



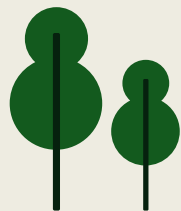
Fundação de Apoio à
Universidade de São Paulo



Secretaria de  **SÃO PAULO**
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística GOVERNO DO ESTADO

WORKSHOP 3 PLANO ESTADUAL DE ENERGIA 2050 Race to Zero | Race to Resilience

OFERTA II – Impactos climáticos nas
vazões, combustíveis fósseis e
balanço de energia elétrica





Fundação de Apoio à
Universidade de São Paulo

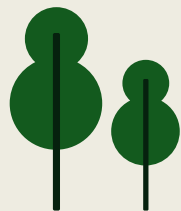


Secretaria de  **SÃO PAULO**
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística GOVERNO DO ESTADO

WORKSHOP 3 PLANO ESTADUAL DE ENERGIA 2050 Race to Zero | Race to Resilience

Oferta de Gás Natural / Biometano

Prof. Dr. Edmilson Moutinho dos
Santos



20 de Julho de 2023

AGENDA

1. CONTEXTO

2. METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS UTILIZADOS

3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES

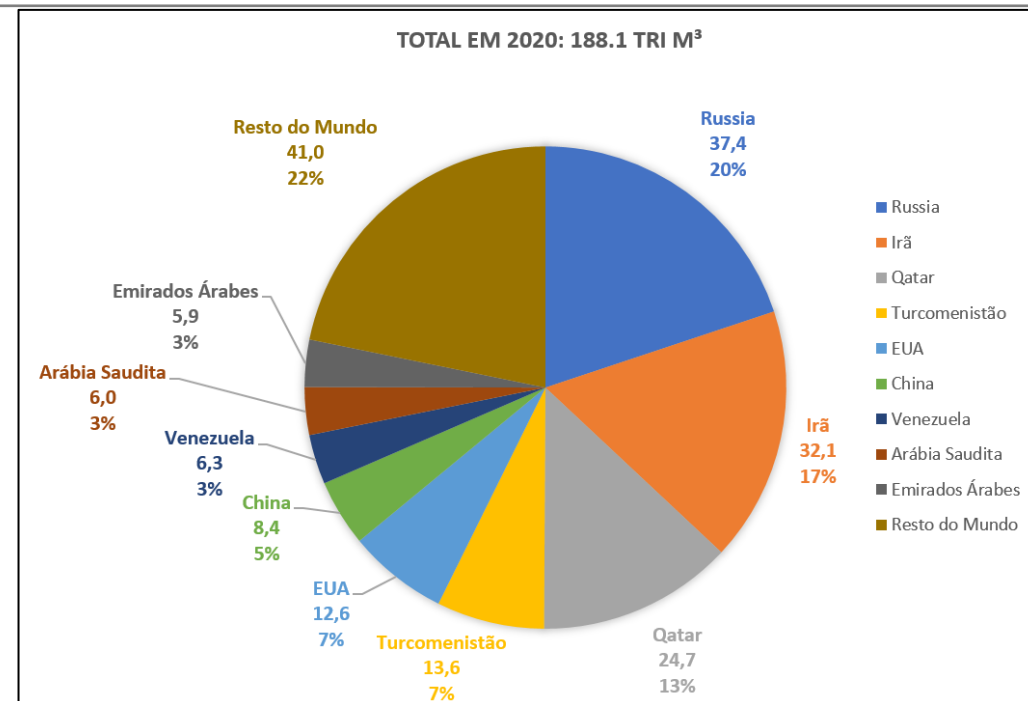
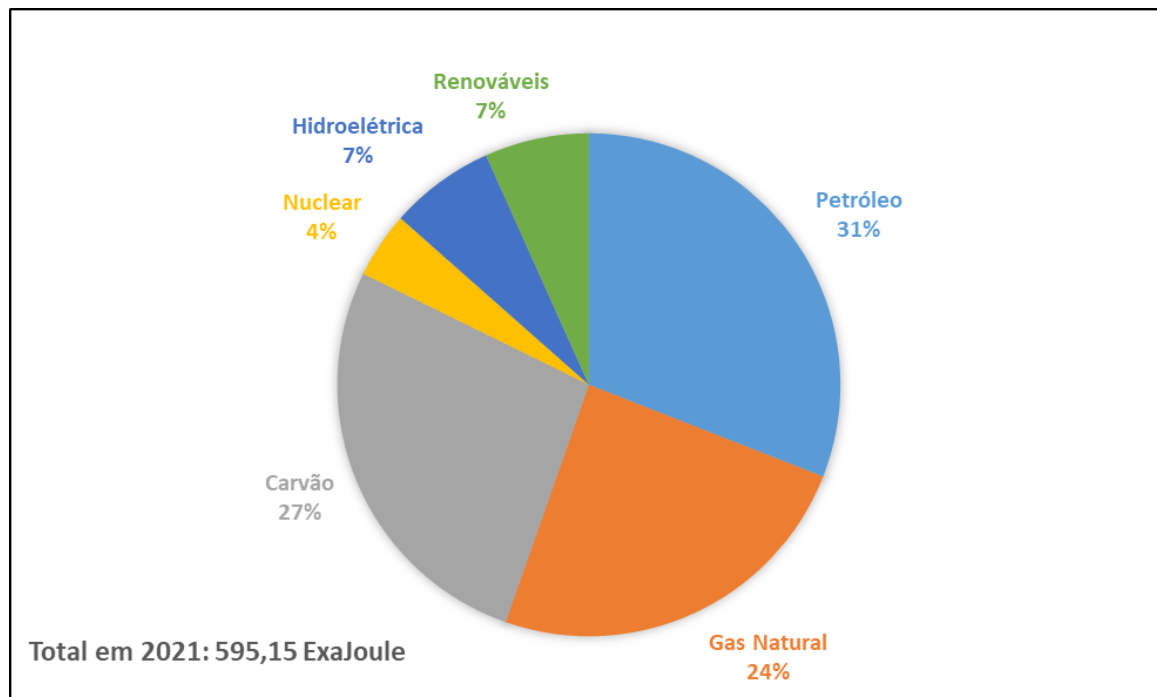
CONTEXTO

Mundo

GN representa 24% da matriz energética mundial

Reservas gasíferas mundiais estimadas 188,1 trilhões de m³ (2020).

Permitem **sustentar o consumo total de energia do planeta por cerca de 12 anos** (e o consumo total de GN registrado no mesmo ano por quase 50 anos)



Reservas concentradas em poucos países (mas não os mesmos países que constituem a OPEP).

Energético com menor liquidez econômica reforça seu caráter regional (mas com tendências a uma maior globalização)

Até antes da Guerra Rússia-Ucrânia, o GN era entendido como menos afeito aos conflitos geopolíticos globais (**jogos de “ganha-ganha”**).

Mundo

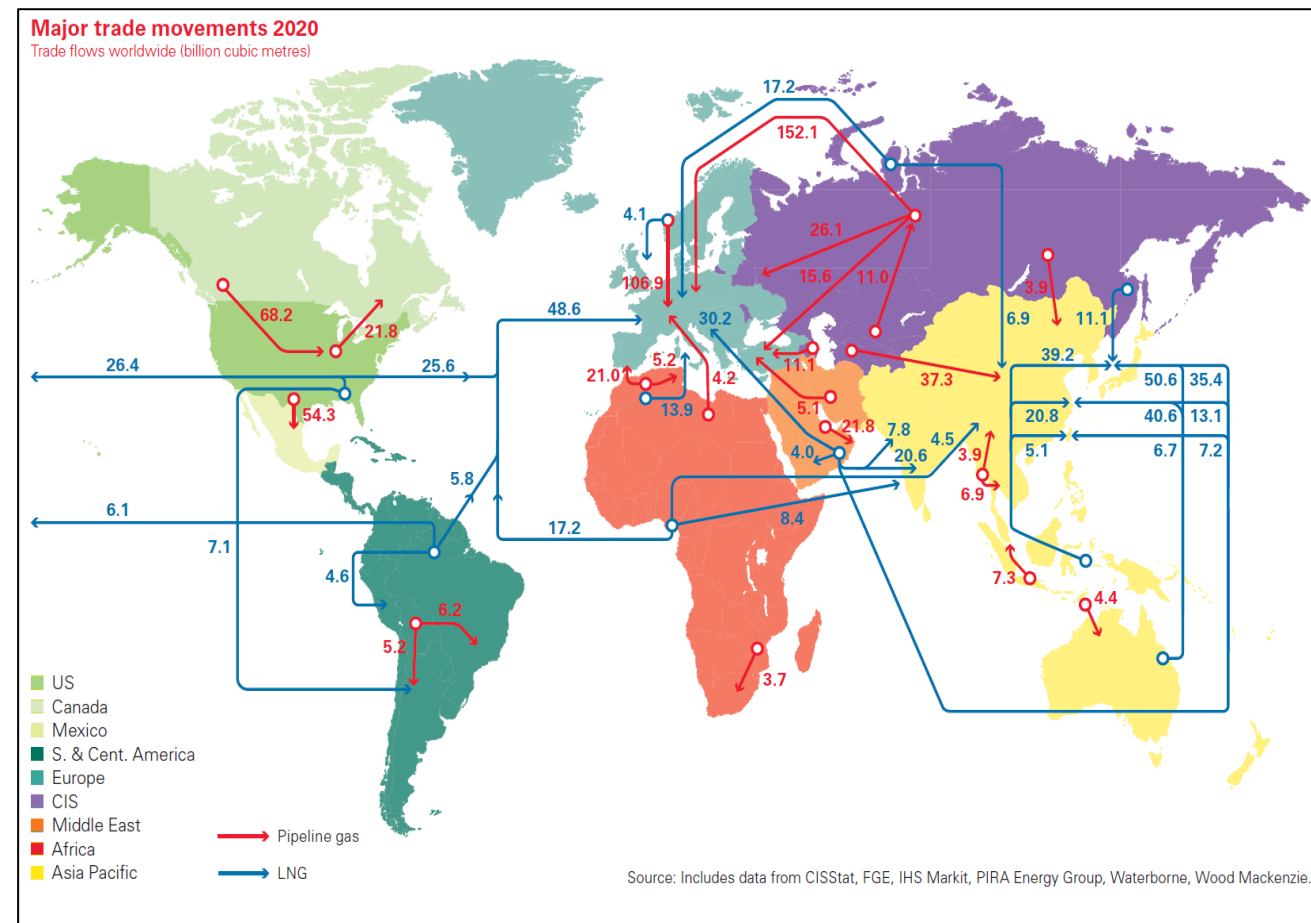
O comércio internacional realizado por meio de gasodutos, entre nações vizinhas ou próximas é cerca de 1,5 vezes superior ao comércio ultramarino, realizado sobretudo na forma do gás natural liquefeito – GNL (755.8 bilhões de m³ x 487.9 bilhões de m³).

Na **América do Sul**, o comércio regional de gás se dá principalmente via redes dutoviárias, construídas nas décadas de 1990 e início dos anos 2000.

A maior globalização da oferta de GN se dá pelo **avanço da indústria do GNL**

GNL tem papel preponderante nos mercados asiáticos (destaca-se que as importações chinesas de GNL são o dobro das importações por gasodutos).

O GNL também exerce um papel de importância crescente na da América do Sul e Central, permitindo conectar os mercados regionais ao mercado global do gás.



CONTEXTO

Mundo: *drives* para expansão da indústria de GN

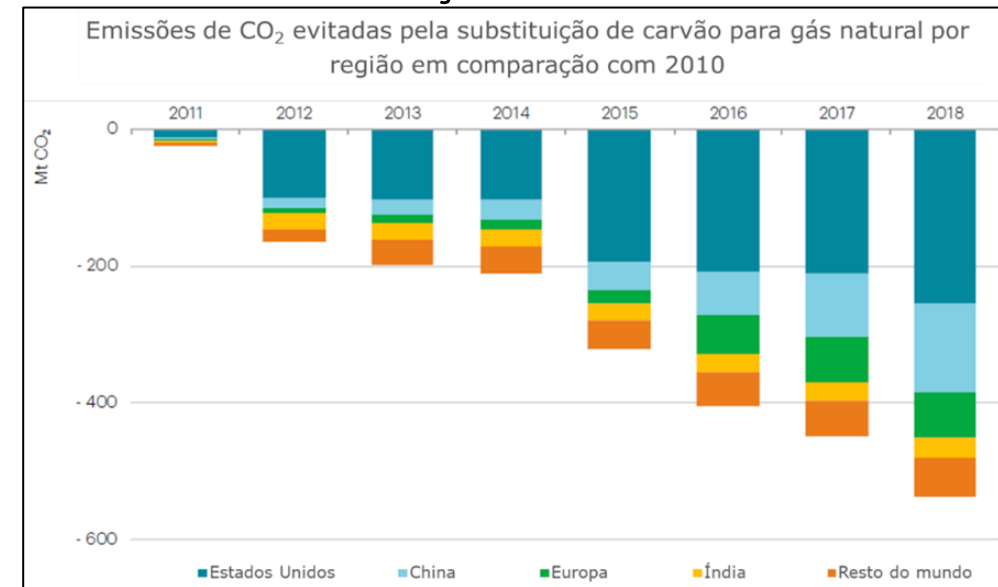
As vantagens associadas ao uso do gás natural concentram-se em:

- Melhor opção para descarbonização dos usos térmicos da energia
- Combustível fóssil com menor impacto ambiental e maior eficiência na combustão
- Vantagem econômica (em termos de preço) em comparação a outros combustíveis (especialmente diesel e eletricidade)
- Com a consolidação dos sistemas logísticos, apresenta maior segurança no fornecimento (entrega contínua da energia em sistemas subterrâneos)
- Apresenta flexibilidade logística crescente de importação e exportação (através dos sistemas de liquefação)

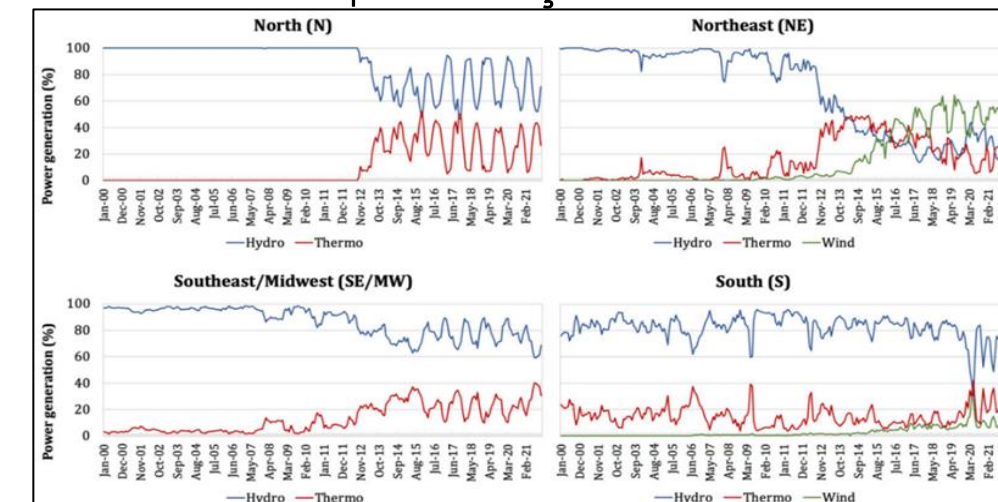
Nos contextos da transição energética, o gás natural tem assumido duas importantes funções:

- Como **recurso de substituição** de outras fontes mais poluidoras, como o carvão e outros derivados de petróleo;
- e/ou
- Como **recurso de complementação** da geração renovável (principalmente elétrica) variável que precisa de fontes com suprimento seguro e bem previsível para manter o fornecimento constante e estável de energia

Recurso de substituição



Recurso de complementação

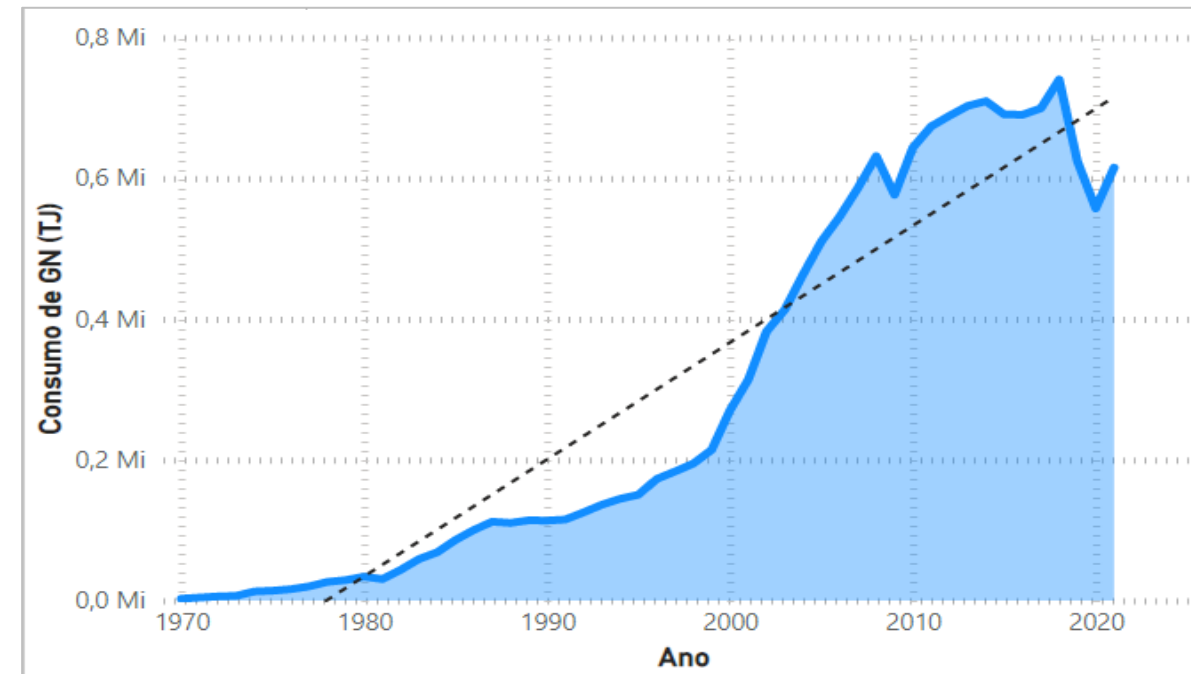
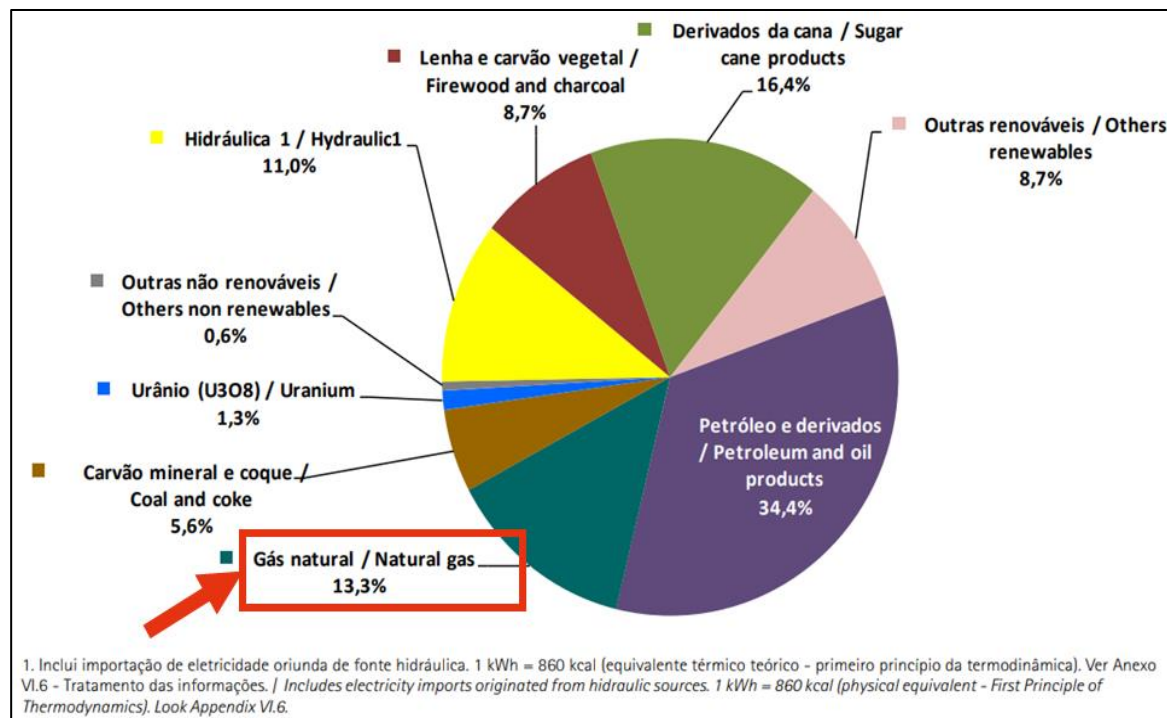


CONTEXTO

Brasil

Em 2021, o gás natural foi o terceiro energético mais usado para a obtenção de energia, correspondendo a 13,3% do total da oferta interna

Para geração de energia elétrica, o gás foi o terceiro energético mais presente, cerca de 12,8%



Evolução do consumo de GN no Brasil, desconsiderando o GN consumido como fonte primária da eletricidade

CONTEXTO

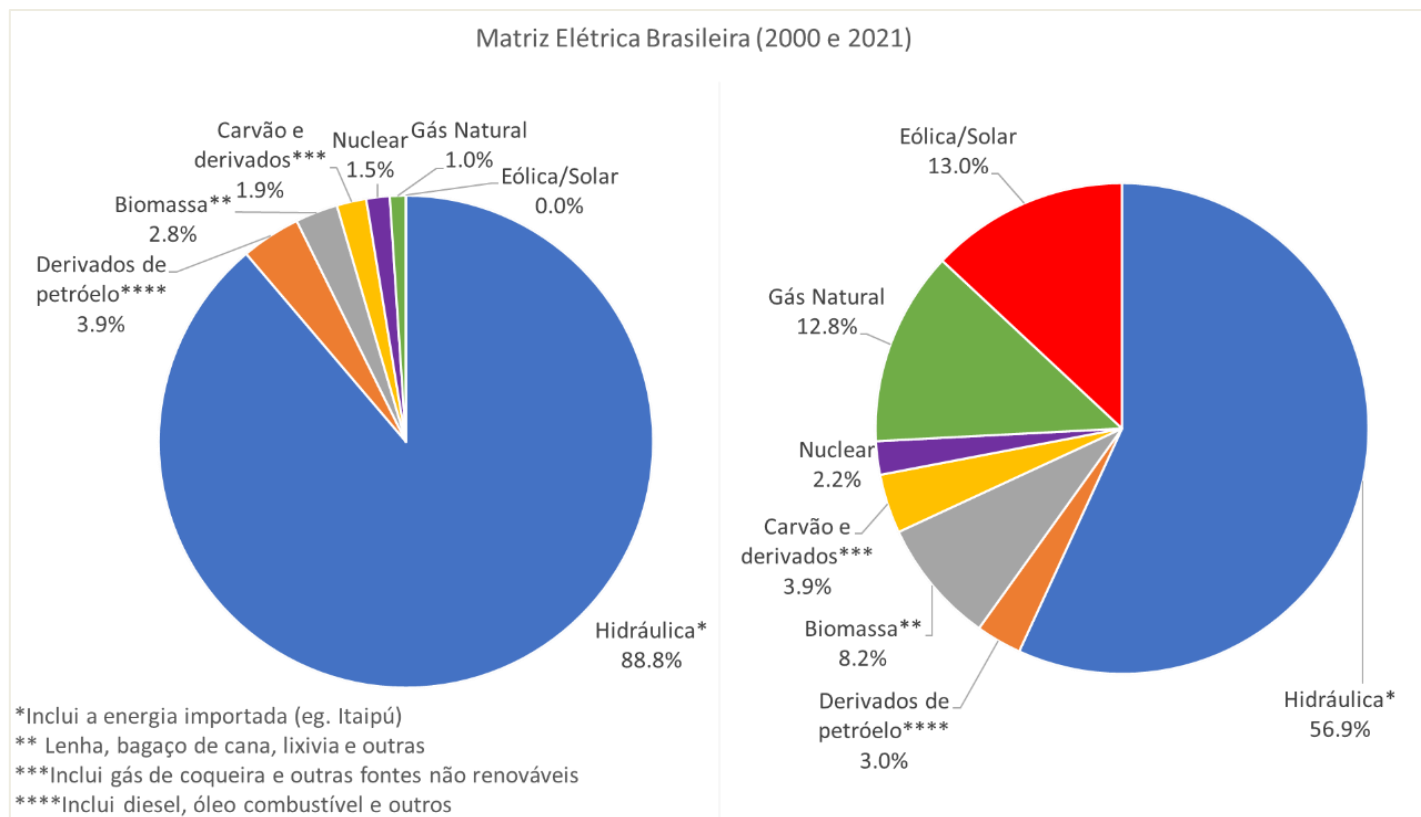
Brasil

Eólica, solar e GN foram os principais responsáveis pela diversificação da matriz elétrica brasileira entre 2000 e 2021

GN como Recurso de Substituição na Geração Elétrica:

Eólica, solar e GN foram os principais responsáveis pela diversificação da matriz elétrica brasileira entre 2000 e 2021

O gás natural foi responsável por cerca de 48% das emissões de gases de efeito estufa da matriz elétrica brasileira em 2021



Porém, segundo a EPE, evolução da geração a GN tem deslocado o óleo combustível e o diesel, contribuindo para reduzir as emissões provenientes da geração de eletricidade a partir de fontes não renováveis

Essas contribuições podem ser maximizadas, principalmente no Estado de São Paulo, com a maior penetração da geração elétrica a gás e com a substituição gradual do GN fóssil pelo biogás (ou biometano)

Brasil

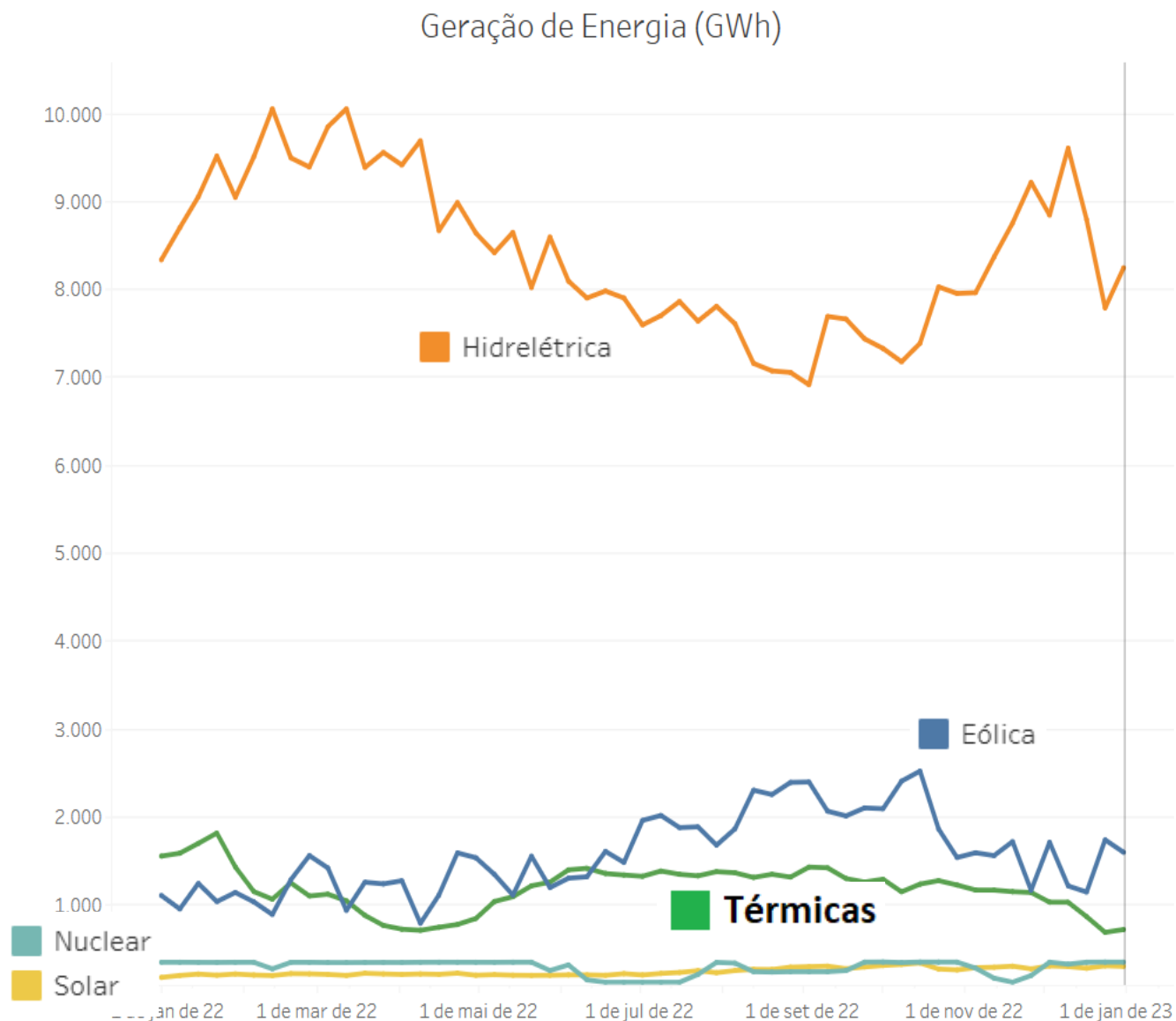
GN como Recurso de Complementação na Geração Elétrica:

No setor elétrico brasileiro, de modo geral e simplificado, as usinas térmicas (principalmente as que utilizam combustíveis não renováveis) fazem a complementação da geração para atender a carga

Além disso, há de se complementar o sistema de geração em grandes ciclos de estiagem

A escassez de chuvas em 2021 provocou uma redução da oferta de hidroeletricidade, a qual foi compensada pelo aumento da oferta de outras fontes (elevação anual de 47,2% na geração a carvão; e 46,2% na geração a GN)

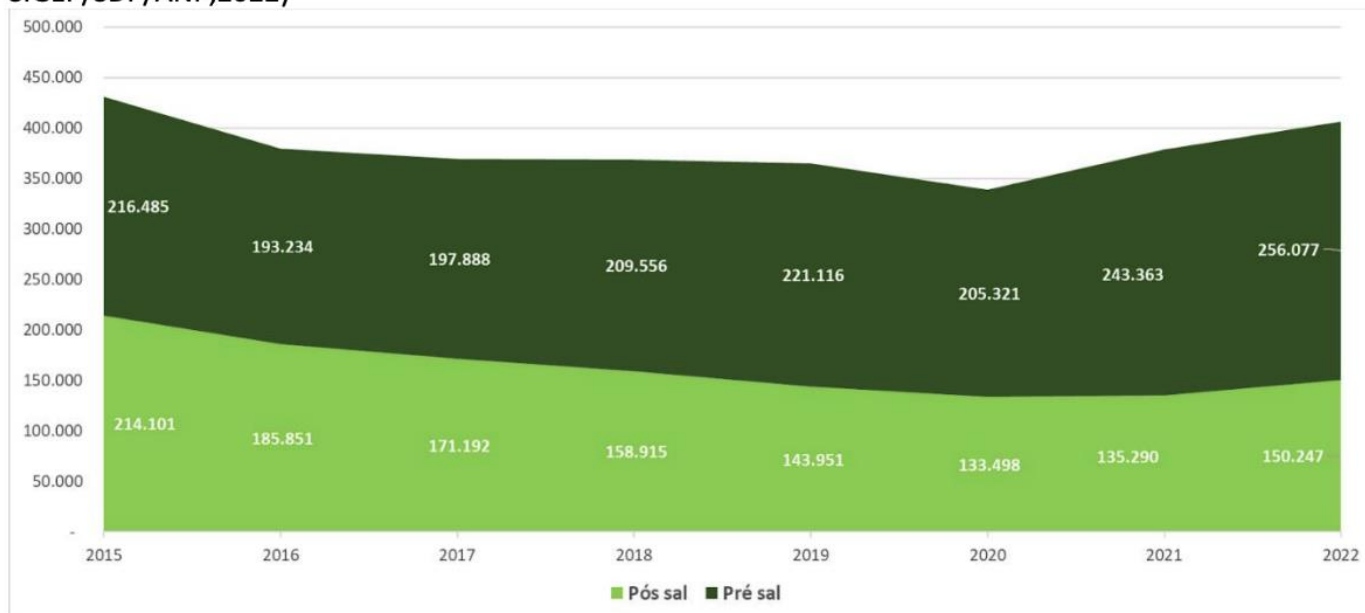
As termelétricas a gás a ciclo aberto possuem um fator de eficiência menor, mas, por outro lado, elas possuem uma flexibilidade técnica de operação maior do que a termelétricas a ciclo combinado (portanto, há um trade-off a ser planejado)



CONTEXTO

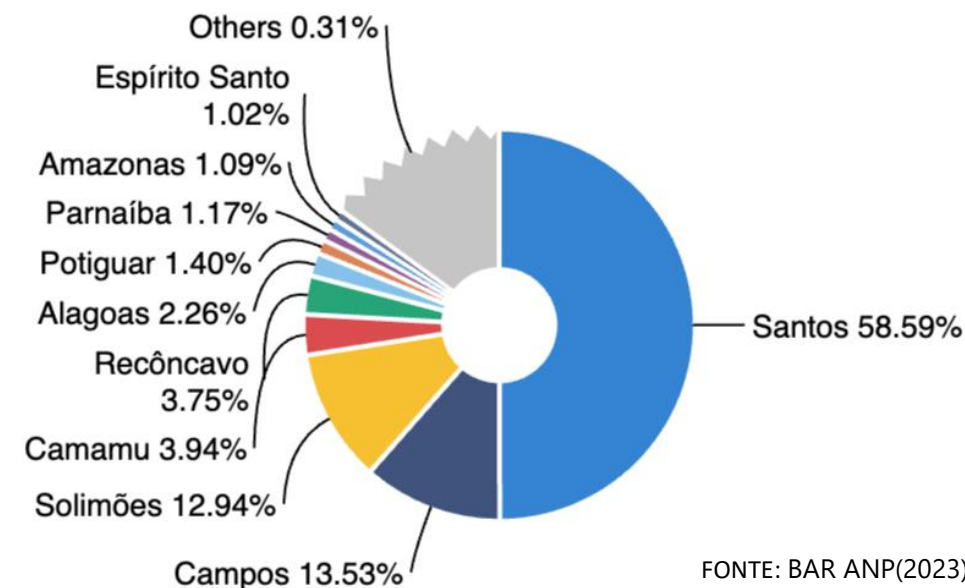
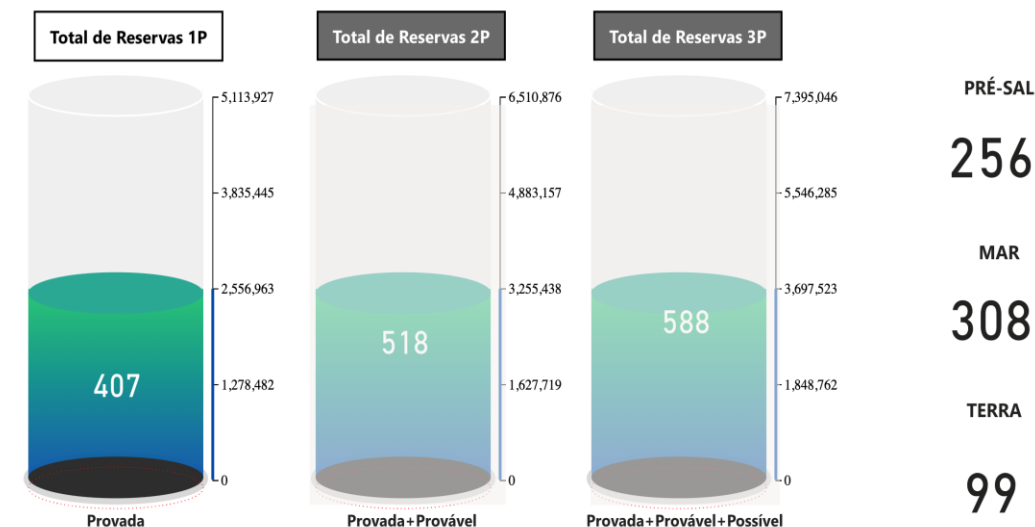
Reservas de GN no Brasil

Gráfico 4. Evolução das Reservas Provadas de Gás Natural por Localização Geológica (milhões m³)(fonte: SIGEP/SDP/ANP,2022)



Aumento da participação do Pré-Sal na manutenção o patamar de reservas nos últimos 7 anos.

- Bacia da Santos e Campos (adjacentes ao Estado) contemplam ~75% das reservas provadas
- Em uma fronteira produtora, maior probabilidade de conversão de reservas 2P e 3P em 1P
- Relação Reserva/Produção média (entre 2007 e 2019) de 15 anos
- E 19 anos anos considerando-se somente o consumo de GN pelas distribuidoras



Reservas de GN no Brasil

Brasil - Evolução da Produção, Consumo e Reservas Provadas de Gás Natural

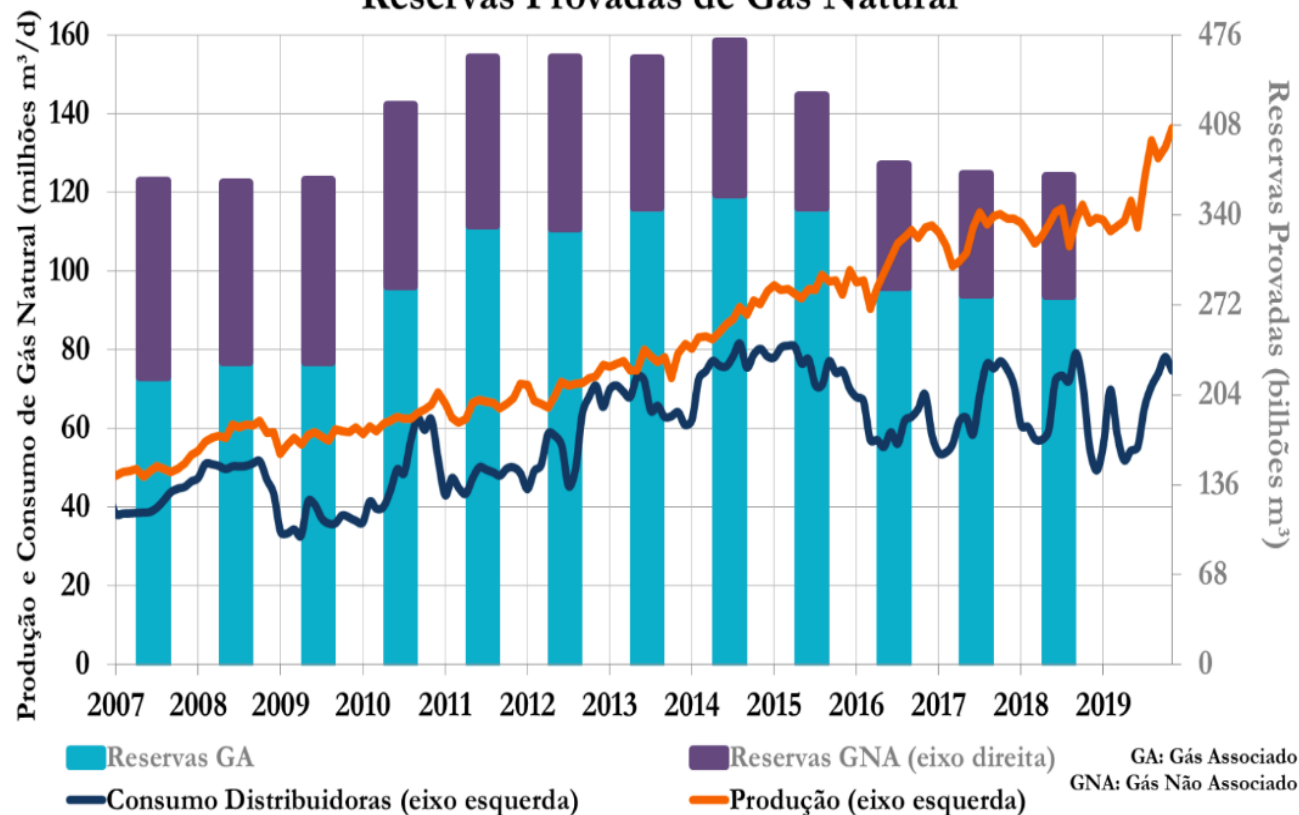
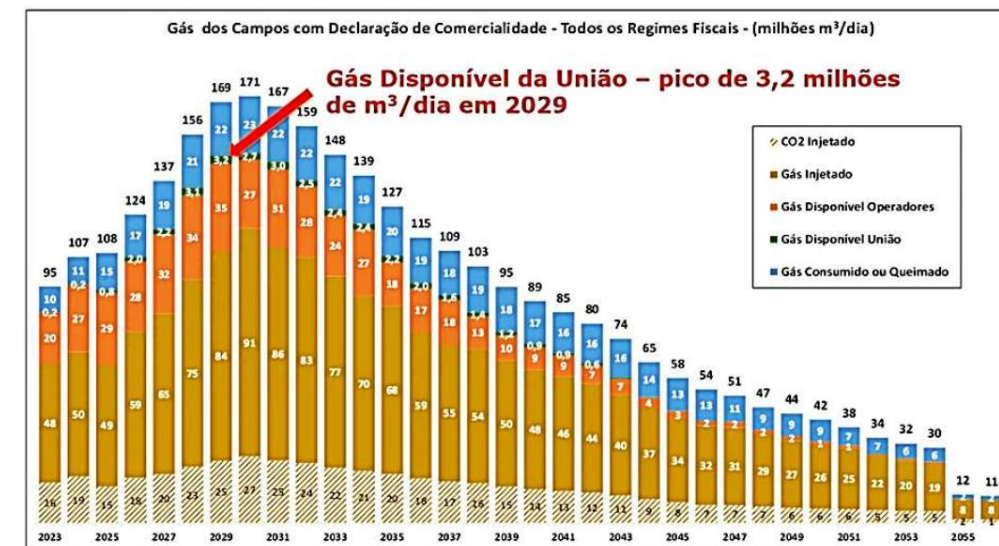


Figura 3 – Evolução das reservas, produção e consumo de gás natural – Brasil

Fontes: Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado - Abegás, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP e Ministério de Minas e Energia - MME.

- Estagnação dos mercados firmes de GN das distribuidoras conduz a um descolamento entre as curvas de produção e consumo
- Desafio para escoamentos alternativos do GN associado a produção de óleo do pré-sal
- Fatores que conduzem a um aumento do % de reinjeção do GN nas formações rochosas



CONTEXTO

Reservas de GN no Estado de São Paulo- SP (Atual e Futuro)

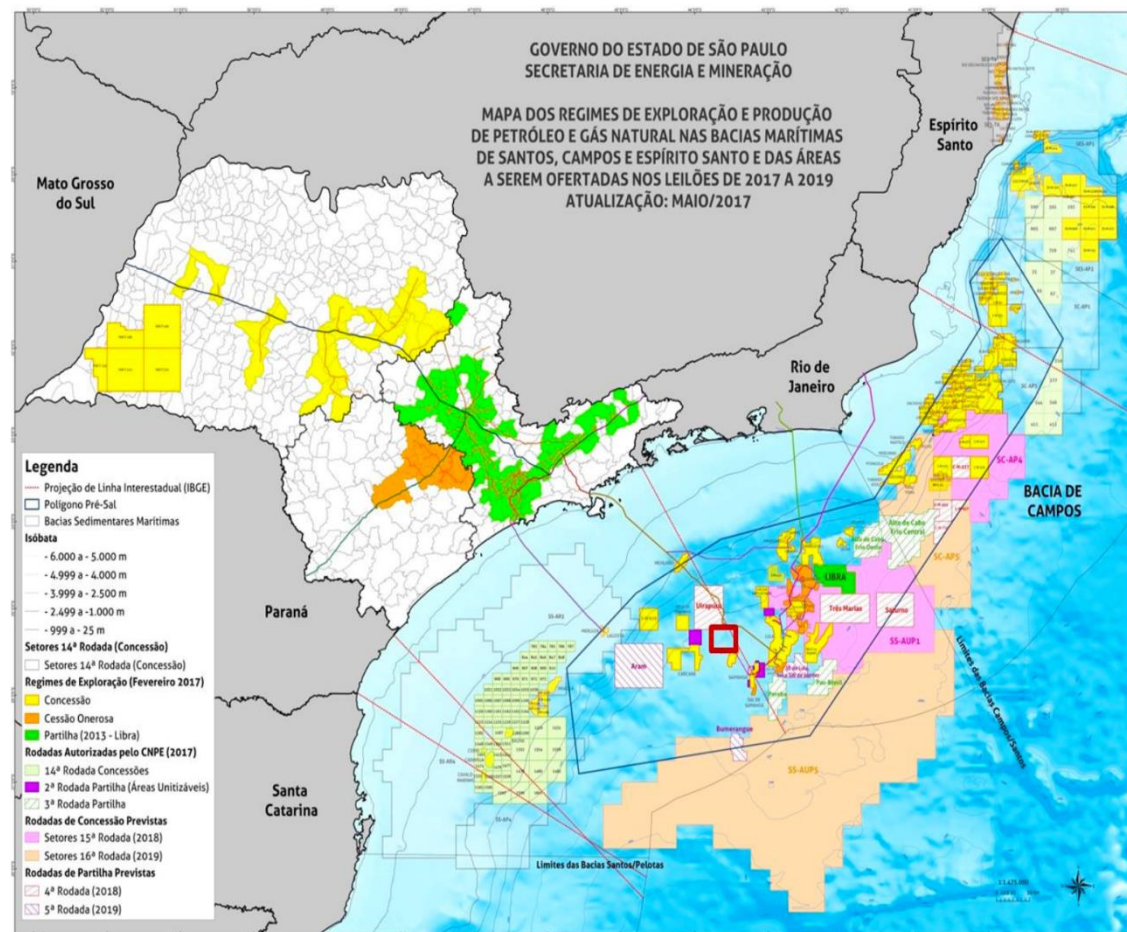


Figura 2 – Mapa das áreas a serem ofertadas em leilões no triênio 2017-2019, conforme aprovado pelo MME em 2017

Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SIMA

Reservas estaduais provadas de gás natural aumentaram mais de 616% entre 2005 e 2018, crescimento médio anual de 16,3%.

De acordo com o Anuário Estatístico 2022 da ANP (ANP, 2022), São Paulo é o Estado da Federação que apresentou a maior expansão de produção e de reservas totais de petróleo e gás natural ao longo do período de 2012 e 2021. São Paulo passou a ocupar a segunda posição dentre todos os entes federativos, apenas atrás do Estado do Rio de Janeiro

Para GN, a participação paulista na produção brasileira saltou de 7,71% a 12,41%. A participação paulista nas reservas totais diminuiu de 10,26% a 6,24%.

Ao longo da última década, a indústria de petróleo e gás natural no Estado de São Paulo evoluiu em marcha forçada e isso se verifica pelos substanciais decréscimos verificados nos índices R/P (Reservas Totais / Produção Anual), entre 2012 e 2021. O índice R/P paulista caiu de 47,3 a 5,8 anos, e isso representa um sinal de alerta

Contudo, tal preocupação deve ser relativizada, pois a reinjeção do gás produzido no Estado saltou de 9% (em 2012) para 38% (em 2021) (adicionando-se a redução da queima em flare do gás “paulista” de 5% para 1%)

Ainda há potenciais exploráveis no Estado de SP tanto onshore como offshore

CONTEXTO

Movimentação de GN no Estado de São Paulo- SP (Atual)

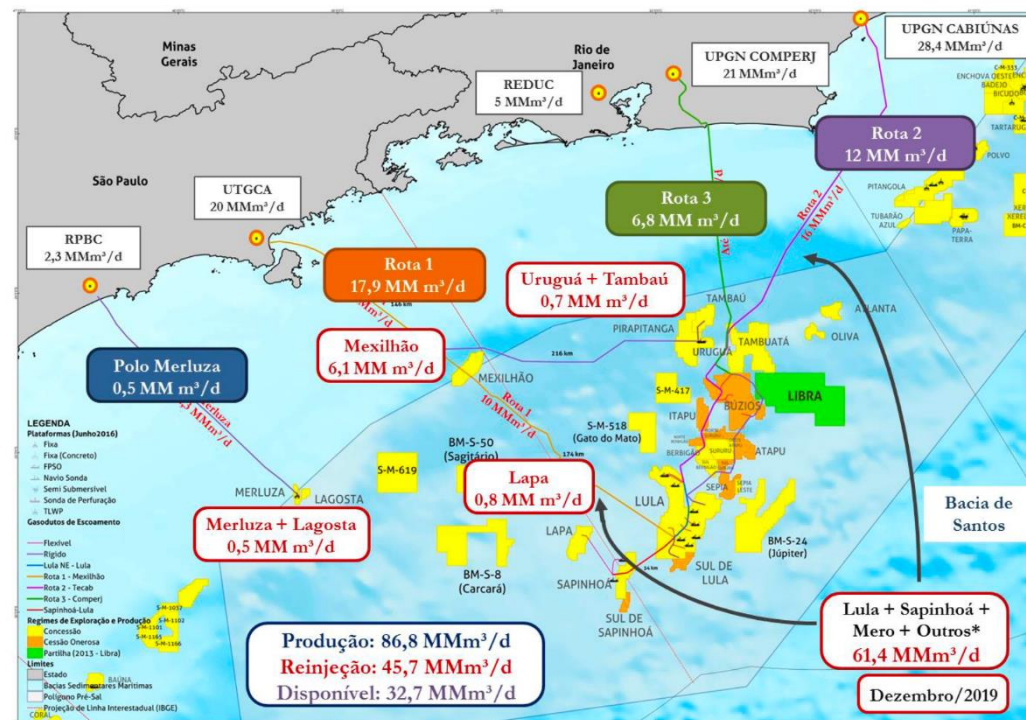


Figura 6: Cenário de escoamento do gás natural produzido na Bacia de Santos em 2020
Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SIMA

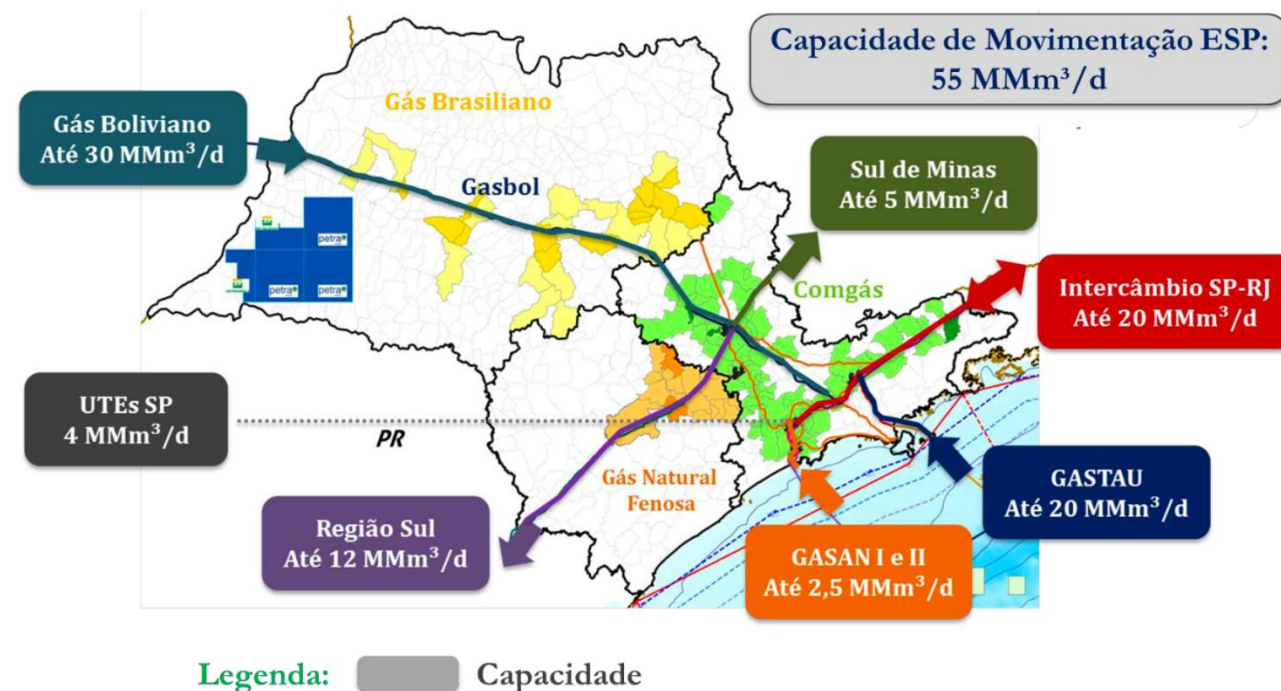


Figura 26: Disponibilidade de gás natural – São Paulo – 2019
Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SIMA

O estado é o centro de carga da malha de transporte de GN

Possui acesso a importantes fontes de importação de GN existentes (via GASBOL e terminais de GNL do SE).

Acesso à 75% das reservas provadas de GN nacionais, situadas nas bacias de Santos e Campos (via Merluza e Rota 1); indiretamente via Rotas 2 e 3 que vão para RJ (com capacidade somada de movimentação de 100 M m³/dia)

CONTEXTO

Capacidade de Movimentação de GN no Estado de São Paulo- SP (Médio Prazo)

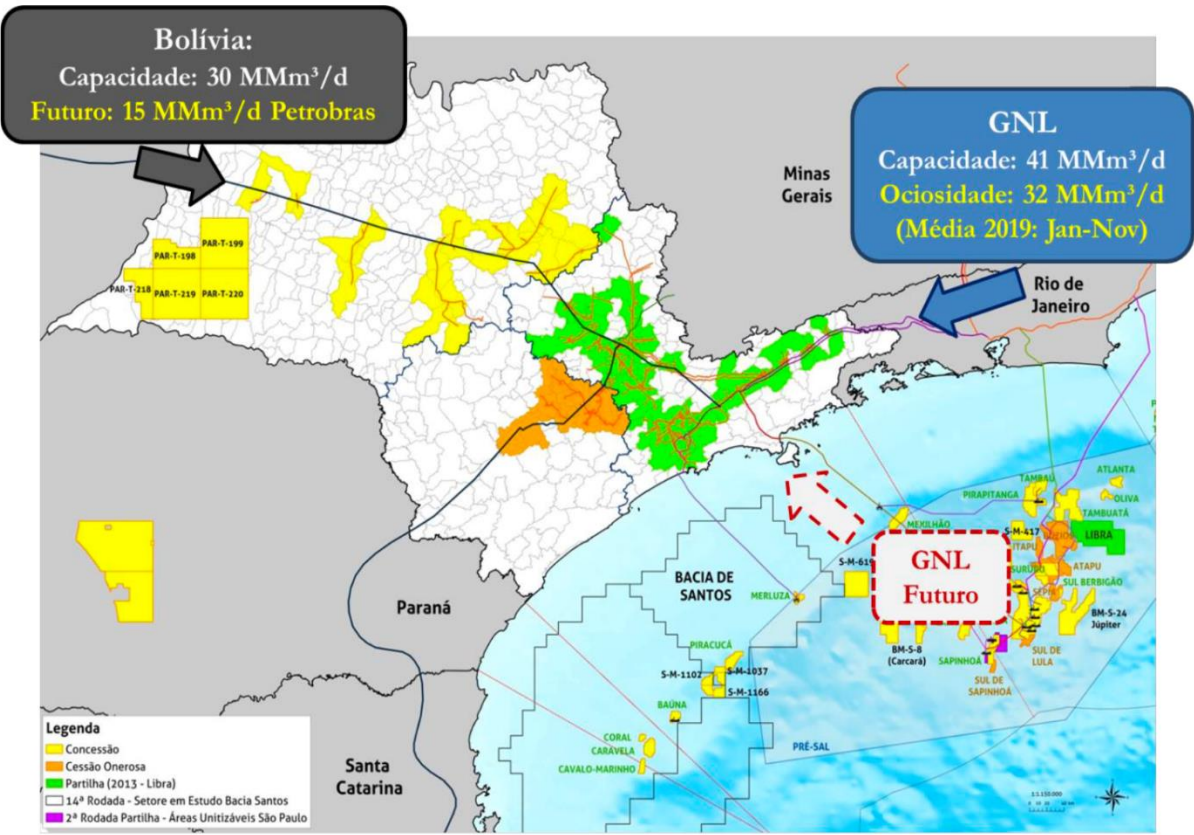


Figura 7: Fontes de oferta de Gás Importado ao Estado de São Paulo
Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SIMA

Nome do Terminal	Município	Proprietário	Classificação		Capacidade de Regasificação (M m³/dia)
Terminal Regaseificação São Paulo (TRSP)	Santos	Compass	Indicativo		14

Nome do Gasoduto	Trecho	Diametro (polegada)	Pressão máxima (kg/cm2)	Vazão máxima (M m3/dia)	Direção do fluxo
Cubatão-GASAN	Cubatão x São Bernardo do Campo	20	75	15	SP

Oferta Máxima (Gasbol + Gastau + Gascar + Gaspal I - Gasbol trecho Sul + GNL)					70.36
---	--	--	--	--	-------

FONTE: MME (2022), EPE (2021), EPE&MME (2019)

A instalação do Terminal de regasificação permite acesso aos mercados internacionais de GNL por agentes independentes

A instalação do gasoduto Cubatão – Gasan amplia a capacidade de movimentação de GN no estado em ~27%

CONTEXTO

Oferta de GN no Estado de São Paulo- SP (Médio – Longo prazo)

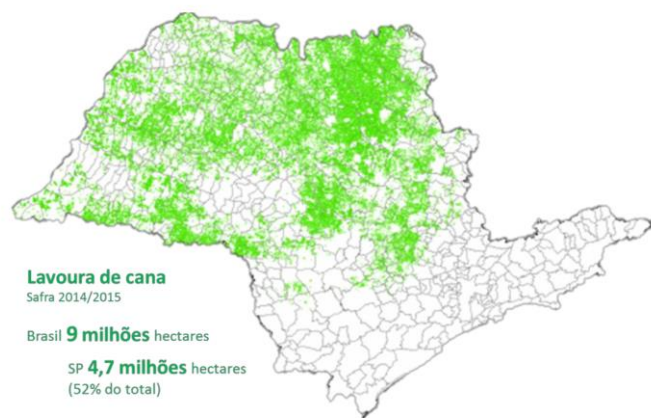


Figura 33 - Mapa da área plantada de Cana-de-Açúcar no Estado (2015)
Fonte: Unica

Além da oferta doméstica e importação de GN considera-se a inserção de Biometano no mix de oferta (médio/longo prazo)

E como oportunidades de mais longo prazo:

- Oferta importada de gás de folhelho proveniente da exploração da bacia de Vaca Muerta na Argentina (via Região Sul ou Bolívia)
- Potencial oferta de gás de folhelho da Bacia do Paraná (onshore) (em moratória no Estado do Paraná)

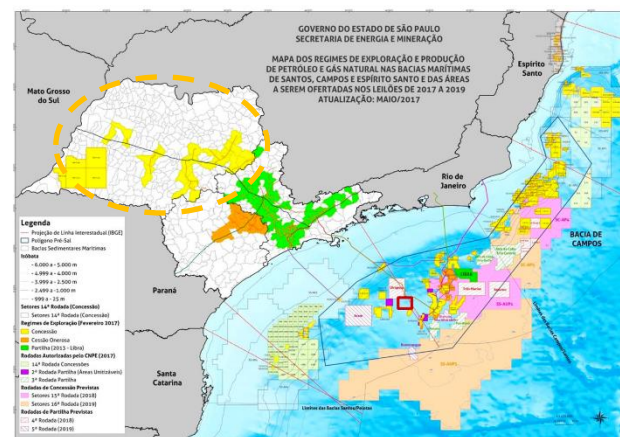
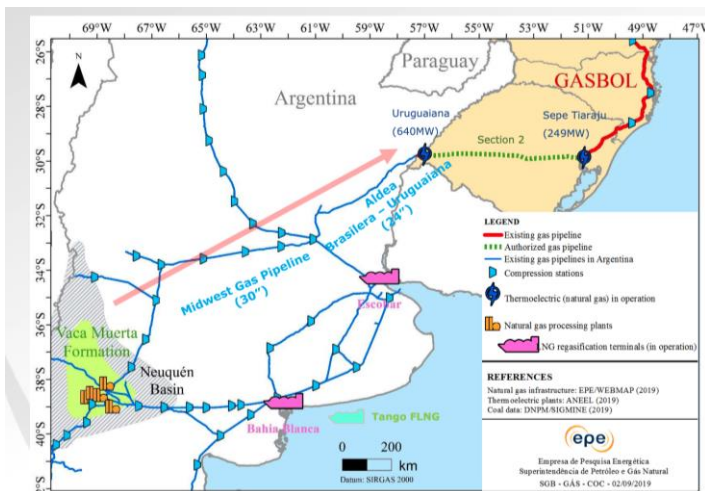


Figura 2 – Mapa das áreas a serem ofertadas em leilões no triênio 2017-2019, conforme aprovado pelo MME em 2017
Fonte: Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SIMA

AGENDA

1. CONTEXTO

2. METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS UTILIZADOS

3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES

METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS

Visão de futuro do PEE-2050 para o setor de GN (fase 1):

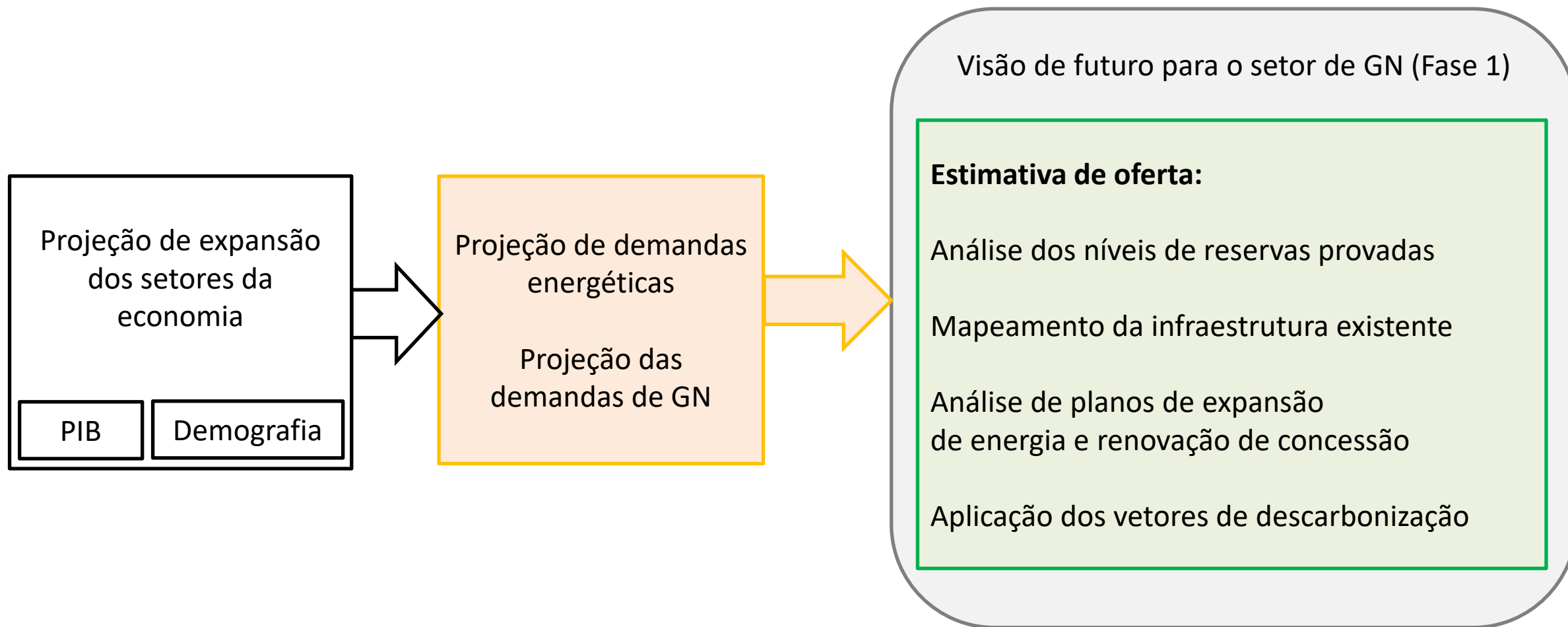
- A ampliação do uso de gás natural em todos os setores de consumo, especialmente em veículos, juntamente com a possibilidade de substituição futura do GNV fóssil pelo BioGNV
- Contenção da eletrificação como solução última de descarbonização
- Investimentos na expansão da infraestrutura de produção, transporte e distribuição, incluindo maior conectividade com o mercado global de GNL
- Estabelecimento de infraestrutura de produção e escoamento, incluindo hubs para injeção, de biometano e no desenvolvimento de projetos pilotos de captura e sequestro de carbono (CCS).
- A inserção de gases combustíveis renováveis (biometano e BioGLP) como vetor relevante para se atingir a neutralidade de emissões de GEE, seguidos de combustíveis alternativos como H₂ e NH₃

METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS

Premissas para as projeções:

- Análises de dados primários públicos sobre a infraestrutura existente, reservas, produção e consumo de GN no Brasil e no Estado de SP
- Análise de planos de energia (PDE 2030, PNE 2050, PEE-SP 2020, PEE-SP 2012)
- Estimativas de crescimento expansão de consumo previstas para SP pelos consultores do PEE 2050
- Estimativas de crescimento expansão de oferta da EPE (diferentes cenários)
- Entrevistas com agentes da cadeia de valor de GN

METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS



AGENDA

1. CONTEXTO

2. METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS UTILIZADOS

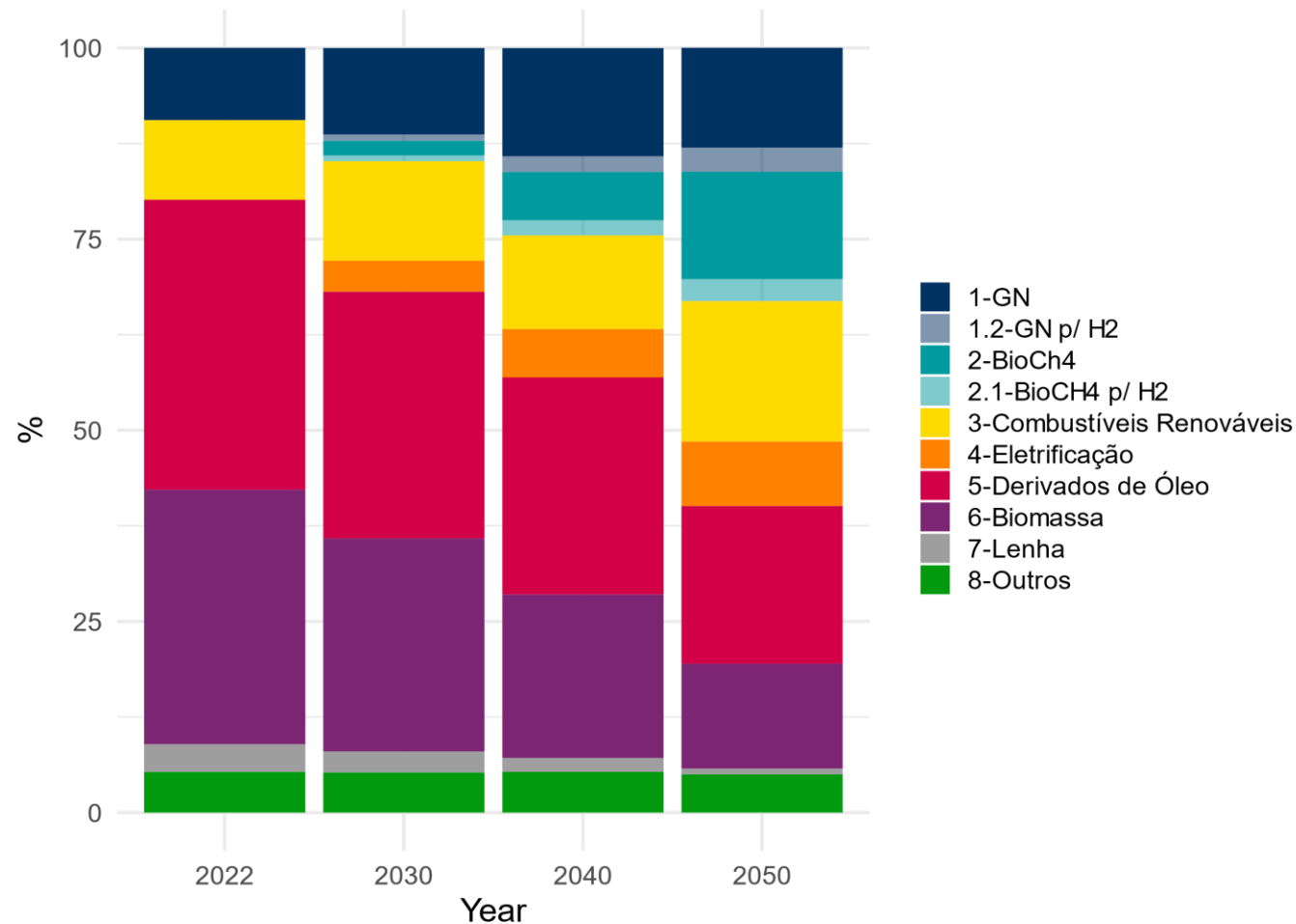
3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES

RESULTADOS

PREVISÕES DO PEE 2050 para o ESP

Mix de Oferta de energia final
(sem geração de eletricidade)



Considera os setores industrial, comercial, residencial, público, agropecuária e transporte

Crescimento da participação do GN no mix de 9.45% para 16.1% (em 2050), incluindo-se aquele para a produção de H₂ (CAGR de 1,9%)

Inclusão do biometano no mix de oferta de GN com participação de 16.9% em 2050

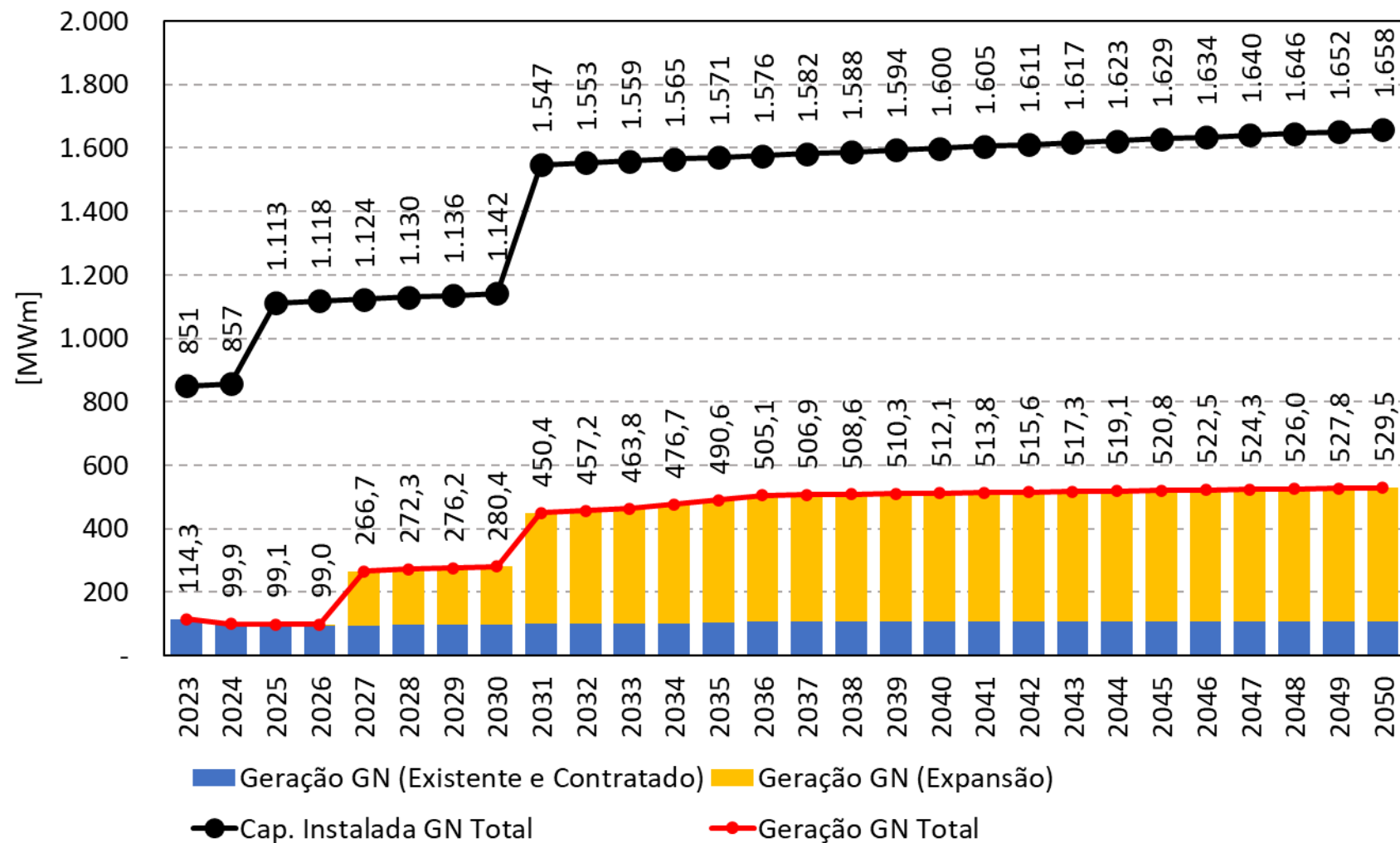
Crescimento de combustíveis renováveis (Etanol hidratado, Diesel verde, BioGLP e H₂ verde) de 10,4% até 18.3% em 2050 (CAGR 2%)

Eletrificação adicional nos setores da economia, com 8,44% do mix em 2050

Redução da participação de derivados de petróleo (-2.1%a.a.), biomassa (-3,1% a.a.) e lenha (-5,4%a.a.)

RESULTADOS

Estimativa de Geração Termoeletrica



Entrada de 2 Novas UTE despachadas centralizadamente:

- 2031: 400 MW Ciclo combinado - 40% Inflexível – CVU R\$429/MWh
- 2025: 250 MW UTE – Cogeração – 65% Inflexível – CVU R\$178/MWh

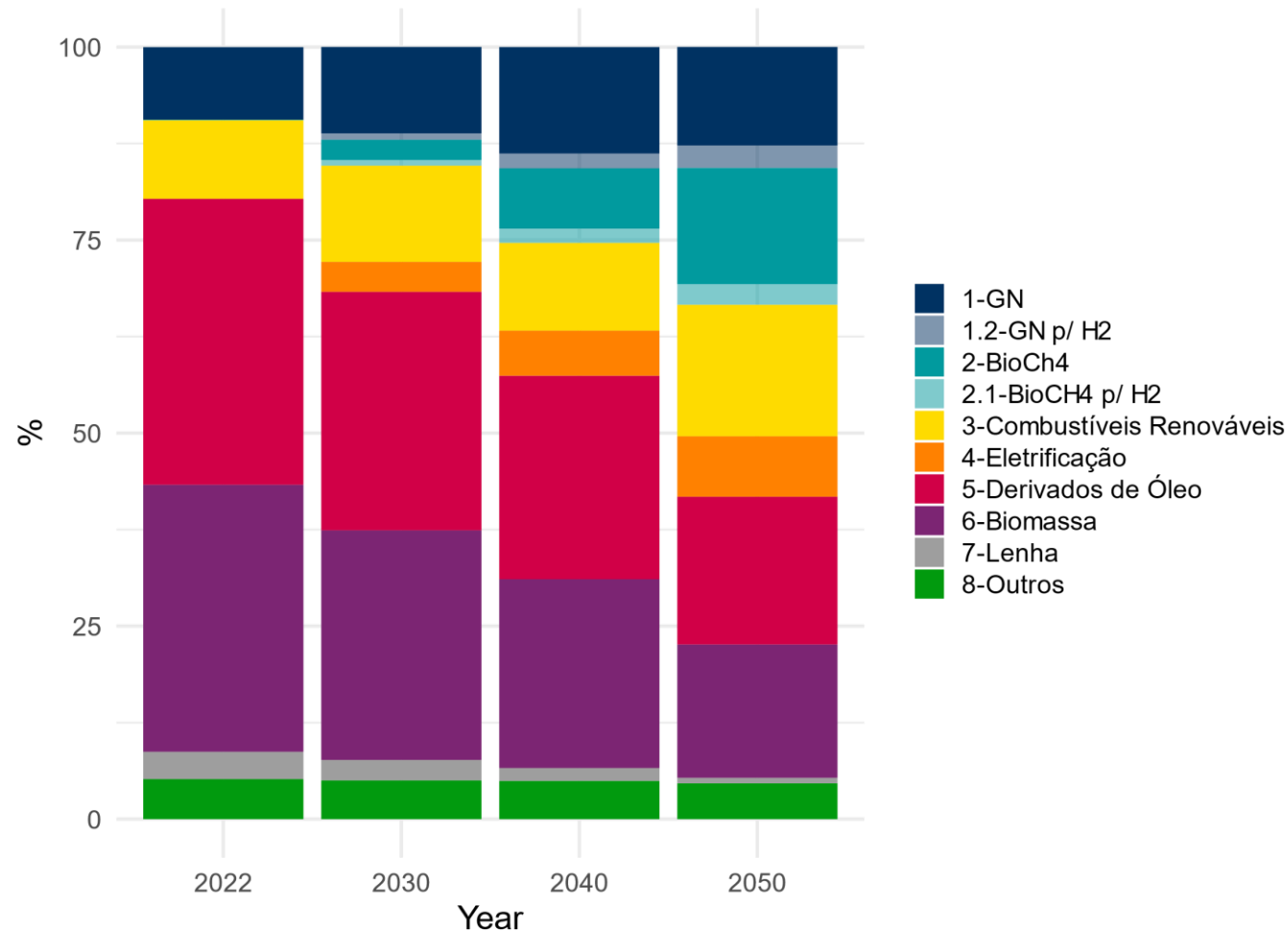
Crescimento gradual de PCTs (Pequenas Centrais Térmicas)

- 1,74MW ao ano.
- Total em 2050: 47 MW de capacidade instalada.
- Fator de Capacidade Considerado de 30%.

RESULTADOS

PREVISÕES DO PEE 2050 para o ESP

Mix de Oferta de energia final
(com geração de eletricidade)



O mix permanece basicamente com a mesma composição

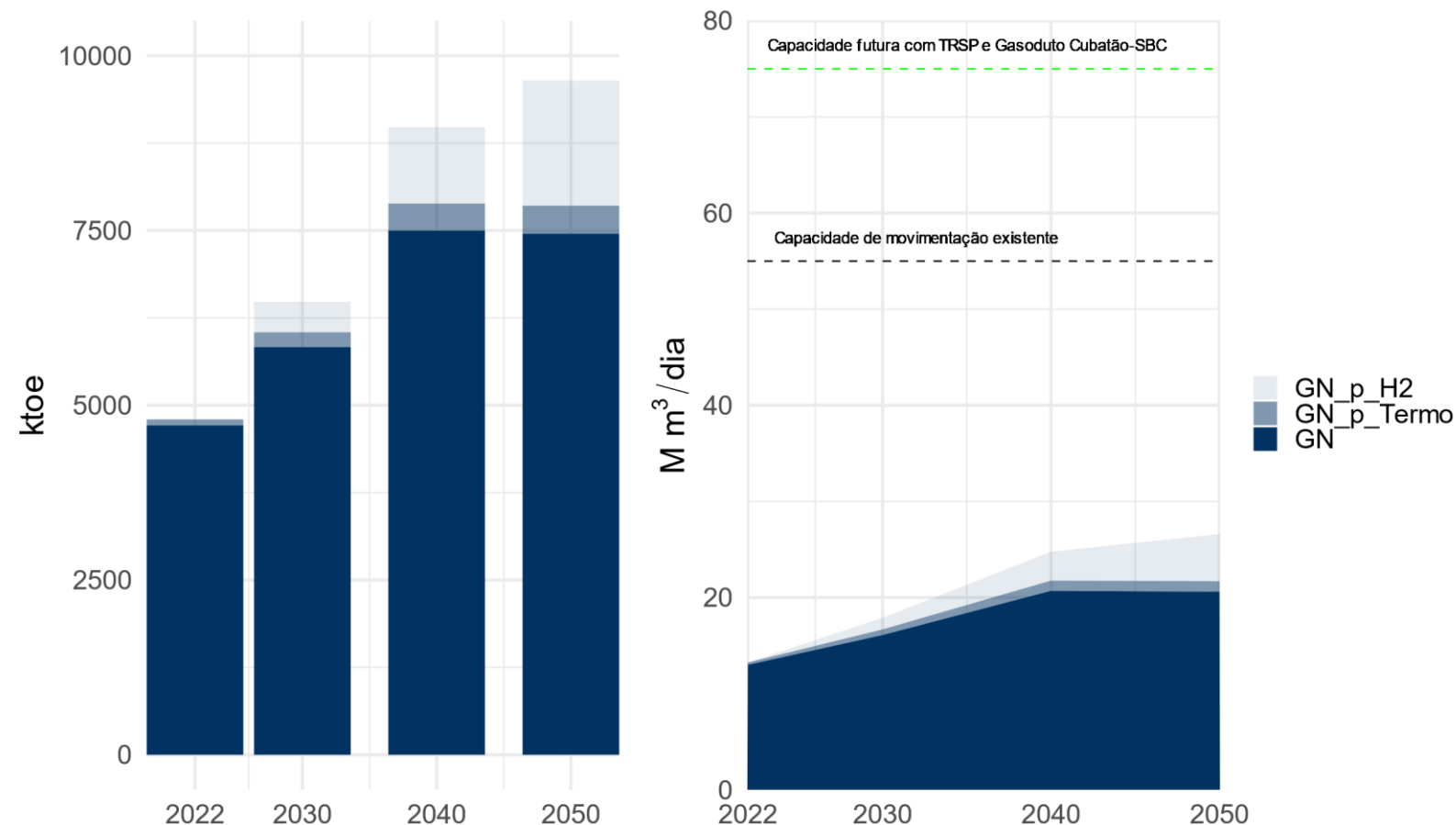
O maior acréscimo ocorre na participação da geração de eletricidade por meio de biomassa (acréscimo de 3.5% no mix em 2050)

O maior decréscimo ocorre na participação de derivados (decréscimo de -1.5% no mix em 2050)

GN reduz a participação em -0.3% e BioCH4 aumenta a participação em 1%, ambos no mix em 2050

RESULTADOS

Oferta de GN às Concessionárias Locais de Distribuição de Gás (CDLs)



A oferta de GN para os setores da economia excluindo-se a geração de termoeletricidade é de 25.5 Mm³/dia em 2050 (CAGR 2.4% a.a.)

- Com geração de termoeletricidade 26.6 Mm³/dia em 2050 (CAGR 2.5% a.a.)

A capacidade de movimentação de GN existente é 2 vezes maior que a oferta para as CDLs em 2050

- 2.8 vezes ao se considerar o TRSP e o gasoduto Cubatão-SBC

A acomodação da geração termelétrica é geograficamente específica, mas é compatível com a capacidade de movimentação de GN existente.

AGENDA

1. CONTEXTO

2. METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS UTILIZADOS

3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

- O Estado é agente relevante no setor de GN, como centro de carga do sistema de transporte e próximo a maioria das reservas provadas de GN existentes além de possuir acesso às principais fontes importadas (via gasoduto e GNL)
- No contexto de RtZ a participação do GN segue relevante como vetor de descarbonização dos setores da economia ao deslocar o consumo de derivados e outros combustíveis mais poluentes.
- A infraestrutura de movimentação de GN pode ser utilizada para alavancar a inserção de bioCH₄ e outros gases combustíveis de origem renovável, que ainda precisam avançar em sua maturidade tecnológica (H₂, NH₃, CH₃OH)
- A participação do GN (sem considerar bioCH₄) no mix, excluindo-se a eletricidade, passa de **9.4% para 16.1%, em 2050**. E o volume movimentado pelas distribuidoras de **12.5 para 25.5 M m³/dia, em 2050**.

CONCLUSÕES

Oportunidades de Políticas Públicas para Oferta de GN

- Harmonização regulatória
- Difundir a infraestrutura de movimentação e fomentar a expansão dos usos finais que compõem o crescimento deste plano
- Por exemplo, aumentar a frota de veículos a GNV (e BioGNV)
- Ampliar a oferta de molécula de gás natural por meio de limites à reinjeção não técnica nos poços do pré-sal
- Ampliar os esforços exploratórios na parte paulista da Bacia Sedimentar onshore do Paraná
- Promoção de incentivos regulatórios e de eventual revisão do atual modelo de concessões para se promover mais rápida penetração dos gases combustíveis de origem renovável
- Investimento em pesquisa e desenvolvimento para avançar na maturidade tecnológica de outros gases combustíveis e sistemas de compensação (ex. CCS)

Secretaria de
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO



Fundação de Apoio à
Universidade de São Paulo