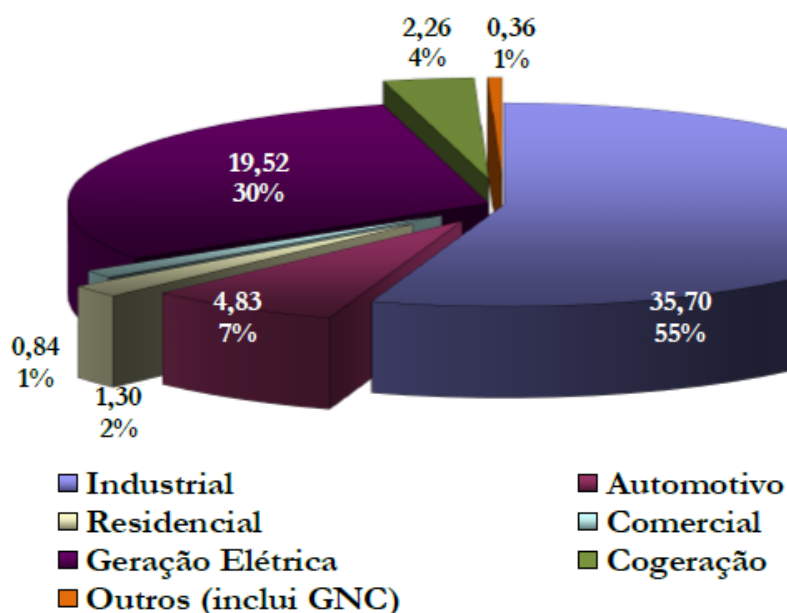
É importante enfatizar ainda, que a falta de capilaridade da rede de distribuição de GN no Brasil não chega a ser um empecilho para as principais indústrias petroquímicas de primeira e segunda geração. De acordo com estudos do BNDES (2020), essas indústrias se concentram em polos por causa da facilidade de fornecimento de matérias-primas, utilidades e outras sinergias. O Brasil possui quatro importantes polos petroquímicos, localizados em Camaçari (BA), Duque de Caxias (RJ), Mauá (SP) e Triunfo (RS), todos abastecidos por GN. Por outro lado, essa falta de capilaridade da rede pode ser um problema para indústrias químicas mais à frente na cadeia, que não necessariamente se concentram em polos. As fábricas de fertilizantes, portanto, são um exemplo de indústrias que podem sofrer com a falta de gasodutos.

2.2. GÁS NATURAL PARA A INDÚSTRIA

2.2.1. Demanda industrial brasileira

O setor industrial é considerado o principal consumidor de GN com elevados níveis de consumo diário no Brasil (BNDES, 2020). Segundo dados do Balanço Energético Nacional (2019), em 2018 o consumo total da indústria foi de 34 milhões de m³/dia. Além disso, em março de 2020, o consumo industrial de GN em relações percentuais, correspondeu a 55% do mercado, que juntamente com o termelétrico e o Gás Natural Veicular (GNV) responderam por 92%, como mostra a Figura 5 abaixo (MME, 2020).

Figura 5 – Segmentação do consumo de GN.



Fonte: MME, 2020

O GN é utilizado na indústria como insumo energético e matéria-prima, principalmente, no setor petroquímico. No Brasil, o consumo não energético se dá exclusivamente pela indústria química, que utiliza o gás natural para a produção de metanol e fertilizantes nitrogenados (ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio, entre outros). Pode-se destacar que o consumo final de GN como matéria-prima foi de 1,8 milhão de m³/dia em 2018, depois de um pico de 2,8 milhões de m³/dia em 2012 (BNDES, 2020).

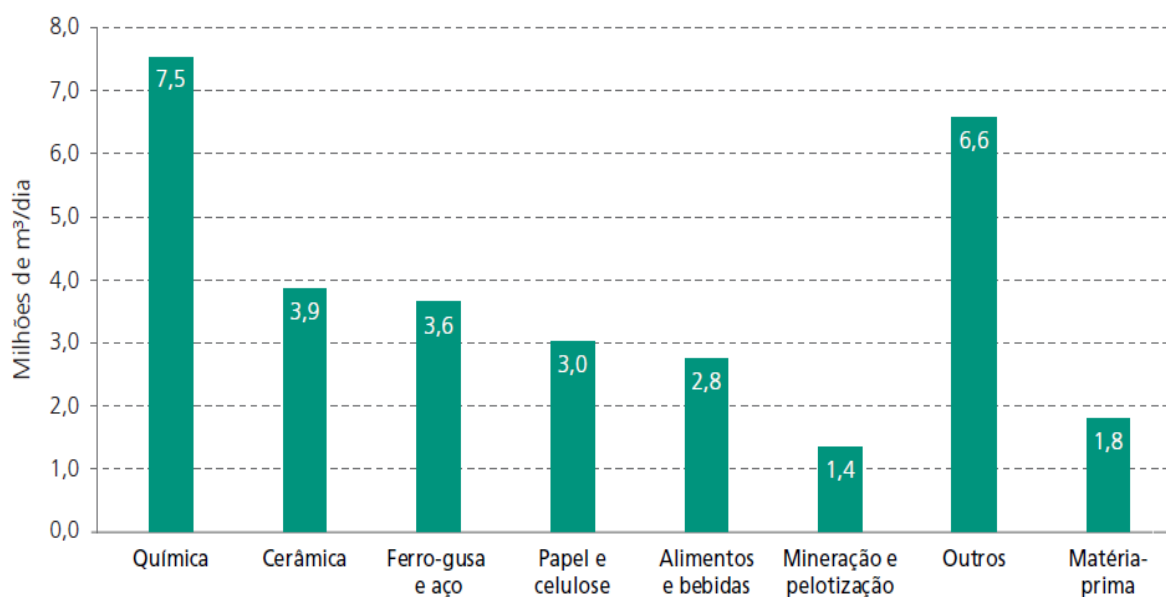
Como insumo energético, o GN é utilizado na indústria para geração de eletricidade, força motriz e fornecimento de calor. O consumo energético na indústria é majoritariamente

destinado à geração de energia térmica e força motriz, respondendo por 28,8 milhões de m³/dia em 2018 (BNDES, 2020). É importante destacar ainda, que o uso do GN tem sido uma excelente alternativa energética, face à necessidade de reduzir os problemas associados a emissões de poluentes (BAHIAGÁS, 2020).

2.2.2. Principais consumidores industriais

A indústria química desempenha um importante papel no mercado de GN, como pode ser observado na Figura 6. É válido considerar ainda, um aumento da capacidade de expansão do uso como matéria-prima se ocorrer um cenário de maior estabilidade de oferta e preços competitivos (BNDES, 2020).

Figura 6 - Consumo final de GN no setor industrial em 2018.



Fonte: BNDES, 2020

Analisando além da indústria química, observa-se também que as indústrias de cerâmica, ferro-gusa e aço e de papel e celulose consomem uma quantidade expressiva de GN. Dessa forma, cerca de 66% do consumo industrial verificado em 2018, considerando consumo final energético, uso como matéria-prima e cogeração de eletricidade, correspondeu a esses setores (BEN, 2019).

2.3. UTILIZAÇÃO DO GÁS NATURAL NA INDÚSTRIA QUÍMICA

2.3.1. Uso como matéria-prima

O único uso não energético, atualmente, do GN brasileiro ocorre na petroquímica. O Gás Natural (C1 a C4) e a nafta (C5 a C12) são os principais insumos dessa indústria. Dessa maneira, o preço e a oferta dessas matérias-primas representam o principal determinante de competitividade e investimentos em nível mundial (BNDES, 2020).

Diversas fábricas utilizam o GN como matéria-prima no Brasil, como pode ser observado na Tabela 1. Nessa tabela é identificada as empresas, a localização das suas fábricas, bem como, os produtos fabricados a partir do gás.

Tabela 1 - Indústrias químicas que utilizam GN como matéria-prima.

Empresa	Localização Planta	Produto Fabricado
Air Liquide	Paulínia (SP)	Hidrogênio
Cabot	Mauá (SP)	Negro de Carbono
Clariant	Suzano (SP)	Hidrogênio
Columbian Chemicals	Cubatão (SP)	Negro de Carbono
	Camaçari (BA)	
Elekeiroz	Camaçari (BA)	CO, Hidrogênio e Oxo-Álcoois
Evonik	Aracruz (ES)	Peróxido de Hidrogênio
Katrium	Rio de Janeiro (RJ)	Carbonato de Potássio
Orion Carbons	Paulínia (SP)	Negro de Carbono
Peróxidos do Brasil	Curitiba (PR)	Peróxido de Hidrogênio
Petrobras- FAFEN	Araucária (PR)	Amônia e Ureia
	Camaçari (BA)	
	Laranjeiras (SE)	
Unigel	Camaçari (BA)	Cianetos, Metacrilatos e Policarbonatos
Yara Fertilizantes	Cubatão (SP)	Amônia

Fonte: Adaptado de MME, 2017

Como já mencionado ao longo desse trabalho, o principal uso do GN nas indústrias química como matéria-prima é para a produção de metanol e fertilizantes nitrogenados, como a ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e fosfato de amônia (PETROBRAS, 2020a).

2.3.1.1. Fertilizantes nitrogenados

Os fertilizantes são responsáveis pelo aumento da produtividade agrícola via enriquecimento da qualidade do solo para plantio. As principais deficiências das terras cultiváveis são os nutrientes: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Dessa forma, os fertilizantes amplamente produzidos e comercializados são produtos compostos pela mistura dessas três substâncias, chamada NPK. Para a obtenção desses elementos químicos, os processos industriais partem da exploração de reservas de hidrocarbonetos (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Os fertilizantes nitrogenados têm como principal matéria-prima o GN. Através da síntese da amônia, processo no qual o nitrogênio presente no ar é fixado em uma molécula de amônia (NH_3), o GN é utilizado como fonte de hidrogênio. Após essa etapa, a amônia pode ser transformada em diferentes produtos nitrogenados, podendo ser comercializada como insumo para outras indústrias ou passar por diferentes processos industriais para produção de fertilizantes básicos, como ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio ou fosfatados de amônia (RODRIGUES *et al.*, 2015).

A ureia é um fertilizante nitrogenado sólido usado para melhorar o rendimento dos cultivos. Ela pode ter uma forma menor, chamada de perolada e uma maior, que é granulada. A ureia da Petrobras contém 46% de nitrogênio, essa concentração reduz custos de transporte, de armazenagem, de aplicação e da adubação propriamente dita. Além disso, por ser menos acidificante do que outros produtos nitrogenados, esse fertilizante é muito eficiente na aplicação via irrigação (PETROBRAS, 2020b).

O sulfato de amônio é produzido, atualmente, apenas pela Unigel (segunda maior petroquímica do Brasil), como subproduto de sua planta de metacrilatos. Esse fertilizante nitrogenado tem um preço internacional reduzido, pois é normalmente obtido como subproduto de outros processos. Além disso, por ser um produto de baixo preço, sua produção econômica é melhor viabilizada perto dos portos por onde o sulfato é importado (BNDES, 2020).

O Nitrato de Amônio contém 50% de nitrogênio nítrico, sendo uma vantagem para as plantas pois fornece nitrogênio rapidamente, sem perde-lo para a atmosfera. Ele pode ser usado tanto nas operações de mistura de fertilizantes como na aplicação direta pelo agricultor.

Ademais, é um fertilizante granulado, geralmente branco e produzido através da reação entre o ácido-base de amônia e o ácido nítrico (HELM, 2020). Segundo o BNDES (2020), o único produtor nacional de nitrato de amônio é a Yara. Esse fertilizante é usado como explosivo em mineração e sua importação é feita predominantemente pelos portos do sul do país.

O fosfato de amônia é um fertilizante granulado que contém nitrogênio-fósforo. O fósforo é totalmente solúvel em água, e todo o azoto fica na forma amoniacal. É um fertilizante universal eficaz que pode ser usado em todos os tipos de culturas e em todos os tipos de solo. No entanto, é especialmente adequado como fertilizante em culturas com uma exigência alta de fósforo (EUROCHEM, 2020). O Brasil é um grande importador de fosfato de amônia e sua produção nacional é limitada pelo custo logístico da amônia, o que torna a importação direta mais competitiva. Em 2018, o Brasil importou 3,3 milhões de toneladas e produziu cerca de 1,8 milhão de toneladas desse fertilizante. O crescimento da demanda do fosfato de amônia, portanto, tem sido de cerca de 4,5% ao ano (BNDES, 2020).

Entende-se, assim, que a indústria de fertilizantes nitrogenados possui grande relevância pelos volumes produzidos e pela alta demanda por GN. Para essas indústrias, o custo do GN pode representar mais de 80% do custo de operação (BNDES, 2020). O Brasil é um consumidor expressivo de fertilizantes nitrogenados, estando entre os cinco maiores mercados consumidores (RODRIGUES *et al.*, 2015).

O Brasil se tornou um grande importador desses nutrientes devido à capacidade de produção nacional e a falta de investimento no setor não atender à demanda. Pode-se mencionar ainda que nos últimos anos, houve uma queda do preço dos fertilizantes nitrogenados e uma elevação do preço do GN, acarretando em sucessivos prejuízos das unidades de fertilizantes da Petrobras (RODRIGUES *et al.*, 2015; BNDES, 2020).

Nesse contexto, compreende-se que os desafios enfrentados recentemente pela indústria brasileira de fertilizantes nitrogenados significaram uma queda expressiva na demanda por GN nos últimos anos. O pico da produção desses fertilizantes no Brasil ocorreu em 2013, totalizando um consumo médio de 3 milhões de m³/dia de GN. Apesar do declínio enfrentado por esse setor, a produção de fertilizantes continuou consumindo elevada quantidade de GN pela indústria até 2018, representando em torno de 2,5 milhões de m³/dia. Desse modo, mesmo em um cenário não favorável, o menor preço do GN pode restabelecer a operação das unidades de fertilizantes paralisadas e atrair investimento em novas plantas (BNDES, 2020).

2.3.1.2. Metanol

O metanol é um composto orgânico da família dos álcoois, com um átomo de carbono, três átomos de hidrogênio e uma hidroxila (CH_3OH), sendo líquido à temperatura ambiente. Atualmente, em escala industrial, é produzido predominantemente a partir do GN pelo processo de reforma à vapor ou gaseificação do carvão, sendo obtido o gás de síntese, composto principalmente de CO , CO_2 e H_2 , na correta proporção para a síntese do metanol (ANP, 2020c).

As duas plantas brasileiras de metanol, a GPC Química no Rio de Janeiro e a Metanor, encerraram suas atividades em 2014 e em 2016, respectivamente. A Metanor, era localizada no polo de Camaçari e tinha capacidade de produção de 82.500 t/ano. O alto preço do GN, que representa cerca de 80% do custo de produção do metanol, fez com que a planta fosse paralisada em 2016. Com essa paralização, o Brasil passou a importar 100% do consumo desse químico. São importados anualmente cerca de 1,2 milhão de toneladas de metanol, sendo que 44% da demanda é incentivada pela fabricação de resinas para madeira aglomerada e 42% é para a fabricação de biodiesel (BNDES, 2020).

2.3.2. Uso energético e cogeração

O GN pode ser aplicado também na conversão em energia elétrica, com uso em turbinas de alto rendimento, caldeiras, fornos e secadores. Dessa forma, esse combustível pode atender à crescente demanda de consumidores de grandes volumes, como as usinas termelétricas. Atualmente, a tecnologia mais usada nesse tipo de aplicação é a das usinas de ciclo combinado a GN. As vantagens envolvem desde a eficiência do sistema até a contribuição ao meio ambiente com a menor emissão de CO_2 , além da redução dos custos em comparação com outras alternativas energéticas. Ademais, a demanda desse gás para o segmento de geração com os grandes volumes que necessita, contribui positivamente para a estruturação do mercado do GN e o desenvolvimento estratégico da cadeia energética nacional (COPERGÁS, 2020).

Além do uso meramente térmico, o GN oferece grande potencial para sistemas de cogeração. A cogeração é um processo que permite, a partir de um único combustível, a produção simultânea de calor (ou frio) e de energia elétrica. O ganho de eficiência nesse sistema proporciona a produção de energia confiável e com baixo custo, podendo tornar a unidade industrial autossuficiente na geração de energia elétrica (COMGÁS, 2020).

Segundo o BEN (2018) e o BNDES (2020), atualmente, a indústria química brasileira conta com cinco unidades de cogeração baseada no GN, com potência instalada total de 158

MW, como mostra a Tabela 2. Isso representa um consumo de GN inferior a 1 milhão de m³/dia. No entanto, dado o alto consumo de energia elétrica da indústria química, essa capacidade de geração representa menos de 7% do consumo de energia elétrica total da indústria química, que é cerca de 2.450 MW médios.

Tabela 2 - Potência instalada de unidades de cogeração da indústria química.

Empresa	Município	Potência (MW)
Braskem S.A.	Camaçari – BA	131
Air Liquide	Jundiaí – SP	8
Rhodia	Paulínia – SP	12
Bayer S.A.	São Paulo – SP	4
Rhodia	Santo André – SP	3

Fonte: Adaptado de BNDES, 2020

2.4. PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Os estudos de prospecção tecnológica são de extrema importância, constituindo uma ferramenta básica para orientar os esforços empreendidos para o desenvolvimento de tecnologias. São componentes fundamentais para ampliar a capacidade de antecipação e estimulam a organização dos sistemas de inovação, não somente no âmbito empresarial, mas também, no meio acadêmico. O objetivo dos estudos de prospecção é projetar e testar visões possíveis e desejáveis, para que no tempo atual possam ser feitas escolhas que contribuirão, de forma mais significativa, na construção do futuro (AMPARO; RIBEIRO; GUARIEIRO, 2012).

Segundo os autores Kupfer e Tigre (2004) e Texeira (2013), a prospecção tecnológica, por definição, é um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros. Dessa forma, sabendo-se que a decisão de inovar geralmente ocorre num cenário de incerteza, os desenvolvimentos futuros em conhecimento e tecnologia, mercados, demanda e usos potenciais para tecnologias podem ser bastante imprevisíveis.

Existem três abordagens para os estudos prospectivos respaldados na literatura, sendo uma mais convencional e outras duas com uma visão mais lógica: (i) A abordagem mais convencional é a baseada na ideia central de que o futuro tende a reproduzir os fenômenos passados, sem rupturas ou descontinuidades nas trajetórias evolutivas dos objetos analisados; (ii) Uma das abordagens lógicas é a geração sistemática de trajetórias alternativas, ou seja, o

futuro é projetado por meio da construção de cenários obtidos pela contraposição de determinadas variáveis ou parâmetros; (iii) Por último, a terceira abordagem é a construção do futuro por consenso obtidos por intuição ou percepção coletiva, em que o futuro é construído a partir de visões subjetivas de especialistas sobre os objetos do exercício de prospecção (TEIXERA, 2013).

Assim, dessas abordagens verifica-se uma grande variedade de metodologias de prospecção que podem ser classificadas em três grupos principais. O primeiro grupo é o monitoramento (*assessment*), essa metodologia consiste no acompanhamento da evolução dos fatos e na identificação dos fatores portadores de mudanças, realizados de forma sistemática e contínua. O segundo é o método de previsão (*forecasting*), na qual são elaboradas projeções baseadas em informações históricas e modelagem de tendências. A previsão é uma abordagem mais determinista, ou seja, o futuro é visto como a extrapolação do passado. Finalmente, o terceiro grupo é o método de visão (*foresight*) que é baseado em construções subjetivas de especialistas e sua interação não estruturada. É um método qualitativo que consiste na antecipação de possibilidades futuras com base em percepções de especialistas (MAYERHOFF, 2008; TEIXEIRA, 2013).

Existem, portanto, inúmeros métodos e ferramentas que auxiliam a realização da prospecção tecnológica e cada uma delas possui diferentes objetivos e características. Uma das mais conhecidas é o método Delphi. Esse método é baseado no monitoramento, construção de cenários e extrapolação de tendências, ou seja, utiliza técnicas baseadas em opiniões de especialistas. Outra ferramenta bastante usual é o *technology roadmap* (WRIGHT; OZAKI; FONSECA, 2013), descrita a seguir.

2.4.1. Ferramenta do Roadmap Tecnológico

Roadmaps são representações gráficas que possibilitam comunicar e compartilhar de forma eficaz uma intenção estratégica. Possui o objetivo de mobilizar, alinhar e coordenar esforços das partes envolvidas para atender a várias demandas. Dessa forma, *Technology Roadmap* (TRM) é um processo de planejamento tecnológico que ajuda a identificar, selecionar e desenvolver alternativas para satisfazer as necessidades estabelecidas (COELHO; JUNIOR; TAHLIM, 2012).

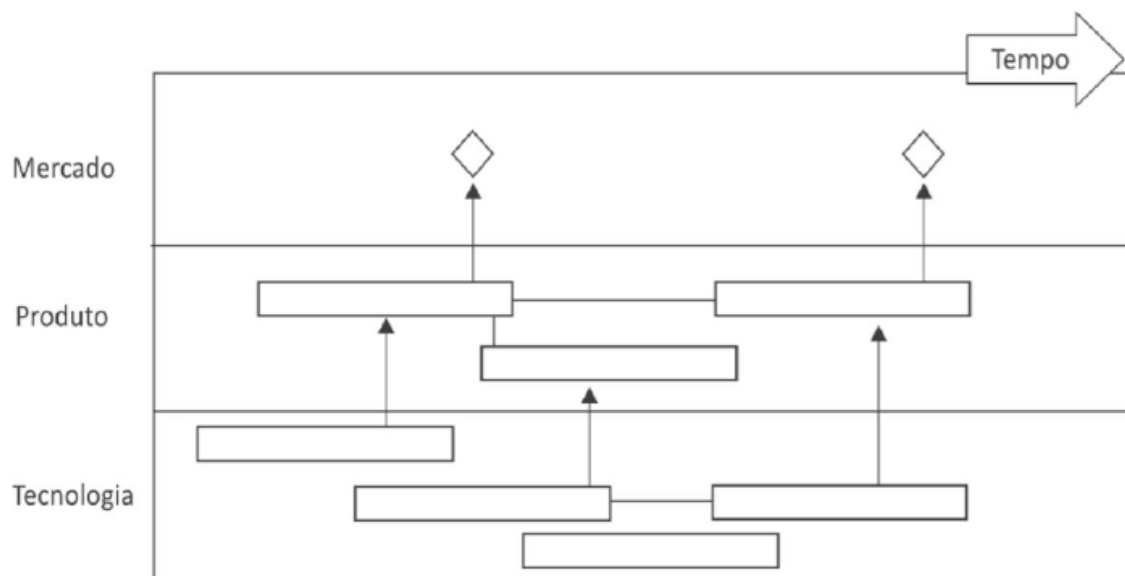
Os mapas tecnológicos visam explorar a dinâmica das tecnologias emergentes nas indústrias, em um horizonte de longo prazo e, especialmente, desenvolver, implementar e executar mapas estratégicos de modo a alinhar a estratégia da empresa às suas capacidades

tecnológicas. Nada mais é, que um olhar ampliado do futuro de um determinado assunto. Além disso, podem ser considerados, ainda, ferramentas para o processo de inovação. Desse modo, os *roadmaps* propiciam a criação de um plano que integra as necessidades do mercado e do consumidor, a evolução do produto e a introdução de novas tecnologias, por exemplo, orientando os tomadores de decisão, os fornecedores, os parceiros e os consumidores (COELHO; JUNIOR; TAHLIM, 2012).

Um tomador de decisão, portanto, ao possuir diversas alternativas através do *roadmap* tecnológico, terá como critério aquela que lhe proporcionar resultados mais desejáveis. Logo, por meio de uma visão de consenso ou visão do futuro, será possível ter uma maior precisão dos dados, que irá auxiliar nessa tomada de decisão para que seja eficaz e certa (CARVALHO e URBINA, 2018).

Nesse contexto, de maneira geral, a arquitetura genérica de um *roadmap* (Figura 7) é composto de camadas que mostram a flexibilidade da abordagem em termos de construir uma estrutura para apoiar o planejamento estratégico (PHAAL; FARRUKH; PROBERT, 2004).

Figura 7 – Modelo genérico de *Roadmap*.



Fonte: Adaptado de Phaah, Farrukh e Probert, 2004

As camadas superiores (know-why) relacionam-se ao propósito da organização, que direciona dizendo porque fazer. As camadas inferiores (know-how) são os recursos, particularmente os tecnológicos, que serão empregados para atender à demanda pré-estabelecidas nas camadas superiores, dizendo como fazer. As camadas do meio (know-what) funcionam como uma ponte entre o propósito e os recursos, determinando o que fazer (COELHO; JUNIOR; TAHLIM, 2012).

2.4.2. Perspectiva do BNDES sobre a evolução da demanda da produção de químicos derivados do Gás Natural

O principal potencial de demanda por GN está na inauguração de novas fábricas de fertilizantes nitrogenados. Com uma possível redução no preço do GN, essas fábricas podem gerar uma demanda adicional de GN de cerca de 10 milhões de m³/dia até 2030. A redução do custo do GN também poderia atrair importantes investimentos em sistemas de cogeração, gerando uma demanda por GN em torno de 6 milhões de m³/dia até 2030. Com essa diminuição, o processo de fechamento de plantas que utilizavam GN poderia ser revertido. Estima-se ainda que o GN mais barato viabilizaria a implantação de uma ou duas plantas de produção de metanol, que poderiam demandar cerca de 4 milhões de m³/dia de gás natural até 2030 (BNDES, 2020).

Nesse cenário otimista, a maior competitividade do GN pode elevar a demanda pela indústria química para 39 milhões de m³/dia em 2030, um acréscimo de 27 milhões de m³/dia. No entanto, segundo dados do BNDES (2020), a redução no preço do GN para cerca de US\$ 5 por milhão de BTU, que, segundo a indústria, viabilizaria investimentos com tecnologia baseada no uso do GN, parece ambiciosa diante dos preços atuais de cerca de US\$ 11 por milhão de BTU. Entende-se, portanto, que esse tema merece atenção e um estudo prospectivo é uma forma de identificar novas oportunidades nesse contexto.

3. CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

A técnica utilizada neste trabalho baseia-se na prospecção tecnológica com a elaboração de um *roadmap*. Utilizou-se uma metodologia adaptada de trabalhos consagrados, que sistematiza a prospecção em três etapas: pré-prospectiva, prospectiva e pós prospectiva (BORSCHIVER e SILVA, 2016; COELHO; BOTELHO JUNIOR; TAHIM, 2012).

A etapa pré-prospectiva consiste em uma busca aleatória. Pesquisas básicas sobre o tema estudado são realizadas para definir a abordagem que será explorada. O nível de detalhamento para a construção do mapa, o horizonte temporal e a estratégia de busca dos documentos com a identificação das palavras-chave, são também definidos (BORSCHIVER e SILVA, 2016; COELHO; BOTELHO JUNIOR; TAHIM, 2012).

A segunda etapa é de extrema importância, pois é a prospecção tecnológica propriamente dita. Nessa fase ocorre a busca orientada com base nas palavras-chave definidas anteriormente. Análises de artigos acadêmicos, patentes concedidas e solicitadas são feitas para identificar o produto estudado, os principais requisitos, alvos e as metas do objeto de prospecção. Após a realização da busca orientada, é essencial analisar os resultados de maneira sistematizada para que seja possível extrair todas as informações necessárias. Nessa análise, as informações são segmentadas em três níveis: Macro, Meso e Micro (BORSCHIVER e SILVA, 2016; COELHO; BOTELHO JUNIOR; TAHIM, 2012).

- Nível Macro: são as primeiras informações encontradas nos documentos, como título, ano, país e instituições;
- Nível Meso: são extraídas as informações principais dos documentos para que eles possam ser agrupados, de maneira relevante ao tema, com base nas suas taxonomias e tendências observadas;
- Nível Micro: os documentos são detalhados para entender e caracterizar as taxonomias definidas na análise meso e, com isso, aprofundar o tema de estudo.

Na última etapa, pós prospectiva, todas as informações identificadas e organizadas anteriormente são melhor estudadas e estruturadas na forma de um mapa, o *roadmap* (BORSCHIVER e SILVA, 2016).

De acordo com Borschiver e Silva (2016), os resultados são avaliados alocando-os em quatro períodos de tempo que correspondem ao eixo horizontal do *roadmap*:

- Estágio atual: representa as tecnologias já utilizadas ou que estão próximas de serem utilizadas industrialmente e comercialmente;

- Curto prazo: representa um período de utilização da tecnologia para até 5 anos futuros a partir do presente momento;
- Médio prazo: representa utilização da tecnologia de 5 a 10 anos a partir do presente momento;
- Longo prazo: representa os estudos ainda em fase teórica, ou seja, distantes da aplicação comercial. Esse período pode ser definido para além de 10 anos do presente momento.

Diante disso, para este trabalho, foram estudados três dos estágios definidos acima: o estágio atual, o curto prazo e o longo prazo, pois o entendimento sobre o horizonte temporal definido para cada estudo pode variar de acordo com a percepção do analista (BORSCHIVER e SILVA, 2016).

Considerou-se, portanto, para o curto prazo um período até 5 anos a partir do presente momento e adotou-se como longo prazo, o período de 10 anos a partir do presente momento. Essa abordagem foi escolhida com o intuito de comparar os resultados do *roadmap* elaborado com as projeções de consumo do GN realizadas no relatório “Gás para o desenvolvimento” do BNDES, publicado em maio de 2020 (BNDES, 2020).

3.1. ETAPA PRÉ-PROSPECTIVA

Nessa etapa, utilizou-se artigos, dissertações, revistas técnicas, notícias e relatórios de empresas para que as palavras-chave pudessem ser definidas. O primeiro canal de busca foi o *Google*, já que essa ferramenta disponibiliza resultados de diversas fontes de notícias encontradas na *internet*.

Inicialmente, a pesquisa se baseou na utilização de palavras-chave “Gás natural na indústria química” e “Uso do gás natural na indústria química brasileira”. Verificou-se, então, que o GN pode ser utilizado como insumo energético e não energético (matéria-prima) e constatou-se que como matéria-prima, esse gás pode ser utilizado principalmente na fabricação de metanol e de fertilizantes nitrogenados.

Assim, foi possível restringir o número de documentos relevantes, com base nesse levantamento feito na literatura, e as palavras-chave importantes para esse estudo. O Quadro 1 mostra as palavras-chave que foram usadas nas bases de dados especializadas para dar início a prospecção.

Quadro 1 - Palavras-chave definidas na etapa pré-prospectiva.

Termos de busca
<i>“natural gas” AND “chemical industry”</i>
<i>“natural gas” AND “chemical industry” AND (Brazil OR Brazilian)</i>
<i>“natural gas” AND “chemical industries” AND (Brazil OR Brazilian) AND utilization</i>
<i>“natural gas” AND “chemical industries” AND feedstock AND Brazil</i>
<i>“natural gas” AND “chemical industries” AND feedstock</i>
<i>"methanol" AND "production" AND "natural gas"</i>
<i>“natural gas” AND “chemical industry” AND "nitrogen fertilizers"</i>
<i>“natural gas” AND "chemical industries" AND cogeneration OR energy</i>

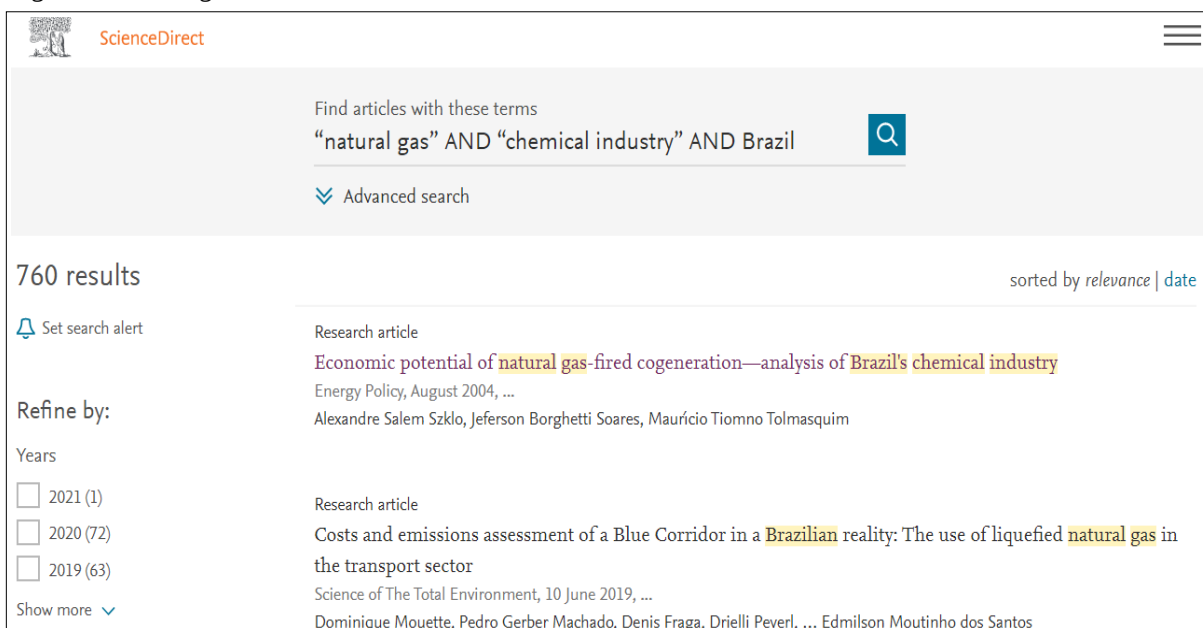
Fonte: Própria

3.2. ETAPA PROSPECTIVA

Com as palavras-chaves já definidas, escolheu-se os bancos de dados que seriam utilizadas na pesquisa. O *ScienceDirect* foi selecionado como o banco de dados de artigos científicos por disponibilizar artigos relevantes para esse estudo.

O *ScienceDirect* é operado pela editora anglo-holandesa Elsevier e tem um grande destaque na área de ciência e pesquisas inovadoras. Além disso, possuiu uma relevante coleção de publicações na área da engenharia, cobrindo uma variedade de disciplinas e oferecendo informações de periódicos, artigos, entre outros documentos (*ScienceDirect*, 2020). Cabe destacar ainda que foi utilizado apenas esse banco de dados para a pesquisa de artigos. A Figura 8 mostra a estratégia de busca usada.

Figura 8 – Estratégia de busca no *ScienceDirect*.



Fonte: *ScienceDirect*, 2020

O *Google Patents* é um mecanismo de pesquisa que possibilita uma ampla busca, seleção e exportação de patentes e, por isso, foi também utilizado como banco de dados para o trabalho (Google, 2020). A Figura 9 demonstra a estratégia de busca das patentes.

Figura 9 – Estratégia de busca no *Google Patents*.



Fonte: *Google Patents*, 2020

Com a análise das informações dos documentos resgatados nos bancos de dados mencionados, foi possível dividir a etapa prospectiva nos seus três níveis, conforme descrito no item 3.

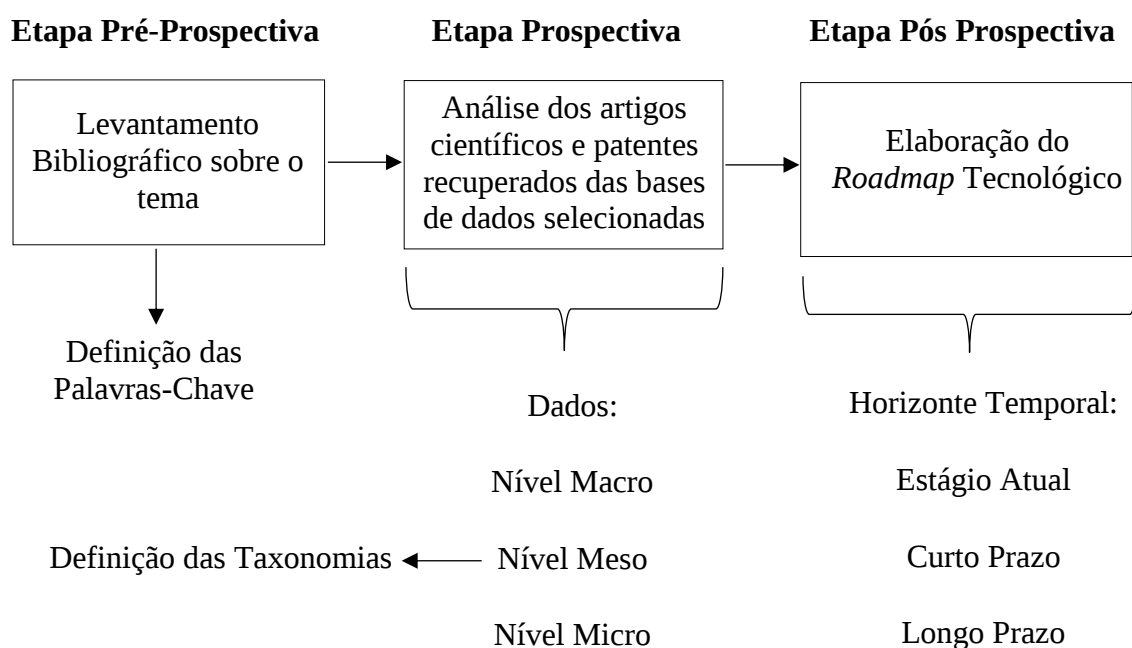
Além disso, outra adaptação na metodologia foi necessária já que não houve delimitação de tempo nas buscas nos bancos de dados *ScienceDirect* e *Google Patents*. Foram resgatados todos os documentos disponíveis referentes às taxonomias utilizadas, estabelecendo, portanto, os estágios temporais descritos no Quadro 2.

Quadro 2 – Estágios temporais: estágio atual, curto prazo e longo prazo.

Estágio atual	Curto prazo	Longo prazo
- Notícias, informações e relatórios disponíveis nos sites das empresas e associações; - Patentes publicadas antes de 2000.	- Patentes publicadas entre 2000 e 2010; - Artigos científicos publicados antes de 2010.	- Artigos científicos publicados entre 2010 e 2020.

Fonte: Própria

Para um melhor entendimento das fases pré-prospectiva, prospectiva e pós-prospectiva desse trabalho, foi feito o esquema a seguir.



4. CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente realizou-se uma busca utilizando o *Google* como ferramenta, com o objetivo de obter informações em relatórios, sites de empresas e associações sobre o cenário atual do uso do Gás Natural como insumo na indústria química brasileira. O Quadro 3 apresenta os termos de busca, definidos após pesquisa prévia sobre o assunto.

Quadro 3 – Termos de busca utilizados no *Google*.

Termos de Busca
Uso do gás natural na indústria química
Gás natural na indústria química brasileira
Fertilizantes nitrogenados a partir do gás natural
Metanol a partir do gás natural
Uso energético do gás natural na indústria química
Cogeração a partir do gás natural na indústria química

Fonte: Própria

Os termos apresentados no Quadro 3 foram adaptados para a linguagem do *Google*, trazendo consequentemente informações relevantes para o estudo. As informações obtidas sobre os diferentes tipos de usos do GN na indústria química orientaram a abordagem principal para a construção do *roadmap*. Além disso, por essa ferramenta de pesquisa disponibilizar grande quantidade de resultados, delimitou-se as buscas sobre o tema utilizando as palavras-chave nos bancos de dados específicos.

4.1. BASES DE DADOS ESPECÍFICAS

4.1.1. Etapa Pré-Prospectiva

Utilizou-se os termos de busca apresentados anteriormente nas bases de dados específicas, *ScienceDirect* e *Google Patents*. O Quadro 4 apresenta a quantidade de documentos relevantes recuperados para esse estudo.

Quadro 4 - Documentos recuperados nas bases de dados selecionadas.

Termos de Busca	Resultados Relevantes	
	<i>ScienceDirect</i>	<i>Google Patents</i>
<i>“natural gas” AND “chemical industry”</i>	6	1
<i>“natural gas” AND “chemical industry” AND (Brazil OR Brazilian)</i>	4	0
<i>“natural gas” AND “chemical industries” AND (Brazil OR Brazilian) AND utilization</i>	3	0
<i>“natural gas” AND “chemical industries” AND feedstock AND Brazil</i>	2	0
<i>“natural gas” AND “chemical industries” AND feedstock</i>	2	1
<i>"methanol" AND "production" AND "natural gas"</i>	13	17
<i>“natural gas” AND “chemical industry” AND "nitrogen fertilizers"</i>	3	5
<i>“natural gas” AND "chemical industries" AND cogeneration OR energy</i>	7	1
Total	40	25

Fonte: Própria

Os artigos científicos e patentes identificados no Quadro 4 foram utilizados para gerar dados estatísticos críticos para a prospecção. Esses documentos foram avaliados e organizados com o intuito de definir os *drivers* dos *roadmaps*. O termo *drivers* é usualmente empregado para identificar as taxonomias alocadas no eixo vertical do mapa. O Quadro 5 apresenta os *drivers* propostos para os *roadmaps*.

Quadro 5 – Drivers propostos para os *roadmaps*.

Produtos	Fertilizantes Nitrogenados
	Metanol
Aplicação	Indústria Química
Usos	Não Energético (Transformação em Produtos)
	Energético Cogeração Outros Usos Energéticos

Fonte: Própria

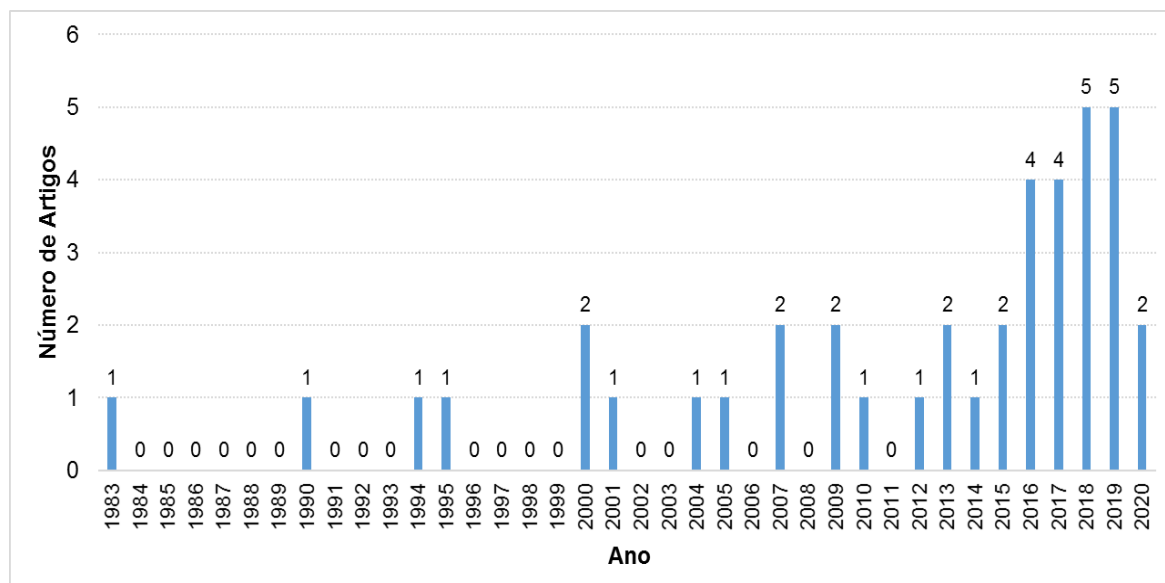
As taxonomias definidas no Quadro 5, orientaram a construção dos mapas tecnológicos. Conforme pode ser observado, os documentos levantados e o *roadmap* tiveram como foco dois produtos: fertilizantes nitrogenados e metanol, pois identificou-se que a principal utilização do GN como matéria-prima é para a produção desses produtos. Entretanto, o uso não energético do GN não se limita a fabricação de fertilizantes nitrogenados e metanol. Esses resultados indicam uma forte tendência da tecnologia em estudo para os próximos anos (BNDES, 2020).

4.1.2. Etapa Prospectiva

4.1.2.1. Base de artigos científicos *ScienceDirect*

Na sequência do estudo pré-prospectivo, realizou-se uma avaliação de alguns parâmetros tais como o número de artigos por ano, país, visão em curto ou longo prazo, usos e produtos, nos 40 artigos científicos recuperados pelo *ScienceDirect*. A Figura 11, apresenta o gráfico relacionando o número de artigos publicados no *ScienceDirect* no período de 1983 até o ano de 2020.

Figura 11 – Número de artigos científicos por ano no período de 1983 a 2020.

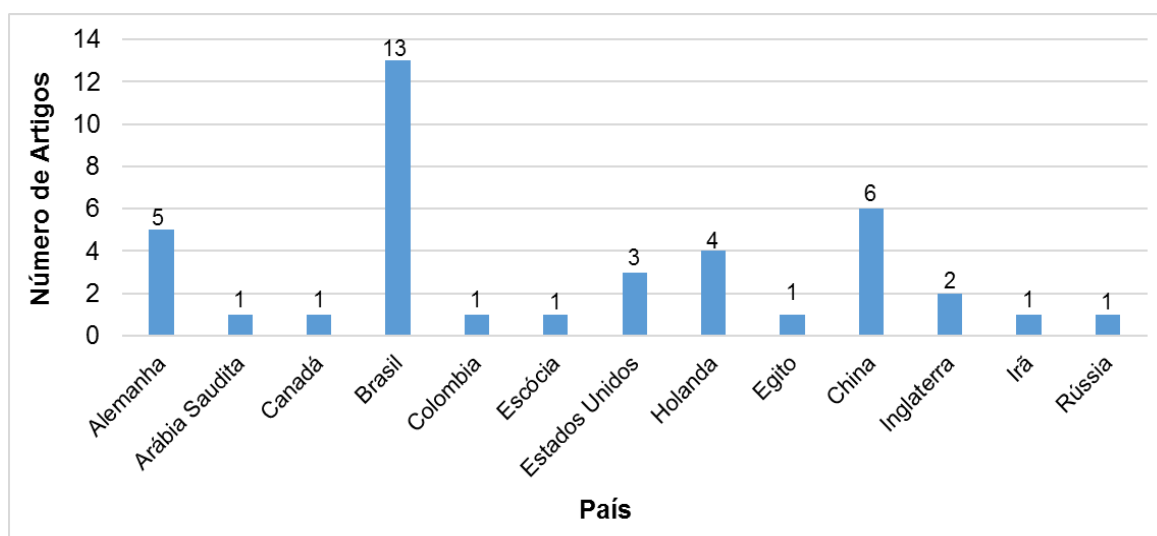


Fonte: Própria

É possível notar da Figura 11 que o número de publicações disponíveis sobre o uso do GN nas indústrias químicas nos anos de 1983 a 1999 não era expressivo. Observa-se também que houve oscilação no número de publicações no período de 2000 a 2014. Entretanto, após esse período, verificou-se um ligeiro aumento no número de publicações. Em 2020 esse número reduziu, podendo estar relacionado com o não encerramento do ano no qual foi considerado artigos científicos até o mês de maio.

Analizou-se também a relação entre a quantidade de artigos científicos publicados com o respectivo país de origem da pesquisa no mesmo intervalo de tempo da figura anterior, de 1983 a 2020. A Figura 12 apresenta graficamente os dados desse estudo.

Figura 12 – Número de artigos científicos por país no período de 1983 a 2020.

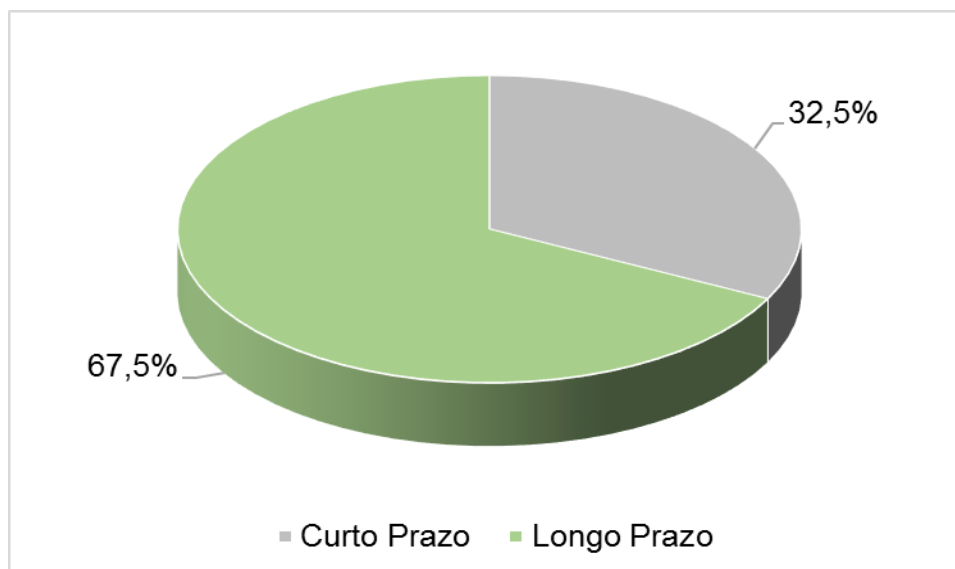


Fonte: Própria

Observa-se da Figura 12, que dos 40 artigos científicos recuperados da base de dados *ScienceDirect*, 13 artigos foram publicados por instituições brasileiras. O Brasil destaca-se na avaliação desse parâmetro, seguido pela China e Alemanha. Essa grande representatividade do Brasil pode estar relacionada com o entusiasmo das indústrias brasileiras por efeito do plano do governo em desenvolver o mercado de GN para aumentar a produção do combustível. Esses incentivos começaram com o programa “Gás para Crescer” lançado em 2016 e o “Novo Mercado de Gás” publicado em 2019 (FGV ENERIA, 2019).

Outro parâmetro analisado nesse estudo está relacionado com a organização dos documentos em uma visão em curto ou longo prazo, conforme explicado no Quadro 2 do item 3.3. Os dados foram representados graficamente, como ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Organização dos artigos científicos de acordo com uma visão em curto ou longo prazo.

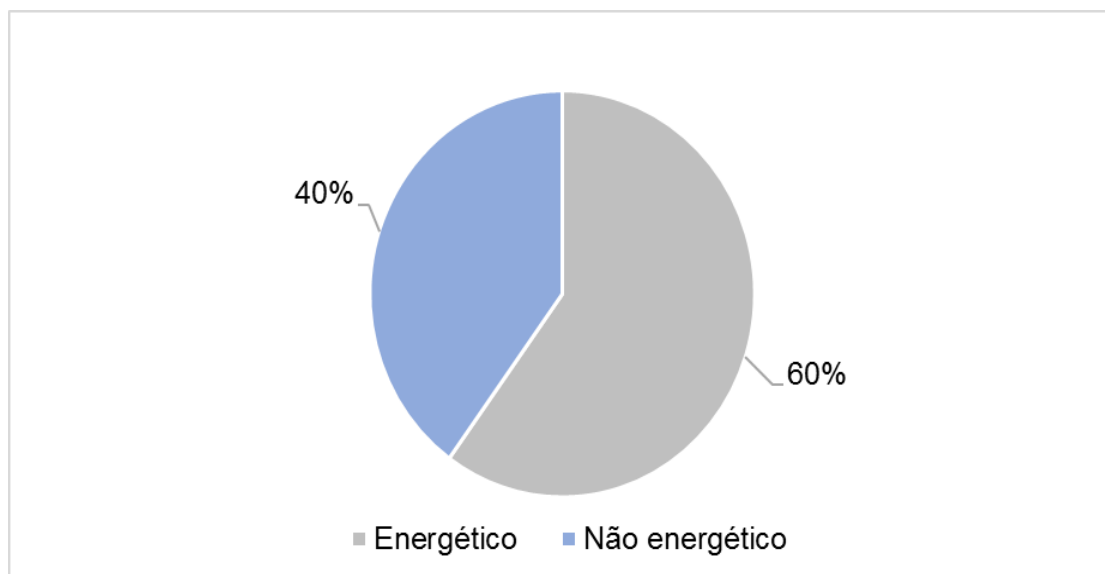


Fonte: Própria

Verificou-se na Figura 13 que 32,5% dos artigos científicos recuperados da base de dados *ScienceDirect* foram publicados antes de 2010, constituindo o estágio temporal de curto prazo e 67,5% foram publicados entre 2010 e 2020, correspondendo ao estágio de longo prazo. Esses resultados indicam que as pesquisas envolvendo o GN nas indústrias químicas vêm aumentando ao longo dos anos, principalmente nos últimos 5 anos. Estão sendo estudadas medidas para a desverticalização da cadeia de GN e a criação de condições para o acesso a todas as infraestruturas essenciais para o uso desse gás pelas indústrias (FGV ENERIA, 2019). Esse fato pode explicar o aumento das pesquisas abrangendo o GN, principalmente para uma utilização em longo prazo.

Outro parâmetro estudado nessa etapa prospectiva está relacionado com a organização dos artigos científicos levando em consideração os tipos de uso do GN, podendo ser classificado como uso energético e não energético. Dessa maneira, a Figura 14 mostra o percentual desses documentos organizados de acordo com os tipos de uso.

Figura 14 –Organização dos artigos de acordo com os tipos de uso do GN.

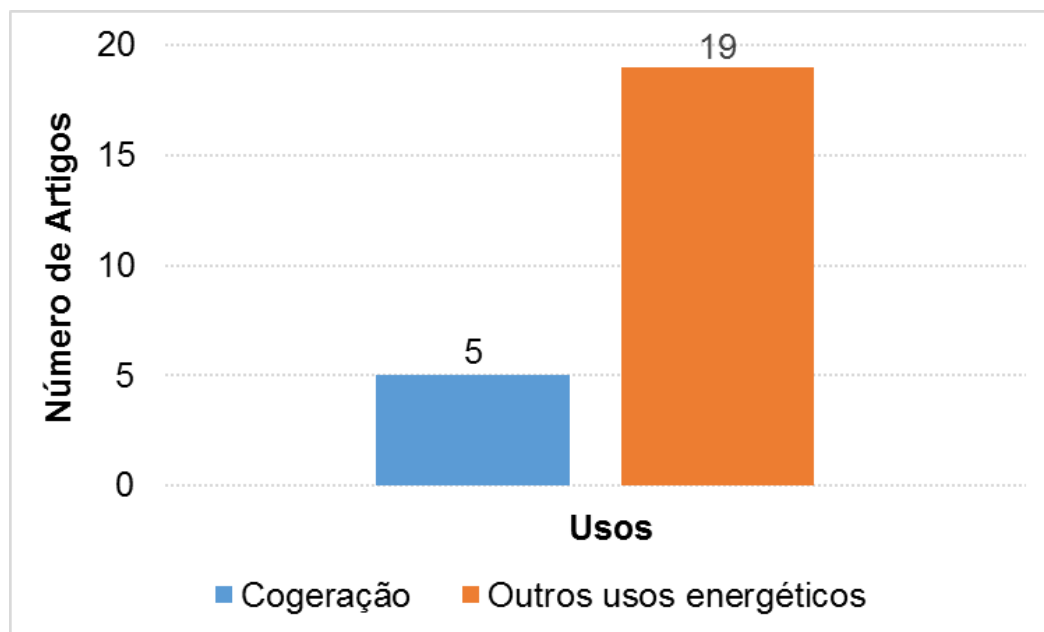


Fonte: Própria

Percebe-se na Figura 14 que 60% dos artigos científicos abordam o uso do GN para fins energéticos e os 40% restantes destacam o uso do GN para fins não energéticos. O GN utilizado para fins energéticos pode ser aplicado na conversão em energia elétrica, com uso em turbinas de ciclo a gás, como combustível em fornos industriais e em caldeiras. Além dessas aplicações, o GN proporciona grande potencial para sistemas de cogeração. As vantagens de se utilizar o GN para fins energéticos são diversas e estão relacionadas com a eficiência do sistema, com a menor emissão de CO₂ e menor custo quando comparado com outras fontes (COPERGÁS, 2020).

Devido a relevância da avaliação desse parâmetro, realizou-se a análise Micro. Essa análise consiste em classificar os documentos de acordo com a aplicação do GN em cogeração ou em outras finalidades de usos energéticos. Dos 40 artigos científicos recuperados da base de dados *ScienceDirect*, 24 artigos abordaram o uso do GN para fins energéticos. A Figura 15 apresenta graficamente essa classificação.

Figura 15 – Número de artigos de acordo com o uso do GN para cogeração e outros fins energéticos.

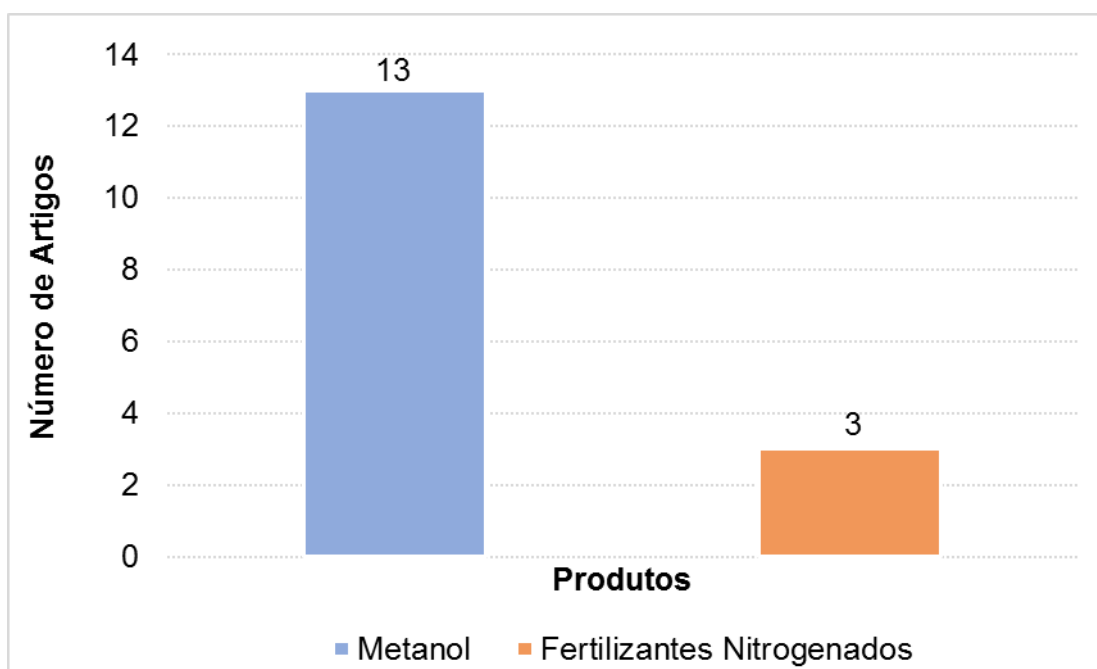


Fonte: Própria

Dos 24 artigos científicos, observa-se na Figura 15, que 5 artigos estão relacionados a estudos do GN para a cogeração e 19 artigos retratam outros usos com fins energéticos. Tais resultados demonstram que a predominância dos estudos está relacionada com a geração de energia elétrica ou de calor nas indústrias químicas, utilizando o GN como fonte energética. A cogeração é um processo que produz simultaneamente calor e energia elétrica. Dessa forma, as plantas de cogeração reaproveitam os rejeitos térmicos para obtenção de vapor, ar quente, CO₂, água quente e gelada para o processo.

Estudou-se também o uso do GN para fins não energéticos nas indústrias. Como já relatado ao longo desse trabalho, esse gás como insumo não energético, é utilizado como matéria-prima na fabricação, principalmente, de fertilizantes nitrogenados e de metanol. A Figura 16 apresenta a relação da quantidade de artigos científicos de acordo com os produtos gerados pelo uso do GN como matéria-prima.

Figura 16 – Número de artigos de acordo com os produtos gerados pelo uso do GN como matéria-prima.



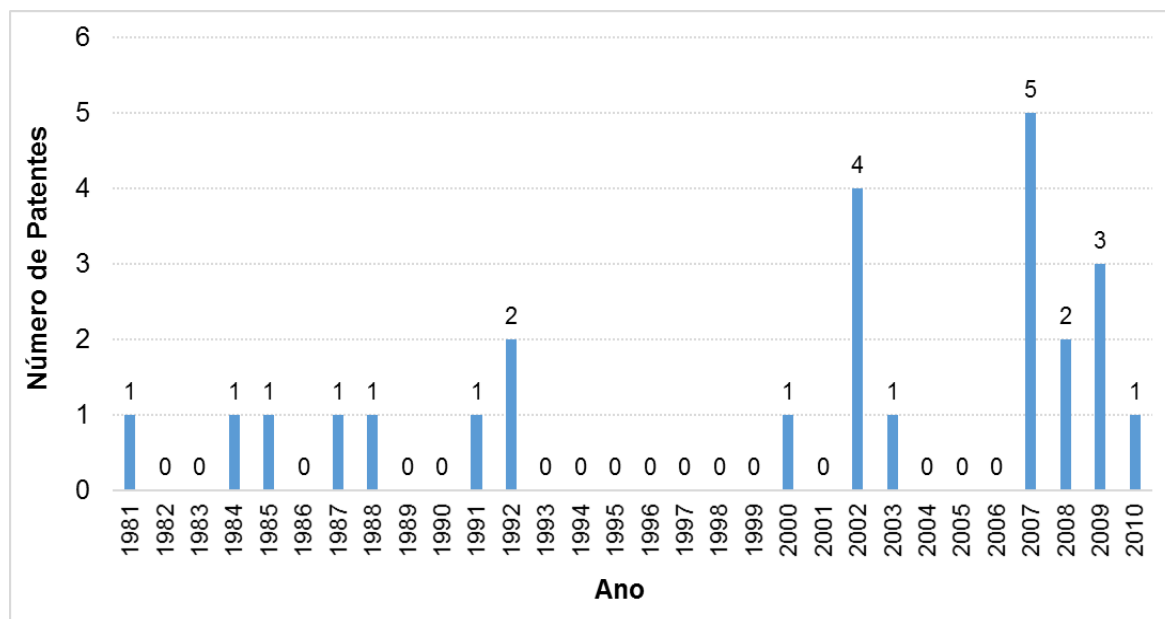
Fonte: Própria

Com base na Figura 16, dos 16 artigos que falam sobre o uso do GN para fins não energéticos, 13 artigos relatam sobre a produção de metanol e 3 artigos destacam a produção de fertilizantes nitrogenados. A explicação para o maior interesse dos centros de pesquisas em desenvolverem estudos sobre rotas de síntese de metanol pode estar relacionada com o fato de, atualmente, a produção doméstica de metanol ser nula e o Brasil precisar importar grande volume desse químico. Os fertilizantes nitrogenados também desempenham um importante papel no Brasil já que o país é um dos maiores produtores e exportadores agrícolas do mundo (EPE, 2019). A produção desses fertilizantes se insere na cadeia de valor do GN devido ao grande uso dessa fonte e, portanto, novos empreendimentos de fertilizantes com base a GN precisam ser estudados de acordo com a competitividade do combustível.

4.1.2.2. Banco de patentes *Google Patents*

De forma similar ao estudo realizado para os artigos científicos recuperados pelo *ScienceDirect*, analisou-se os parâmetros do número de patentes por ano, país, visão de estágio atual e curto prazo, usos e produtos, para as 25 patentes geradas pelo *Google Patents*. A Figura 17 apresenta graficamente o número de patentes publicadas no *Google Patents* no período de 1981 até o ano de 2010.

Figura 17 – Número de patentes por ano no período de 1981 a 2010.

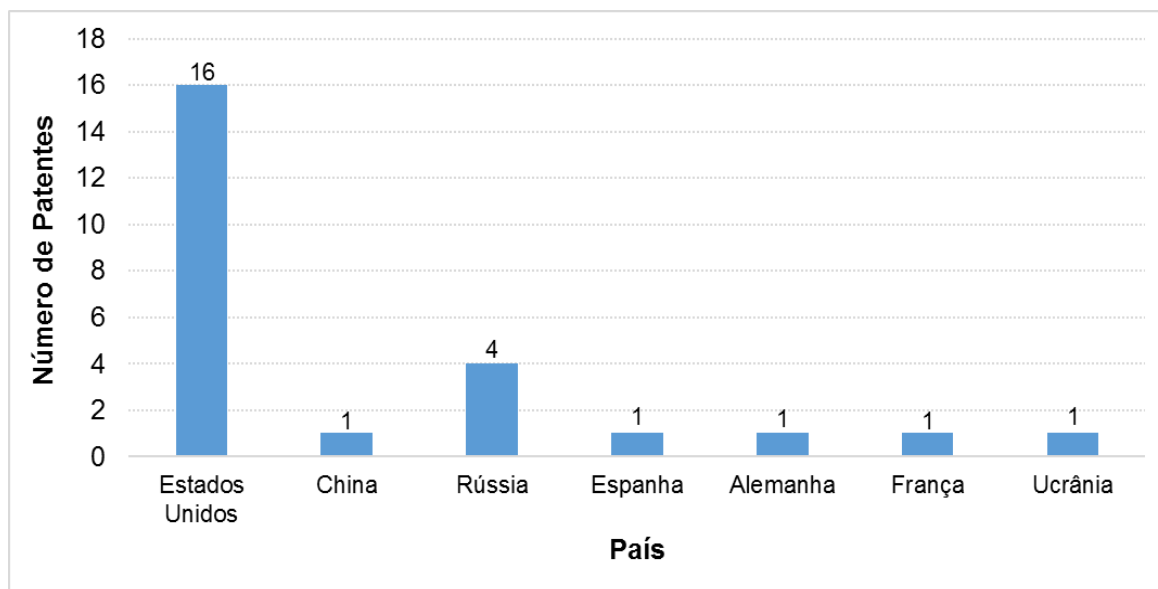


Fonte: Própria

Nota-se na Figura 17, que os patenteamentos que envolvem a tecnologia do GN dentro do segmento da indústria química tiveram valor expressivo em 2007. Entende-se que as inovações das patentes depositadas antes do ano de 2000 já estão sendo utilizadas pelas indústrias, correspondendo ao estágio atual. Por outro lado, as patentes publicadas entre 2000 e 2010 representam o curto prazo de aplicação, indicando um possível interesse por parte das indústrias químicas pelo uso do GN como insumo.

Analizou-se também a relação entre a quantidade de patentes depositadas com o respectivo país de origem da invenção da tecnologia no mesmo período de tempo da figura anterior, de 1981 a 2010. A Figura 18 apresenta o gráfico desse estudo.

Figura 18 - Número de patentes por país no período de 1981 a 2010.



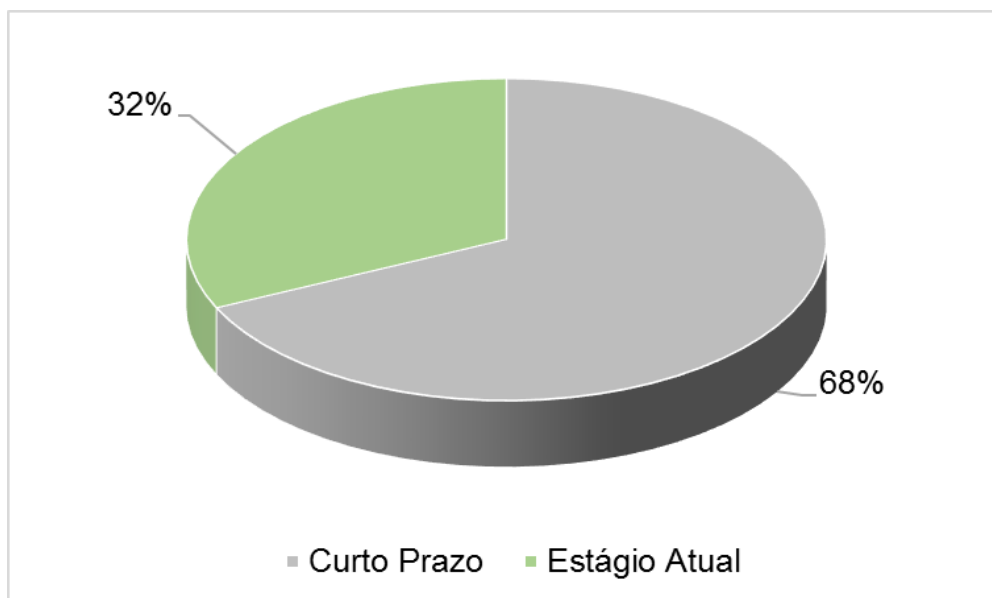
Fonte: Própria

Observa-se na Figura 18, que o Estados Unidos lidera a maior parte da produção de patentes desse estudo. Esses resultados podem estar relacionados com o custo desse gás no país. O preço médio do GN no Brasil para a indústria alcançou US\$ 14 por milhão de BTU em julho de 2017, mais do que o triplo dos US\$ 4 por milhão de BTU cobrados nos Estados Unidos. Isso faz com que desperte o interesse dos EUA em avançarem na inovação das indústrias utilizando o GN (CNI, 2018).

É possível destacar, também, o posicionamento do Brasil na avaliação desse parâmetro. Apesar de o país não ter registro de patentes, nota-se que a quantidade de artigos científicos publicados é expressiva, conforme discutido no tópico anterior. Isso demonstra que o país está em constante estudo e aprimoramento para que o mercado do GN se desenvolva. Com um aumento da oferta e demanda do GN, seu custo poderá ser reduzido, atraindo, consequentemente, maiores investimentos e inovações que possibilitem a utilização em maior escala desse gás pelas indústrias químicas brasileiras.

Outro parâmetro analisado nesse estudo refere-se à organização das patentes em uma visão de estágio atual e curto prazo. A Figura 19 apresenta graficamente o percentual dos documentos que representam o estágio atual e curto prazo.

Figura 19 – Organização das patentes de acordo com uma visão de estágio atual e curto prazo.

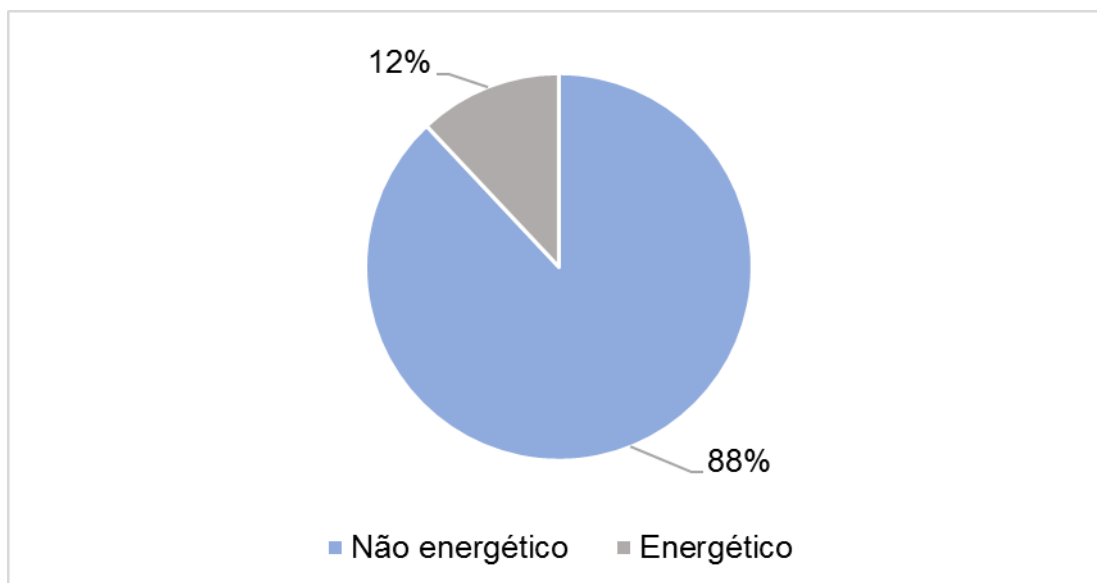


Fonte: Própria

Verifica-se na Figura 19, que 68% das patentes recuperadas do banco de dados *Google Patents* foram publicadas entre 2000 e 2010, representando uma visão de curto prazo e 32% foram publicadas antes do ano de 2000, constituindo o estágio atual. Esse tipo de tecnologia já vem sendo adotada e explorada por algumas indústrias. Comparando esses resultados com aqueles obtidos dos artigos científicos, nota-se praticamente a mesma porcentagem para o longo prazo. Confirmando, portanto, um interesse futuro por parte das instituições e indústrias químicas em avançar nos estudos e inovações sobre a tecnologia do GN.

Avaliou-se também nessa etapa prospectiva a relação das patentes considerando os tipos de uso do GN, podendo ser energético e não energético. Desse modo, a Figura 20 mostra o percentual desses documentos de acordo com os tipos de uso.

Figura 20 – Organização das patentes de acordo com os tipos de uso do GN.

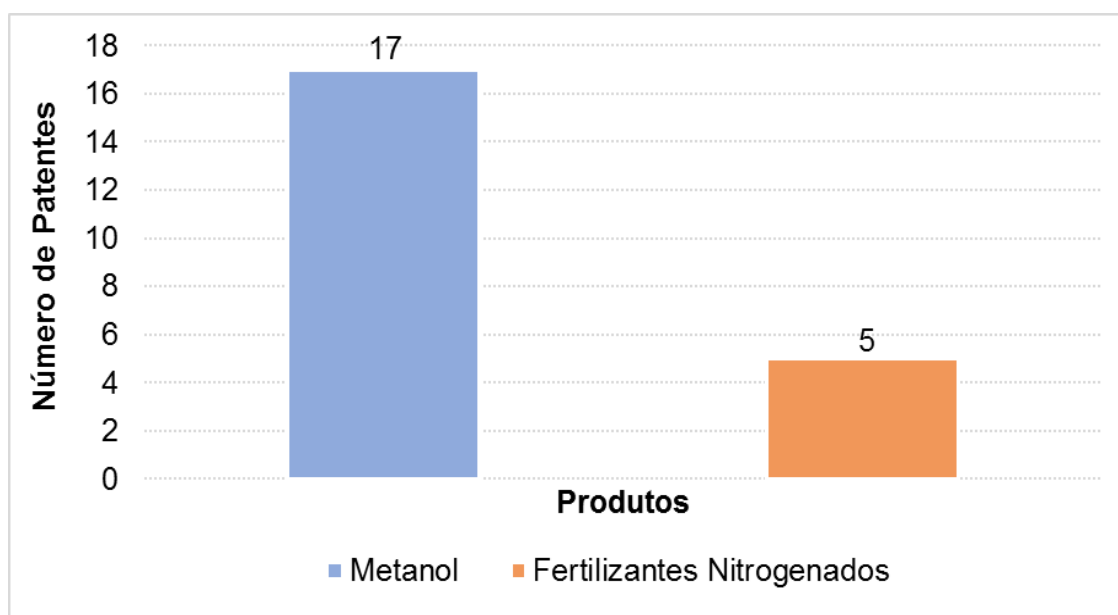


Fonte: Própria

Percebe-se na Figura 20 que 88% das patentes abordam o uso do GN para fins não energéticos e 12% dos documentos destacam o uso do GN para fins energéticos. Compreende-se que para fins não energéticos, o GN é utilizado como matéria-prima nas indústrias químicas para a produção de fertilizantes nitrogenados e metanol (BNDES, 2020). Diversos estudos e inovações ainda estão sendo explorados para avançar nesses processos de produção.

Realizou-se a análise Micro para as 22 patentes recuperadas no banco de dados *Google Patents* que abordaram o uso do GN como matéria-prima a fim de classifica-las de acordo com a produção de fertilizantes nitrogenados e metanol. A Figura 21 apresenta graficamente essa classificação.

Figura 21 - Número de patentes de acordo com os produtos gerados pelo uso do GN como matéria-prima.



Fonte: Própria

Com base na Figura 21, das 22 patentes que discutem sobre o uso do GN para fins não energéticos, 17 relatam sobre a produção de metanol e 5 destacam a produção de fertilizantes nitrogenados. Assim como foi observado para os artigos científicos, nota-se também para a análise das patentes, que existe mais estudos e inovações que avaliam a produção de metanol a partir do GN do que de fertilizantes nitrogenados. As indústrias que produziam metanol no Brasil encerraram suas atividades devido ao elevado custo de produção. Isso faz com que as instituições de pesquisa se esforcem em estudar novas rotas de síntese de metanol a partir do GN como matéria-prima. No que se refere a utilização do GN como insumo na produção de fertilizantes nitrogenados, sabe-se que muitas indústrias brasileiras, como a Petrobras- FAFEN, tem seu processo consolidado (BNDES, 2020).

Os dados obtidos pelas análises Macro, Meso e Micro dos artigos científicos e patentes realizadas nesse capítulo foram organizados em forma de mapas visuais (*roadmaps*), em conformidade com o descrito no capítulo da metodologia. Na sequência será apresentado a discussão deste mapeamento.

4.2. ROADMAP TECNOLÓGICO

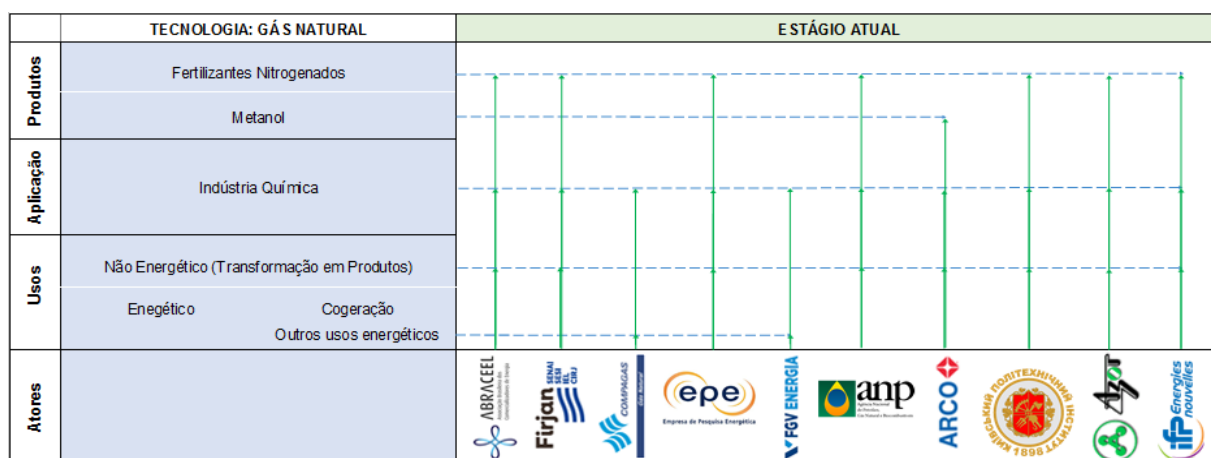
4.2.1. Etapa Pós Prospectiva

Essa etapa é caracterizada pela elaboração do *roadmap* tecnológico. O mapa visual foi dividido em três estágios temporais: estágio atual, curto prazo e longo prazo. O *roadmap* possibilita uma melhor visualização e compreensão dos dados que foram abordados ao longo desse trabalho.

4.2.1.1. Estágio Atual

O mapa visual correspondente ao estágio atual é constituído por patentes publicadas antes do ano de 2000 que foram recuperadas no banco de dados *Google Patents*, além de notícias, informações e relatórios disponíveis nos sites de empresas e associações. A Figura 22 corresponde ao *roadmap* do estágio atual da tecnologia do GN.

Figura 22 - *Roadmap* referente ao estágio atual da tecnologia do GN.



Fonte: Própria

Constatou-se da Figura 22 que, para esse estágio temporal, foram encontrados empresas, associações e institutos. Analisando o mapa, observa-se que os estudos referentes a produção de fertilizantes nitrogenados a partir do GN prevaleceram nessas organizações. As fábricas brasileiras que produziam metanol encerraram suas atividades devido ao alto custo do GN (BNDES, 2020). Esse resultado, portanto, é coerente, já que atualmente somente as fábricas de produção de fertilizantes nitrogenados a partir do GN estão em funcionamento no Brasil.

Dentre as organizações apresentadas na Figura 22, destacam-se a empresa Atlantic Richfield Company (ARCO) que aborda a produção de metanol e o instituto IFP Energies Nouvelles que retrata a produção de fertilizantes nitrogenados.

A ARCO é uma companhia de petróleo americana com operações em diversos países, como Estados Unidos, Indonésia e México (ARCO, 2020). Ela é detentora de uma patente que apresenta processos de obtenção de metanol a partir do uso GN como insumo. A empresa é conhecida pelo seu combustível de baixo preço em comparação com outras marcas, e por esse motivo, investe em inovações.

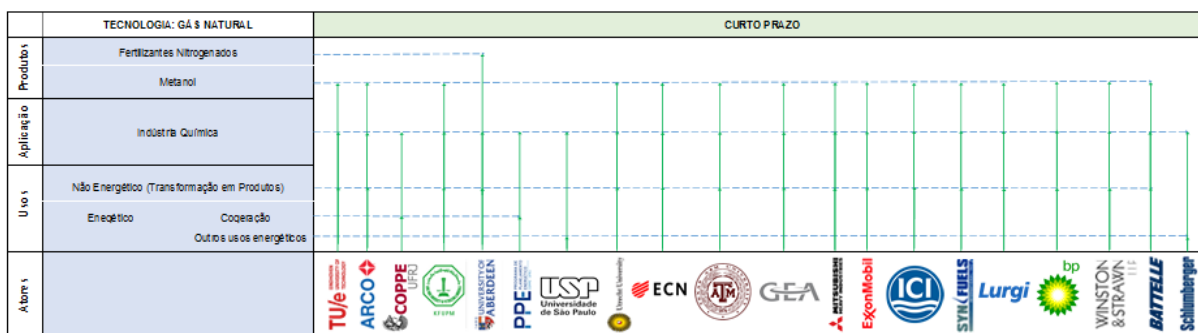
O IFP Energies Nouvelles, também conhecido como Instituto Francês do Petróleo, é uma organização pública de pesquisa na França que desenvolve estudos e inovações nas indústrias sobre petróleo, combustíveis e lubrificantes (IFP ENERGIES NOUVELLES, 2020). Esse instituto publicou uma patente que relata processos para a produção de olefinas e fertilizantes, como a ureia, a partir do GN.

Entende-se, desse modo, que essas patentes publicadas antes do ano de 2000, indicam que possivelmente o GN já está sendo utilizado como insumo em indústrias de grande relevância mundial.

4.2.1.2. Curto Prazo

No mapa que representa o curto prazo, encontram-se as patentes recuperadas no banco de dados *Google Patents* que foram publicadas entre os anos de 2000 e 2010 e os artigos científicos levantados no banco de dados *ScienceDirect* publicados antes de 2010. A Figura 23 representa o *roadmap* de curto prazo da tecnologia do GN.

Figura 23 - Roadmap referente ao curto prazo da tecnologia do GN.



Fonte: Própria

Analisou-se da Figura 23, a presença de companhias nos setores de desenvolvimento e pesquisa que estão relacionadas com o segmento químico industrial. As empresas de grande

porte e academias mostradas no mapa, estudam a utilização do GN nas indústrias em curto prazo, indicando que essa tecnologia pode ser ainda mais desenvolvida em até cinco anos. Destaca-se alguns atores importantes como a Exxonmobil, BP e Schlumberger.

A Exxonmobil é uma empresa multinacional de petróleo e gás dos Estados Unidos e possui sedes brasileira no Rio de Janeiro, São Paulo, Paulínia e Curitiba. A corporação é uma das maiores empresas internacionais de petróleo e gás de capital aberto, ocupando atualmente a segunda posição no ranking mundial das empresas com maior valor de mercado. Utilizam da tecnologia e inovação para atender às crescentes necessidades de energia do mundo e acreditam que o GN desempenhará um papel cada vez mais importante no crescimento econômico mundial. Por esse motivo, atuam em toda a cadeia de valor do GN, apostando nas inovações e patentes (EXXONMOBIL, 2020).

A BP é uma organização multinacional sediada no Reino Unido que opera no setor de energia, principalmente de petróleo e gás. Também possui sede no Brasil com 27 blocos em cinco diferentes bacias geológicas brasileiras, sendo uma das empresas internacionais com o maior portfólio de exploração em águas profundas no País. A empresa opera no setor de lubrificantes, por meio da Castrol que é líder mundial na fabricação, distribuição e comercialização de óleos lubrificantes (BP, 2020).

A Schlumberger é a maior empresa prestadora de serviços de petróleo do mundo. Seus escritórios principais estão localizados na cidade de Houston, nos Estados Unidos, em Paris, na França e em Haia, na Holanda. Possui 125 instalações de Pesquisa e Engenharia em diversos lugares, incluindo o Brasil, e tem o objetivo de investir no desenvolvimento de tecnologias inovadoras (SCHLUMBERGER, 2020).

Foram mencionados alguns dos principais atores presentes no *roadmap* da Figura 23, os outros não mencionados, encontram-se dispostos no eixo horizontal do mapa. A análise desse mapa visual demonstra que as empresas concentram suas pesquisas e desenvolvimento para avançar nas inovações e otimização dos processos de produção do metanol a partir do uso do GN como matéria-prima, em curto prazo.

O relatório “Gás para o desenvolvimento” do BNDES estima que o GN mais barato viabilizaria a implantação de uma ou duas plantas de produção de metanol, que poderiam demandar até 2,4 milhões de m³/dia de GN a curto prazo, baseado no volume de metanol importado atualmente. Além disso, estima-se que com essa redução de custo a indústria química demandaria, em curto prazo, até 14 milhões de m³/dia de GN como matéria-prima (BNDES, 2020).

desenvolveram trabalhos com foco em estudos voltados para a utilização do GN para fins energéticos, como na geração de energia elétrica, calor e cogeração (FROTA *et al.*, 2010; FIOREZE *et al.*, 2013; CEZÁRIO *et al.*, 2015; BAZZO; CARVALHO; MATELLI, 2013; CAMPOS *et al.*, 2016).

Com toda a análise feita para esse mapa, é possível compreender que as diversas instituições em parcerias com institutos e empresas estão em constantes aprimoramentos para que se tenha uma forte tendência de desenvolvimento e evolução das tecnologias sobre o uso do GN, principalmente, para fins energéticos em longo prazo.

De acordo com o relatório “Gás para desenvolvimento” do BNDES, a indústria química poderá consumir, adicionalmente, 9,8 milhões de m³/dia de GN para fins energéticos, sem incluir a cogeração, em um horizonte temporal de longo prazo, até 2030. Com a redução do preço GN, serão proporcionados ganhos operacionais e redução de custos para as indústrias, não só na utilização como fonte de energia térmica proporcionada por sua queima, mas também na perspectiva da geração de energia elétrica. Além disso, por meio da cogeração, a indústria pode gerar parte da energia demandada por suas operações e ainda exportar excedentes para outros usuários (BNDES, 2020).

5. CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

5.1. CONCLUSÃO

Os estudos referentes a utilização do GN como insumo nas indústrias químicas possuem grande relevância no Brasil, como foi mostrado ao longo desse trabalho. Essas indústrias possuem expressivo potencial para desenvolver tecnologias que usam o GN para fins não energéticos, principalmente, para a produção de intermediários da indústria de fertilizantes e metanol, e energéticos, no fornecimento de calor, geração de eletricidade, força motriz e cogeração. Entende-se, desse modo, que a indústria química desempenha um papel importante no mercado de GN.

Com a prospecção tecnológica, utilizando a ferramenta do *Technology Roadmap* (TRM), foi possível projetar as tendências identificadas para o GN em três estágios temporais: estágio atual, curto prazo e longo prazo. Nesses mapas visuais foram apresentadas de forma clara e objetiva as informações essenciais para a tomada de decisão. Assim, para o estágio atual, prevaleceu-se os estudos das empresas, associações e institutos referentes a produção de fertilizantes nitrogenados a partir do uso do GN como matéria-prima. Em curto prazo, observou-se que as empresas concentram suas pesquisas e desenvolvimento para avançar nas inovações dos processos de produção do metanol. Por outro lado, em longo prazo, analisou-se uma forte tendência de desenvolvimento e evolução das tecnologias sobre o uso do GN para fins energéticos, tanto para geração de energia elétrica e térmica, quanto para cogeração.

Comparou-se os resultados dos mapas com as projeções de curto prazo e longo prazo estudadas no relatório “Gás para o desenvolvimento” do BNDES, publicado em 2020. Validou-se, dessa maneira, as tendências identificadas nos *roadmaps* e constatou-se que os resultados são coerentes e mostram que, de fato, as indústrias químicas tendem a expandir sua capacidade de consumo do GN, principalmente, em um cenário mais estável de oferta e demanda, e com preços mais competitivos do gás.

5.2. SUGESTÕES FUTURAS

Como sugestão para futuros trabalhos e pesquisas, recomenda-se:

- Realizar um estudo sobre outras possíveis áreas de aplicações do GN, como na indústria de papel e celulose, cerâmica, ferro-gusa e aço.

- Realizar estudo de viabilidade econômica do uso do GN substituindo outras fontes energéticas;
- Realizar o estudo implementando outras bases de dados.

REFERÊNCIAS

ABEGÁS. Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado. **A reinjeção de Gás Natural no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.abegas.org.br/arquivos/76521>. Acesso em: 04 set. 2020.

ANP. Agência Nacional de Petróleo. **Gás Natural**. 2020a. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/gas-natural>. Acesso em: 02 maio 2020.

ANP. Agência Nacional de Petróleo. **Estudo sobre o Aproveitamento do Gás Natural do Pré-Sal**. [Rio de Janeiro: ANP], 2020b. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/arquivos/estudos/aproveitamento-gn-pre-sal.pdf>. Acesso em: 04 set. 2020.

ANP. Agência Nacional de Petróleo. **Metanol**. 2020c. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/petroleo-derivado/solventes/metanol>. Acesso em: 13 jun. 2020.

AMPARO, K. K. S.; RIBEIRO, M. C. O.; GUARIEIRO, L. L. N. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica, **Perspect. Ciênc. Inf.**, Belo Horizonte, v.17, n.4, p.195-209, out./dez. 2012.

ARCO. Disponível em: <https://www.arco.com/>. Acesso em: 25 out. 2020.

BAHIAGAS. **Gás Natural**. 2020. Disponível em: <http://www.bahiagas.com.br/gas-natural/o-que-e-gas-natural#>. Acesso em: 09 jun 2020.

BAZZO, E.; CARVALHO, A. N. De; MATELLI, J. A. Experimental results and thermodynamic analysis of a natural gas small scale cogeneration plant for power and refrigeration purposes. **Applied Thermal Engineering**, [S.l.], v. 58, n. 1-2, p. 264-272, set. 2013.

BEN. **Balanco Energético Nacional 2018**. [Rio de Janeiro: EPE], 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf. Acesso em: 14 jun. 2020.

BEN. **Balanco Energético Nacional 2019**. [Rio de Janeiro: BEN], 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>. Acesso em: 01 maio 2020.

BLUMBERG, T.; MOROSUK, T.; TSATSARONIS, G. Exergy-based evaluation of methanol production from natural gas with CO₂ utilization. **Energy**. Berlim, v. 141, p. 2528-2539, dez. 2017.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Gás para o Desenvolvimento**. [Rio de Janeiro: BNDES], 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/publicacoes/livros/gas-para-o-desenvolvimento>. Acesso em: 02 maio 2020.

BORSCHIVER, Suzana; SILVA, Andrezza Lemos Rangel da. **Technology Roadmap: Planejamento estratégico para alinhar mercado-produto-tecnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2016. 110 p.

BOULAMANTI, A.; MOYA, J. A. Production costs of the chemical industry in the EU and other countries: Ammonia, methanol and light olefins. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S.l.], v. 68, n. 2, p. 1205-1212, fev. 2017.

BP. **Petróleo e gás natural**. Disponível em: https://www.bp.com/pt_br/brazil/home/quem-somos/o-que-fazemos/petrolio-e-gas-natural.html. Acesso em: 25 out. 2020.

CAMPOS, A. F. *et al.* A review of Brazilian natural gas industry: Challenges and strategies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Rio de Janeiro, v. 75, p. 1207-1216, ago. 2016.

CARDOSO, F.; BOMTEMPO, J. V.; BORSCHIVER, S. Elaboração de roadmap tecnológico para a produção de biogás a partir de vinhaça. **Cad. Prospec.**, Salvador, v. 10, n. 3, p. 495-509, jul./set. 2017.

CARVALHO, S. R. A.; URBINA, S. M. L. Roadmapping e Roadmap Tecnológico: uma proposta prática para instituições científicas e tecnológicas. **Refas.**, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 1-12, fev. 2008.

CBIE. Centro Brasileiro de Infraestrutura. **Como funciona a reinjeção de gás natural**. 2020. Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/como-funciona-a-reinjecao-de-gas-natural/>. Acesso em: 04 set. 2020.

CEZÁRIO, W. R. *et al.* The energy revolution in the USA and the pre-salt reserves in Brazil: Risks and opportunities for the Brazilian petrochemical industry. **Futures**, Rio de Janeiro, v. 73, p. 1-11, out. 2015.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Preço do gás natural do Brasil é três vezes maior do que o dos Estados Unidos**. 2018. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/infraestrutura/preco-do-gas-natural-do-brasil-e-tres-vezes-maior-do-que-o-dos-estados-unidos/>. Acesso em: 19 out. 2020.

COELHO, F. A. J.; JUNIOR, B. S.; TAHIM, F. E. Roadmap tecnológico: um estudo preliminar. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa.**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 168-177, nov. 2012.

COMGAS. **Cogeração**. 2020. Disponível em: <https://www.comgas.com.br/para-industria/cogeracao/>. Acesso em: 14 jun. 2020.

COMPAGAS. **Industrial**. 2020. Disponível em: <http://www.compagas.com.br/index.php/industrial>. Acesso em: 01 maio 2020.

COPERGÁS. **Geração e Cogeração**. 2020. Disponível em: <https://www.copergas.com.br/produtos/geracaocogeracao/>. Acesso em: 14 jun 2020.

COUTINHO, P.; BOMTEMPO, J. V. Roadmap tecnológico em matérias-primas renováveis: Uma base para a construção de políticas e estratégias no brasil, **Quim. Nova**, [S.l.], v.34, n.5, p.910-916, 2011.

DICIONÁRIO DO PETRÓLEO. **Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN).** Disponível em: <http://dicionariodopetroleo.com.br/dictionary/unidade-de-processamento-de-gas-natural-upgn/>. Acesso em: 02 maio 2020.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Estudo de Caso na Indústria de Fertilizantes Nitrogenados.** [Rio de Janeiro: EPE], 2019. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/EPE-DEA-IT-01-19%20-%20GN_Fertilizantes.pdf. Acesso em: 25 out. 2020.

EUROCHEM. **Fosfato Monoamônico.** 2020. Disponível em: <https://pt.eurochemagro.com/produtos/adubos-azotados-e-fosfatados/fosfato-monoammonico/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

EXXONMOBIL. Disponível em: <https://corporate.exxonmobil.com/>. Acesso em: 25 out. 2020.

FGV ENERGIA. Fundação Getúlio Vargas de Energia. **Gás Natural.** [Rio de Janeiro, FGV], 2014. Disponível em: http://www.fgv.br/fgvenergia/caderno_gas_natural/files/assets/common/downloads/Caderno_G.pdf. Acesso em: 12 jun. 2020.

FGV ENERGIA. Fundação Getúlio Vargas de Energia. **O novo mercado de gás natural: Opiniões de especialistas, perspectivas e desafios para o Brasil.** [Rio de Janeiro, FGV], 2019. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_opinioao_-_agosto_-_web-versao_final.pdf. Acesso em: 25 out. 2020.

FIOREZE, M. *et al.* Gás Natural: Potencialidades de utilização no Brasil. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.**, [S.l.], v. 10, n. 10, p. 2251-2265, jan./fev. 2013.

FIRJAN. Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. **Perspectivas do Gás Natural no Rio de Janeiro.** [Rio de Janeiro: Firjan], 2018. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/perspectivas-do-gas-natural-no-rio-de-janeiro-1.htm#:~:text=Perspectivas%20do%20G%C3%A1s%20Natural%20no%20Rio%20de%20Janeiro,do%20arcabou%C3%A7o%20regulat%C3%B3rio%20do%20energ%C3%A9tico>. Acesso em: 22 jun. 2020.

FROTA, W. M. *et al.* Natural gas: The option for a sustainable development and energy in the state of Amazonas. **Energy Policy**, Pará, v. 38, n. 7, p. 3830-3836, jul. 2010.

GHARIBI, M. *et al.* Nanocatalysts for conversion of natural gas to liquid fuels and petrochemical feedstocks. **Applied Catalysis A: General**, [S.l.], v. 443-444, p. 8-26, nov. 2012.

GOOGLE PATENTS. Disponível em: <https://patents.google.com/>. Acesso em: 08 set. 2020.

HELM. **Nitrato De Amônio.** Disponível em: https://www.helmdobrasil.com.br/pt/produtos/fertilizantes/produtos/detalle/d/HDB_Ammonium_Nitrate/. Acesso em: 13 jun. 2020.

IFP ENERGIES NOUVELLES. Disponível em: <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/>. Acesso em: 25 out. 2020.

KUPFER, D.; TIGRE, P. B. Prospecção tecnológica. In: CARUSO, L. A.; TIGRE, P. B. (Org.). **Modelo SENAI de prospecção: documento metodológico.** Montevideo: OIT/CINTERFOR, 2004. (Papeles de la Oficina Técnica, n. 14).

MAYERHOFF, Z. D. V. L. Uma análise sobre os estudos de prospecção tecnológica. **Cadernos de Prospecção.**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 7-9, 2008. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Emissões Brasileiras.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/228-as-emiss%C3%B5es-brasileiras.html>. Acesso em: 22 jun. 2020.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Boletim Mensal De Acompanhamento Da Indústria De Gás Natural.** [Brasília: MME], 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/Samsung/Downloads/03.%20Boletim%20de%20Acompanhamento%20da%20Ind%3%BAstria%20de%20G%C3%A1s%20Natural%20-%20Mar%C3%A7o%202020.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2020.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Gás para crescer.** [Brasília: MME], 2017. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/36216/458640/SC6_Relat%C3%B3rio_G%C3%A1s_Natural_Mat%C3%A9ria-Prima_final.pdf. Acesso em: 13 jun. 2020.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Propostas para o mercado brasileiro de gás natural.** [Brasília: MME], 2019. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36112/491930/2.+Relat%C3%B3rio+Comit%C3%AA+de+Promo%C3%A7%C3%A3o+da+Concorr%C3%A2ncia+vfinal+10jun19.pdf/2379cc7f-f6b7-8ba0-72db-1278e7d252ca>. Acesso em: 07 dez. 2020.

NETO, D. A. W. **O Brasil e Novas Dimensões da Integração Regional.** [Rio de Janeiro: Ipea], 2014. Disponível em: file:///C:/Users/Samsung/Downloads/A_INTEGRACAO_DA_INDUSTRIA_DE_GAS_NATURAL.pdf. Acesso em: 12 jun. 2020.

ODDONE, D. **Finalmente Um Mercado De Gás Natural No Brasil.** [Rio de Janeiro: FGV Energia], 2019. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/coluna_opinio-_finalmente_um_mercado_-_decio_oddone_0.pdf. Acesso em: 12 jun. 2020.

OZAKI, M. A.; FONSECA, F.; WRIGHT, C. T. J. Prospecção tecnológica e consciência sobre o futuro: Um estudo sob a ótica das capacidades dinâmicas utilizando modelagem de equações estruturais. **Revista de Administração e Inovação.**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 98-118, jan./mar. 2013.

PETROBRAS. **Gás Natural.** 2020a. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/industriais/gas-natural/>. Acesso em: 01 maio 2020.

PETROBRAS. **Ureia Fertilizante.** 2020b. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/produtos/nitrogenados/ureia->

fertilizante/#:~:text=A%20ureia%20%C3%A9%20um%20fertilizante,e%20da%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20propriamente%20dita. Acesso em: 13 jun. 2020.

PHAAL, R.; FARRUKH, P. J. C.; PROBERT, R. D. Technology roadmapping - A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting & Social Change**, [S.l.], v. 71, n. 1-2, p. 5-26, jan./fev. 2004.

POWELL, J. B. Natural Gas Utilization: Current Status and Opportunities. **Catalysis Today**, Houston, v. 356, p. 27-36, out. 2019.

RODRIGUES, B. R. *et al.* Opção de troca de produto na indústria de fertilizantes. **Rev. Adm.**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 129-140, abr./jun. 2015.

SANTOS, E. M. Dos. *et al.* Gás natural: a construção de uma nova civilização. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 67-90, 2007.

SANTOS, P. C. Dos; SZKLO, A.S. Urea imports in Brazil: The increasing demand pressure from the biofuels industry and the role of domestic natural gas for the country's urea production growth. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, Rio de Janeiro, v. 29, p. 188-200, 2016.

SCHLUMBERGER. Disponível em: <https://www.slb.com/>. Acesso em: 25 out. 2020.

SCIENCEDIRECT. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 08 set. 2020.

TEIXEIRA, P. L. **Prospecção Tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados**. [Distrito Federal: Embrapa Cerrados], 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/981247/1/doc317.pdf>. Acesso em: 02 maio 2020.

YANG, S. *et al.* Performance analysis of solar energy integrated with natural-gas-to-methanol process. **Energy Conversion and Management**, Changsha, v. 150, p. 375-381, out. 2017.



Datas e horários baseados no fuso horário (GMT -3:00) em Brasília, Brasil
Sincronizado com o NTP.br e Observatório Nacional (ON)
Certificado de assinatura gerado em 09/12/2020 às 20:55:14 (GMT -3:00)

TCC (Versão Final) - Adriane Ceciliano.pdf

 ID única do documento: #129dfe97-f91d-4e1d-ab1f-cf8a158fe0ea

Hash do documento original (SHA256): 364e7ab628d93dbf178d0ec8b707b241e1ac9117d99835a5009b5ed1dad52e3

Este Log é exclusivo ao documento número #129dfe97-f91d-4e1d-ab1f-cf8a158fe0ea e deve ser considerado parte do mesmo, com os efeitos prescritos nos Termos de Uso.

Assinaturas (4)

- ✓ **Michelle Reich (Participante)**
Assinou em 10/12/2020 às 08:49:33 (GMT -3:00)
- ✓ **José Roberto da Silva Júnior (Participante)**
Assinou em 10/12/2020 às 16:29:31 (GMT -3:00)
- ✓ **Héctor Napoleão Cozendey da Silva (Participante)**
Assinou em 10/12/2020 às 12:12:12 (GMT -3:00)
- ✓ **Pedro Paulo Dias Mesquita (Participante)**
Assinou em 10/12/2020 às 20:44:55 (GMT -3:00)

Histórico completo

Data e hora	Evento
10/12/2020 às 08:49:33 (GMT -3:00)	Michelle Reich E-mail mreich@cetiqt.senai.br, IP: 201.17.117.169 assinou.
10/12/2020 às 12:12:12 (GMT -3:00)	Héctor Napoleão Cozendey da Silva E-mail hnsilva@cetiqt.senai.br, IP: 186.223.166.216 assinou.
10/12/2020 às 16:29:31 (GMT -3:00)	José Roberto da Silva Júnior E-mail jrjunior@cetiqt.senai.br, IP: 179.182.208.220 assinou.



Data e hora

Evento

10/12/2020 às 20:44:55
(GMT -3:00)

Pedro Paulo Dias Mesquita E-mail ppdmesquita@gmail.com, IP:
201.17.80.202 assinou.

10/12/2020 às 20:45:00
(GMT -3:00)

Documento assinado por todos os participantes.

09/12/2020 às 20:55:14
(GMT -3:00)

Adriane Nogueira Ceciliano solicitou as assinaturas.