

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**

**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**



**PUC**  
RIO

**TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL EM TEMPOS DE CRISE HÍDRICA**

**MATEUS BERGAMIN GONDEK SCHWENCK**

Matrícula: 1813209

Orientadora: Amanda Motta Schutze

Rio de Janeiro

Julho 2022

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO**

**TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO BRASIL EM TEMPOS DE CRISE HÍDRICA**

**MATEUS BERGAMIN GONDEK SCHWENCK**

Matrícula: 1813209

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri, para realizá-lo, a nenhuma fonte de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

Mateus Bergamin Gondek Schwenck

Rio de Janeiro

Julho 2022

As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer à minha família por todo o esforço e incansável apoio durante a minha trajetória acadêmica. Ao meu irmão, Miguel, meu melhor amigo, que sempre esteve comigo e foi meu melhor companheiro nessa caminhada. À minha mãe, Soraya, obrigado pela educação diária que fez eu me tornar esse homem que sou hoje, com conversas, conselhos e muito amor em minha rotina. Ao meu pai, Alexandre, pelo esforço de nunca deixar faltar nada para mim, me provendo dos melhores estudos para eu chegar até aqui. Sem vocês, eu não chegaria aqui sozinho. Amo vocês.

Às minhas avós, Nair e Duda, obrigado por todo o carinho desde que eu nasci.

Aos meus avôs falecidos, Rodolfo e Ésio, obrigado pelos momentos que estivemos juntos, tenho certeza que os ensinamentos me guiaram para eu chegar até aqui.

Obrigado aos amigos que fiz na Puc-Rio durante todos esses anos, que me permitiram um ambiente mais leve e divertido.

Por fim, agradeço à Universidade e ao Departamento de Economia da Puc pela ajuda durante esses anos em momentos que precisei, e à minha orientadora Amanda Schutze por ter me ajudado na elaboração desse trabalho final.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 O SETOR DE ENERGIA .....</b>	<b>10</b>
2.1 Dados comparativos com o mundo.....	10
2.2 O Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro .....	14
2.3 A Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro .....	15
<b>3 CRISE HÍDRICA NO BRASIL .....</b>	<b>19</b>
<b>4 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA .....</b>	<b>22</b>
4.1 Conceito e debate.....	22
4.2 Fontes Renováveis e seus potenciais .....	23
<b>5 GÁS NATURAL .....</b>	<b>30</b>
5.1 O setor de gás natural .....	30
5.2 O Novo Mercado de Gás no Brasil.....	32
5.3 Termelétricas a gás natural no Brasil.....	34
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>38</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Comparação das matrizes energéticas mundial e brasileira, respectivamente .....	10
Figura 2 – Comparação do consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo no ano de 2019 .....	11
Figura 3 – Comparação das matrizes elétricas mundial e brasileira, respectivamente.....	11
Figura 4 – Comparação da utilização de fontes renováveis e não renováveis para a geração de energia elétrica no Brasil e no mundo para o ano de 2019.....	13
Figura 5 – Estrutura das instituições do setor elétrico brasileiro.....	18
Figura 6 – Volume equivalente do Sistema Interligado Nacional em 2021 .....	20
Figura 7 – Total global de novas instalações de energia eólica em 2021 .....	25
Figura 8 – Aumento da conta de luz em relação a inflação.....	28
Figura 9 – Emissão de CO <sub>2</sub> por unidade de energia – combustíveis fósseis (kg de CO <sub>2</sub> /MM de BTU).....	31
Figura 10 – Participação dos combustíveis na demanda mundial de energia primária.....	32

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Geração de energia elétrica por cada fonte.....	12
Tabela 2 – Volume de chuvas no Sistema Cantareira em 2013 e previsão para 2021 .....	21
Tabela 3 – Comparativo do gás natural em relação à emissão de CO <sub>2</sub> .....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEólica	Associação Brasileira de Energia Eólica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BEN	Balanco Energético Nacional
Cade	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CCEE	Câmara Comercializadora de Energia Elétrica
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Energético
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GNL	Gás Natural Liquefeito
GW	Gigawatt
IEA	International Energy Agency
kW	Quilowatt
MW	Megawatt
MME	Ministério de Minas e Energia
NTS	Nova Transportadora do Sudeste
ONS	Operador Nacional do Sistema
Proinfa	Programa de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia Elétrica
RE-SEB	Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SAR	Sistema de Acompanhamento de Reservatórios
SIN	Sistema Interligado Nacional
TAG	Transportadora Associada de Gás
TBG	Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil
TCC	Termo de Compromisso de Cessação

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um insumo essencial para nossas vidas e indispensável ao desenvolvimento socioeconômico dos países. Ao observar a matriz elétrica brasileira, nota-se que a principal fonte de geração de energia elétrica é a proveniente de usinas hidrelétricas, correspondente a mais de 60% da capacidade instalada em operação no país. Em seguida, se encontram as usinas termelétricas, com produção a partir de carvão mineral, gás natural, biomassa, combustíveis fósseis e nuclear, somando quase 30%. O restante é gerado por usinas eólicas/solares e importação de energia de outros países.

Ao longo de sua história, considerado essencial como base na infraestrutura do país, o setor elétrico brasileiro passou por diversas mudanças até chegar à estruturação e arcabouço conceitual atual. O setor enfrentou crises – crise de racionamento em 2001, crise hídrica em 2004, e a mais recente enfrentada no ano de 2021 – que abalaram a trajetória regulatória, mas que ao mesmo tempo foram importantes para as mudanças iminentes no setor. Dessa forma, o Novo Modelo do Setor Elétrico foi estabelecido pela lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, para corrigir imperfeições do modelo anterior, com marcos regulatórios e novas formas de comercialização da energia. Além disso, uma nova estrutura foi criada com diferentes agentes do setor que visam a garantir a segurança no suprimento, como a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), por exemplo, que serão explicadas durante o trabalho.

Após a Segunda Guerra Mundial, aumentou em larga escala o uso de fontes de energia não renováveis, como energia nuclear, e derivados de petróleo e carvão mineral. A emissão de gases de efeito estufa aquece o planeta, gerando mudanças no clima, e mais desastres naturais podem vir a ocorrer no mundo todo. O aquecimento global ocasiona um pensamento mundial de novas formas de se produzir energia, aumentando os debates sobre a garantia de um abastecimento energético mais eficiente e sustentável. Esse fenômeno é chamado de transição energética, e pode ser explicado brevemente como uma mudança de longo prazo no sistema de energia, passando de um modelo baseado em combustíveis fósseis para uma matriz desenvolvida na geração de energia por fontes renováveis e/ou fontes menos poluentes.

Dessa forma, o estudo dessa monografia visa a descrever o atual modelo do sistema elétrico brasileiro e avaliar a discussão acerca da transição energética, em meio à crise hídrica que o país enfrentou, tema este debatido com frequência em torno do mundo todo e que vem crescendo a cada ano no âmbito internacional e nacional. A falta de um planejamento eficaz para lidar com crises, que já vinham sendo previstas, e a má gestão/utilização da

complementariedade das fontes de geração de energia elétrica evidenciaram a última crise vivenciada no ano de 2021. Nesse contexto, as alternativas mais sustentáveis de geração de energia elétrica passam a ganhar mais espaço e a aumentar sua participação na matriz do Brasil, como é o caso das fontes eólicas e solares. Ademais, o aumento do uso do gás natural – menos poluente que os demais combustíveis fósseis – nas usinas termelétricas se mostra como uma alternativa viável, tendo em vista que o mercado de gás no país tem se desenvolvido de forma crescente com a abertura do mercado de gás, com novas oportunidades de infraestrutura e um mercado mais competitivo para novos entrantes.

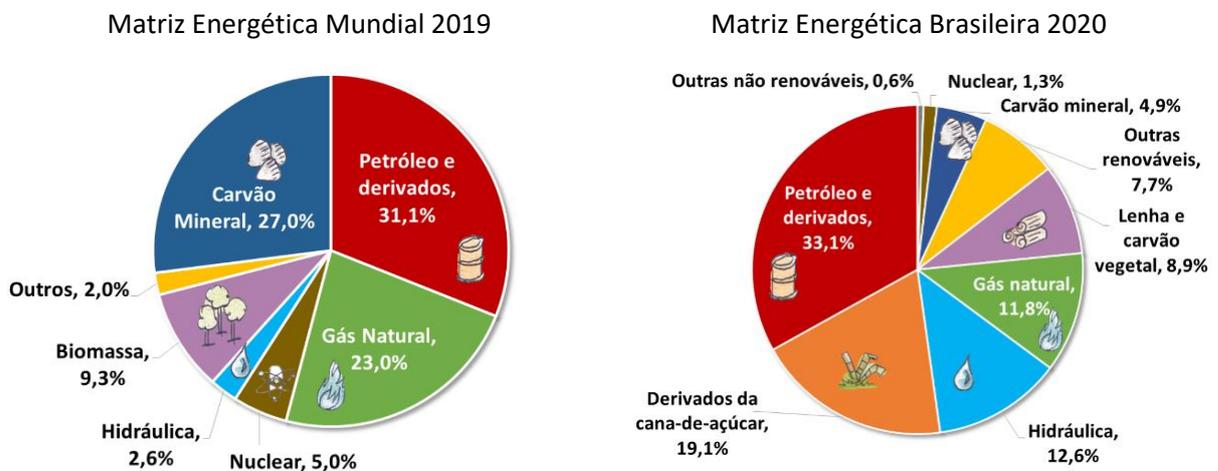
## 2 O SETOR DE ENERGIA

### 2.1 Dados comparativos com o mundo

Primeiramente, vale diferenciar os conceitos de matriz energética e matriz elétrica. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a matriz energética é o conjunto de fontes de energia utilizadas para diferentes propósitos. Já a matriz elétrica compreende o conjunto de fontes de energia disponíveis apenas para geração de energia elétrica.

De forma majoritária, a matriz energética mundial é composta por fontes não renováveis, como carvão, petróleo e gás natural. Segundo dados da EPE, as fontes renováveis como solar, eólica, hidráulica, biomassa e outras totalizaram aproximadamente 14% da matriz energética mundial de 2019. Já a matriz energética no Brasil é composta por uma porcentagem de fontes renováveis muito superior, chegando a 48,3% nos dados de 2020, quase metade de toda a matriz energética brasileira apresentada, como pode ser visto na Figura 1.

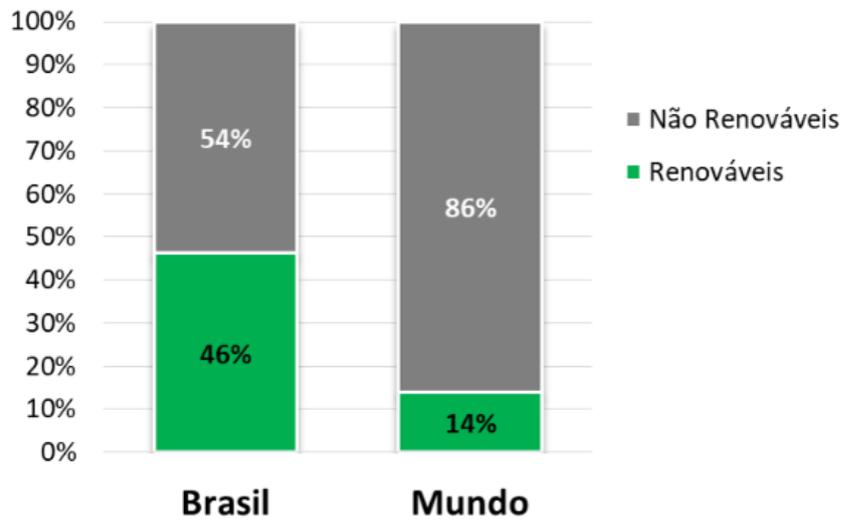
**Figura 1 – Comparação das matrizes energéticas mundial e brasileira, respectivamente**



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022a).

Portanto, também pode-se observar na Figura 2 que a matriz energética brasileira é mais renovável do que a mundial, tendo em vista que ela apresenta o consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo em 2019, de forma comparativa. Apesar de o consumo de energia de fontes não renováveis ser maior do que o de fontes renováveis, o Brasil utiliza mais fontes renováveis que o resto do mundo, com o valor de 46%.

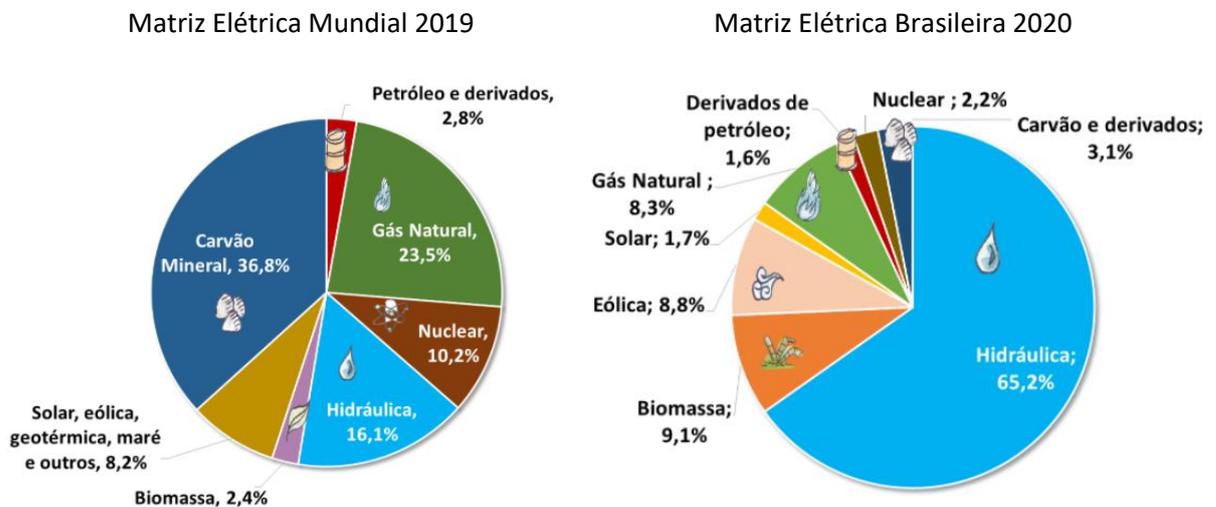
**Figura 2 – Comparação do consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo no ano de 2019**



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022a).

Em relação às matrizes elétricas, a matriz elétrica mundial é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis como carvão, óleo e gás natural, em termelétricas. Já a matriz elétrica brasileira também é mais renovável que a mundial, como pode ser observado de maneira comparativa na Figura 3, uma vez que a maior parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas, com valor de 65,2% de acordo com dados da EPE em relação à matriz elétrica brasileira de 2020.

**Figura 3 – Comparação das matrizes elétricas mundial e brasileira, respectivamente**



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022a).

Portanto, a maior fonte de energia elétrica no Brasil é oriunda de usinas hidrelétricas, que correspondem a 62% (108.933 MW) da capacidade total instalada em operação no país. Em seguida, outra fonte observada é a energia eólica, que apresenta 12,3% (21.684 MW) e vem crescendo a cada ano e contribuindo para que a matriz elétrica brasileira continue sendo renovável, majoritariamente. Na terceira posição se encontra a fonte termoelétrica a gás natural, com 8,7% (15.275 MW) de geração, combustível fóssil menos poluente se comparado aos outros. Os dados foram obtidos do Operador Nacional do Sistema (ONS) em 2022, e podem ser visualizados na Tabela 1, que apresenta a porcentagem e o total de megawatts que cada fonte de geração de energia elétrica representa no Sistema Interligado Nacional.

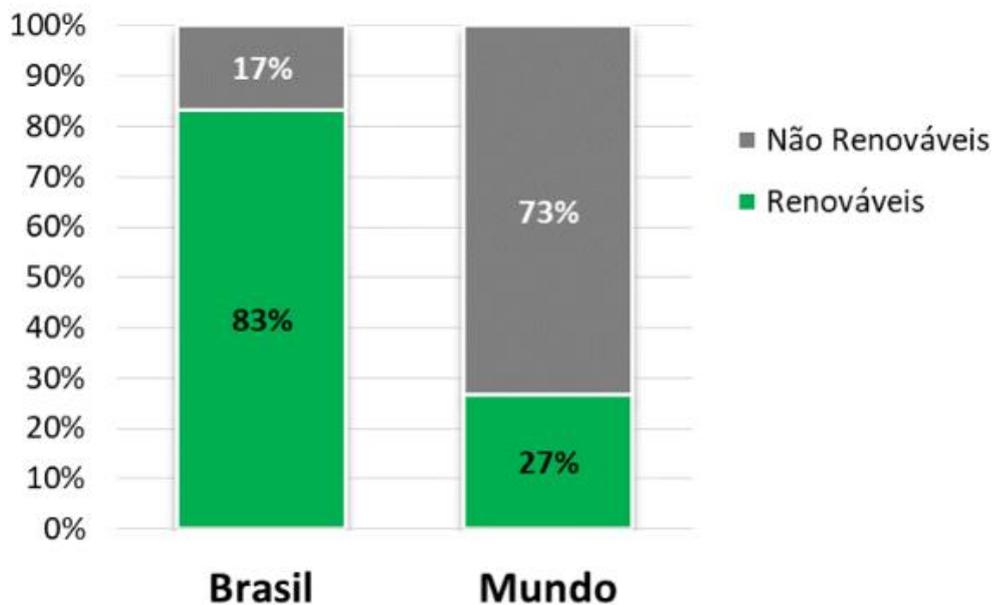
**Tabela 1 – Geração de energia elétrica por cada fonte**

<b>Fonte de Geração</b>	<b>Total de MW no SIN</b>	<b>Porcentagem do SIN</b>
Hidrelétrica	108.933	62,0%
Eólica	21.684	12,3%
Termoelétrica a gás natural	15.275	8,7%
Termoelétrica a biomassa	14.898	8,5%
Termoelétrica a óleo e diesel	4.346	2,5%
Solar	4.925	2,8%
Termoelétrica a carvão	3.017	1,7%
Nuclear	1.990	1,1%
Outras	645	0,4%

Fonte: Operador Nacional do Sistema (ONS, 2022).

Nesse sentido, percebe-se que o Brasil contribui de forma positiva no quesito de geração de energia elétrica proveniente de fontes renováveis, estas que reduzem a emissão de gases do efeito estufa. Segundo dados da EPE, a utilização de fontes renováveis para a geração de energia elétrica no Brasil, em 2019, foi de 83%, e a do resto do mundo foi de 27%, como pode ser observado na Figura 4.

**Figura 4 – Comparação da utilização de fontes renováveis e não renováveis para a geração de energia elétrica no Brasil e no mundo para o ano de 2019**



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022a).

O setor elétrico é de importância estratégica na economia e na sociedade por fornecer os bens públicos necessários ao país, tanto na produção de bens e serviços quanto na garantia do bem-estar e da qualidade de vida dos indivíduos. Para atender às necessidades energéticas da atualidade é necessário mais do que aumentar a produção, investindo em novas energias limpas e em processos mais eficientes em todas as suas etapas. Do ponto de vista econômico, um setor de produção intensivo em capital e um setor maduro para investimentos de longo prazo auxiliam na interação de políticas públicas.

Até início do século XX, as principais atividades econômicas eram voltadas para o setor agrícola. Com o passar do tempo e com o setor industrial crescendo ao longo dos anos, tornou-se cada vez mais necessário o desenvolvimento do setor elétrico e a sua expansão, o que aumentou o investimento estrangeiro no país na época. Inicialmente, o Estado concedia autorização para o funcionamento e os investimentos eram focados em regiões relacionadas ao âmbito industrial. Posteriormente, na década de 50, as empresas e o capital estrangeiro foram sendo substituídos pelo Estado, dando lugar a empresas estatais de energia, de forma a centralizar o sistema.

Na década de 90, apesar de a centralização ser importante no processo de desenvolvimento do setor, tornou-se insustentável a prática de unificação tarifária de energia em todo o país. A regulação passou a definir as tarifas baseadas no custo do serviço, extinguindo

a tarifa unificada, até então utilizada como mecanismo da centralização do sistema. Entretanto, esse período que antecede o século XXI foi marcado por alguns movimentos do governo para evitar uma crise de abastecimento, com uma série de medidas com o intuito de evitar a degradação da situação energética do país.

## **2.2 O Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro**

Desde 1990, o modelo institucional do setor de energia elétrica passou por duas grandes mudanças. A primeira que ocorreu teve envolvimento da privatização de empresas operacionais, tendo início com a lei nº 9.427, de dezembro de 1996, que instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Esta decidiu outorgar a exploração do potencial hidráulico por meio de concorrência ou leilão, tendo em vista que o maior valor através da outorga (uso de bem público) seria o vencedor. Vale mencionar que nesse mesmo ano (1996) foi implantado o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB). O projeto visava a uma reestruturação coordenada pelo Ministério de Minas e Energia (MME), que contou com a participação de diversos técnicos brasileiros e de uma empresa inglesa, definindo a estrutura do modo a ser implantado no sistema elétrico brasileiro. “Segundo a CCEE (2022), as principais características do projeto, concluído em agosto de 1998, foram:

- a) a desverticalização da geração, transmissão, distribuição e comercialização;
- b) a transformação dos segmentos de geração e comercialização em atividades competitivas, com preços contratados definidos pelo mercado;
- c) o livre acesso dos geradores e comercializadores às redes de transmissão e distribuição, mantidas como monopólios naturais;
- d) a criação, de acordo com as leis nº 9.427/96 e nº 9.648/98, os decretos nº 2.335/97 e nº 2.655/98 e a resolução Aneel nº 351/98, de um órgão regulador (a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel), de um operador para o sistema elétrico nacional (o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS) e de um ambiente para a realização das transações de compra e venda de energia elétrica (o Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE), hoje chamado Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)” (FONTOURA, 2011).

Para mencionar a segunda grande mudança, vale citar uma das mais graves crises energéticas enfrentadas pelo país: a crise de racionamento, ocorrida no ano de 2001. A escassez pluvial, a falta de planejamento e ação rápida, combinadas com o aumento da demanda por

eletricidade e uma alta dependência de usinas hidrelétricas, acabaram sobrecarregando o sistema elétrico brasileiro. Assim, a principal medida tomada para conter a crise foi o racionamento de energia, que incluiu estados das regiões sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil, de junho de 2001 a março de 2002. Nesse contexto, a segunda mudança ocorreu em 2004, quando foi introduzido o novo modelo do setor elétrico, cujo objetivo principal era: confiabilidade de suprimento, modicidade tarifária e universalização do acesso, especialmente por meio de programas de popularização (como o “Luz para Todos”). Sua implantação marcou a retomada da responsabilidade do planejamento do setor de energia elétrica pelo Estado. (ANEEL, 2008)

Dessa forma, a partir de 2004, um novo critério foi estabelecido para concessão de novos empreendimentos, uma vez que o vencedor do leilão seria o investidor que oferecesse o menor preço para a venda da produção das usinas futuras. Além disso, uma nova forma de organização de contratos de compra e venda de energia foi instituída: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), e o Ambiente de Contratação Livre (ACL). Em um ambiente livre, os participantes seriam as geradoras, comercializadoras e os consumidores livres. Em um acordo livremente estabelecido entre as partes, com uma livre negociação entre os compradores e vendedores, o preço fica acordado entre eles, além da participação de importadores e exportadores. Já no ambiente regulado, os participantes se compõem apenas pelas geradoras e distribuidoras, e por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE e regulados pela Aneel, o preço é estabelecido. (ANEEL, 2008)

A energia pode ser gerada de diversas maneiras, seja pelas usinas hidrelétricas, seja pela força dos ventos, luz solar, usinas a gás natural, entre outras. No Brasil, a maior parte da energia elétrica é produzida por fontes renováveis, principalmente pelas hidrelétricas e usinas eólicas, tornando a matriz limpa e sustentável. Dessa forma, as geradoras são responsáveis pela produção de energia entre essas diversas formas. Após a produção, é necessário que as transmissoras, com suas linhas de transmissão, liguem as usinas aos centros urbanos e rurais, enviando essa energia até as distribuidoras. Estas, por fim, entregam a energia aos consumidores finais, e devido a esse longo trajeto da energia produzida, o valor pago pela conta de luz é dividido entre todos os segmentos, juntamente aos impostos e encargos do governo.

### **2.3 A Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro**

Após entendimento do funcionamento do setor elétrico, é válido observar as fontes de geração de energia brasileira. Segundo o Operador Nacional do Sistema (ONS), a hidrelétrica

é a principal, correspondendo a 62% da capacidade instalada em operação no país, seguida das usinas eólicas, com 12%.

É válido mencionar os principais agentes e instituições do setor elétrico. As atividades de governo responsáveis pela elaboração e implementação da política energética do setor são efetuadas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pelo Comitê de Monitoramento do Setor Energético (CMSE).

Nesse sentido, o Ministério de Minas e Energia (MME) tem como missão institucional “formular e assegurar a execução de Políticas Públicas para a gestão sustentável dos recursos energéticos e minerais, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico do País” (DADOS.GOV.BR, 2022)<sup>1</sup>. É a instituição responsável pelo planejamento, gestão e desenvolvimento da parte legislativa do setor. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) tem por finalidade “prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, cobrindo energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados e biocombustíveis” (DADOS.GOV.BR, 2022)<sup>2</sup>, e a partir de estudos e pesquisas se inicia a criação da energia na atividade de planejamento. Ela realiza o planejamento da expansão do setor elétrico, em sua capacidade e transmissão, por meio de estudos do lado da oferta e demanda, além da viabilidade técnico-econômica para os empreendimentos.

Como forma de definir a política energética do país e suas diretrizes setoriais, existe o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que é presidido pelo ministro de Minas e Energia, sendo órgão de assessoramento do presidente da República. O Conselho com como principais atribuições: (MENDES, 2015)

- a) Promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos do país;
- b) Assegurar o suprimento de insumos energéticos às áreas mais remotas ou de difícil acesso do país;
- c) Reexaminar as matrizes energéticas, periodicamente, aplicadas em toda extensão do país;
- d) Estabelecer diretrizes para programas, como os de uso do gás natural, do álcool, do carvão, entre outras fontes de energia;

---

<sup>1</sup>Disponível em <<https://dados.gov.br/organization/about/ministerio-de-minas-e-energia-mme>>  
Acesso em: 06 mai, 2022

<sup>2</sup>Disponível em <<https://dados.gov.br/organization/about/empresa-de-pesquisa-energetica-epe>>  
Acesso em: 06 mai, 2022

- e) Adotar medidas necessárias para garantir o suprimento total da demanda nacional de energia elétrica.

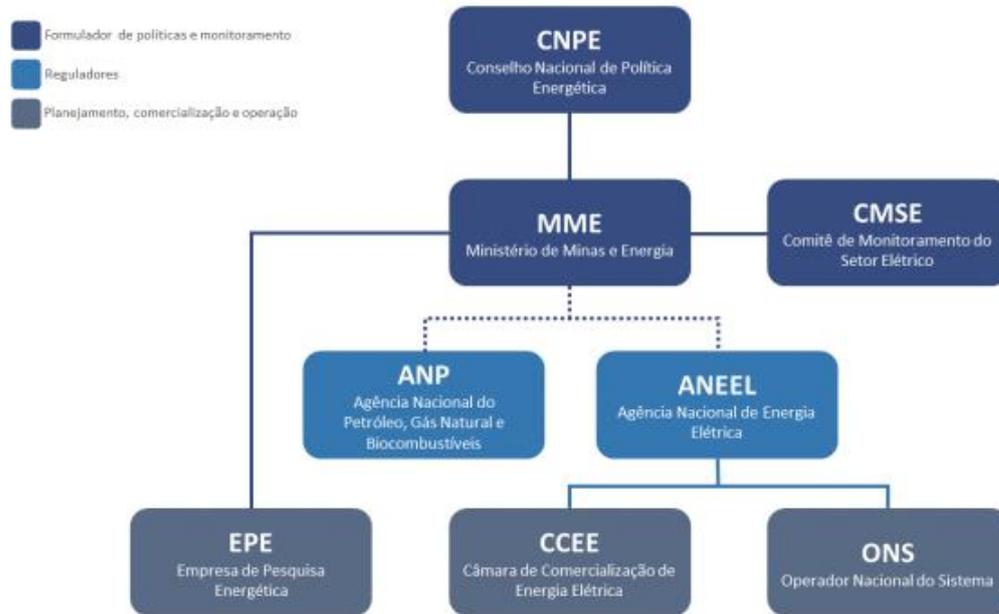
Após as ações serem realizadas por cada órgão competente, a instituição responsável por garantir o cumprimento e monitoramento dessas ações é o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico, citado anteriormente.

Assim, cabe à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) fiscalizar todas as ações do setor, sendo uma autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia. Portanto, foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, tendo como principais atribuições: regular e fiscalizar as atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica; fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica; mediar conflitos entre consumidores e agentes de mercado e entre os próprios agentes; estabelecer tarifas; dentre outras (ANEEL, 2022e).

Por fim, o órgão responsável pelo planejamento e operação do sistema elétrico é o Operador Nacional do Sistema (ONS). É de sua função a coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob fiscalização e regulação da Aneel. A realização dos leilões de compra e venda de energia elétrica é de responsabilidade da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), sendo a grande facilitadora e o mercado do setor, gerenciando os contratos firmados tanto no mercado regulado quanto no mercado livre de energia.

Portanto, o diagrama abaixo mostra a estrutura das instituições do setor elétrico brasileiro, além das suas funções (Figura 5):

**Figura 5 – Estrutura das instituições do setor elétrico brasileiro**



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022a).

### 3 CRISE HÍDRICA NO BRASIL

Durante agosto de 2020 e setembro de 2021, as chuvas registradas no país apontavam para uma escassez histórica, sendo a maior estiagem em 91 anos. Assim como mencionado anteriormente, o Brasil enfrentou algumas crises relacionadas à energia em sua história, o que ocasionou mudanças no setor elétrico. A tese que se apresenta neste capítulo é pautada na ideia de que a última crise enfrentada pelo país escancarou a falta de planejamento e a má utilização das fontes de energia no país para mitigar os danos vividos.

Primeiramente, vale mencionar que os riscos ambientais e as mudanças climáticas têm impacto direto na geração de energia, e a intensidade com que esses eventos ocorrem é exemplo da urgência e da proporção que os problemas ocasionados pelas mudanças climáticas podem assumir nos próximos anos. Dessa forma, urge a necessidade de um planejamento mais eficaz que priorize a estabilidade e a eficiência do sistema.

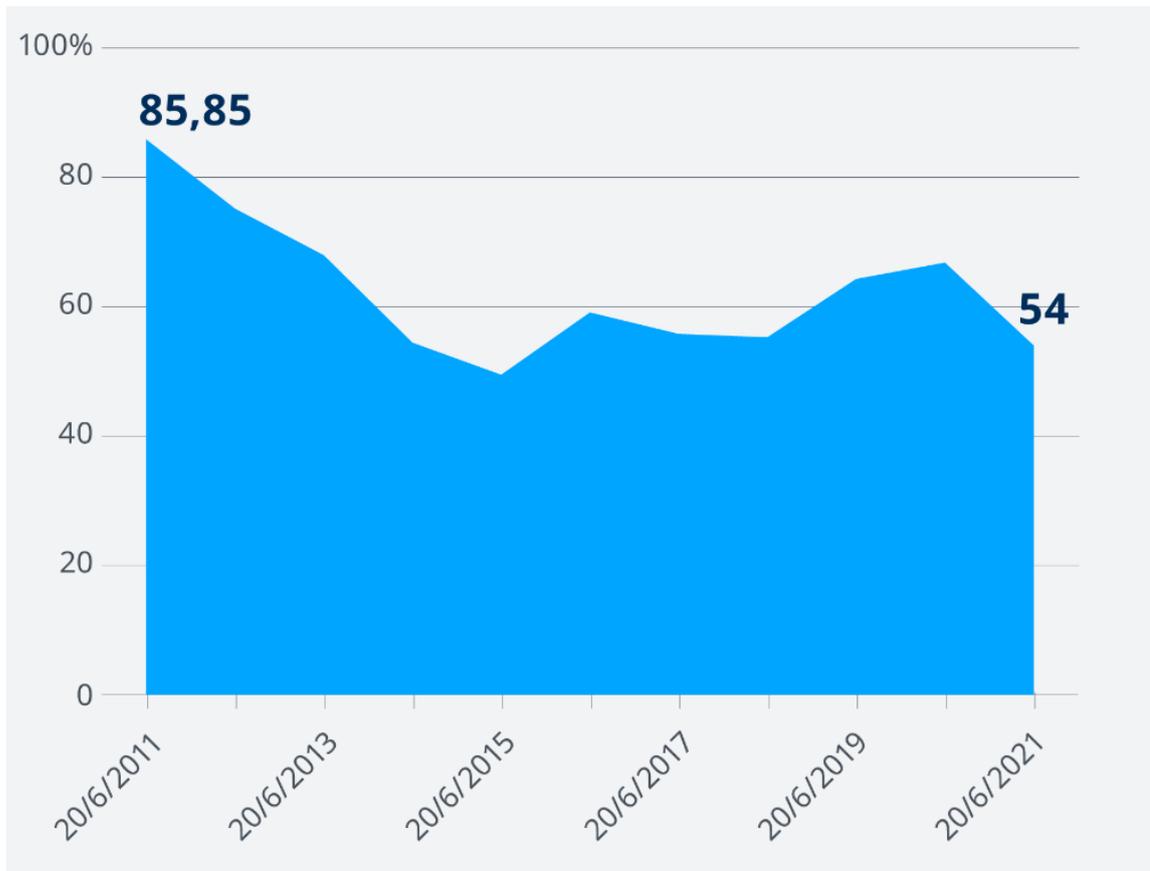
No âmbito conceitual, os reservatórios são de extrema importância para o funcionamento do armazenamento de água. Eles têm por finalidade acumular parte das águas disponíveis nos períodos de chuva, com o objetivo de compensar as deficiências nos períodos de estiagem. No geral, os reservatórios são formados por meio de barragens instituídas nos cursos d'água. Por sua vez, as barragens são estruturas físicas que represam esses cursos. Nesse contexto, a Agência Nacional de Águas (ANA) é a agência responsável por definir as regras de operação dos reservatórios do país, monitorando por meio do acompanhamento do nível da água e de vazões diárias, seja a água que entra, seja a que sai do reservatório (BRASIL, 2022d)<sup>3</sup>. No site do governo, é possível acompanhar, por um sistema, os dados sobre a operação de alguns dos principais reservatórios do país, nomeado de Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR), sendo uma ferramenta usada pela ANA.

Nesse contexto, após o período de seca e baixo índice pluviométrico, pode-se observar na Figura 5 a diminuição do volume de água dos reservatórios no Sistema Interligado Nacional, chegando ao menor nível desde 2015. Porém, essa situação não poderia ser uma surpresa aos órgãos de monitoramento, tendo em vista que nos últimos anos têm sido frequentes estações mais secas que a média.

---

<sup>3</sup> Disponível em <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/quem-regula/barragens-e-reservatorios>> Acesso em: 10 mai, 2022

**Figura 6 – Volume equivalente do Sistema Interligado Nacional em 2021**



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA, 2022).

Portanto, a escassez hídrica vivenciada está mais associada a uma falta de gestão e planejamento do que de fato à falta de chuvas e oferta de água aos reservatórios, uma vez que o Brasil enfrentou no ano de 2021 uma situação estudada, prevista e alertada durante os últimos anos com período de chuvas abaixo da média. Pode-se usar como exemplo o Sistema Cantareira, que consiste no maior produtor de água da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), utilizando 33 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) de água para o abastecimento de, aproximadamente, 46% da população da RMSP. A partir de dados da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp), foi feita uma previsão em relação à tendência de chuvas, que já vinha sendo baixa nos últimos meses.

**Tabela 2 – Volume de chuvas no Sistema Cantareira em 2013 e previsão para 2021**

<b>Mês</b>	<b>Chuvas em 2013 (em mm)</b>	<b>Chuvas em 2021 (em mm)</b>
Janeiro	146,8	181,6
Fevereiro	249,0	181,6
Março	130,3	152,3
Abril	65,4	9,0
Maio	37,4	32,4
Junho	59,9	31,7
Julho	74,91	23,9
Agosto	6,5	17,6
Setembro	37,5	42,0

Fonte: Sabesp (2021), G1/Economia

Dessa forma, pode-se dizer que a crise apresentada foi agravada ainda mais pelo acionamento tardio das usinas termelétricas. Os reservatórios já indicavam um esvaziamento, além de estudos terem previsto esse cenário para 2021, como pode ser observado na Tabela 2 acima. Além disso, pode ser discutido que a má gestão da utilização das fontes de energia elétrica impactou na geração de energia do país, uma vez que não foi feito de maneira correta e planejada a complementaridade das fontes.

## 4 TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

### 4.1 Conceito e debate

A transição energética pode ser definida como uma mudança na estrutura de longo prazo no sistema de energia, passando de um modelo baseado em combustíveis fósseis para uma matriz desenvolvida na geração de energia por fontes renováveis e/ou fontes menos poluentes. Devido às crises climática e energética que o mundo enfrenta, as discussões em torno da transição energética ganham força, uma vez que buscam proteger o meio ambiente e promover uma maior eficiência energética, de maneira a garantir um ambiente mais seguro e propenso a gerenciamento de possíveis crises.

A crescente atenção à necessidade de controlar o impacto da atividade humana no aumento das temperaturas e mudanças nas condições ambientais progrediu entre as decisões políticas governamentais e as estratégias corporativas dos países. No centro desses esforços, o crescente compromisso governamental com a redução das emissões de gases de efeito estufa provenientes do setor energético parece sugerir que a decisão de impulsionar a descarbonização da matriz energética do país é o pensamento a se seguir. Nesse contexto, governos e empresas devem se preparar para os diferentes impactos de um processo de transformação sem precedentes desde a primeira revolução industrial, incluindo o impacto na geopolítica energética.

A transição energética brasileira está baseada em cinco pilares. Primeiramente, a descentralização torna a estrutura de mercado da energia menos concentrada, aproximando a oferta dos centros consumidores, com a produção de energia espalhada por todo o país. A descarbonização da matriz energética é a substituição por fontes menos emissores de gases de efeito estufa, como as eólicas e solares, que, cada vez mais competitivas, garantem uma energia mais barata e de qualidade. A digitalização garante a crescente integração das tecnologias digitais, o acesso imediato à informação, conexão e um novo estilo de vida. A democratização amplia o acesso da sociedade à energia mais barata e de qualidade, com novas oportunidades econômicas e redução das desigualdades. Por fim, o desenho de mercado assegura negociações de maneira eficiente, integrando as novas tecnologias.

No âmbito mundial, foi assinado um acordo internacional (Acordo de Paris) que estabeleceu como meta manter, até o final do século XXI, o aquecimento global em 2 graus em relação aos níveis pré-industriais. Para isso, o principal instrumento para alcançar este objetivo é a transição energética, sendo a passagem de uma matriz energética focada nos combustíveis

fósseis para uma com baixa ou zero emissões de carbono. Entretanto, não se trata apenas da simples diversificação da matriz, mas também da reflexão e da análise sobre os efeitos que o atual modelo de geração e consumo de energia gera para a sociedade e o meio ambiente.

O debate da transição envolve a compreensão da necessidade de melhorar a eficiência energética em toda a cadeia, envolvendo empresas, cidadãos e instituições para otimizar o uso de bens e serviços. Outro foco são as mudanças na estrutura social, política, cultural e econômica do modelo atual, uma vez que é necessário reavaliar o que é insustentável sob a ótica do uso dos recursos naturais e suas limitações. Nesse sentido, o acesso à energia, e não apenas a sua produção e consumo, também deve ser discutido, considerando que para uma transição justa, é necessário compreender que nem sempre é possível garantir que apenas fontes renováveis de energia sejam obtidas.

Portanto, percebe-se que os benefícios de uma transição energética não são apenas para o meio ambiente. Além de influenciar positivamente na natureza, reduzindo a poluição com o fechamento gradual das usinas a carvão, a mudança de paradigma deve ser acompanhada com oportunidades de bem-estar econômico, oferecendo novas oportunidades de trabalho e um desenvolvimento social das comunidades que forem envolvidas. No Brasil, a transição energética é diferente da do resto do mundo, tendo em vista que a maior parte da energia produzida é proveniente das hidrelétricas. Para crescer, será necessário mais energia e, sendo muito dependente das chuvas para o sistema funcionar, a capacidade de geração se torna comprometida, correndo o risco de apagões no país. Dessa forma, a transição energética no Brasil tem uma relação maior com a estabilidade e eficiência do sistema, respeitando as características de cada região. Assim, outras fontes de energia aumentaram a sua participação na matriz energética e elétrica no Brasil, como é o caso da fonte eólica, da solar e da utilização do gás natural nas térmicas espalhadas pelo país.

## **4.2 Fontes Renováveis e seus potenciais**

A energia eólica é uma fonte renovável e possui baixo impacto ambiental e baixos índices de emissões de gases de efeito estufa. Primeiramente, a energia eólica no Brasil teve seu primeiro indício com o início de operação comercial do primeiro aerogerador instalado no país em 1992. A turbina eólica possuía 225 kW, sendo a primeira da América do Sul, localizada em Pernambuco. Nesse contexto, vale mencionar alguns avanços que o mercado de energia eólica enfrentou. Em 2002, foi criado pela lei nº 10.438/02 o Proinfa (Programa de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia Elétrica), que tem o objetivo de aumentar a participação de

fontes alternativas renováveis, como pequenas centrais hidrelétricas, eólicas e térmicas a biomassa na produção de energia elétrica (CCEE, 2022)<sup>4</sup>. Nesse mesmo ano, foi criada a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), que de acordo com a associação tem como objetivo ser uma “instituição sem fins lucrativos, que congrega e representa a indústria de energia eólica no país, incluindo empresas de toda a cadeia produtiva”. A ABEEólica contribui, desde sua fundação, de forma efetiva para o desenvolvimento e reconhecimento da energia eólica como uma fonte limpa, renovável, de baixo impacto ambiental, competitiva e estratégica para a composição da matriz energética nacional” (ABEEÓLICA, 2022).<sup>5</sup>

Com o passar dos anos, a atividade eólica no país passou a se desenvolver cada vez mais. Já foi visto anteriormente pelo Operador Nacional do Sistema, mas o relatório do Conselho Global de Energia Eólica (em inglês, Global Wind Energy Council – GWEC) registrou que, atualmente, a energia eólica se encontra como a segunda maior fonte de geração de energia do Brasil, seguida da hidráulica. Esse conselho é a associação comercial internacional para a indústria de energia eólica, baseada em membros que representam todo o setor de energia eólica, com o objetivo de assegurar que a energia eólica se estabeleça como a resposta aos desafios energéticos que o mundo enfrenta (GWEC, 2022a).<sup>6</sup>

Nesse contexto, a fonte eólica tem crescido cada vez mais. De acordo com dados do governo federal, o Brasil atingiu recorde de expansão da capacidade instalada de energia elétrica a partir de fonte eólica em 2021, com cerca de 20 GW de potência instalada, chegando ao valor de 11% da matriz energética brasileira. Assim, o Brasil subiu para o 6º lugar em capacidade total instalada de energia eólica *onshore* no ranking do Conselho GWEC em 2021 (BRASIL, 2022b). Se comparado aos anos anteriores, percebe-se a evolução do país quanto aos investimentos e planejamento para esse tipo de fonte, visto que ocupava a 7ª posição em 2020 e 15ª em 2012. Ainda no âmbito mundial, a análise feita pelo relatório mostrou que o Brasil fez parte dos cinco principais mercados em 2021 para novas instalações de energia eólica, com porcentagem de 4,06% dos 93,6 GW.

---

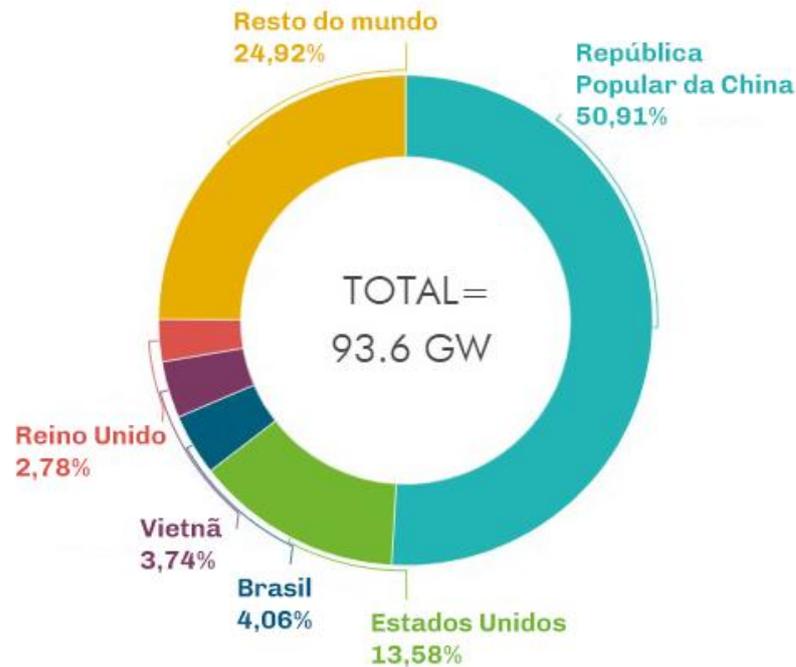
<sup>4</sup> Disponível em:

<<https://www.ccee.org.br/en/mercado/proinfa#:~:text=O%20Programa%20de%20Incentivo%20a,na%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20el%C3%A9trica>> Acesso em: 19 mai, 2022

<sup>5</sup> Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/quem-somos/>> Acesso em: 19 mai, 2022

<sup>6</sup> Disponível em: <<https://gwec.net/global-wind-energy-council/what-is-gwec/>> Acesso em: 19 mai, 2022

**Figura 7 – Total global de novas instalações de energia eólica em 2021**



Fonte: Traduzido do relatório eólico global de 2022 (GWEC, 2022b).

De acordo com o relatório do Conselho Global de Energia Eólica de 2022, a energia eólica no Brasil tem sido marcada por um crescimento nos últimos 10 anos, tendo em vista a diferença de 1 GW em 2011 e 20 GW em 2022. Nesse contexto de crescimento, o relatório menciona que alguns fatores foram importantes para essa mudança, como: o marco regulatório para leilões facilitou a aquisição de energia eólica a preços competitivos; um desenho de financiamento focado no conteúdo nacional possibilitou ao Brasil uma base sólida de indústria eólica, com capacidade para produzir turbinas suficientes para instalar cerca de 5 GW por ano; e o último fator sendo externo, tendo em vista as mudanças nos padrões climáticos e as quedas nos níveis do reservatório para geração de energia hidrelétrica, que ocasiona a crescente dúvida em torno do papel da hidroeletricidade na matriz elétrica brasileira (GWEC, 2022b).

Como planos para os próximos anos, a perspectiva é de continuar esse crescimento, expandindo o setor. Dados da Aneel mostram que, atualmente, existem usinas eólicas em construção no país, com valores de 5,5 GW, com estimativa de que 2,95 GW entrarão em operação ao longo de 2022. Como incentivo para a produção de energia eólica, o decreto nº 10.946, editado pelo presidente da República Jair Bolsonaro, “dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em águas interiores de domínio da União, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental para a

geração de energia elétrica a partir de empreendimento *offshore*” (BRASIL, 2022a)<sup>7</sup>. Ou seja, a publicação do decreto reanimou as expectativas em relação à efetivação de projetos eólicos *offshore* no país. Vale mencionar que a energia eólica *offshore* é a fonte de energia que se obtém do aproveitamento da força do vento no mar. O decreto editado passa a ocupar uma lacuna normativa existente, de forma a definir as linhas gerais da futura regulamentação. De acordo com o MME, a intenção é dar segurança jurídica para os investidores nacionais e internacionais interessados em desenvolver projetos de geração, inclusive em parques eólicos *offshore*, expandindo as possibilidades de crescimento do setor e da fonte eólica.

De maneira breve, é válido mencionar também o papel de outra fonte renovável como geradora de energia elétrica no país, a fonte solar. A energia solar também é uma fonte renovável e possui praticamente zero impacto ambiental negativo. Segundo o PNE 2050 (Plano Nacional de Energia), a energia solar vem sendo a fonte que apresenta o maior incremento em relação à capacidade instalada anualmente no mundo. No âmbito nacional, essa tendência é aplicada também devido à sua localização geográfica, uma vez que o país recebe elevados índices de incidência solar, permitindo o desenvolvimento de projetos viáveis em diferentes regiões. Assim, a fonte solar se apresenta como uma alternativa competitiva no fornecimento de energia, de maneira a contribuir com a redução de gases de efeito estufa. A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar) tem elaborado um ambiente de negócios favorável para investimentos no setor de energia solar. A associação, fundada em 2013, é uma entidade nacional representativa do setor solar fotovoltaico no país, reunindo todas as empresas de toda a cadeia de valor do setor com operações no Brasil.

Vale mencionar o conceito de geração distribuída, sendo o termo dado à energia elétrica gerada no local de consumo ou próximo, válido para diversas fontes de energia renováveis, como a eólica, solar e hídrica. O mercado de energia solar distribuída teve início no Brasil no ano de 2012, com regulamentação feita a partir da resolução normativa nº 482 de 2012 (ANEEL, 2012)<sup>8</sup>, responsável por criar as diretrizes da geração distribuída e sendo um marco legal da energia solar. Dessa forma, tornou-se viável a geração da energia solar, sendo possível conectar o sistema à rede de distribuição de energia e gerar créditos solares a partir do excedente de energia. Assim, esses créditos são compensados, reduzindo o valor das tarifas de energia

---

<sup>7</sup> Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10946.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10946.htm)> Acesso em: 21 jun, 2022

<sup>8</sup> Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

elétrica. A Aneel estima o valor de 1,23 milhão de sistemas conectados à rede até 2024, incentivando a geração de energia de fontes renováveis.

Portanto, a geração de energia elétrica por meio de fonte solar tem crescido nos últimos anos. De acordo com dados do ONS, a energia solar representava cerca de 2% da matriz elétrica brasileira em 2020, e chegou a 2,9% no final de 2021. Atualmente representa 3% da geração de energia elétrica no SIN.

Nesse contexto de geração de energia renovável e discussão acerca da transição energética, é válido mencionar o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE). Elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), sob as diretrizes e o apoio do Ministério de Minas e Energia (MME), o PDE 2031 indica as perspectivas de expansão do setor de energia para os próximos anos. Os estudos do plano fornecem informações ao mercado e incentivam decisões de políticas energéticas, que permitem a análise do desenvolvimento do setor elétrico. Dessa forma, o referente plano menciona que as fontes eólicas e solares têm se mostrado economicamente competitivas frente às demais, com um aumento dos investimentos nas fontes renováveis.

Portanto, evidencia-se o potencial energético das fontes eólica e solar na transição energética brasileira, tendo em vista o seu crescimento notável e perspectivas de aumento de capacidade instalada para os próximos anos.

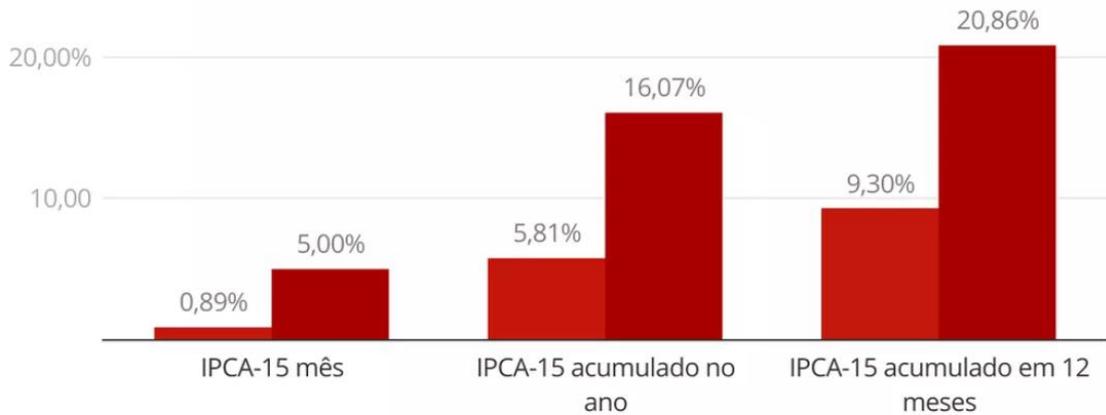
Entretanto, a dependência da força da natureza gera insegurança ao sistema, tendo em vista as crises de energia enfrentadas pelo país em sua história e a mais recente crise hídrica vivenciada no ano de 2021, abordada no capítulo anterior. A necessidade de uma maior segurança ao sistema coloca em evidência o papel importante das termelétricas na geração de energia no país, uma vez que essas usinas têm contribuído com o objetivo de suprir a necessidade gerada pelo índice baixo nos reservatórios das hidrelétricas brasileiras. Porém, o custo desse tipo de produção de energia tem sido evidenciado no aumento da conta de luz desde o ano de 2021, ainda assim pela instauração da nova bandeira tarifária imposta pela Aneel. Nesse contexto, o preço da energia elétrica subiu mais que a inflação em 2021, como pode ser observado na Figura 8.

**Figura 8 – Aumento da conta de luz em relação a inflação**

## Energia elétrica sobe mais que a inflação em 2021

No acumulado até agosto, alta no preço da energia era quase o triplo da inflação.

■ Índice geral ■ Energia elétrica



\*IPCA-15 é o indicador prévio da inflação oficial do Brasil

Fonte: G1/Economia, IBGE (2021)

No contexto da transição energética, vale mencionar de forma breve nesta seção o gás natural, um combustível fóssil mais limpo e menos danoso ao meio ambiente, que se encontra em terceiro lugar como fonte termelétrica utilizada na geração de energia (ONS, 2022). Tendo em vista o que foi abordado em relação às fontes renováveis e o problema da dependência da natureza, o gás natural possui um papel importante na transição energética, uma vez que pode ser um combustível a ser explorado cada vez mais como fonte para as usinas termelétricas. O setor deste combustível sempre se caracterizou pela elevada concentração e verticalização, tendo a Petrobras como agente dominante em toda a cadeia e desestímulo a novos entrantes, com uma infraestrutura ainda muito dependente da estatal.

A transição para a energia limpa está pressionando cada vez mais as usinas termelétricas a carvão, altamente poluentes, a reduzir as emissões de carbono e limitar o impacto das mudanças climáticas. Apesar de 21 países terem se comprometido desde o Acordo de Paris de 2015, citado anteriormente, para eliminar gradualmente o uso dessa fonte de energia até 2030, ainda há movimentos na direção oposta. No Brasil, o presidente Jair Bolsonaro sancionou, em janeiro deste ano, uma lei que cria as condições para estender os contratos de termelétricas a carvão até 2040 em Santa Catarina.

Portanto, a transição energética no Brasil está mais relacionada à estabilidade e eficiência do sistema, de maneira a criar um planejamento mais eficaz de segurança de geração de energia elétrica, respeitando as características de cada região e, possivelmente, explorando o combustível do gás natural nas usinas termelétricas.

## 5 GÁS NATURAL

### 5.1 O setor de gás natural

O gás natural é um combustível fóssil encontrado na natureza, normalmente em reservatórios no subsolo, e pode ou não ser associado ao petróleo. É retirado da terra por meio de perfurações, sendo resultado da degradação de matéria orgânica, plantas e fósseis de animais. Como foi mencionado durante este trabalho, é um combustível mais limpo que os demais, com uma mistura de hidrocarbonetos leves e condições normais atmosféricas de pressão e temperatura, contendo, principalmente, os gases metano e etano. Nesse contexto, é válido mencionar o papel do gasoduto, sendo uma rede de tubulações que leva o gás natural das fontes produtoras até os centros consumidores, servindo de infraestrutura na cadeia do mercado.

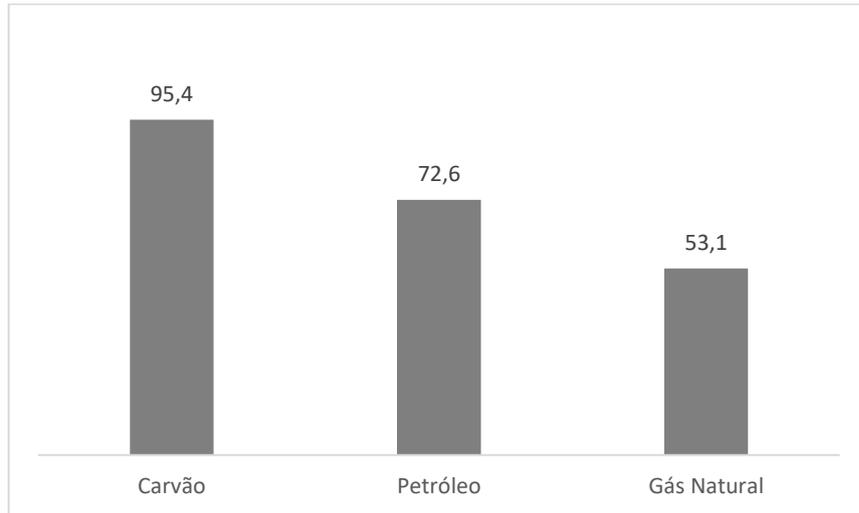
Em relação aos movimentos ao redor do mundo para tratar de assuntos relacionados à diminuição de danos ao meio ambiente, é válido mencionar a 21ª Conferência das Partes, que ocorreu em 2015. Chamada de COP-21, foi realizada em Paris e teve a participação de diversos chefes de Estado dos países, com o principal tema sendo o clima e as mudanças climáticas causadas pelo efeito estufa e aquecimento global. A conferência teve como objetivo a firmação de um acordo, que ficou conhecido como Acordo de Paris, entre 195 nações, voltado para a redução das emissões dos gases do efeito estufa. Com o intuito de atender aos objetivos da COP-21, foi reforçado o uso estratégico do gás natural como importante alternativa para alcançar o equilíbrio entre segurança, estabilidade energética, fonte de energia menos poluente e custos de energia competitivos para as economias dos diversos países.

Em todo o mundo, a indústria de gás natural está em grande transformação. O forte crescimento da oferta, impulsionado pelo desenvolvimento de recursos não convencionais, fez baixar os preços e tornou o gás natural mais competitivo face a outras fontes de energia. Essa situação beneficiou os países que liberalizaram as mudanças regulatórias em seus mercados de gás natural. Nesse contexto, o combustível tornou-se um importante transportador para definir a competitividade relativa dos países.

Portanto, o papel do gás natural na transição energética é de extrema relevância econômica e ambiental (TEIXEIRA, 2021). Se for usado nas usinas termelétricas com devido planejamento e de forma complementar às principais fontes de energia do país, pode ajudar a evitar possíveis crises energéticas. Como destacado anteriormente, a sua emissão de CO<sub>2</sub> é menor se comparado a outros combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo. De acordo com dados do EIA (Energy Information Administration) de 2016, o gás natural emite menos CO<sub>2</sub>

que os dois principais combustíveis fósseis, como pode ser observado na Figura 9, a partir de kg de CO<sub>2</sub> por milhão de BTU. Na Figura 10, o gás natural pode ser comparado com o restante dos combustíveis fósseis em relação a essa emissão, com 44% menos emissão de CO<sub>2</sub> que o carvão e 27% menos do que o petróleo.

**Figura 9 – Emissão de CO<sub>2</sub> por unidade de energia – combustíveis fósseis (kg de CO<sub>2</sub>/MM de BTU)**



Fonte: Artigo BNDES (2021).

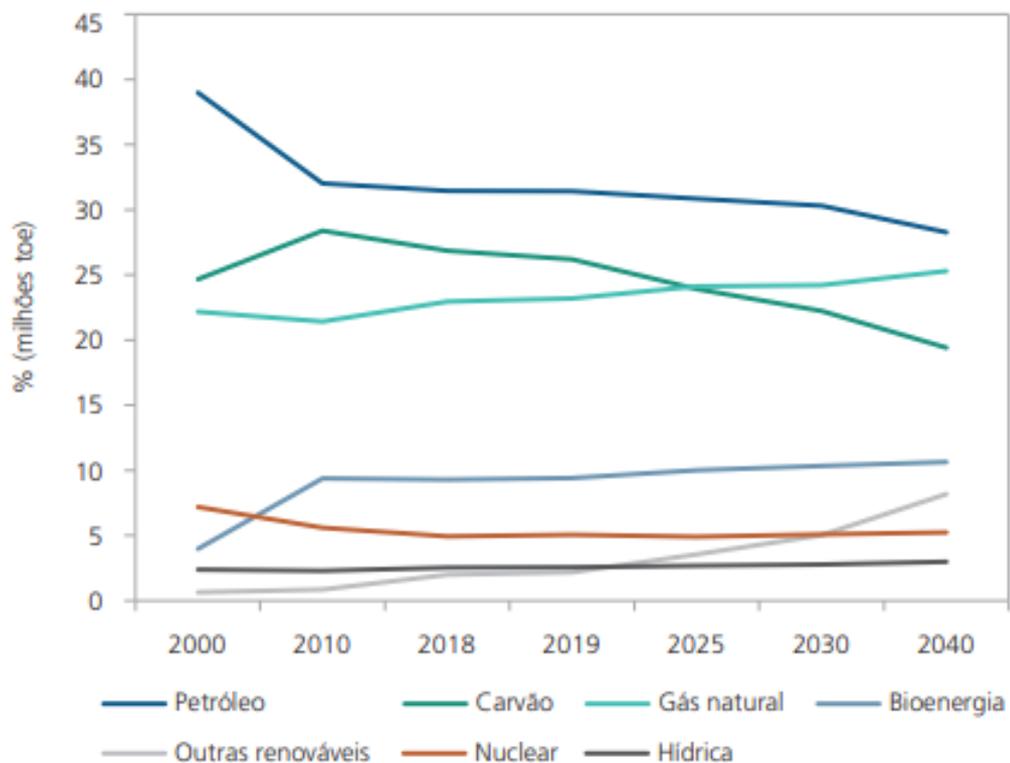
**Tabela 3 – Comparativo do gás natural em relação à emissão de CO<sub>2</sub>**

<b>Gás natural comparado a:</b>	<b>Redução na emissão de CO<sub>2</sub> (%)</b>
Carvão	44
Petróleo	27
Óleo combustível	33
Gasolina	26
Óleo diesel	27
GLP	17

Fonte: Artigo BNDES (2021).

Dessa forma, assim como benefícios notáveis ao meio ambiente, o gás natural não compromete a confiabilidade energética, e sua utilização na demanda mundial de energia tem crescido a cada ano (TEIXEIRA, 2021). A IEA (Agência Internacional de Energia, em português), em seu relatório de 2020 sobre as Perspectivas Energéticas Mundiais, revelou que o crescimento da participação do gás natural na matriz energética mundial permite que o combustível possa competir com o petróleo como a fonte de energia primária no mundo, como pode ser observado na Figura 10.

**Figura 10 – Participação dos combustíveis na demanda mundial de energia primária**



Fonte: Artigo BNDES (2021).

## 5.2 O Novo Mercado de Gás no Brasil

Como mencionado anteriormente de forma breve, o setor de gás natural brasileiro sempre se caracterizou pela elevada verticalização e concentração na estatal Petrobras como agente dominante em toda a cadeia. Nesse contexto, a dificuldade da entrada de novos agentes permeou o contexto do gás durante muitos anos, com alta barreira de acesso a infraestruturas essenciais e pequena transparência na formação de preços. O setor sempre se apresentou de

uma maneira marcada por uma reduzida competição, barreiras tributárias e dificuldades no desenvolvimento de novos projetos voltados ao mercado nacional. (EPE, 2018)

Entretanto, esse cenário começou a mudar a partir do ano de 2016, tendo em vista uma sinalização da Petrobras com uma corrente de desinvestimentos na cadeia de gás natural e energia. Nos últimos anos, alguns acordos foram firmados entre a estatal e o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade). Em 2019, dois acordos foram celebrados. O primeiro Termo de Compromisso de Cessação (TCC)<sup>9</sup> ocorreu em junho, relacionado ao mercado de refino de petróleo, em que a Petrobras se comprometeu a vender oito refinarias, incluindo os ativos relacionados a transporte de combustível. O acordo visou a aumentar a concorrência no mercado de refino, que até então se mostrava ser explorado majoritariamente pela empresa, pela entrada de novos agentes no setor. O segundo TCC foi celebrado entre o Cade e a Petrobras em julho do mesmo ano, sendo referente ao gás natural, em que o objetivo principal estava em mitigar os problemas estruturais do mercado, justamente por ser explorado quase integralmente pela empresa. O acordo visava a estimular a concorrência no setor de gás natural no Brasil, com a entrada de novos agentes, empresas e investimentos no setor, por meio da venda das transportadoras: Nova Transportadora do Sudeste (NTS), Transportadora Associada de Gás (TAG) e Transportadora Brasileira Gasoduto Bolívia-Brasil (TBG). (GOV.BR, 2019)

Assim, esta diminuição da estatal na cadeia faz parte de um novo desenho do mercado de gás natural, com o objetivo de desenvolver um ambiente para novos investimentos, maior competitividade e, assim, diversos agentes. Esse processo se inseriu em um programa, em que as principais medidas que possibilitarão as mudanças se aplicariam em um horizonte de curto e médio prazo. Portanto, esse programa foi nomeado Novo Mercado de Gás, em que o governo federal visa a essa formação de um mercado mais aberto, dinâmico e competitivo. A abertura do mercado tem sido tema recorrente, que por sua vez necessita de um marco legal e regulatório que permita novos arranjos comerciais e adequando as necessidades mais específicas dos diversos agentes em termos de disponibilidade de gás natural, flexibilidade e prazos (EPE, 2018).

Vale mencionar brevemente que o processo de abertura e desenvolvimento do mercado de gás natural impõe uma série de desafios aos atores dos segmentos, uma vez que requer

---

<sup>9</sup> Termo de Compromisso de Cessação é um tipo de acordo comum em processos administrativos entre o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade) e as empresas e/ou pessoas físicas investigadas por infrações à ordem econômica

coordenação e encadeamento de diversas medidas. De maneira mais específica, segundo o Ministério de Minas e Energia (MME), os pilares do Novo Mercado de Gás são:

- a) promoção da concorrência;
- b) harmonização das regulações estaduais e federal;
- c) integração do setor de gás com setores elétrico e industrial;
- d) remoções de barreiras tributárias (BRASIL, 2022c).

Como resultados esperados do programa, foi estabelecido:

- a) melhorar o aproveitamento do gás do pré-sal;
- b) ampliar investimentos em infraestrutura de escoamento, processamento, transporte e distribuição de gás natural;
- c) aumentar a competição na geração termelétrica a gás;
- d) retomar a competitividade da indústria em seus diversos segmentos, como celulose, fertilizantes, petroquímico, siderurgia, vidro, cerâmica e outros (BRASIL, 2022c).

Nesse contexto, para dar apoio ao movimento de abertura do mercado, após longo trâmite regulatório, foi sancionada a Nova Lei do Gás, como lei nº 14.134, de 8 de abril de 2021, pelo presidente da República em vigor, Jair Bolsonaro. A nova lei estabelece um novo marco legal do setor no Brasil, com o objetivo de aumentar a concorrência no mercado de gás natural e servir de instrumento para os fins do Novo Mercado de Gás Natural, citado anteriormente. De acordo com a nova lei, uma das mudanças é acabar com o regime de concessão, com licitação por parte do poder público, permitindo a construção de novos gasodutos por meio do regime de autorização (BRASIL, 2021). Ou seja, a empresa que desejar construir um gasoduto no país deverá pedir autorização para a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Assim, o processo se torna mais simples que as atuais concessões, que são feitas por meio de leilões, evitando a concentração de mercado e aumentando a concorrência (BRASIL, 2021).

### **5.3 Termelétricas a gás natural no Brasil**

Nas usinas termelétricas, o gás natural passa por um processo a fim de ser utilizado. Sua aplicação na produção de energia elétrica ocorre primeiramente, na mistura do ar comprimido com o gás natural, para se obter a combustão. Como resultado, têm-se a emissão de gases em

uma alta temperatura, o que provoca o movimento das turbinas conectadas ao gerador de eletricidade. Assim, a energia térmica transforma-se em energia mecânica e, em seguida, em energia elétrica (ANEEL, 2008).

Atualmente, a matriz elétrica brasileira possui cerca de 15 GW de usinas termelétricas a gás natural, cerca de 8% da capacidade instalada do país (ONS, 2022). Estudos da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) mostram que esta capacidade tende a aumentar ao longo dos próximos anos, considerando, especialmente, o potencial do gás natural nacional, incluindo o pré-sal, ou seja, a produção nacional. Nos últimos anos, as opções de oferta para o setor de energia elétrica, antes restritas à Petrobras por diversos anos, se diversificaram e levaram ao desenvolvimento de diferentes modelos de negócios. Um deles foi a implantação de usinas termelétricas associadas a terminais de gás natural liquefeito (GNL), em que muitos desses terminais passaram a ser desenvolvidos e implantados por empresas privadas. Esses terminais são chamados de terminais de regaseificação, que têm por objetivo converter o GNL importado novamente em gás natural, ou seja, transformá-lo do estado líquido para o gasoso, a fim de ser utilizado em usinas termelétricas para geração de energia elétrica.

Nesse contexto, a demanda termelétrica de gás natural é dependente da frequência de acionamento das usinas térmicas a gás. Isso ocorre de acordo com a política de operação do sistema elétrico, que deve ser planejada com a situação hidrológica, tendo sido evidenciado que não foi feito da maneira correta no ano de 2021, momento em que o país viveu uma de suas maiores crises hídricas. Essa operação é chamada de despacho, uma vez que a ONS define a programação de operação do sistema, correspondendo às usinas que serão responsáveis por gerenciar a demanda no país.

No Plano Decenal de Expansão de Energia 2031, os estudos mencionam que o gás natural utilizado nas termelétricas tem se apresentado como principal combustível fóssil para expansão de geração de energia. O gás natural liquefeito importado é mais comumente utilizado nas usinas, porém com o desenvolvimento das reservas do pré-sal e as novas descobertas de bacias no pós-sal, a oferta de gás natural nacional tem sido ampliada, uma vez que a produção nacional tende a aumentar. Dessa forma, esse recurso poderá contribuir significativamente para a geração de energia firme e segura na matriz elétrica brasileira<sup>10</sup>, contribuindo de maneira eficaz para o movimento da transição energética abordada no capítulo anterior. Ademais, no contexto de expansão e aumento da competitividade, a EPE estimou no Plano Nacional de

---

<sup>10</sup> PDE 2031. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>> Acesso em: 30 jun, 2022

Energia (PNE) 2050 que o aproveitamento do gás natural atingirá 220 milhões de metros cúbicos por dia em 2050.

Portanto, a geração de energia no Brasil é realizada por um sistema hidro-termo-eólico, ou seja, utiliza-se das hidrelétricas, termoelétricas e usinas eólicas para produzir energia elétrica. Assim, o objetivo da programação do Operador Nacional do Sistema Elétrico é atender a demanda de energia pelos despachos das usinas, com um planejamento eficaz e seguro para não ocorrerem crises como a de 2021.

## 6 CONCLUSÃO

O Setor Elétrico Brasileiro passou por uma longa reformulação na década de 90, com projetos de reestruturação para se encontrar no momento atual, organizado com diversos agentes necessários para o funcionamento pleno de um setor tão importante no âmbito nacional. O trabalho apresentou a forma como as matrizes mundiais e brasileiras se encontram recentemente. Percebeu-se que no Brasil, tanto a sua matriz energética, quanto a elétrica, são mais renováveis que as mundiais, tendo em vista a utilização de fontes renováveis em larga escala para geração de energia, com destaque para as hidrelétricas.

Nessa perspectiva, a transição energética se articula como um fenômeno de extrema importância para o mundo, e com o passar dos últimos anos vem ganhando força na nova forma de se produzir energia. Faz-se necessário, não somente a diminuição da utilização dos combustíveis fósseis poluentes nas usinas, que prejudicam o meio ambiente, mas também a mudança de paradigma e forma de pensar acerca do ambiente socioeconômico. Além disso, a falta de um planejamento perante as previsões e discussões acerca de possíveis crises que poderiam ocorrer, enfraqueceu o sistema elétrico brasileiro, tornando-o frágil e suscetível a apagões e a um aumento na conta de luz da população, devido à necessidade de acionamento tardio das usinas termelétricas.

Portanto, é evidente que o Brasil se apresenta como um país majoritariamente dependente da fonte hidrelétrica em sua geração de energia, seguido de um forte crescimento da fonte eólica, que atingiu patamares recordes nos últimos anos. Entretanto, percebe-se a necessidade de energia firme e segura, uma vez que a dependência da natureza pode prejudicar a geração de energia elétrica, o que pôde ser percebido no ano de 2021 com a maior escassez histórica de chuvas no Brasil.

Assim, a complementaridade entre as fontes de geração de energia torna-se importante, com um planejamento viável ao longo do tempo para os combustíveis mais poluentes serem substituídos por fontes mais renováveis. Ademais, pôde ser visto que o uso do gás natural pode ser mais utilizado nas termelétricas como fonte de geração de energia, alinhado aos desinvestimentos do monopólio da Petrobras e uma abertura do mercado de gás.

## BIBLIOGRAFIA

- ABEEÓLICA. **Quem somos**. 2022. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/quem-somos/>>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008.
- \_\_\_\_\_. **Resolução normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- BESERRA, S. A. F. **Transição energética no Brasil: estratégias e modelos de negócio na indústria de petróleo e gás**. 2021. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Barragens e reservatórios**. 2022d. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/regulacao-e-fiscalizacao/quem-regula/barragens-e-reservatorios>>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- \_\_\_\_\_. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. 2022e. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br>>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- \_\_\_\_\_. **Decreto nº 10.946**, de 25 de janeiro de 2022. 2022a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10946.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10946.htm)>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- \_\_\_\_\_. **Lei nº 14.134**, de 8 de abril de 2021. 2021. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/Lei/L14134.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/Lei/L14134.htm)>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- \_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Novo Mercado de Gás**. 2022c. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/novo-mercado-de-gas>>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- \_\_\_\_\_. Serviços e Informações do Brasil. **Brasil sobe para a sexta posição em ranking internacional de capacidade de energia eólica onshore**. 8 abr. 2022b. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2022/04/brasil-sobe-para-a-sexta-posicao-em-ranking-internacional-de-capacidade-de-energia-eolica>>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- CAMARGO, I. M. T.; ALMEIDA, L. H. B. A contratação de energia de reserva no atual modelo do setor elétrico brasileiro: da teoria à prática. **Revista Brasileira de Energia**, v. 15, n. 2, p. 7-31, 2º sem. 2009.
- CCEE – CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Proinfa**. 2022. Disponível em: <<https://www.ccee.org.br/en/mercado/proinfa>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

DADOS.GOV.BR. **Ministério de Minas e Energia – MME**. 2022. Disponível em: <<https://dados.gov.br/organization/about/ministerio-de-minas-e-energia-mme>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. 2022a. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

EPE, **Considerações sobre a Participação do Gás Natural na Matriz Energética no Longo Prazo**. Documento de Apoio ao PNE 2050. 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-nacional-de-energia/plano-nacional-de-energia-2050/notas-para-discussao/consideracoes-sobre-a-participacao-do-gas-natural-na-matriz-energetica-no-longo-prazo.pdf/view>>. Acesso em: 30 jun. 2022

FONTOURA, C. F. V. T. **Avaliação de projeto de investimento em usina termelétrica à capim-elefante: uma abordagem pela teoria de opções reais**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/dc\\_data.php?nrSeq=18319](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/dc_data.php?nrSeq=18319)>. Acesso em: 30 jun. 2022

\_\_\_\_\_. **Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2031**. 2022b. Disponível em: <[https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-607/topico-609/Relatorio\\_PDE2031\\_ConsultaPublica.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-607/topico-609/Relatorio_PDE2031_ConsultaPublica.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2022.

GOV.BR. **Decreto Nº 10.946** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10946.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10946.htm)>. Acesso em 30 jun. 2022

GWEC – GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. 2022. Disponível em: <<https://gwec.net/>>. Acesso em: 30 jun. 2022a.

\_\_\_\_\_. **Global Wind Report 2022**. 2022b. Disponível em: <[https://gwec.net/wp-content/uploads/2022/04/Annual-Wind-Report-2022\\_screen\\_final\\_April.pdf](https://gwec.net/wp-content/uploads/2022/04/Annual-Wind-Report-2022_screen_final_April.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2022.

MENDES, R. A. **Mercado de energia elétrica brasileiro**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Instituto Federal de Minas Gerais, Formiga, 2015.

MENDONÇA, H. L. **O papel da inovação aberta na transição energética**. 2019. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

ONS – OPERADOR NACIONAL do SISTEMA. 2022. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

SILVA, T. C. T. **Cenários futuros de oferta e demanda de energia elétrica: simulações do possível racionamento até 2011**. 2008. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

SILVEIRA, D.; ALVARENGA, D.; GERBELLI, L. Conta de luz está cada vez mais cara – entenda por que ela sobe e quais os problemas dessa escalada de preços. **G1**, 27 ago. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/08/27/conta-de-luz-esta-cada-vez-mais-cara-entenda-por-que-ela-sobe-e-quais-os-problemas-dessa-escalada-de-precos.ghtml>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

TEIXEIRA, C. A. N. et al. **Gás natural: um combustível-chave para uma economia de baixo carbono**. **BNDES Set.**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 53, p. 131-175, mar. 2021. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/20802/1/PR\\_Gas%20natural\\_215277\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/20802/1/PR_Gas%20natural_215277_P_BD.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2022.

VIEIRA, B. M. Volume de chuva no Cantareira no 1º trimestre de 2021 é menor do que no período anterior à crise hídrica, em 2013; especialista vê risco de seca. **G1**, 1 abr. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2021/04/01/volume-de-chuva-no-cantareira-no-1o-trimestre-de-2021-e-menor-do-que-no-periodo-anterior-a-crise-hidrica-em-2013-especialista-ve-risco-de-seca.ghtml>>. Acesso em: 30 jun. 2022.