



**Comitê para Revitalização das Atividades de
Exploração e Produção de Petróleo e Gás
Natural em Áreas Terrestres
REATE 2020**

**Relatório Subcomitê
Potencial de Petróleo e Gás *Onshore*
Soluções Tecnológicas para o
Gás Natural *Onshore***



Relação dos Autores do Relatório

Coordenação

Marcos Frederico Farias de Souza

Empresa/Instituição

EPE

Associação

-

Regina Freitas Fernandes

EPE

-

Marcelo Ferreira Alfradique

EPE

-

Participantes

Empresa/Instituição

Associação

Adriana Queiroz Ramos

EPE

-

Claudia Maria Chagas Bonelli

EPE

-

Gabriel de Figueiredo da Costa

EPE

-

Katia Souza D'Almeida

EPE

-

Nathalia Oliveira de Castro

EPE

-

Pamela Cardoso Vilela

EPE

-

Pericles de Abreu Brumati

EPE

-

Raul Fagundes Leggieri

EPE

-

Roberta de Albuquerque Cardoso

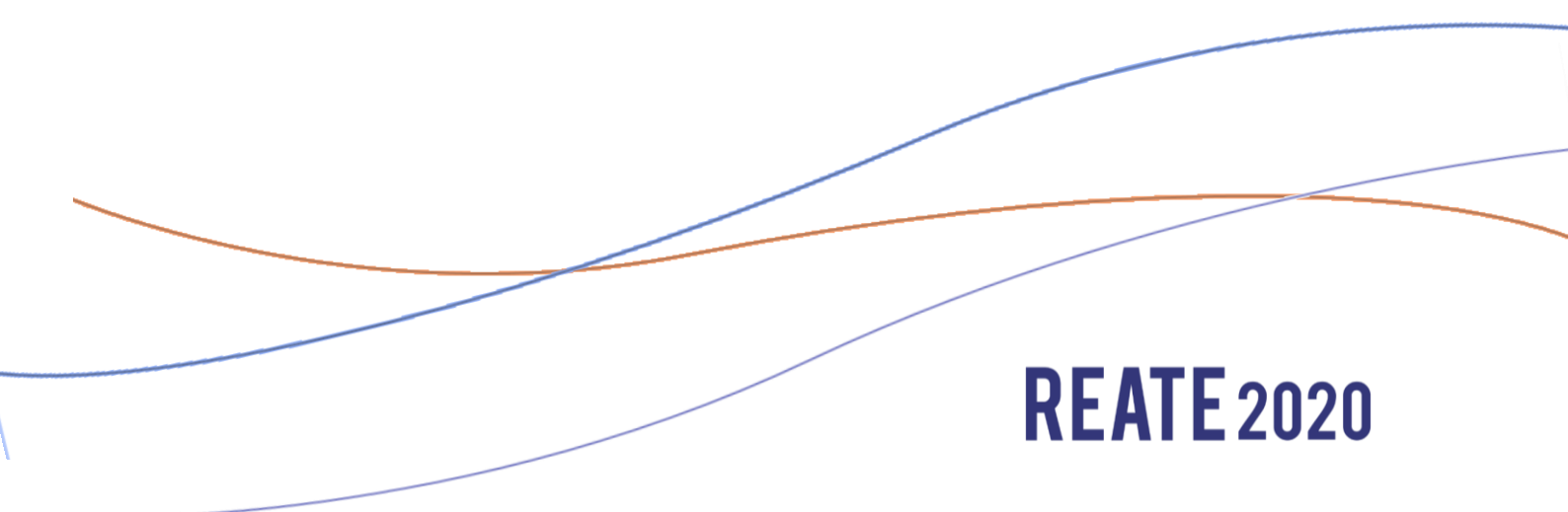
EPE

-



SUMÁRIO

1. SUMÁRIO EXECUTIVO	5
2. INTRODUÇÃO	5
3. TECNOLOGIAS PARA MONETIZAÇÃO	6
3.1 Gás Natural Comprimido – GNC	6
3.2 Gás Natural Liquefeito – GNL.....	7
3.3 Gas-to-Liquids – GTL.....	7
3.4 Gas-to-Wire – GTW	8
3.5 Cogeração	9
3.6 Gas-to-Chemicals – GTC	10
4. ESTUDOS DE CASO	10
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	11



REATE 2020

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

Este relatório tem por objetivo apresentar algumas alternativas para monetização do gás natural em projetos *onshore*, indicando tecnologias para movimentação de pequenos volumes de gás natural, ou alternativas para utilização dentro dos limites do próprio campo produtor. São apresentados também estudos de caso para analisar a viabilidade econômica de cada alternativa citada, que podem ser utilizados posteriormente como base para avaliações mais detalhadas pelos agentes interessados. No Anexo I são apresentadas para fins de exemplificação algumas empresas que elaboram projetos utilizando as tecnologias apresentadas no estudo, e no Anexo II são apresentados alguns exemplos de alternativas para cogeração.

2. INTRODUÇÃO

Para que a produção de petróleo e gás natural no ambiente *onshore* seja realizada, um fator importante a ser analisado é a destinação do gás natural que será produzido no projeto. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) estabelece diretrizes para as atividades de exploração e produção (E&P) que incluem limites para queima do gás natural, conforme Resolução ANP nº 806/2020, entre outros fatores.

Neste sentido, o gás natural pode ser monetizado por meio de sua especificação e venda às Companhias Distribuidoras Locais (CDLs), mas esta estratégia requer volumes consideráveis de investimentos em Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGNs) e gasodutos de escoamento, transporte e distribuição. Para volumes menores de produção esta estratégia pode não se tornar viável, devendo-se buscar outras alternativas de uso para o gás natural. Dentre as alternativas, destaca-se a movimentação em pequena escala por meio de Gás Natural Comprimido (GNC) ou de gás natural liquefeito (GNL). Além disso, o gás natural pode ser convertido em outros combustíveis líquidos pela tecnologia *gas-to-liquids* (GTL) ou em produtos químicos utilizando-se a tecnologia *gas-to-chemicals* (GTC). Também pode ser convertido em energia elétrica e em energia térmica fria e/ou quente como utilidade industrial, utilizando-se as alternativas *gas-to-wire* (GTW) e de cogeração.

Em trabalho elaborado em 2020 pela EPE¹, estas tecnologias são detalhadas e comparadas entre si, sendo analisada sua viabilidade econômica. Com base neste e em outros trabalhos que abordam tais soluções tecnológicas para o uso do gás natural em campos *onshore*, o presente relatório tem por objetivo apresentar de forma resumida algumas alternativas para monetização do gás natural em projetos *onshore*, indicando tecnologias para movimentação de pequenos volumes de gás natural, ou para utilização dentro dos limites do próprio campo produtor.

¹ Veja em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/monetizacao-de-gas-natural-onshore-no-brasil>

São apresentados também estudos de caso para analisar a viabilidade econômica de cada alternativa citada, com base nos custos de implementação e nos preços dos produtos finais. Estes estudos podem ser utilizados posteriormente como base para avaliações mais detalhadas pelos agentes interessados.

3. TECNOLOGIAS PARA MONETIZAÇÃO

A monetização do gás natural produzido em campos *onshore* pode ser feita na forma de correntes de gás natural propriamente ditas, ou pela sua conversão em outros produtos e correntes como por exemplo combustíveis líquidos, energia elétrica, energia térmica e produtos químicos. As alternativas mais utilizadas mundialmente para tal monetização são as chamadas GNC, GNL, GTL, GTW, cogeração e GTC.

3.1 Gás Natural Comprimido – GNC

A tecnologia de GNC consiste na compressão do gás natural já processado até uma pressão entre 100 e 250 bar, para que este possa ser movimentado por meio dos modais rodoviário, ferroviário ou hidroviário até os centros de consumo, onde será realizado o descarregamento e a descompressão. O principal meio de transporte utilizado nesta atividade são caminhões com cilindros pressurizados.

Segundo estudo realizado em 2015 pela empresa Tractebel, no caso do modal rodoviário a parcela de transporte é o maior componente no custo final do GNC, e esta parcela não tem ganhos de escala consideráveis. Dependendo do porte do projeto e da distância até os clientes, estimou-se que o gás natural poderia ter um acréscimo de US\$ 3,6 a US\$ 10,5 /MMBtu para os clientes finais em relação a seu preço na boca do poço antes da etapa de tratamento. Na Tabela 1, é apresentado o custo estimado para a monetização via GNC considerando dois patamares de volume e distância.

Tabela 1. Custos relacionados ao GNC (US\$₂₀₁₅/MMBtu)

Item	Distância: até 400 km		Distância: 1.200 a 1.600 km	
	85 mil m ³ /d	283 mil m ³ /d	85 mil m ³ /d	283 mil m ³ /d
Tratamento	0,42	0,21	0,42	0,21
Compressão	0,73	0,70	0,73	0,70
Transporte	2,20	2,20	8,81	8,79
Entrega	0,50	0,50	0,50	0,50
Total	3,85	3,61	10,46	10,20

Fonte: adaptado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/795991484736761603/pdf/112132-WP-ComparisonofMiniLNGandCNGforcommercializingsmallvolumesofassociatedgas-PUBLIC-v2.pdf> .

3.2 Gás Natural Liquefeito – GNL

No que toca à tecnologia de GNL, esta consiste na liquefação do gás natural já processado até cerca de -160 °C, para que este possa ser movimentado na forma líquida por meio dos modais rodoviário, ferroviário ou hidroviário até os centros de consumo, onde será realizado o descarregamento e a regaseificação. O principal meio de transporte utilizado nesta atividade, para pequena escala e no modal rodoviário, são caminhões com tanques refrigerados ou *isocontainers* (vasos de pressão isolados termicamente, com *design* padronizado, que podem ser carregados ou descarregados de caminhões).

A parcela de liquefação é o maior componente no custo final do GNL, mas esta parcela tem ganhos de escala e reduções significativas para maiores portes de projeto. Dependendo do porte do projeto e da distância até os clientes, estimou-se que o gás natural poderia ter um acréscimo de US\$ 6,2 a US\$ 11,6 /MMBtu para os clientes finais em relação a seu preço na boca do poço antes da etapa de tratamento². Na Tabela 2, é apresentado o custo estimado para a monetização via GNC considerando dois patamares de volume e distância.

Tabela 2. Custos relacionados ao GNL (US\$₂₀₁₅/MMBtu)

Item	Distância: até 400 km		Distância: 1.200 a 1.600 km	
	85 mil m ³ /d	283 mil m ³ /d	85 mil m ³ /d	283 mil m ³ /d
Tratamento	0,42	0,21	0,42	0,21
Liquefação	4,71	3,71	4,71	3,71
Transporte	1,43	1,18	4,93	4,68
Entrega	1,56	1,06	1,56	1,06
Total	8,12	6,16	11,62	9,66

Fonte: adaptado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/795991484736761603/pdf/112132-WP-ComparisonofMiniLNGandCNGforcommercializingsmallvolumesofassociatedgas-PUBLIC-v2.pdf>.

3.3 Gas-to-Liquids – GTL

A tecnologia GTL consiste na conversão do gás natural em combustíveis líquidos enquadrados como GLP, nafta e diesel, entre outros, por meio de sua conversão em gás de síntese (CO + H₂) e posterior realização de um processo Fischer-Tropsch, usando catalisadores para crescimento de cadeia. O processo geralmente é projetado para gerar uma mistura sintética de combustíveis líquidos conhecida como *syncrude*, similar ao petróleo, porém com características de composição ajustáveis, e teor expressivamente menor de enxofre. Posteriormente, este *syncrude* é refinado no próprio local ou em uma refinaria existente, misturado ou não a outras correntes de petróleo.

² Fonte: <http://documents.worldbank.org/curated/en/795991484736761603/pdf/112132-WP-ComparisonofMiniLNGandCNGforcommercializingsmallvolumesofassociatedgas-PUBLIC-v2.pdf>.

Considerando que o produto entregue seria o *syncrude*, ou seja, uma corrente líquida de óleo cru sintético que pode ser refinada para a produção de combustíveis líquidos, a EPE realizou estimativas de custo para a tecnologia GTL. Observou-se com base na literatura que o CAPEX das unidades de GTL pode variar de acordo com sua capacidade, e que o OPEX é de cerca de 7% ao ano.

Na Tabela 3, é apresentado o custo para instalações de GTL que foi abordado neste estudo.

Tabela 3. Custos relacionados ao GTL (US\$₂₀₁₅/MMBtu)

Projeto de GTL onshore	Produção de Líquidos (bbl/d)	CAPEX original (US\$/bbl.d)	CAPEX ajustado (US\$/bbl.d)	CAPEX total ajustado (US\$ mi)	OPEX (% CAPEX/ano)
Projeto 1	100.000	16.800	20.006	394	7,2%
Projeto 2	65.000	28.300	33.701	663	9,1%
Projeto 3	64.300	33.200	39.536	778	9,2%
Projeto 4	37.800	38.000	45.253	890	5,4%
Projeto 5	30.000	25.000	30.175	594	4,2%
Projeto 6	20.000	30.000	20.117	396	5,8%

Fonte: adaptado de

http://dspace.nwu.ac.za/bitstream/handle/10394/1577/bassey_michaele.pdf?sequence=1 e <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2013/12/NG-802.pdf>.

3.4 Gas-to-Wire – GTW

A alternativa *gas-to-wire* em ambiente *onshore* consiste na produção de energia elétrica a partir do gás natural no local do próprio projeto de exploração e produção (E&P), contando também com a possibilidade de serem gerados outros produtos como calor e/ou vapor, em uma estratégia de cogeração.

O porte das instalações de GTW irá depender principalmente da disponibilidade de gás natural no campo produtor após todos os consumos que se façam necessários, como por exemplo para a operação de compressores e a geração própria de energia. Após a estimativa deste volume disponível, poderão ser escolhidos os melhores módulos geradores que se adequem ao porte do projeto, considerando também a composição do gás natural e a variabilidade em sua produção.

Na Figura 1, são esquematizadas as principais etapas e processos envolvidos na alternativa GTW, contando com a possibilidade de uso de um ciclo combinado para obter maior eficiência energética.

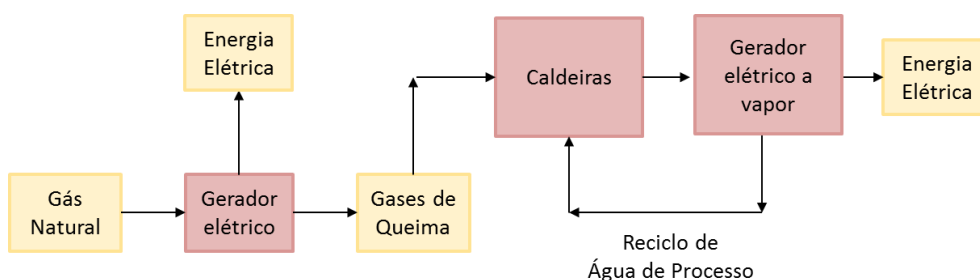


Figura 1: Etapas e Processos envolvidos na alternativa GTW.

Fonte: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/monetizacao-de-gas-natural-onshore-no-brasil>

3.5 Cogeração

A estratégia de cogeração consiste na produção conjunta de duas correntes de produtos ou de utilidades em uma planta industrial, e na maioria dos casos refere-se à produção conjunta de energia térmica e elétrica. Por meio de uma integração energética na geração de ambas as correntes, pode-se alcançar uma maior eficiência com menor consumo de energia primária para a produção dos mesmos teores de “calor” e de “eletricidade” para um processo industrial (vide Anexo II).

Como ocorre no caso da alternativa GTW, observa-se que para estudos de viabilidade técnico-econômica devem ser analisados o porte dos módulos que serão instalados, a composição do gás natural na entrada dos módulos, e o particionamento desejado entre energia térmica e energia elétrica, dadas as necessidades dos agentes relacionados ao projeto.

Na Figura 2, são esquematizadas as principais etapas e processos envolvidos na alternativa de cogeração, para um exemplo com geração de energia elétrica, calor e frio por meio de resfriadores de absorção (que podem ser, por exemplo, *chillers* utilizando pastilha de brometo de potássio - KBr).

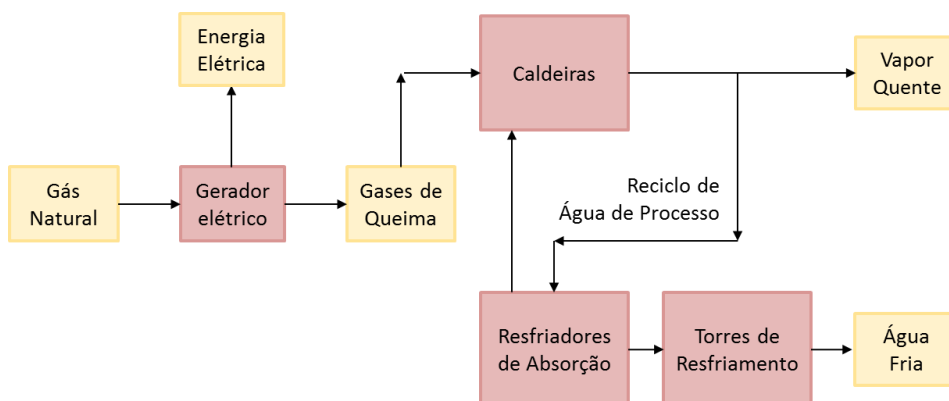


Figura 2: Etapas e Processos envolvidos na alternativa de cogeração.

Fonte: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/monetizacao-de-gas-natural-onshore-no-brasil>

3.6 Gas-to-Chemicals – GTC

O processo GTC é similar ao processo GTL, porém neste caso após o processamento do gás de síntese é obtido um produto químico como metanol, amônia ou ureia, através de outras rotas químicas, ao invés do *syncrude* ou combustíveis líquidos via Fischer-Tropsch. A etapa de obtenção do gás de síntese ou *syngas* a partir do gás natural, por sua vez, é comum para ambas as rotas químicas das tecnologias GTL e GTC.

A Figura 3 apresenta o esquema da tecnologia GTC, tomando como exemplo a geração de amônia e metanol como compostos químicos principais. Após a produção de amônia e metanol, estes podem ser convertidos em outros produtos dentro da própria planta ou em outra instalação industrial.

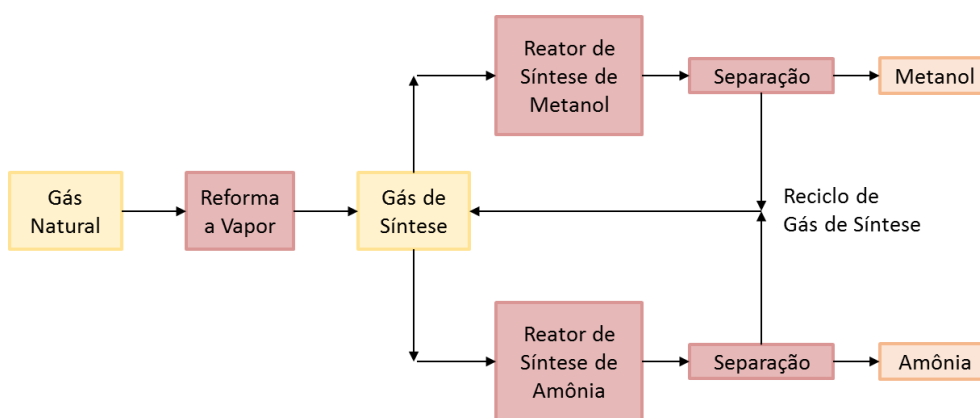


Figura 3: Etapas e Processos envolvidos na tecnologia GTC.

Fonte: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/monetizacao-de-gas-natural-onshore-no-brasil>

4. ESTUDOS DE CASO

Com base em ajustes para diferentes capacidades dos valores obtidos na literatura para projetos de GNC e GNL (Tabelas 1 e 2), e sua correção para o ano de 2019 por meio do índice *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI), foi estimado o custo para tratar, comprimir ou liquefazer, transportar, e entregar (descomprimindo ou regaseificando) o gás natural a diferentes distâncias de um projeto de E&P *onshore*.

Na Figura 4, são apresentados os resultados obtidos para o custo de disponibilização do gás natural por meio de GNC e GNL a diferentes distâncias. Estes custos devem ser somados ao preço do gás natural na “boca do poço” para estimarem-se os volumes da molécula no destino.

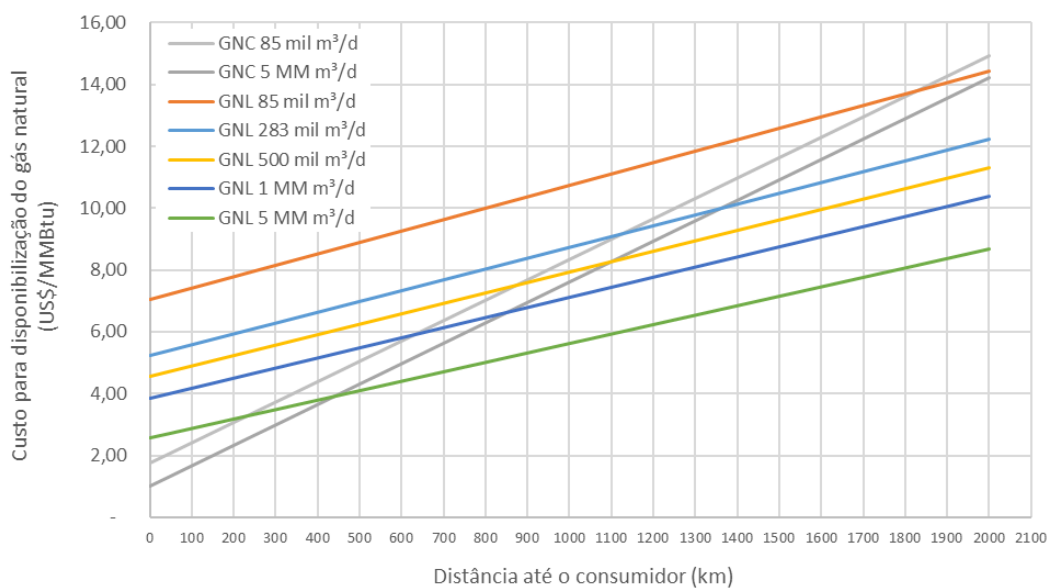


Figura 4: Comparação entre GNC e GNL.

Fonte: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/monetizacao-de-gas-natural-onshore-no-brasil>

A comparação entre os valores obtidos mostra que a tecnologia de GNL tende a mostrar menores custos unitários para maiores capacidades, assim como um menor custo em relação ao GNC para maiores distâncias. Porém, observa-se que as distâncias médias para as quais a tecnologia de GNL passa a ter maior competitividade relativa ao GNC variam, dependendo do porte do projeto.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral os resultados mostram que as tecnologias de GNC e GNL têm uma competitividade relativa maior ou menor entre si, dependendo não só da distância até os clientes finais, mas também dos volumes a serem transportados, incorrendo em ganhos de escala importantes, no caso do GNL. Além disso, pela comparação com o custo de transporte via gasodutos físicos, reforça-se a contribuição dos gasodutos virtuais na criação de pontos de demanda, principalmente para grandes distâncias. Sendo assim, observa-se que as tecnologias e alternativas apresentadas podem vir a contribuir de forma importante para a monetização do gás natural produzido em ambientes *onshore*, via diferentes modais e para diferentes portes de produção.

Ressalte-se que os resultados obtidos neste estudo dependem de diversos fatores como a composição do gás natural e os preços de venda dos produtos finais, além de características específicas de cada projeto de E&P, portanto são válidos apenas para os condicionantes e premissas apresentados no presente estudo. Novas estimativas de custo devem ser realizadas para cada projeto específico, utilizando dados mais detalhados do mesmo, para ser avaliada sua viabilidade econômica.

ANEXO I – TABELA DE EMPRESAS

Companhia	Logotipo	Tecnologia(s)	Resumo da(s) tecnologia(s)	Local/País	Site
Calvert Energy		GTL e GNL	GTL: Planta modular para produção de diesel sintético a partir de gás de queima, gás natural associado, biogás via tecnologia CAL-GTL. GNL: Planta modular para produção de GNL e transporte através de gasoduto virtual.	Bruxelas, Bélgica	http://calvertenergy.eu/gas-to-liquid.html e http://www.calvertenergy.eu/liquefied-natural-gas.html
Compact GTL		GTL	Planta modular para produção de óleo cru sintético, com possibilidade de upgrade para diesel e nafta a partir de gás natural.	Londres, Inglaterra	http://www.compactgtl.com/technology/overview/
Greyrock		GTL	Plantas de diferentes capacidades para produção de combustíveis líquidos, como diesel ou gasolina, a partir de gás de queima ou gás natural via tecnologia "Direct Fuel Production™" e sistemas "Flare-to-Fuels™".	Califórnia, EUA	http://www.greyrock.com/systems/#section-watch
Emerging Fuels Technology (EFT)		GTL	Planta modular para produção de combustíveis sintéticos a partir de gás natural e outras matérias primas.	Oklahoma, EUA	http://emergingfuels.com/technology/the-basics/
Primus Green Energy		GTL e GTC	Planta modular para produção de combustíveis líquidos ou metanol a partir de gás natural e outras matérias primas via tecnologia STG+®.	New Jersey e Houston, EUA	https://www.primusge.com/
Infra GTL Technology		GTL	Planta modular para produção de óleo cru sintético ou combustíveis líquidos a partir de gás natural e outras matérias primas	New Jersey e Houston, EUA	https://en.infratechnology.com/

Companhia	Logotipo	Tecnologia(s)	Resumo da(s) tecnologia(s)	Local/País	Site
GasTechno		GTC	Plantas modulares para produção de metanol, com possibilidade de adição de módulos para conversão em gasolina ou dimetoxietano, entre outros.	Michigan, EUA	https://gastechno.com/
Chart Industries		GNL	Tecnologia integrada, que inclui: planta modular de liquefação de gás natural, transporte de GNL via gasoduto virtual, regaseificação e entrega ao consumidor final.	EUA, Ásia e Europa	https://www.chartindustries.com/Energy/LNG-Solutions-Equipment
Expansion Energy		GNL	Tecnologia modular e móvel de liquefação de gás natural via Ciclo VX™	Nova York, EUA	http://www.expansion-energy.com/vx_cycle_for_small-scale_production_of_liquefied_natural_gas_lng
Galileo		GNL e GNC	GNL: Tecnologia integrada que inclui: planta de condicionamento de gás ZPTS®, planta modular de liquefação de gás natural via Cryobox®, transporte de GNL via gasoduto virtual, regaseificação e entrega ao consumidor final. GNC: Tecnologia integrada que inclui: tratamento do gás natural, planta modular de compressão Microbox ou Gigabox, transporte de GNC via gasoduto virtual, descompressão e entrega ao consumidor final.	Buenos Aires, Argentina	https://www.galileoar.com/en/small-scale-distributed-lng-production/
BHGE		GNL	GNL: Planta modular de liquefação de gás natural com sistema plug-and-play, que consiste na montagem completa da planta na fábrica.	EUA	https://www.bhge.com/modular-solutions/small-scale-modules# e https://www.bhge.com/cng-box

Companhia	Logotipo	Tecnologia(s)	Resumo da(s) tecnologia(s)	Local/País	Site
			GNC: Planta modular de compressão de gás natural "CNG in a Box" com sistema <i>plug-and-play</i> . Pode ser utilizada como estação de abastecimento de GNV ou para gasoduto virtual.		
Linde Cryostar		GNL	Planta modular de liquefação de gás natural com tecnologia StarLiteLNG™, que inclui a etapa de tratamento do gás	França e Suíça	https://cryostar.com/natural-gas/land-based/small-scale-natural-gas-liquefaction/
Black & Veatch		GNL	Planta modular de liquefação de gás natural com tecnologia PRICO®	EUA	https://www.bv.com/resources/small-scale-prico-lng
Dresser-Rand		GNL	Planta modular de liquefação de gás natural com sistema LNGGo™	EUA	https://press.siemens.com/global/en/feature/dresser-rand-business-commissions-its-first-micro-scale-lng-production-solution



REATE 2020

PROGRAMA DE REVITALIZAÇÃO DA ATIVIDADE DE EXPLORAÇÃO E
PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL EM ÁREAS TERRESTRES