

<http://dx.doi.org/10.48005/2237-3713rta2023v12n1p5467>

A possibilidade do uso do gás natural como fonte geradora de energia elétrica\*

*Potential of natural gas as a power generation's source*

**Esther da Cruz Conceição**

Universidade Federal Fluminense – UFF  
[cruz.esth@gmail.com](mailto:cruz.esth@gmail.com)

**Vagner da Silva Teixeira**

Universidade Federal Fluminense – UFF  
[vagnersilvateixeira@gmail.com](mailto:vagnersilvateixeira@gmail.com)

**Rafaela Mota Evangelista**

Universidade Federal Fluminense – UFF  
[rafaelamota24@gmail.com](mailto:rafaelamota24@gmail.com)

**Juliano Júlio da Silva Belo**

Universidade Federal Fluminense – UFF  
[julianojulio@hotmail.com](mailto:julianojulio@hotmail.com)

**Sebastião Cunha Drumond de Oliveira**

Universidade Federal Fluminense – UFF  
[sebacunha.engeletrica@gmail.com](mailto:sebacunha.engeletrica@gmail.com)

**Paulo Roberto Duailibe Monteiro**

Universidade Federal Fluminense – UFF  
[pauloduailibe@id.uff.br](mailto:pauloduailibe@id.uff.br)

## RESUMO

Ao longo da história da humanidade o conceito de energia, sua geração e utilização, foi ganhando novas formas e importância. Novas necessidades e desafios foram surgindo, e demandando reajustes na matriz energética a fim de pôr fim a dependência de apenas uma ou duas fontes geradoras de energia, além de evitar um possível colapso energético. O presente artigo tem como objetivo expor a importância e a oportunidade da utilização do Gás Natural como fonte geradora de energia elétrica, enfatizando seus pontos positivos, desafios, benefícios quanto a sustentabilidade e possíveis avanços futuros. Foram considerados para este estudo relatórios de balanço energético, produções acadêmicas de cursos de graduação, pós-graduação e artigos de periódicos. Os resultados da pesquisa mostram que é inteiramente válido o contínuo investimento no setor de geração de energia elétrica utilizando o gás natural como fonte, considerando seus demais benefícios econômicos e ambientais principalmente.

**Palavras-chave:** Gás natural; Geração de energia elétrica; Eficiência energética; Matriz energética; Sustentabilidade; Gases de efeito estufa;

## ABSTRACT

Over human history, we have seen many changes in energy concept, its generation, and a new meaning for this generation process. As new challenges are coming up, it is requiring a modification on energy's array to end the dependence of just one or two energy sources to

---

\* Received 29 April 2023; accepted in 28 June 2023; published online 28 July 2023.

avoid a possible collapse. This article has the objective to expose the importance and the opportunity of using natural gas as electricity energy source, emphasizing the positive points, challenges, benefits on sustainability and possible advances in future. For this study, energy balances reports, academic productions from undergraduate and graduate courses, and journal articles were considered. The research results show that is entirely valid the constant investment in energy generation using natural gas as power generation source, considering its economics benefits and environmental.

**Keywords:** Natural gas; Energy generation; Energy efficiency; Energy matrix; Sustainability; Greenhouse gases.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico mundial está baseado na abordagem sobre os recursos energéticos e a forma como são planejados, gerados e consumidos. Entretanto, apesar dos avanços e investimentos na geração e transmissão de energia elétrica, parte da população mundial ainda não tem acesso a esse recurso, e outra grande parte é atendida de forma insuficiente.

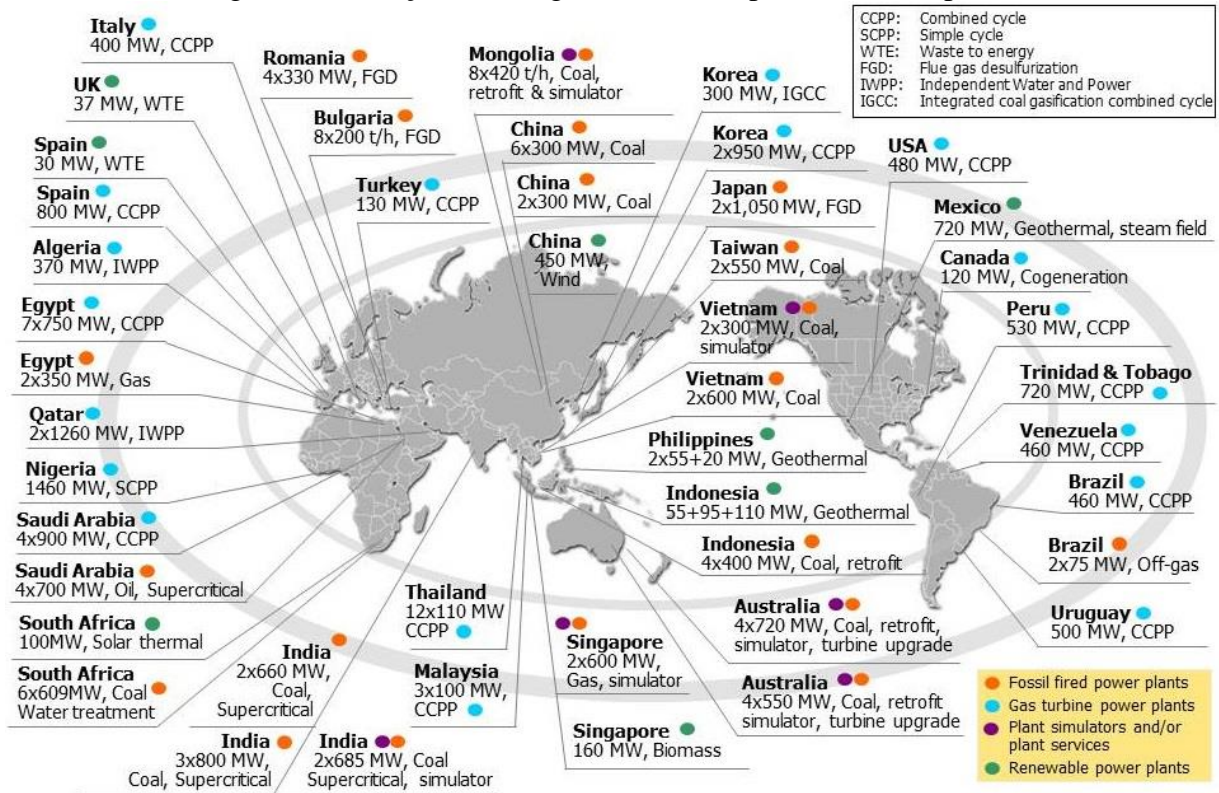
Além disto, nas últimas décadas, a sociedade busca compreender mais sobre sustentabilidade, poluição ambiental, custo social e segurança energética, ou seja, uma oferta de energia elétrica capaz de atender à crescente demanda. Os aspectos econômicos continuam a exercer forte influência na definição da matriz energética de um determinado país, porém considerando os diversos fatores, surgem grandes investimentos nas fontes e na sua necessidade de aproveitar os recursos disponíveis para geração, tais como hidrelétrica, nuclear, solar, termelétrica, eólica, entre outras.

Essa realidade mundial obriga a adoção de novas formas de planejamento sobre o estudo eficiente da geração e do modo a consumir a energia elétrica. Conceitos de segurança e de independência energética, condicionantes financeiros, bem como as repercussões ecológicas, consequentes dos planos e mesmo de políticas de energia, delineiam novos cenários a serem abordados, buscando a integração e a coerência.

Criado em 1985 pelo Ministério de Minas e Energia (MME), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) é o programa brasileiro desenvolvido para garantir a utilização da energia elétrica de maneira eficiente, sendo que podemos definir eficiência energética como o rendimento resultante ao sistema que consome uma menor quantidade de energia para a mesma quantidade de produto anteriormente requerido ou estabelecido.

Para conseguir essa condição de máxima eficiência energética, redução nos gases de efeito estufa (GEEs), promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios, e reduzindo os custos variáveis, o setor de geração de energia elétrica precisou adequar-se e buscar novas fontes geradoras disponíveis para maior eficiência na cadeia de transformação e utilização de energia, sendo introduzido o Gás Natural (GN) como proposta de matéria prima não renovável, porém estratégica na transição para uma economia de baixo carbono, vide Figura 1.

Figura 1 – Geração de energia mundial e tipos de matéria prima

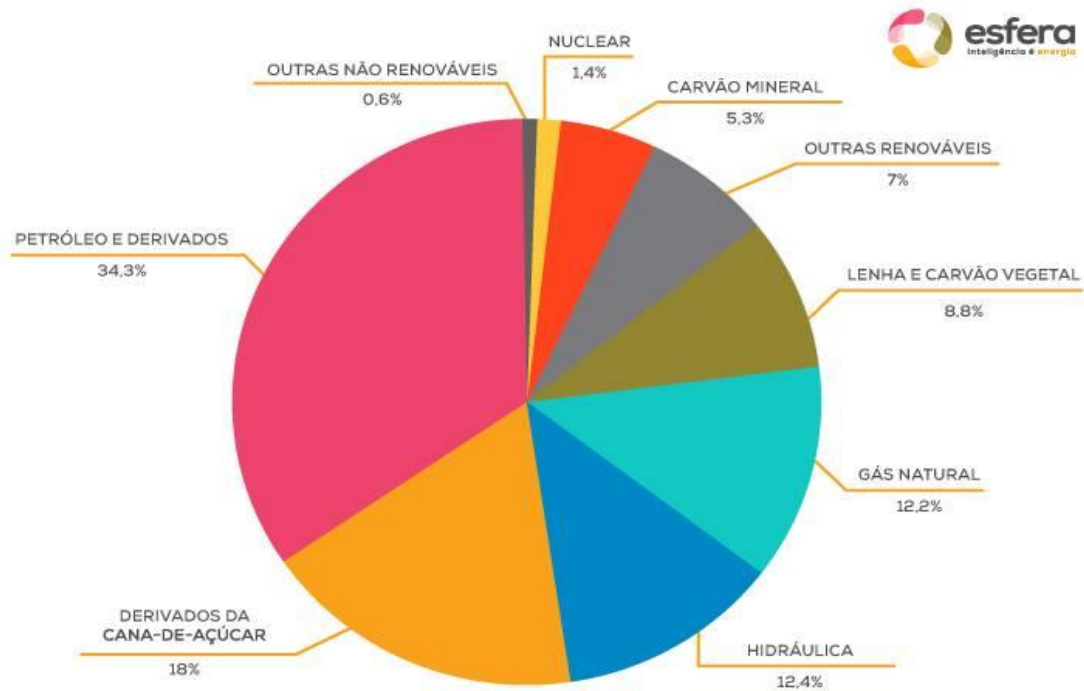


Fonte: EIA, 2022.

## GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (Ministério De Minas e Energia – MME, 2023), 22,8% da matriz energética mundial é composta por gás natural, ficando atrás apenas do petróleo e derivados (31,5%), e carvão mineral (26,9%). Em contrapartida, conforme demonstrado na Figura 2, a matriz energética brasileira é composta por 12,2% de gás natural. Na frente estão o petróleo e derivados (34,3%), derivados da cana-de-açúcar (18%) e hidráulica (12,4%) (Esfera, 2021).

Figura 2 – Distribuição da matriz energética Brasil



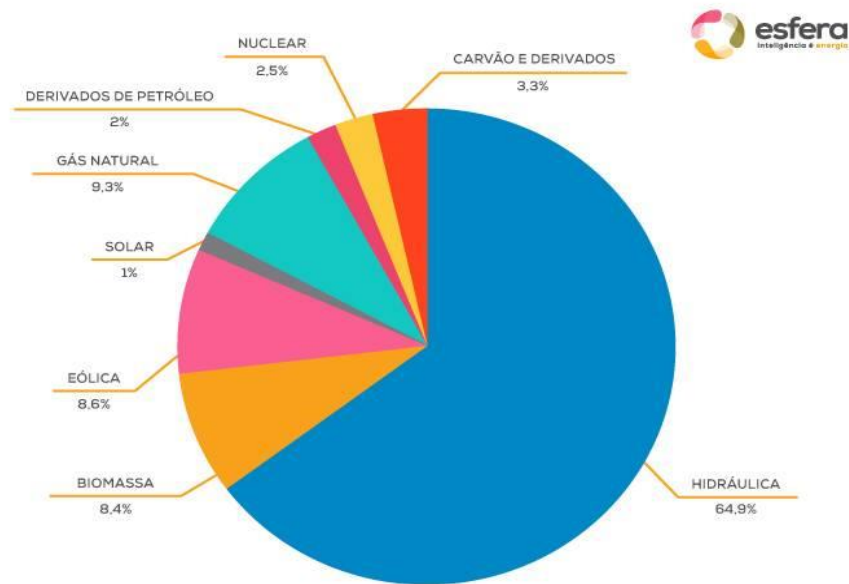
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (Esfera), 2021.

O Brasil é reconhecido pela sua matriz energética interligada e pela alta capacidade de produção de energia elétrica. Conforme a Figura 3, a maior parte da demanda elétrica possui dependência de hidrelétricas, somando 65% do consumo total do país, sendo que isso se concretizou com os intensos investimentos pós-Primeira Guerra Mundial, visto que a importação do carvão mineral estava comprometida e havia excessiva demanda de energia em território nacional/internacional.

Com investimentos na confiabilidade e aumento da demanda durante as discussões sobre o suprimento de energia elétrica, percebeu-se que anualmente, o consumo energético mundial mostrava padrões de crescimento sistemáticos, exigindo assim uma capacidade cada vez maior de produção e distribuição de energia elétrica. O cenário brasileiro é consoante com esse crescimento, porém tende a enfrentar algumas barreiras.

Ademais, em busca de um backup para as hidrelétricas, houve incentivos para a criação de termelétricas que utilizassem óleo pesado (HFO), em busca de flexibilizar as reservas energéticas do país e sendo acionadas apenas em caso de emergência pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), auxiliando na renovação dos níveis nos reservatórios das hidrelétricas.

Figura 3 – Distribuição da matriz elétrica brasileira.



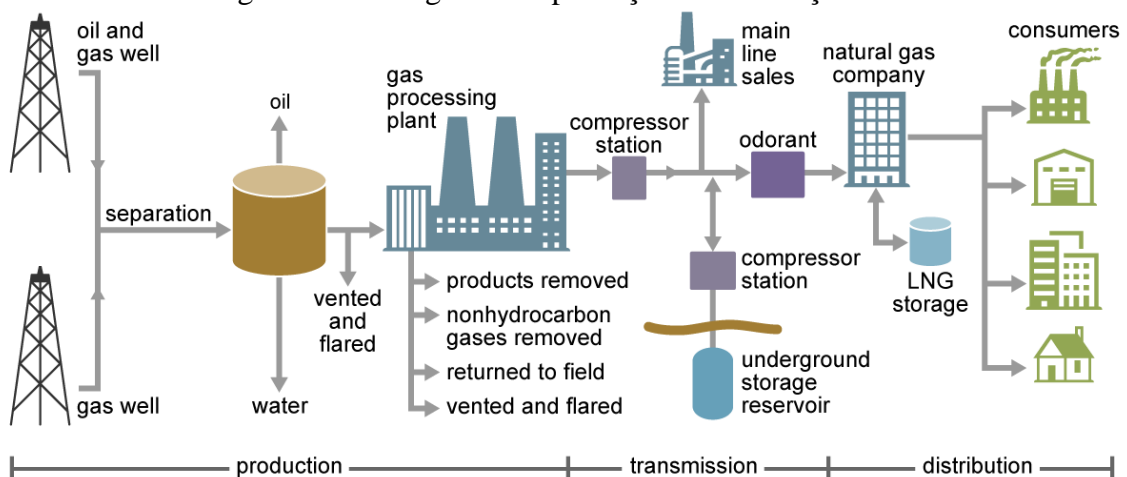
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (Esfera), 2021.

Entretanto, com a crise no ano de 1970, que elevou o preço do BOE, o país precisou de alternativas que substituíssem a utilização do carvão e dos óleos pesados, principalmente no setor industrial, para que sua matriz energética não entrasse em colapso, o que resultou em uma busca crescente pelo Gás Natural (GN), que possui apenas duas etapas de processamento: extração e tratamento, e é abundante para suprir as matrizes do mundo.

### MATÉRIA PRIMA: GÁS NATURAL

Conforme ANP (2008, p. 4), o GN é uma mistura de hidrocarbonetos no estado gasoso e nas condições atmosféricas ao nível do mar, é composto predominantemente de metano (CH<sub>4</sub>) e em menores parcelas, de etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) e propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>). Em algumas regiões produtoras de GN, não ocorre a necessidade do tratamento do gás, sendo somente requerida a extração do hidrocarboneto. Para Saravanamuttoo et al. (2009, p. 288, apud CONCEIÇÃO, 2021, p. 9). o GN é o combustível preferido para aplicações em equipamentos de compressão em oleodutos/gasodutos, plantas de geração de energia e cogeração, vide Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma de produção e distribuição do GN



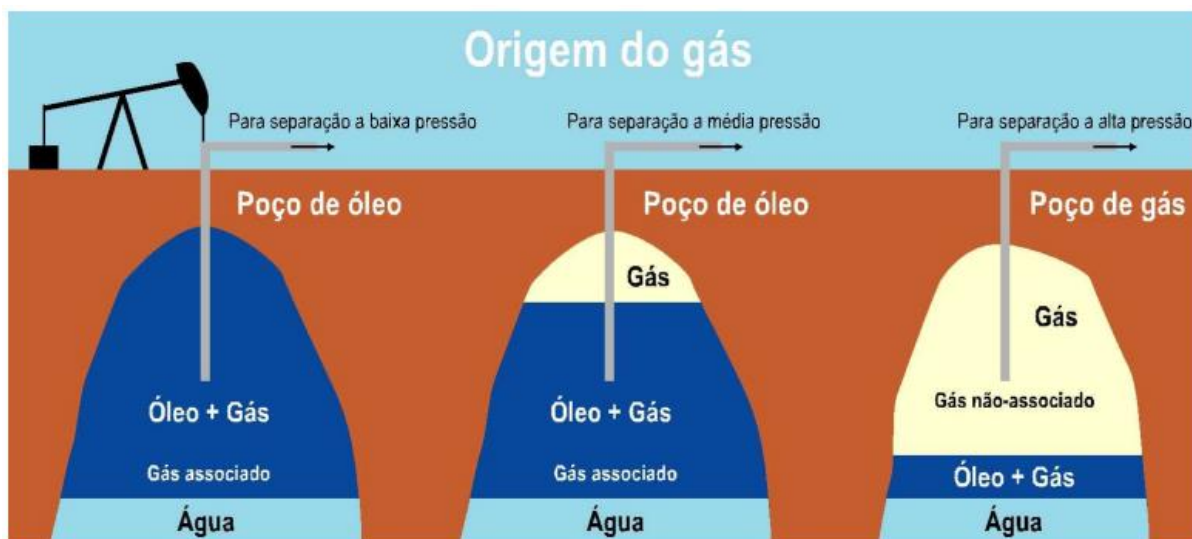
Fonte: EIA, 2022.



Em comparação aos combustíveis extraídos do petróleo, o GN possui alto valor de Poder Calorífico Inferior (PCI), na faixa de 45 MJ/kg, sua combustão pode ser regulável de acordo com a temperatura e pressão da câmara de combustão, não possui emissões de cinzas ou sem tratamento do CO. Sua queima é considerada uniforme por não apresentar resíduos de combustão incompleta e material particulado. Além disso, possui a vantagem de fornecimento contínuo por meio dos gasodutos, proporcionando maior segurança durante o seu consumo (Comgás, 2015).

Segundo relatórios da ANP, o Gás Natural pode ser encontrado de duas formas diferentes, como GASA (Gás Natural Associado) quando está presente na forma dissolvida em reservas geológicas de petróleo, ou envolvendo bolsões no subsolo. De outra forma pode ser encontrado como GASN (Gás Natural Não associado), quando encontrado livre do petróleo e água, vide Figura 5.

Figura 5 – Representação de um reservatório de gás natural



Fonte: ANP, 2008.

Segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia para 2021 (MME, 2023), o GN é projetado como combustível fundamental e possui a significativa parcela de 8,1% do total consumido de energia em 2021, ofertando 170 milhões de m<sup>3</sup>/dia. Entretanto, os derivados do petróleo possuem projeções decrescentes, onde há previsto uma redução de quase 6% do total utilizado na matriz energética nacional, principalmente por conta do comprometido do país com as emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEEs). A malha cada vez mais integrada de gasodutos que percorre o país possibilita ainda mais a crescente utilização do gás natural na matriz energética nacional.

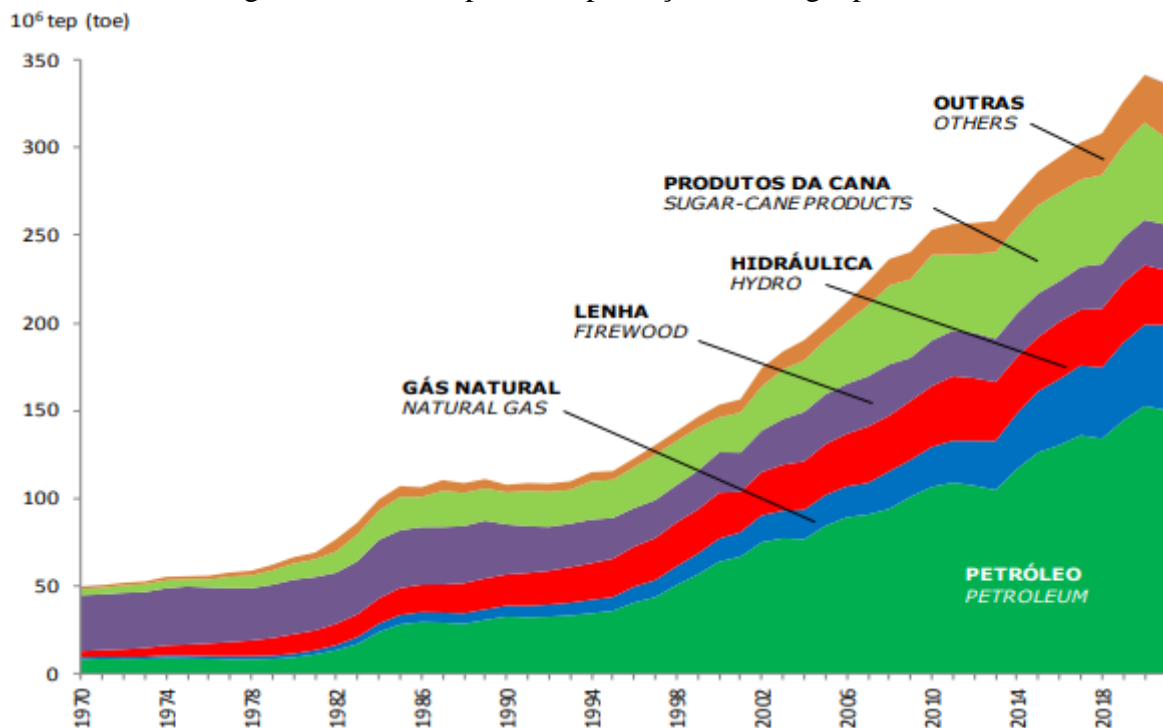
## INTRODUÇÃO DO GN NA GERAÇÃO DE ENERGIA

No cenário mundial, o uso do GN como insumo de geração de energia elétrica ganhou força a partir da década de 80, sendo impulsionado principalmente por países onde a escassez ou inexistência de fontes, como a hidrelétrica, são uma condição imperativa. Neste contexto, essas nações utilizavam o GN como complemento às unidades geradoras movidas a energia nuclear ou a carvão mineral.

Assim, a tecnologia do uso do GN como combustível para termelétricas foi experienciada e melhorada ao longo das últimas décadas e consolidou o seu uso como uma boa alternativa a combustíveis com maior potencial poluente, gerando menor impacto ambiental e social devido ao seu uso.

O Brasil, em contrapartida, possui uma matriz elétrica fundada principalmente na geração hidrelétrica, graças ao seu vasto potencial hidrológico que reúne bacias de grande vazão e que possibilitam o uso de tecnologias de geração diversificadas conferindo baixo custo por MWh, alta eficiência e robustez ao sistema, vide Figura 6.

Figura 6 – Matéria prima de produção de energia primária

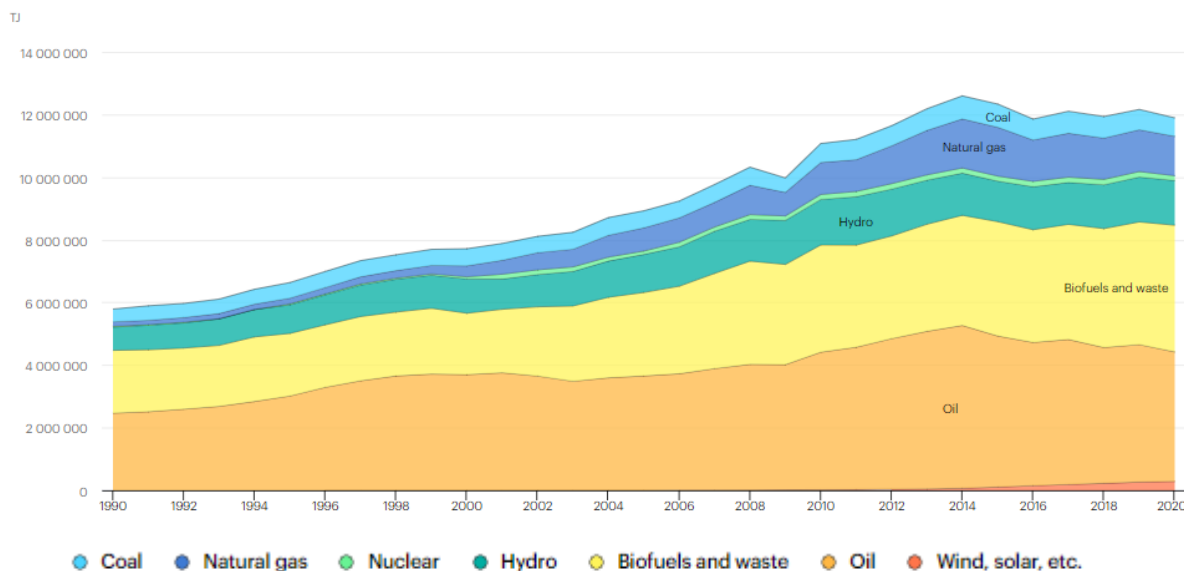


Fonte: EIA, 2022.

Nos últimos anos, o país vem sofrendo com os baixos volumes de chuvas e consequentemente, com a drástica redução dos níveis dos reservatórios, gerando lacunas no suprimento elétrico brasileiro, com interrupções no fornecimento de energia, e enormes prejuízos à economia e à população afetada. Diante deste cenário, em 1970, houve a fomentação por parte do congresso nacional brasileiro no incentivo ao crescimento do setor de geração termelétrica, sendo o óleo diesel, o carvão natural e o GN como os principais combustíveis.

No início, o carvão e o GN eram pouco explorados no Brasil e suas reservas pouco conhecidas, visto que o setor de exploração do petróleo era uma atividade pouco explorada no país. Assim, as termelétricas ficavam dependentes do uso do óleo diesel, cujo mercado era volátil demais em função das variações do preço do petróleo no mercado internacional, deixando o custo da energia elétrica mais caro para o consumidor final. Desta forma, o uso das termelétricas no sistema elétrico nacional teve o papel complementar à geração hidrelétrica, dando a elas um “*modus operandi*” mais flexível, permitindo que os reservatórios fossem poupados em épocas de estiagem, vide Figura 7.

Figura 7 – Divisão da matriz energética brasileira por geração anual de energia



Fonte: EIA, 2022.

Com a expansão do setor de petróleo e gás pelo país, o uso do GN teve seu uso estimulado principalmente a partir dos anos 90, com os movimentos de expansão do setor elétrico e sua privatização diante da incapacidade do setor público de financiar o crescimento da oferta de energia exigida pelo mercado interno.

A partir dos anos 2000, com as crescentes crises energéticas geradas pelo baixo nível dos reservatórios, fruto da escassez das chuvas, o GN consolidou-se como principal combustível das cerca de 24 Usinas Termelétricas (UTE's) espalhadas pelo Brasil.

Recentemente, segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2021), dos 181,6 GW de capacidade instalada de geração, distribuídos pelo Brasil, 23,5% deste total são UTE's que na sua grande maioria usam o GN como combustível.

## RESULTADOS

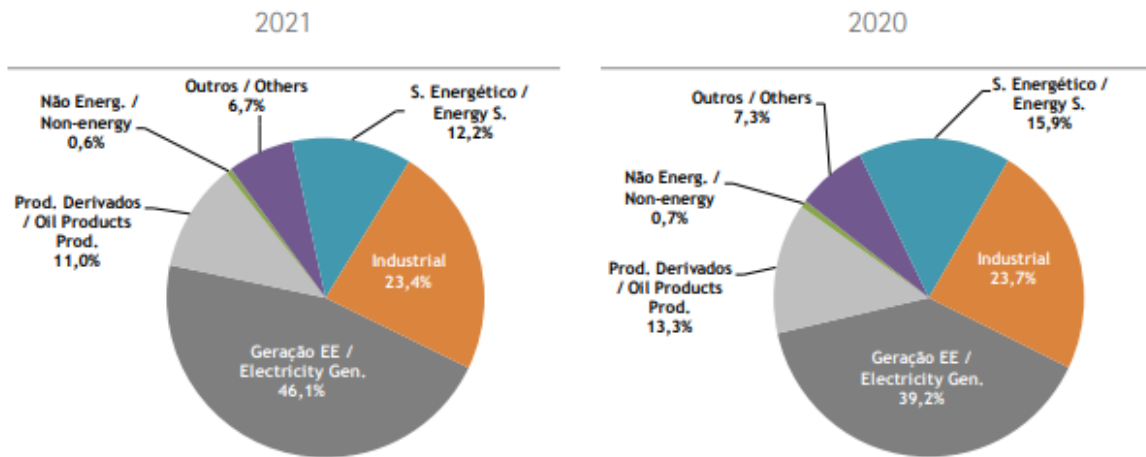
Conforme visto anteriormente, a implantação e utilização das UTE's veio com a necessidade de diversificação da matriz energética, ou seja, não dependência de apenas uma fonte geradora de energia e com o passar dos anos foi ganhando seu espaço e importância no cenário energético nacional, tendo projeções de crescimento futuro da ordem de 22,5% ao longo de dez anos atingindo 49 mm<sup>3</sup>/dia em 2032.

De acordo com dados do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032, divulgado pela EPE, a demanda total por gás natural na malha (incluindo usinas termelétricas, refinarias, gás de uso do sistema, demandas residencial, industrial, comercial e de transporte) avança 2,3% ao ano alcançando a marca de 126 mm<sup>3</sup>/dia (EPE, 2023).

Essa tendência confirma-se na figura 3, onde identificamos uma ampliação na utilização do GN nos setores de geração de energia ao compararmos o ano de 2020 com 2021, vide Figura 8.



Figura 8 – Comparativo de consumo de GN entre 2020 e 2021



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (Esfera), 2021.

Diferente das térmicas com motores de combustão interna, plantas com ciclo de geração de potência a vapor conhecido como ciclo de Rankine, onde a combustão externa não existe contato entre o fluido de trabalho (água desmineralizada, no geral) e a mistura ar/combustível. O calor gerado na combustão é transferido ao fluido que se expande na forma de vapor, acionando uma turbina que consequentemente aciona um gerador elétrico acoplado ao seu eixo, obtendo-se então energia elétrica.

Seu princípio de funcionamento é simples e consiste na conversão de energia térmica em energia mecânica, e a conversão desta em energia elétrica. Durante este processo térmico-mecânico, inicialmente é feita a queima do gás natural gerando uma combustão (interna ou externa) que em seguida tem-se o segundo estágio que compreende os ciclos usuais de geração de potência por centrais com turbinas a vapor, motores de combustão interna alternativos ou turbinas a gás (TOLMASQUIM, 2005; TEIXEIRA e LORA, 2004; NASCIMENTO *et al.*, 2004a).

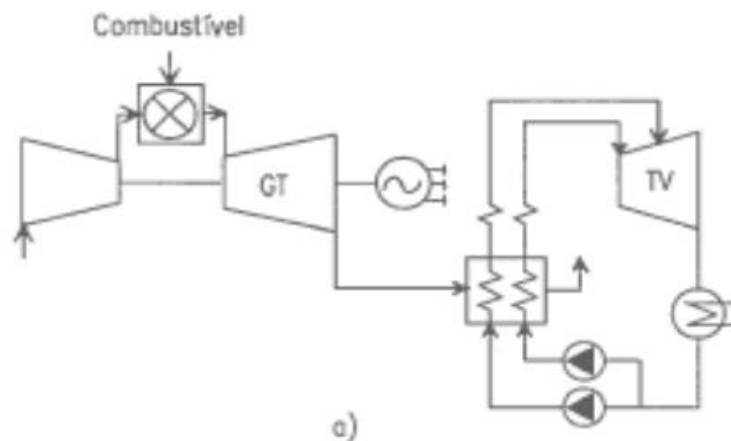
Por outro lado, tem-se também o ciclo Brayton comumente utilizado em turbinas a gás, onde o sistema do ciclo apresenta um compressor, quem recebe o ar do sistema que é pressurizado e aquecido, em seguida vai para a câmara de combustão (ou trocador de calor) onde é alimentado um combustível, conforme identificado na Figura 9.

Com a combustão ocorre o aumento da temperatura nos gases ainda pressurizados que acionam a turbina de potência, gerando trabalho mecânico (NASCIMENTO *et al.*, 2004a).

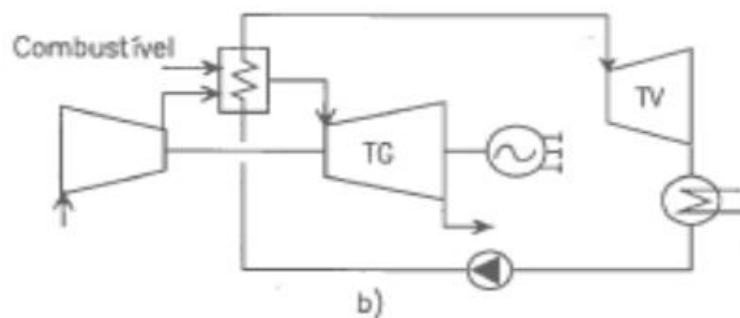
À combinação de ambos os ciclos expostos anteriormente dá-se o nome de ciclo combinado, que é comum de ser aplicado em muitas UTE's em território nacional por apresentar uma maior eficiência e rendimento quando comparada com os ciclos simples, pois há o reaproveitamento dos gases liberados pela turbina, para geração de vapor, que é utilizado para acionar a turbina do outro ciclo (ARRIETA *et al.*, 2004; TOLMASQUIM, 2005).

Figura 9 – Tipos de termelétricas de ciclo combinado.

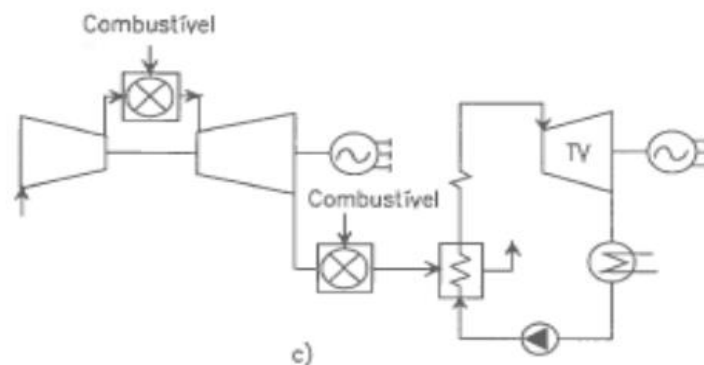
Ciclo combinado: a) em série;



b) em paralelo;



c) em série/paralelo



Legenda: TG = turbina a gás; TV = turbina a vapor.

Fonte: Arrieta et al. (2004)

De acordo com Arrieta (ARRIETA *et al.*, 2004) termelétricas a vapor, com parâmetros supercríticos, reaquecimento em nível intermediário e um desenvolvido sistema de regeneração, pode levar à eficiência térmica de aproximadamente 45%, maior que a eficiência térmica de usinas que operam com ciclo simples (entre 36% e 39%).

Além disso, Lora (LORA, 2004, ISHIKAWA *et al.*, 2008) indica que termelétricas com aplicação do ciclo combinado podem atingir eficiência média na faixa de 55% a 58%, com projeções de alcançar eficiências de até 63%. Ademais, os ciclos combinados a vapor

proporcionam diversas possibilidades de geração de energia elétrica quanto a faixa de frequência, de quilowatts a gigawatts (ARRIETA et al., 2004; NASCIMENTO et al., 2004a; TOLMASQUIM, 2005).

De forma proporcional, em unidades de capacidades maiores as turbinas a gás tendem a ser mais elevadas, e aumentos na eficiência podem ser obtidos elevando a temperatura de admissão dos gases na turbina, atingindo a eficiência de 63% por exemplo, para temperatura de 1700°C. Entretanto, tal aumento de temperatura traz consigo o aumento das emissões de gases óxidos nitrogênio (NOx) e aumento na degradação dos materiais das turbinas, diminuindo assim sua vida útil (IEA, 2012<sup>a</sup>).

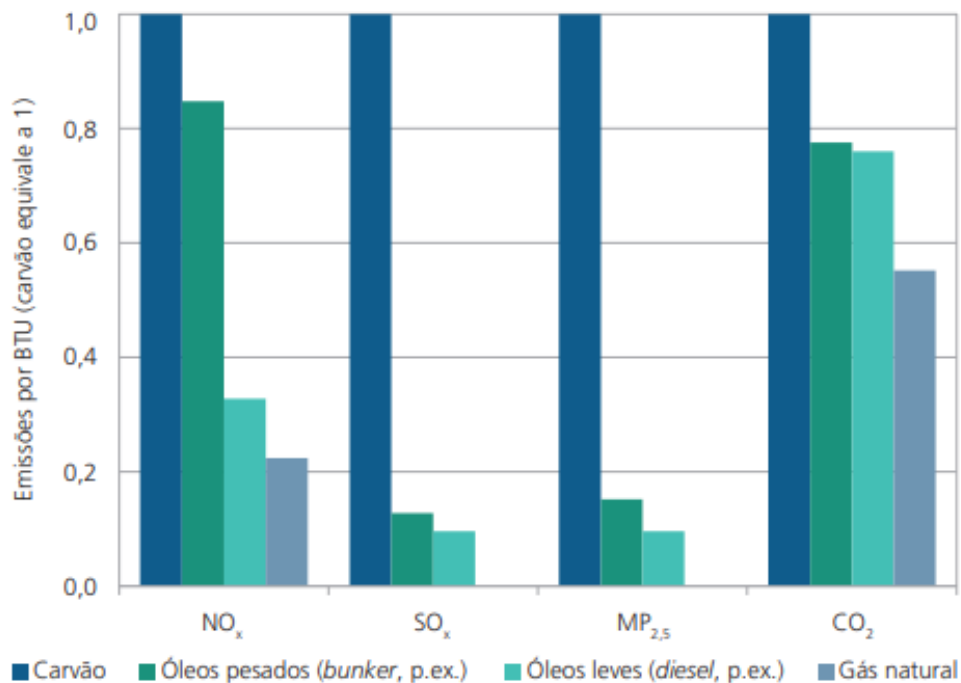
### 5.1 APLICAÇÃO DO HIDROGÊNIO

A utilização da energia tem como consequência inevitável alguma forma de dano ambiental, seja na sua exploração ou no seu consumo. A queima de combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo e o carvão, são as principais causas de poluição do ar, da chuva ácida e do aquecimento por efeito estufa.

O desmatamento e a degradação do solo são derivados, em parte, ao uso da lenha e do carvão como fonte de energia. Entre as fontes de energia disponíveis para substituí-los, a fonte fóssil que apresenta melhores resultados de eficiência energética e emissão de Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>) é o GN.

Conforme figura 3, o uso do GN gera 27% menos CO<sub>2</sub> por unidade de energia gerada, medida em British Thermal Unit (BTU's) do que o petróleo e 44% menos do que o carvão. Já na comparação com derivados de petróleo, ele emite cerca de 33% menos CO<sub>2</sub> do que o óleo combustível, empregado nas indústrias, 17% menos do que o gás liquefeito de petróleo (GLP), usado em residências, assim como 26% menos do que a gasolina e 27% do que o óleo diesel, consumidos por automóveis, caminhões e ônibus (EIA, 2022), vide Figura 10.

Figura 10 – Comparativo de emissões de combustíveis fosseis (emissões/BTU)



Fonte: EIA, 2016.

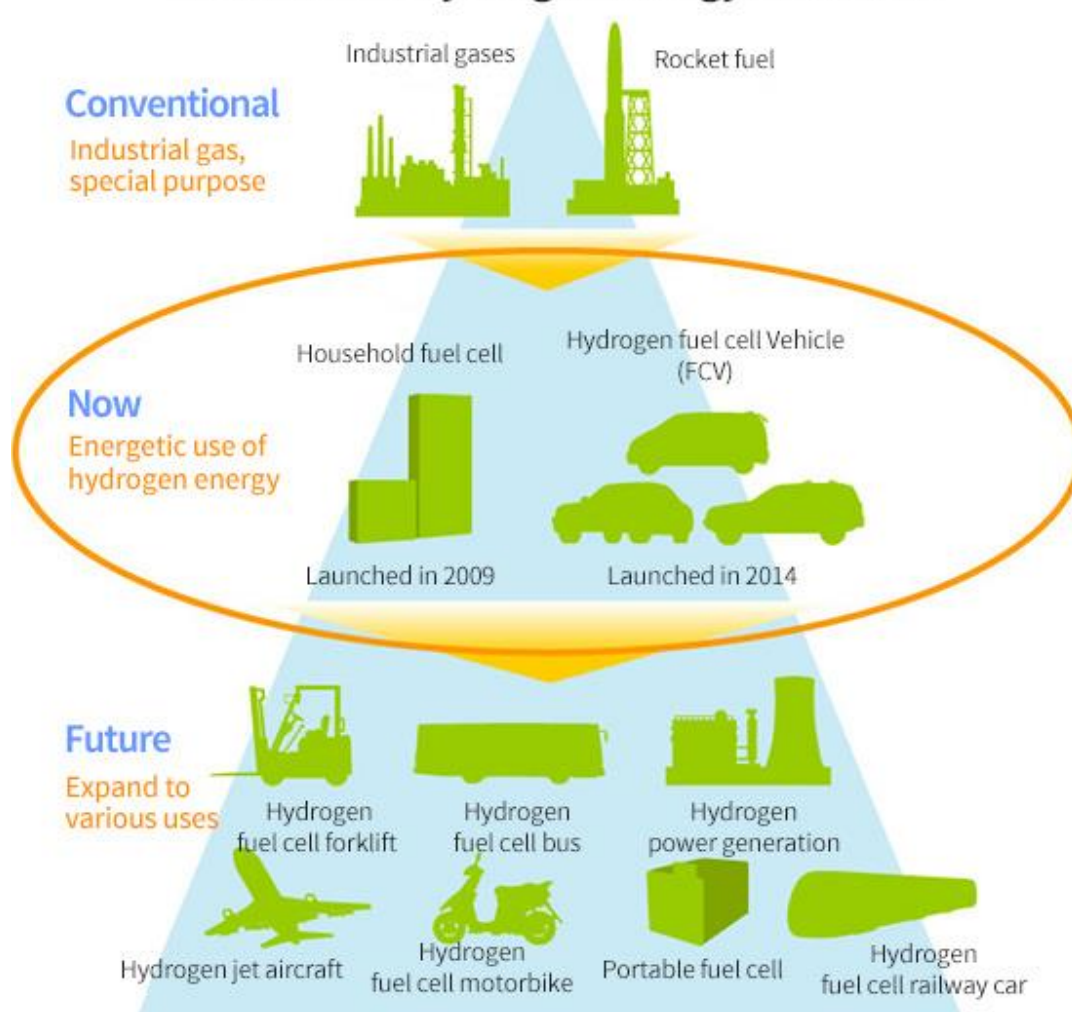
Para além das emissões de gás carbônico, o uso do gás natural contribui ainda para a drástica diminuição das emissões de outros poluentes tóxicos, como óxidos de enxofre (SOx) ou óxidos de nitrogênio (NOx), além de eliminar a emissão de particulados finos (MP2,5).

De acordo o Relatório Final do Plano Nacional de Energia (PNE) 2050 (MME, 2020), uma tecnologia disruptiva pode ser caracterizada pela capacidade de alterar significativamente o mercado de energia, mas para a qual existem poucos elementos para antever sua inserção na matriz energética. Neste cenário tecnológico, o uso do hidrogênio tem se destacado e recebido investimentos devidos, principalmente à sua abundância e potencial de uso energético em âmbito mundial.

Conforme Figura 11, o Hidrogênio como fonte de energia é estudado a bastante tempo, e é para alguns setores, a melhor alternativa para a transição para uma economia de baixo carbono. Um bom exemplo são as pesquisas de células combustíveis para aplicação em meios de transporte que usam combustíveis fósseis.

Figura 11 – Utilização de hidrogênio como nova matéria prima

### Transition of hydrogen energy utilization



Fonte: EIA, 2016.

Conforme o PNE 2050 (MME, 2020), as principais formas de obtenção do hidrogênio são: a reforma a vapor, a oxidação parcial ou reforma auto térmica de GN ou óleos, a gaseificação de carvão ou biomassa e a eletrólise da água. Destes, destaca-se como a principal

rota de produção do hidrogênio a reforma a vapor de GN, conhecida como hidrogênio cinza, que possui menor custo de produção, com menor nível de emissão de gases de efeito estufa (GEEs). O Brasil, neste contexto pode ser um grande produtor de hidrogênio a partir do GN, dando início a uma importante etapa da transição energética do país.

## CONCLUSÃO

A existência de reservas abundantes de gás natural, o investimento maciço em infraestrutura energética e tecnologia avançada para geração, distribuição e transmissão de energia com emissões mínimas de carbono impulsionam o desenvolvimento econômico de um país. Por isso, a ampliação da utilização de gás natural no setor de geração de energia elétrica, juntamente com utilização adequada de energia hidroelétrica e de outras fontes de recursos renováveis, deverá gerar benefícios macroeconômicos em eficiência energética e benefícios ambientais pela racionalidade no consumo e redução de poluentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS – ANP. Resolução ANP no 16, de 17 de junho de 2008. Especificações dos derivados de petróleo, do gás natural e seus derivados e dos biocombustíveis, dentre outros. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2008/junho&item=ranp-16-2008>>. Acesso em: 12 de abril de 2023.

ARRIETA, F. R. P. ; NASCIMENTO, Marco Antonio Rosa Do ; MAZURENKO, Anton Stanislavovich . Centrais Termelétricas de Ciclo Simples com turbinas a gás e de ciclo combinado. In: Lora, E. E. S.; do Nascimento, M. A. R.. (Org.). Centrais Termelétricas Planejamento Projeto, Operação e Manutenção. 1ed.Rio de Janeiro: Interciência Ltda., 2004, v. 2, p. 679-742.

CAPUTO, A. C.; MELO, H. P. A industrialização brasileira nos anos de 1950: uma análise da instrução 113 da SUMOC. Estudos Econômicos (São Paulo): 2009. vol.39 nº 3.

CONCEIÇÃO, E.C. Modelagem das curvas de rendimento de uma turbofan com alto by-pass utilizando gás natural e biometano como combustíveis alternativos. Acervo de monografias do Centro Universitário FAESA: Engenharia Mecânica, Aeroespacial e Aeronáutica: Termodinâmica, Máquinas de Fluxo e Transferência de Calor e Massa. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). 2021.

ESFERA. O que é a fonte de energia do gás natural? Fontes de Energia: Utilização do Gás Natural. Disponível em: <https://blog.esferaenergia.com.br/fontes-de-energia/fonte-energia-gas-natural/>>. Acesso em: 11 de Abril de 2023.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION OF UNITED STATES OF AMERICA (EIA-US). Carbon dioxide emissions coefficients. 2022. Disponível em: [https://www.eia.gov/environment/emissions/co2\\_vol\\_mass.php](https://www.eia.gov/environment/emissions/co2_vol_mass.php). Acesso em: 15 de abril de 2023.

IEA [International Energy Agency]. World Energy Outlook. International Energy Agency. Paris, 2016.



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE: Matriz Energética e Elétrica. ABCDEnergia: Matriz energética e elétrica mundial. Brasília. 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica/>>. Acesso em: 11 de Abril de 2023.

MME. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022. Brasília. 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica/>>. Acesso em: 11 de Abril de 2023.

MME. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE: PNE 2050 – Plano Nacional de Energia. Brasília. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica/>>. Acesso em: 11 de Abril de 2023.

MME. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE: PDE 2032 – Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Ga%CC%81s%20Natural%20-%20PDE%202032%20-%20rev1.pdf>>

NASCIMENTO, M. A. R. et al. Fundamentos da Geração Termelétrica. In: LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, 2004a. Cap. 3.

TEIXEIRA, F. N.; LORA, E. E. S. Suprimento Energético para Termelétricas. In: LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. Geração termelétrica: planejamento, projeto e operação. Rio de Janeiro: Interciência, v. 1, 2004. Cap. 2.

TOLMASQUIM, M. T. (coordenador). Geração de Energia Elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA, 2005.