



## Artigo Original

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v14n22020p369-385

Submetido em: 26 jun. 2020

Aceito em: 01 dez. 2020

## *Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica*

**Donisete da Silva Pereira**  <https://orcid.org/0000-0002-4587-8699>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Mestranda em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Macaé/RJ – Brasil. E-mail: donisete.pereira@yahoo.com.br

**Romeu e Silva Neto**  <https://orcid.org/0000-0001-7061-8824>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Doutor em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: romeuesilvaneto@gmail.com

### Resumo

O setor elétrico é fundamental para o desenvolvimento de um país, e por isso requer constante atenção e consequente planejamento. O Brasil, apesar de ser um país de dimensões continentais com potencial de geração elétrica de diversas fontes, possui hoje uma matriz elétrica baseada predominantemente em hidroeletricidade. Nos dias atuais, a fonte hídrica é responsável por gerar cerca de 63,38% de todo o potencial elétrico produzido no país, enquanto a segunda fonte mais utilizada, a fóssil, é impulsionadora de apenas 16,13% desse potencial. Portanto, tendo em vista a necessidade de expansão de formas alternativas à energia hidráulica, o presente trabalho faz uma breve análise da Matriz Elétrica Brasileira (MEB) como forma de fundamentação da problemática apresentada e também para informação. Ao final da pesquisa será possível confirmar a exagerada dependência que a matriz elétrica brasileira possui pela fonte hídrica, principalmente pelas hidrelétricas. Também se confirmará a necessidade de diversificação da matriz elétrica brasileira e se notará uma breve movimentação em prol dessa variação.

Palavras-chave: Diversificação. Fontes geradoras. Matriz elétrica brasileira. Análise.

*Brazilian electrical matrix: an analysis in the distribution of electrical matrix generation*

### Abstract

The electricity sector is fundamental to the development of a country, and therefore requires constant attention and consequent planning. Brazil, despite being a country of continental dimensions, with potential for electrical generation from several sources, today has an electrical matrix based predominantly on hydroelectricity. Nowadays the water source is responsible for generating about 63.38% of all the electric potential generated in the country, while the second most used source, fossil, is responsible for the generation of only 16.13% of this potential. Therefore, in view of the need to expand alternative forms to hydraulic energy, the present work makes a brief analysis of the Brazilian Electric Matrix, as a way of justifying the presented problem and also for information. At the end of the research, it will be possible to confirm the exaggerated dependence that the Brazilian electric matrix has on the water source, mainly by hydroelectric plants. The need to diversify the Brazilian electric matrix will also be confirmed and a brief movement towards this diversification will be noted.

Keywords: Diversification. Generating sources. Brazilian electrical matrix. Analyze.



*Matriz elétrica brasileira: un análisis en la distribución de la generación de matriz eléctrica*

**Resumen**

El sector eléctrico es fundamental para el desarrollo de un país y, por lo tanto, requiere atención constante y la consecuente planificación. Brasil, a pesar de ser un país de dimensiones continentales, con potencial para la generación eléctrica a partir de varias fuentes, tiene hoy una matriz eléctrica basada predominantemente en la hidroelectricidad. Hoy en día, la fuente de agua es responsable de generar cerca de 63,38% de todo el potencial eléctrico generado en el país, mientras que la segunda fuente más utilizada, la fósil, es responsable de generar solo el 16,13% de este potencial. Por lo tanto, en vista de la necesidad de expandir formas alternativas a la energía hidráulica, el presente trabajo hace un breve análisis de la matriz eléctrica brasileña - MEB, como una forma de justificar el problema presentado y también para obtener información. Al final de la investigación, será posible confirmar la exagerada dependencia que la matriz eléctrica brasileña tiene de la fuente de agua, principalmente por las centrales hidroeléctricas. También se confirmará la necesidad de diversificar la matriz eléctrica brasileña y se observará un breve movimiento hacia esta diversificación.

Palabras clave: Diversificación. Fuentes generadoras. Matriz eléctrica brasileña. Análisis.



## **Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica**

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

### **1 Introdução**

De acordo com Herreros e Silva (2013), energia e promoção do desenvolvimento econômico são temas centrais da agenda política nacional. Pois é quase impossível imaginar uma possibilidade de gerar crescimento econômico e melhora da qualidade de vida da sociedade sem o fornecimento energético correspondente aos níveis de crescimento. Neste sentido, discute-se a razão entre o consumo de energia e o crescimento econômico em vários indicadores sociais e verifica-se que a sociedade que expande seu conhecimento sobre fontes energéticas adquire maior capacidade de controle sobre a natureza e extrai dela recursos de forma sustentável, visando a uma melhoria na qualidade de vida (BERNARDY, 2018).

A mesma autora afirma que, na última década, o Setor Elétrico Brasileiro tem passado por transformações devido ao processo de transição do modelo estrutural. As bases desse novo modelo consistem em diversos fatores, entre eles o planejamento de longo prazo do setor, por meio da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O planejamento da Matriz Elétrica Brasileira é de extrema importância, a fim de se alcançar uma matriz diversificada e, assim, evitar problemas de sazonalidade. A partir de uma investigação qualitativa, bibliográfica e descritiva, Herreros e Silva (2013) verificaram que o modelo de desenvolvimento brasileiro está centralizado nas grandes usinas hidrelétricas, o que, em termos estratégicos, evidencia uma necessidade de diversificação competitiva da matriz elétrica para segurança no fornecimento energético acompanhada de investimentos na melhoria da eficiência econômica e energética. Por isso a necessidade de expansão de formas alternativas à eletricidade proveniente da fonte hidráulica, da qual a MEB é extremamente dependente.

Autores como Rigo *et al.* (2019), Fernandes *et al.* (2008), Crepaldi, Amoroso e Ando (2018), Cavalcanti e Petti (2008), Nogueira e Ribeiro (2015), Mendes *et al.* (2016), Pinto, Amaral e Janissek (2016), Ramos *et al.* (2015), Raimundo *et al.* (2018), Alkmim, Fabro e Morais (2018), Santos e Antunes (2015), Gomes *et al.* (2019), Lima e Souza (2015), Souto *et al.* (2018), Freitas *et al.* (2019) e Brignol *et al.* (2016) criticam essa enorme dependência da MEB pela fonte hídrica, principalmente pelas hidrelétricas, que, em períodos de seca, trazem enormes incertezas ao setor elétrico, sendo necessária sua complementação por termelétricas, empreendimentos estes que causam grandes impactos ao meio ambiente e também à sociedade dada a imposição de impostos extras que variam de acordo com o sistema de bandeiras tarifárias: bandeiras verde, amarela e vermelha, que indicam se a energia custa mais ou menos, dependendo das condições de geração de eletricidade. Esses mesmos autores incentivam uma diversificação da matriz elétrica brasileira utilizando principalmente fontes renováveis disponíveis em abundância no país, acreditando que tal diversificação não se trata apenas de um zelo, mas sim de uma modificação necessária para que o país continue a se desenvolver, de forma segura, contínua e sustentável.

Dessa maneira, esta pesquisa caracteriza-se como pesquisa quantitativa, exploratória, com o uso de fontes bibliográficas, estabelecendo conexões entre a teoria, os dados e as análises de especialistas, com objetivo de examinar a distribuição da Matriz Elétrica Brasileira (MEB) por fontes e tipos de empreendimentos geradores, com vistas a, além de informar, embasar proposta de diversificação das fontes geradoras da MEB, cuja dependência atual da fonte hídrica é preocupante, podendo ser um fator condicionante do crescimento econômico brasileiro em razão dos aspectos negativos dessa fonte, principalmente no que diz respeito à sua vulnerabilidade a períodos de secas, os quais, nos últimos anos, se mostraram presentes, gerando insegurança no abastecimento elétrico. Tal análise compreenderá também o potencial gerado atualmente, aquele que será adicionado futuramente e a situação futura da MEB após adição prevista. Ao final desta pesquisa, pretende-se obter resultados relativos aos seguintes questionamentos: (i) quais são as principais fontes de geração elétrica brasileira? (ii) quais são os tipos de

## **Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica**

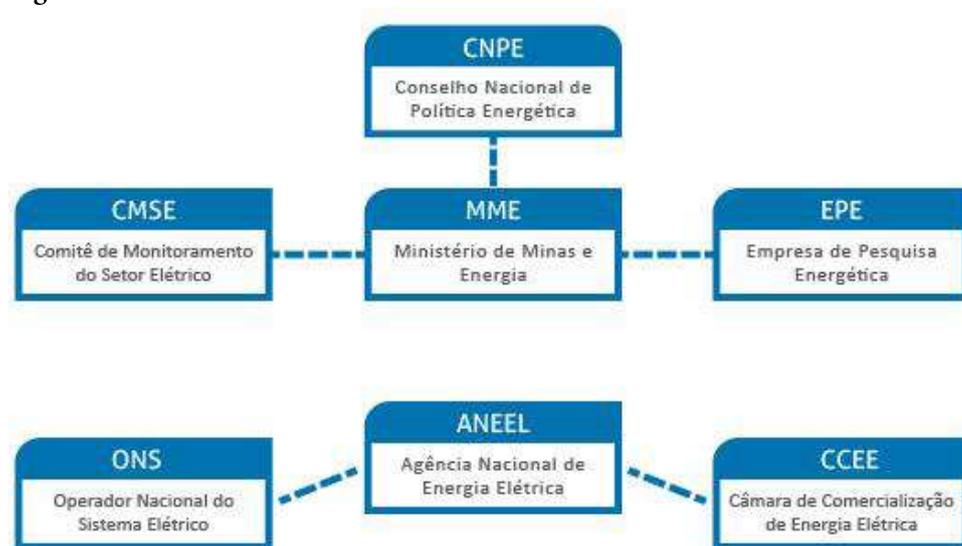
Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

empreendimentos que mais geram energia no país? Com isso será possível confirmar a exagerada dependência que a matriz elétrica brasileira possui pela fonte hídrica, principalmente pelas hidrelétricas. Também se confirmará a necessidade de diversificação da matriz elétrica brasileira e se notará uma breve movimentação em prol de tal variação.

## **2 Material e Método**

Para fundamentar a análise da MEB serão utilizados dados disponibilizados pelo governo brasileiro, através do Ministério de Minas e Energia (MME) e sua autarquia denominada Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), órgãos que fazem parte da estrutura do Setor Elétrico Brasileiro (Figura 1).

**Figura 1. Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro**



Fonte: CCEE (2020)

Serão apresentadas, de forma breve, somente as instituições nas quais foram adquiridos dados para embasamento desta pesquisa, segundo a CCEE (2020):

O MME é o órgão do governo federal responsável pela condução das políticas energéticas do país. Suas principais obrigações incluem a formulação e a implementação de políticas para o setor energético, de acordo com as diretrizes definidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). O MME é também responsável por estabelecer o planejamento do setor energético nacional, por monitorar a segurança do suprimento do setor elétrico brasileiro e por definir ações preventivas para restauração da segurança de suprimento no caso de desequilíbrios conjunturais entre oferta e demanda de energia.

A Aneel possui as seguintes atribuições: regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, além de zelar pela qualidade dos serviços prestados, pela universalização do atendimento e pelo estabelecimento das tarifas para os consumidores finais, sempre preservando a viabilidade econômica e financeira dos agentes e da indústria. As alterações promovidas em 2004 pelo atual modelo do setor

## Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

estabeleceram como responsabilidade da Aneel, direta ou indiretamente, a promoção de licitações na modalidade de leilão para a contratação de energia elétrica pelos agentes de distribuição do Sistema Interligado Nacional (SIN). Desde então, a Aneel tem delegado a operacionalização desses leilões à Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

### 2.1 Capacidade de geração brasileira

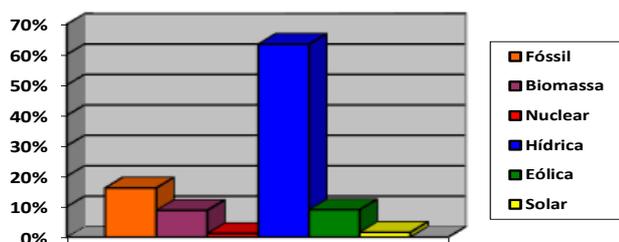
#### 2.1.1 Por fontes geradoras

- **Em operação**

No mês de janeiro de 2020, a capacidade instalada total fiscalizada de geração de energia elétrica do Brasil atingiu 172.622 MW<sup>1</sup>, considerando a geração distribuída - GD. Em comparação ao mesmo mês do ano anterior, houve um acréscimo de 8.861 MW, sendo 5.025 MW de geração de fonte hidráulica, 2.156 MW de fonte solar, 856 MW de fonte eólica e 824 MW de fontes térmicas. A geração distribuída fechou o mês de janeiro com 2.322 MW instalados em 185.867 instalações, representando 1,3% da matriz de capacidade instalada de geração de energia elétrica. As fontes renováveis (Hidráulica + Biomassa + Eólica + Solar) representaram 83,6% da capacidade instalada de geração de energia elétrica brasileira (BRASIL, 2020).

Em meados de março do mesmo ano, a ANEEL (2020) mostra, por meio de dados, que o Brasil possui no total 8.946 empreendimentos em operação, totalizando 170.543,079 MW<sup>2</sup> de potência instalada fiscalizada e 172.167,581 MW de potência outorgada. Dos 170.543,079 MW gerados atualmente, 109.101,952 MW advêm de fonte Hídrica, 26.280,293 MW de Fóssil, 15.459,433 MW de Eólica, 15.032,305 MW de Biomassa, 2.679,046 MW de Solar e 1.990,000 MW de Nuclear. Nas Figuras 2 e 3, baseadas no potencial outorgado, é possível obter uma melhor percepção sobre como se dá a distribuição atual das fontes de geração da MEB.

Figura 2. Distribuição da MEB por fontes



Fonte: Elaboração própria (2020)

<sup>1</sup> Considera, além dos dados da ANEEL no Banco de Informações de Geração (BIG), outras fontes, como algumas usinas fiscalizadas pela SFG/ANEEL, mas que não estão em conformidade com a SCG/ANEEL.

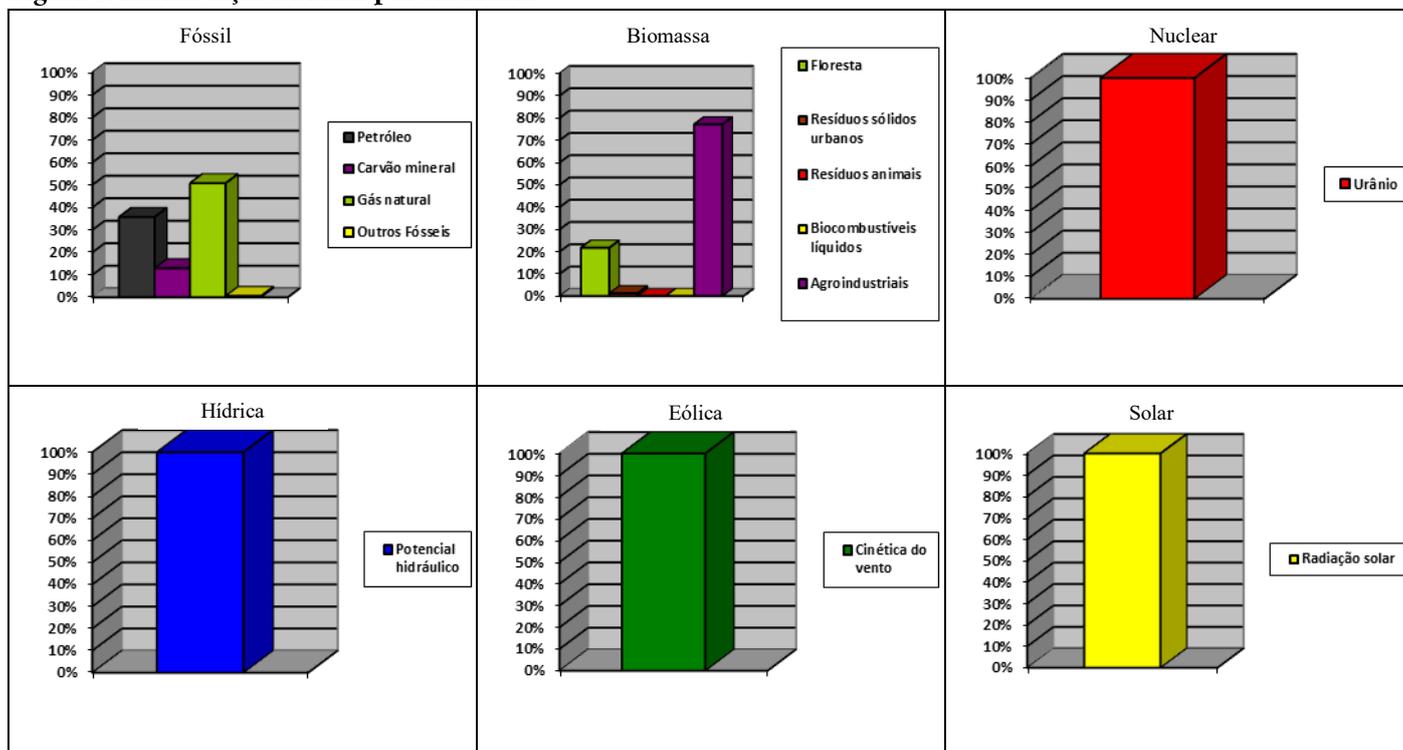
<sup>2</sup> Considera apenas os dados disponíveis no BIG/ANEEL.

## Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

As fontes geradoras apresentadas na Figura 2 se decompõem de acordo com as distribuições de fontes de nível 1 (Figura 3):

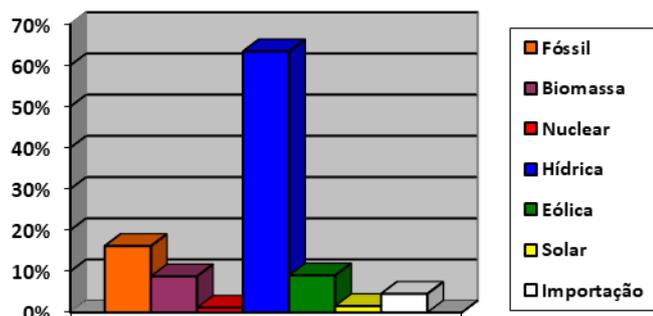
**Figura 3. Distribuição da MEB por subfontes**



Fonte: Elaboração própria (2020)

Ao se adicionar o potencial de energia elétrica proveniente de importação à MEB, tem-se, conforme a Figura 4, a seguinte distribuição:

**Figura 4. Distribuição da MEB por fontes, com acréscimo de Importação**



Fonte: Elaboração própria (2020)

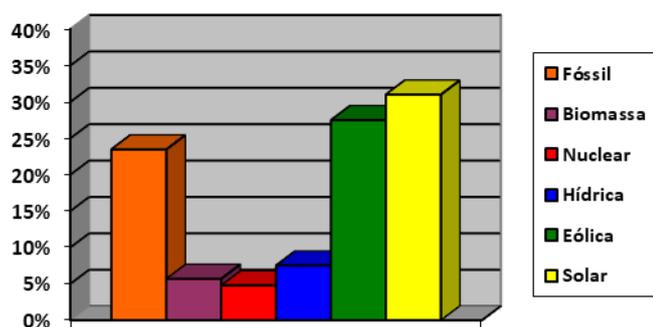
## **Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica**

*Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto*

### • Adição

Nos próximos anos existe uma previsão de adição de pelo menos 28.162,720 MW na capacidade de geração do País, proveniente de 212 empreendimentos atualmente em construção e mais 490 empreendimentos com construção não iniciada. Ou seja, a matriz elétrica brasileira contará futuramente com mais 702 empreendimentos geradores. Destes 28.162,720 MW que serão adicionados, 8.732,179 MW serão provenientes de fonte Solar, 7.744,615 MW de Eólica, 6.613,840 MW de Fóssil, 2.117,522 MW de Hídrica, 1.604,564 MW de Biomassa e 1.350,000 MW de Nuclear. É possível visualizar essa distribuição do novo potencial a ser instalado na Figura 5.

**Figura 5. Distribuição por fontes do novo potencial a ser instalado**



Fonte: Elaboração própria (2020)

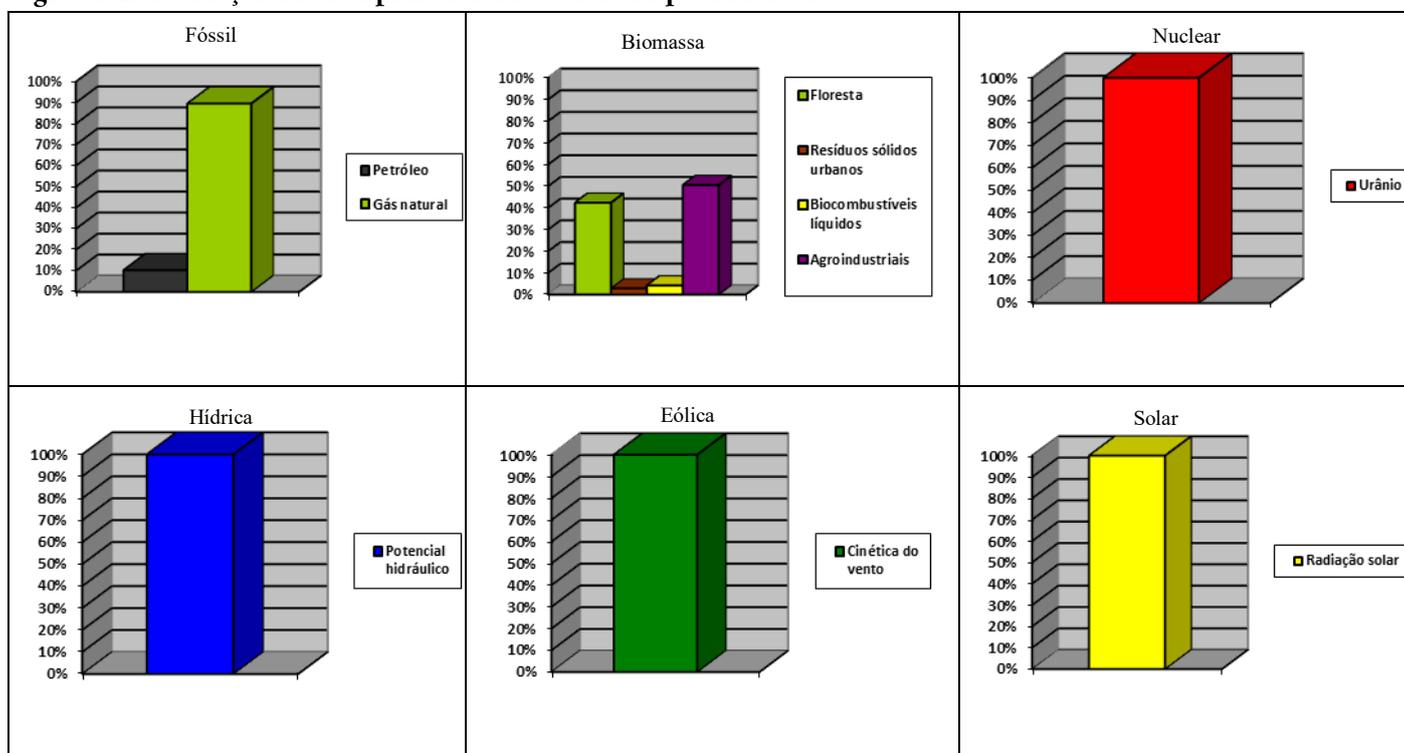
Considerando a Figura 5, observa-se que essa nova capacidade de geração elétrica a ser instalada vai ao encontro da diversificação das fontes geradoras da matriz elétrica brasileira, sendo possível notar investimentos em outras fontes de geração elétrica além da hídrica, sendo o mais surpreendente o potencial de geração a ser instalado, bastante superior à fonte hídrica no que diz respeito às fontes Solar, Eólica e Fóssil.

O potencial a ser adicionado de cada uma das fontes geradoras apresentadas se decompõe de acordo com as distribuições de fontes de nível 1 (Figura 6).

## Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

Figura 6. Distribuição do novo potencial a ser instalado por subfontes



Fonte: Elaboração própria (2020)

### • Situação futura da MEB

Depois de adicionados os 28.162,720 MW na capacidade de geração, o Brasil possuirá uma capacidade total<sup>3</sup> de produção de energia elétrica na ordem de 200.330,300 MW, proveniente de 9.648 empreendimentos geradores. Destes 200.330,300 MW que serão gerados, 111.232,310 MW virão de fonte Hídrica, 34.379,255 MW de Fóssil, 23.243,734 MW de Eólica, 16.715,726 MW de Biomassa, 11.419,225 MW de Solar e 3.340,000 MW de Nuclear.

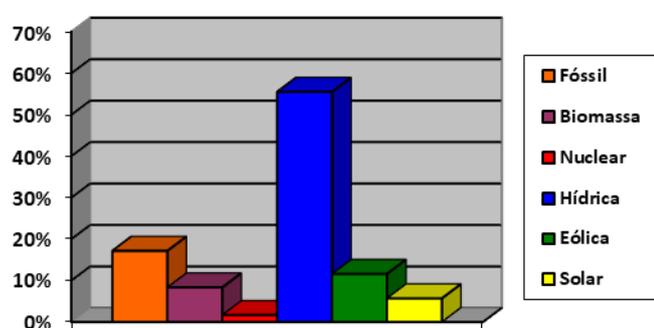
Observando a Figura 7, que é resultado dos potenciais gerados atualmente somados à adição de potencial prevista para os próximos anos, e comparando-a com a Figura 2, na qual é apresentada a distribuição de geração da MEB atual por fontes, nota-se que, no contexto da diversificação de fontes geradoras de energia elétrica da matriz nacional, no geral, haverá pouca alteração. As posições no *ranking* de geração por fontes continuarão as mesmas e a fonte hídrica continuará disparada na liderança. Mas a redução de 7,86% da dependência da MEB pela fonte hídrica, o que não é pouco, merece destaque. Nos dias atuais esse número representa uma produção de energia elétrica por volta dos 13.643 MW. Essa redução na dependência da fonte hídrica se dará principalmente devido ao crescimento das participações das fontes: Solar, Eólica e Fóssil na matriz elétrica brasileira. E também em razão do baixo quantitativo de adição da fonte hídrica.

<sup>3</sup> Considerando apenas os dados da ANEEL (2020) - Banco de Informações de Geração (BIG). Os valores utilizados são referentes à capacidade outorgada.

## Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

Figura 7. Distribuição futura da MEB por fontes



Fonte: Elaboração própria (2020)

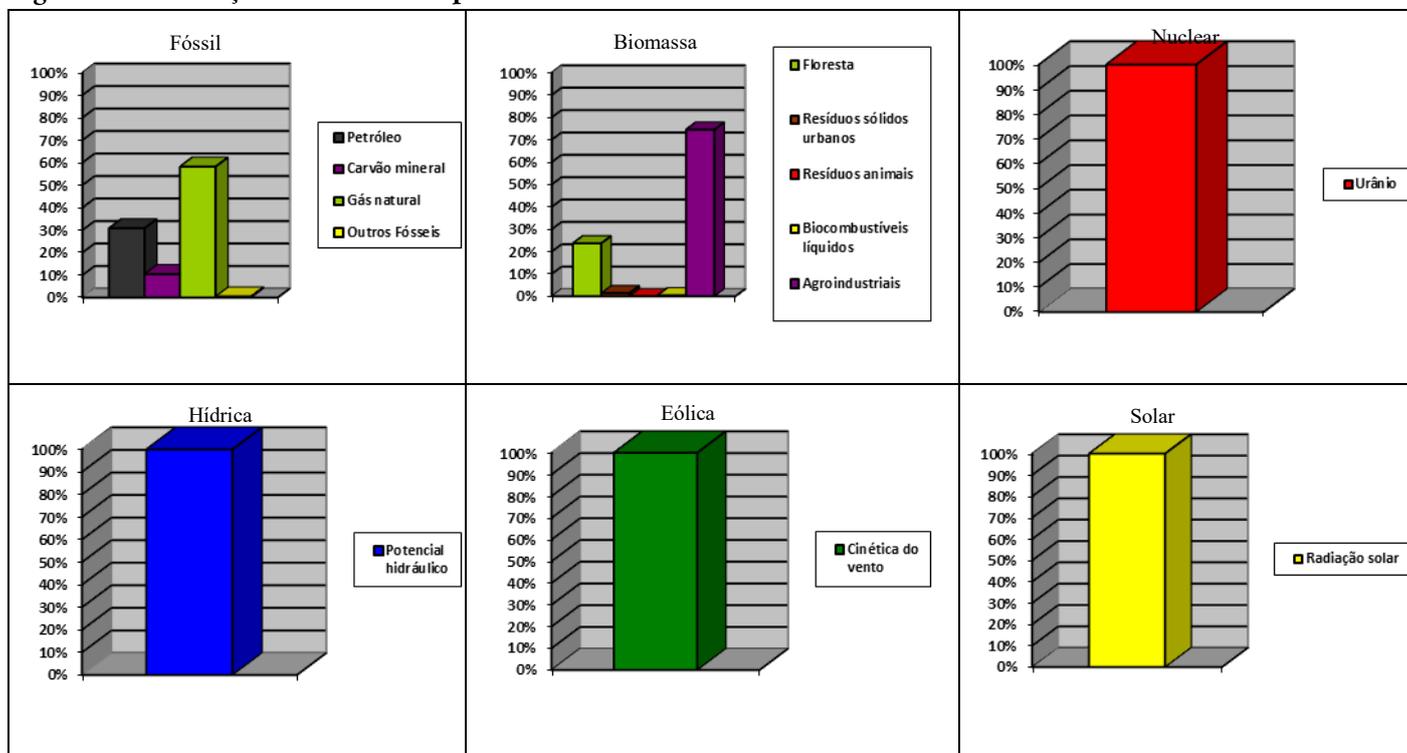
Olhando pela perspectiva da característica renovável da fonte hídrica, a situação da MEB se apresenta relativamente como positiva, se comparada às matrizes elétricas de outras nações. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018); em 2016, 43,5% de toda a energia consumida no Brasil era proveniente de fontes renováveis, enquanto no mundo esse percentual era de apenas 14%, ou seja, 3 vezes menos que o Brasil. Mas, apesar de a fonte hídrica ser concebida como energia renovável, o que é admitido como grande vantagem comparativa brasileira (HERREROS; SILVA, 2013), Berman (2012, p. 19) é enfático ao afirmar que “o forte viés para a construção de hidrelétricas deve ser motivo de preocupação e debate público, considerando que as enormes obras hidrelétricas projetadas provocam impactos devastadores e irreversíveis para o meio ambiente e grande injustiça social”. Logo, mesmo que atualmente as fontes renováveis representem 83,6% da capacidade instalada na matriz elétrica brasileira (BRASIL, 2020), grande parcela apresenta caráter de insustentabilidade dada a grande proporção de hidrelétricas, como exemplo a de Belo Monte, que, apesar de renovável devido ao uso de água, possui custos socioambientais significativos, gerando impactos principalmente no ciclo hidrológico e de mudanças no meio ambiente de modo geral, com o desaparecimento de espécies de fauna e flora, perda da qualidade de vida das populações atingidas e ameaças a vários grupos sociais. Desta forma, as hidrelétricas deixam de se enquadrar no conceito de fonte energética limpa (HERREROS; SILVA, 2013). Portanto, considerar que a fonte hídrica é uma fonte estritamente limpa não é o correto, o que aumenta ainda mais a necessidade de diversificar a MEB através de outras fontes renováveis menos impactantes, garantindo dessa forma segurança no fornecimento, eficiência no desenvolvimento do país, menores impactos ao meio ambiente e à sociedade, além de garantir um futuro mais limpo e sustentável às próximas gerações.

As fontes geradoras apresentadas na Figura 7 se decompõem de acordo com as distribuições de fontes de nível 1 (Figura 8). A matriz de energia elétrica brasileira, portanto, será, futuramente, distribuída da seguinte maneira:

## Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

**Figura 8. Distribuição futura da MEB por subfontes**

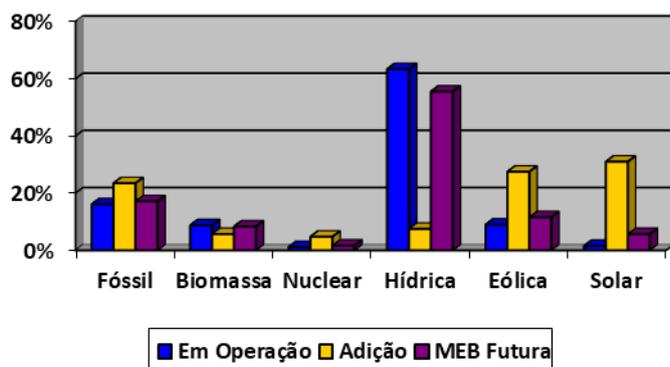


Fonte: Elaboração própria (2020)

### • Visão geral

A Figura 9 apresenta de forma integrada os três momentos de variação da MEB no que se refere à distribuição por tipo de fontes geradoras.

**Figura 9. Os três momentos da MEB – Distribuição por tipos de Fontes**



Fonte: Elaboração própria (2020)

## Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica

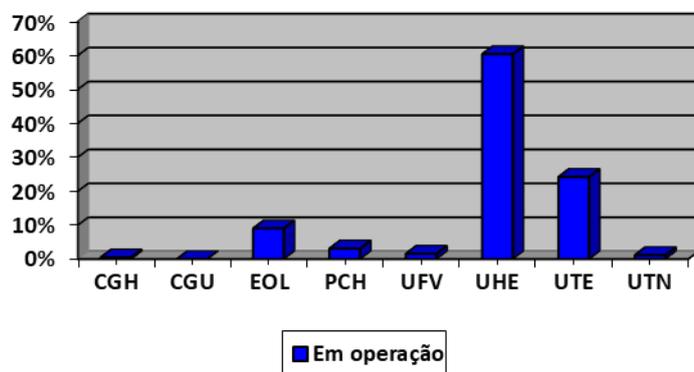
Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

### 2.1.2 Por empreendimentos geradores

- **Em operação**

Dos 170.543 MW gerados atualmente por 8.946 empreendimentos em operação, 102.998 MW advêm de empreendimentos de UHE, 41.312 MW de UTE, 15.459 MW de EOL, 5.307 MW de PCH, 2.679 MW de UFV, 1.990 MW de UTN, 795 MW de CGH e 0,05 MW de CGU. Na Figura 10 é possível perceber o quanto dependente a MEB é das usinas hidrelétricas, as mesmas que trazem insegurança no suprimento energético e diversos impactos ao meio ambiente e à sociedade.

Figura 10. Distribuição da MEB por empreendimentos<sup>4</sup>



Fonte: Elaboração própria (2020)

- **Adição**

Dos 28.162,720 MW previstos para serem adicionados à capacidade de geração elétrica do País, 8.732,179 MW serão provenientes de UFV, 8.218,404 MW de UTE, 7.744,615 de EOL, 1.705,010 de PCH, 1.350,000 de UTN, 403,900 de UHE e 8,612 MW de CGH. É possível visualizar essa distribuição do novo potencial a ser instalado na Figura 11.

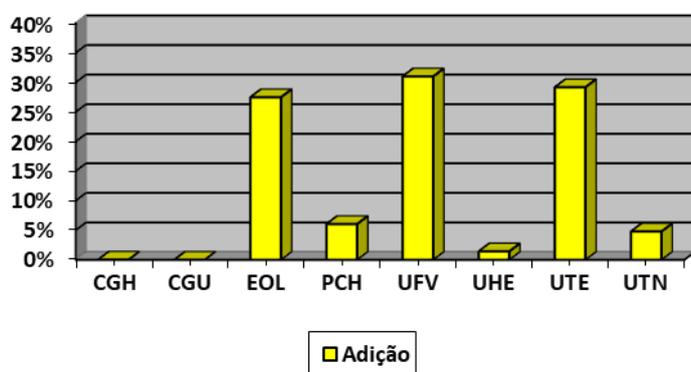
Notam-se expressivos investimentos, principalmente nos empreendimentos UFV, UTE e EOL, que representam 31,01%, 29,18% e 27,50%, respectivamente, do potencial previsto a ser adicionado à Matriz Elétrica Brasileira.

<sup>4</sup> Para estes empreendimentos apresenta-se a seguinte legenda: CGH: Central Geradora Hidrelétrica; CGU: Central Geradora Undielétrica; EOL: Central Geradora Eólica; PCH: Pequena Central Hidrelétrica; UFV: Central Geradora Solar Fotovoltaica; UHE: Usina Hidrelétrica; UTE: Usina Termelétrica; UTN: Usina Termonuclear.

## Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

Figura 11. Distribuição por empreendimentos do novo potencial a ser adicionado à MEB



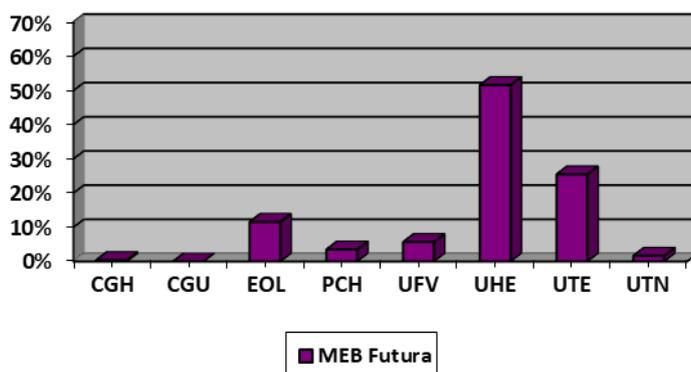
Fonte: Elaboração própria (2020)

### • Situação futura da MEB

Depois de adicionados os 28.162,720 MW na capacidade de geração, o Brasil possuirá uma capacidade de geração na ordem de 200.330 MW, dos quais 103.367 MW serão provenientes de UHE, 51.094 MW de UTE, 23.243 MW de EOL, 11.419 MW de UFV, 7.060 MW de PCH, 3.340 MW de UTN, 804 MW de CGH e 0,05 MW de CGU.

Ao se observar a Figura 12, que é resultado dos potenciais gerados atualmente somados à adição de potencial prevista para os próximos anos, comparando com a Figura 10, na qual é apresentada a distribuição de geração da MEB atual por empreendimentos, nota-se pouca variação. O que merece destaque é a ocorrência de alteração de posição no *ranking* de geração por empreendimentos: os empreendimentos UFV passarão da quinta para a quarta posição, ultrapassando os empreendimentos PCH. No mais, destaca-se a redução de quase 9% da dependência da MEB pelos empreendimentos UHE e o crescimento do potencial gerador dos empreendimentos UFV, UTE e EOL – principais responsáveis pela redução da participação dos empreendimentos UHE na Matriz.

Figura 12. Distribuição futura da MEB por empreendimentos



Fonte: Elaboração própria (2020)

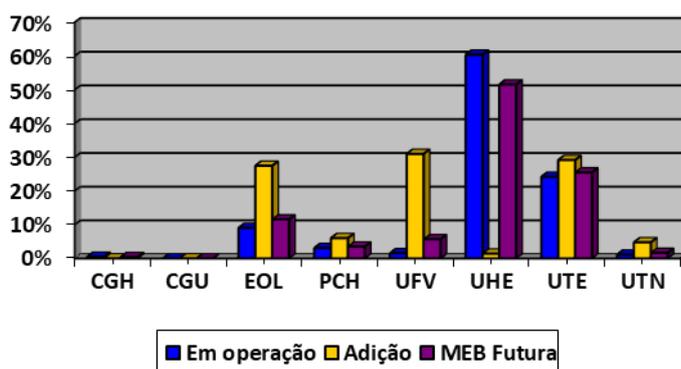
## Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

### • Visão geral

A Figura 13 apresenta de forma integrada os três momentos de variação da MEB no que se refere à distribuição por tipo de empreendimento.

Figura 13. Os três momentos da MEB – Distribuição por tipos de empreendimentos



Fonte: Elaboração própria (2020)

## 3 Resultados

### 3.1 Quanto às principais fontes de geração elétrica

Nesta pesquisa foi possível estabelecer um *ranking* das principais fontes de geração elétrica no país. Atualmente dos 170.543,079 MW gerados, 109.101,952 MW advêm de fonte Hídrica (1ª), 26.280,293 MW de Fóssil (2ª), 15.459,433 MW de Eólica (3ª), 15.032,305 MW de Biomassa (4ª), 2.679,046 MW de Solar (5ª) e 1.990,000 MW de Nuclear (6ª).

Para os próximos anos, porém, existe uma previsão de adição de pelo menos 28.162,720 MW na capacidade de geração do País, proveniente de 212 empreendimentos atualmente em construção e mais 490 empreendimentos com construção não iniciada. Neste sentido, também se estabeleceu um *ranking* de Adição de fontes geradoras, no qual, dos 28.162,720 MW que serão adicionados, 8.732,179 MW serão provenientes de fonte Solar (1ª), 7.744,615 MW de Eólica (2ª), 6.613,840 MW de Fóssil (3ª), 2.117,522 MW de Hídrica (4ª), 1.604,564 MW de Biomassa (5ª) e 1.350,000 MW de Nuclear (6ª). Nesse contexto de adição, observa-se que essa nova capacidade de geração elétrica a ser instalada vai ao encontro da diversificação das fontes geradoras da matriz elétrica brasileira, pois é possível notar investimentos em outras fontes de geração elétrica além da hídrica, sendo o mais surpreendente o potencial de geração a ser instalado, bastante superior à fonte hídrica no que diz respeito às fontes Solar, Eólica e Fóssil.

Depois de adicionados os 28.162,720 MW na capacidade de geração, o Brasil possuirá uma capacidade total de produção de energia elétrica na ordem de 200.330,300 MW, proveniente de 9.648 empreendimentos geradores. Neste sentido também se estabeleceu um *ranking* da situação futura da MEB relacionado às suas fontes geradoras, que dos 200.330,300 MW que serão gerados futuramente, 111.232,310 MW virão de fonte Hídrica (1ª), 34.379,255



## **Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica**

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

MW de Fóssil (2<sup>a</sup>), 23.243,734 MW de Eólica (3<sup>a</sup>), 16.715,726 de Biomassa (4<sup>a</sup>), 11.419,225 MW de Solar (5<sup>a</sup>) e 3.340,000 MW de Nuclear (6<sup>a</sup>). Ao observar essas informações, nota-se que, no contexto de diversificação de fontes geradoras de energia elétrica da matriz nacional, no geral, haverá pouca alteração da matriz futura em relação a atual; as posições no *ranking* de geração por fontes continuarão as mesmas; e a fonte hídrica continuará disparada na liderança. Mas a redução da dependência da MEB pela fonte hídrica de 7,86%, o que não é pouco, merece destaque. Nos dias atuais, esse número representa uma produção de energia elétrica por volta dos 13.643 MW. Ao se considerar a dependência que a MEB possuía pela fonte hídrica no ano de 2002, há 18 anos, que correspondia a 74,7%, essa redução chega a quase 20%. Portanto, continuando nesse ritmo de redução na dependência da fonte Hídrica e aumentando o potencial gerado principalmente por fontes renováveis e sustentáveis, como a Eólica e a Solar, o Brasil apresentará uma das Matrizes elétricas mais seguras do mundo e também uma das mais sustentáveis. O potencial para isso existe, é inegável, o que falta é um melhor planejamento para que resulte em melhores e assertivos investimentos.

### **3.2 Quanto aos principais tipos de empreendimentos de geração elétrica**

Nesta pesquisa também foi possível estabelecer um *ranking* dos principais tipos de empreendimentos de geração elétrica no país. Atualmente, dos 170.543 MW gerados por 8.946 empreendimentos em operação, 102.998 MW advêm de empreendimentos de UHE (1<sup>o</sup>), 41.312 MW de UTE (2<sup>o</sup>), 15.459 MW de EOL (3<sup>o</sup>), 5.307 MW de PCH (4<sup>o</sup>), 2.679 MW de UFV (5<sup>o</sup>), 1.990 MW de UTN (6<sup>o</sup>), 795 MW de CGH (7<sup>o</sup>) e 0,05 MW de CGU (8<sup>o</sup>).

Com a previsão de adição de 28.162,720 MW à capacidade de geração elétrica do País, também se estabeleceu um *ranking* de Adição de empreendimentos geradores, onde 8.732,179 MW serão provenientes de UFV (1<sup>o</sup>), 8.218,404 MW de UTE (2<sup>o</sup>), 7.744,615 de EOL (3<sup>o</sup>), 1.705,010 de PCH (4<sup>o</sup>), 1.350,000 de UTN (5<sup>o</sup>), 403,900 de UHE (6<sup>o</sup>) e 8,612 MW de CGH (7<sup>o</sup>). Nesse contexto de adição, notam-se expressivos investimentos, principalmente nos empreendimentos UFV, UTE e EOL, que representam 31,01%, 29,18% e 27,50%, respectivamente, do potencial previsto a ser adicionado à Matriz Elétrica Brasileira.

Depois de adicionados os 28.162,720 MW na capacidade de geração, o Brasil possuirá uma capacidade de geração na ordem de 200.330 MW. Desse modo, também se estabeleceu um *ranking* da situação futura da MEB relacionado aos diferentes tipos de empreendimentos geradores, onde 103.367 MW serão provenientes de UHE (1<sup>o</sup>), 51.094 MW de UTE (2<sup>o</sup>), 23.243 MW de EOL (3<sup>o</sup>), 11.419 MW de UFV (4<sup>o</sup>), 7.060 MW de PCH (5<sup>o</sup>), 3.340 MW de UTN (6<sup>o</sup>), 804 MW de CGH (7<sup>o</sup>) e 0,05 MW de CGU (8<sup>o</sup>). Ao analisar essas informações, observa-se pouca variação da matriz futura em relação à atual. O que merece destaque é a ocorrência de alteração de posição no *ranking* de geração por empreendimentos: os empreendimentos UFV passarão da quinta para a quarta posição, ultrapassando os empreendimentos PCH. No mais, destaca-se a redução da dependência da MEB pelos empreendimentos UHE e o crescimento do potencial de geração dos empreendimentos UFV, UTE e EOL – principais responsáveis pela redução de quase 9% da participação dos empreendimentos UHE na Matriz.



---

**Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica**

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

---

#### **4 Considerações finais**

Ao se observar a distribuição da Matriz Elétrica Brasileira, é possível notar a enorme dependência pela fonte hídrica e a centralização das grandes usinas hidrelétricas. Essa situação é bastante preocupante, principalmente no que diz respeito à insegurança no fornecimento em razão da vulnerabilidade que essa fonte possui diante de variações climáticas. Uma Matriz Elétrica baseada predominantemente em apenas uma fonte geradora não é uma boa estratégia para o desenvolvimento de um país, ainda mais quando ela é totalmente dependente do imprevisível clima/tempo brasileiro, o qual se mostrou implacável nos anos de 2001 e 2002, gerando intensos apagões decorrentes da falta de chuva. Neste sentido, muitos autores mostram grande preocupação referente ao futuro da matriz elétrica brasileira, principalmente por causa dessa dependência majoritária pela fonte hídrica e dadas as suas incertezas diante de períodos de escassez de chuva. Esse componente de incerteza e outros diversos fatores negativos que incidem sobre a fonte hídrica, principalmente, sobre as hidrelétricas, como: altos custos de implantação, processos de construção muito demorados, localização geográfica geralmente distante dos grandes centros urbanos (o que implica no aumento de gastos em sistemas de transmissão) e causa de diversos impactos ambientais e sociais, principalmente durante a sua instalação, corroboram para um desejo cada vez maior de diversificar a matriz elétrica brasileira. Neste sentido, muitos autores, além de considerarem a diversificação da MEB uma necessidade, apoiam que esta ocorra através de energias renováveis, visto que o Brasil possui enorme riqueza de recursos naturais, devendo aproveitá-los ao máximo em vez de importar recursos com o intuito de “resolver” os problemas de geração elétrica, permanecendo dependente de suprimentos para geração elétrica de outras nações, pagando altos preços e correndo o risco de ter o fornecimento cortado a qualquer momento, principalmente em momentos de crises – caso do Gás Natural, amplamente utilizado nas termelétricas para complementar a capacidade hídrica – ou seja, no fim das contas, não haverá nada resolvido.

Conclui-se, desse modo, que há uma necessidade quase que imperativa de diversificação da matriz elétrica brasileira, que empregue prioritariamente fontes renováveis de energia disponíveis em abundância no território brasileiro, tornando a MEB cada vez mais sustentável, segura e independente.

#### **Referências**

ALKMIM, M. H.; FABRO, A. T.; MORAIS, M. V. G. Optimization of a tuned liquid column damper subject to an arbitrary stochastic wind. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 40, n. 11, p. 551, nov. 2018.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **BIG Banco de Informações de Geração**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 14 mar. 2020.

BERMAN, C. O setor elétrico brasileiro no século XXI: cenário atual e desafios. In: MOREIRA, P. F. **O Setor elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e desafios**. Brasília: Rios Internacionais, 2012. p. 17- 22. Disponível em: <http://www.internationalrivers.org/pt>. Acesso em: 22 mar. 2020.



**Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica**

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

BERNARDY, A. R. **Análise da matriz elétrica brasileira: histórico e tendências.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Santa Catarina, campus de Araranguá, 2018. 53 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. MME. **Boletim mensal de monitoramento do sistema elétrico brasileiro.** jan. 2020. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia\\_eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico/1004](http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia_eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico/1004). Acesso em: 14 mar. 2020.

BRIGNOL, W. *et al.* Diversification of Brazilian energy matrix by connecting distributed generation sources fuelled by biogas from swine manure. *In: INTERNATIONAL UNIVERSITIES POWER ENGINEERING CONFERENCE, UPEC, 51., Sep. 2016, Coimbra, Portugal. Anais [...].* Coimbra: IEEE, 2016. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8113992/>. Acesso em: 25 abr. 2020.

CAVALCANTI, E. S. C.; PETTI, A. C. G. Assessment of SEGS-Like Power Plants for the Brazilian Northeast Region. **Journal of Solar Energy Engineering**, v. 130, n. 1, p. 014501, 1 fev. 2008.

CCEE. CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro.** Disponível em: <https://www.ccee.org.br/>. Acesso em: 1 jun. 2020.

CREPALDI, J.; AMOROSO, M. M.; ANDO, O. H. Analysis of the Topologies of Power Filters Applied in Distributed Generation Units: Review. **IEEE Latin America Transactions**, v. 16, n. 7, p. 1892–1897, Jul. 2018.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica.** Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 10 maio 2020.

FERNANDES, E. *et al.* Natural-gas-powered thermoelectricity as a reliability factor in the Brazilian electric sector. **Energy Policy**, v. 36, n. 3, p. 999-1018, Mar. 2008.

FREITAS, F. F. *et al.* The Brazilian market of distributed biogas generation: Overview, technological development and case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 101, p. 146-157, Mar. 2019.

GOMES, M. S. S. *et al.* Proposal of a methodology to use offshore wind energy on the southeast coast of Brazil. **Energy**, v. 185, p. 327-336, Oct. 2019.

HERREROS, M.; SILVA, M. A matriz elétrica como estratégia de desenvolvimento no novo paradigma do estado logístico brasileiro. *In: CONGRESSO DA SOBER: NOVAS FRONTEIRAS DA AGROPECUÁRIA NO BRASIL E NA AMAZÔNIA: DESAFIOS DA SUSTENTABILIDADE, 51., 21 a 24 jul. 2013, Belém, PA. Anais [...].*

LIMA, J. A.; SOUZA, E. P. Avaliação da sustentabilidade na geração híbrida solar e eólica. **Revista Espacios**, v. 36, p. 10, 2015.



**Matriz elétrica brasileira: uma análise na distribuição de geração da matriz elétrica**

Donisete da Silva Pereira, Romeu e Silva Neto

MENDES, M. A. *et al.* Analysis of financial impacts caused by pollution from thermal power plants in Brazilian public health system. *In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRY APPLICATIONS, INDUSCON*, 12., Nov. 2016, Curitiba, PR, Brasil. **Anais** [...]. Brazil: IEEE, 2016. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7874499/>. Acesso em: 25 abr. 2020.

NOGUEIRA, T. R. S.; RIBEIRO, P. F. An analysis on the inclusion of photovoltaic in Brazil: Technical and economic aspects. *In: IEEE PES INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES LATIN AMERICA, ISGT LATAM*, Oct. 2015, Montevideo, Uruguay. **Anais** [...]. Montevideo: IEEE, 2015. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7381215/>. Acesso em: 25 abr. 2020.

PINTO, J. T. M.; AMARAL, K. J.; JANISSEK, P. R. Deployment of photovoltaics in Brazil: Scenarios, perspectives and policies for low-income housing. **Solar Energy**, v. 133, p. 73-84, Aug. 2016.

RAIMUNDO, D. R. *et al.* Evaluation of greenhouse gas emissions avoided by wind generation in the Brazilian energetic matrix: A retroactive analysis and future potential. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 137, p. 270-280, Oct. 2018.

RAMOS, A. J. *et al.* Development of communication system for wind turbines. *In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND ELECTRICAL ENGINEERING, IEEEIC*, 15., Jun. 2015, Rome, Italy. **Anais** [...]. Rome, Italy: IEEE, 2015. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7165360/>. Acesso em: 25 abr. 2020.

RIGO, P. D. *et al.* Is the success of small-scale photovoltaic solar energy generation achievable in Brazil? **Journal of Cleaner Production**, v. 240, p. 118243, Dec. 2019.

SANTOS, N. Q.; ANTUNES, F. L. M. Proposal for the replacement of hydrothermal power generation for hydro/wind one in the Brazilian power system. *In: 2015 CHILEAN CONFERENCE ON ELECTRICAL, ELECTRONICS ENGINEERING, INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES, CHILECON*, Oct. 2015, Santiago. **Anais** [...]. Santiago, Chile: IEEE, 2015. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7400441/>. Acesso em: 25 abr. 2020.

SOUTO, T. J. M. P. *et al.* Viabilidade da bioeletricidade a partir da cana-de-açúcar. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 409, 29 Jun. 2018



Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons. Os usuários têm permissão para copiar e redistribuir os trabalhos por qualquer meio ou formato, e também para, tendo como base o seu conteúdo, reutilizar, transformar ou criar, com propósitos legais, até comerciais, desde que citada a fonte.