

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

IAGO ANDRADE LANCIA

AVANÇO DAS FONTES DE ENERGIA SOLAR E EÓLICA E PERSPECTIVAS PARA
ROBUSTEZ DO SIN ATRAVÉS DA FONTE HIDRÁULICA.

CURITIBA

2021

IAGO ANDRADE LANCIA

AVANÇO DAS FONTES DE ENERGIA SOLAR E EÓLICA E PERSPECTIVAS PARA
ROBUSTEZ DO SIN ATRAVÉS DA FONTE HIDRÁULICA.

Relatório técnico científico apresentado ao curso de Pós-Graduação em MBA em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis.

Orientadora: Profa. Mestre Jaqueline de Paula Heimann

CURITIBA

2021

Perspectivas das PCHs e CGHs e Avanço das Fontes Solar e Eólica

Iago Andrade Lancia

RESUMO

O Brasil tem um considerável potencial hídrico para produção de energia hidráulica, no entanto fatores ambientais, condicionantes climáticas e aspectos econômicos, tem resultado em não atendimento da demanda e alto custo de geração. Em paralelo a energia eólica e solar vem se desenvolvendo e aumentando seu potencial de geração. Assim, este estudo tem como objetivo geral analisar o potencial das fontes hidráulica, eólica e solar, frente a fatores ambientais, custo e geração. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em documentos científicos e governamentais publicados, por meio de revisão sistemática. Constatou-se então que as fontes eólicas e solares se mostram mais sustentáveis e com menor custo em comparação a fonte hidráulica, além de estarem se desenvolvendo consideravelmente no país. Porém, o potencial energético derivado das fontes eólica e solar ainda não têm capacidade para atender a demanda nacional, considerando expressiva a necessidade da energia hidráulica.

Palavras-chave: Energia. Matriz Elétrica. Matriz Energética.

ABSTRACT

Brazil has a considerable water potential for the production of hydraulic energy, however environmental factors, climatic conditions and economic aspects have resulted in non-compliance with demand and high generation costs. In parallel, wind and solar energy has been developing and increasing its generation potential. Thus, this study aims to analyze the potencial of hydraulic, wind and solar sources, considering environmental factors, cost and generation. For this, a bibliographic research was carried out in published scientific and government documents, through a systematic review. It was found then that wind and solar sources are more sustainable and with lower cost compared to hydraulic sources, in addition to being developing considerably in the country. However, the power generated by wind and solar sources are not yet capable of meeting the national demand, considering the significant need for hydraulic energy.

Keywords: Energy. Electrical Matrix. Energy matrix.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui um dos maiores potenciais hídricos do planeta e consequentemente uma grande parcela de sua geração proveniente da fonte hidráulica. Porém, o país vem sofrendo com as intermitências dos registros históricos dos recursos hídricos provavelmente provocada pelas mudanças climáticas

dificultando a previsibilidade de produção das hidroelétricas (EMPRESA DE PESQUISA ENÉRGICA, 2021).

Com o avanço da demanda energética, questões conjunturais e possivelmente climáticas, houve a necessidade de diversificação das fontes, principalmente por fontes despacháveis para se manter a robustez necessária ao sistema. Surgiram as usinas termoelétricas, e junto com o crescimento dessa fonte, que por sua concepção é mais nociva ao meio ambiente e possuiu um custo alto de operação, foi o modelo adotado pela ONS (Operador nacional do sistema) para garantir a previsibilidade do abastecimento elétrico. As termoelétricas, possuem diversas fontes de queima, mas no Brasil, em sua maioria, são movidas por carvão, diesel, gás natural e óleo combustível. (LAWSON, 2018).

Por outro lado, a geração de energia advinda das fontes fotovoltaica e eólica vêm crescendo devido à abrupta redução de custos de produção, ágeis avanços tecnológicos, pela abundância dos recursos naturais e por serem menos nocivas as mudanças climáticas e gases responsáveis pelo efeito estufa. Porém, essas últimas fontes têm intermitências diárias e ainda não são indicadas para darem robustez ao abastecimento do Sistema Interligado Nacional (CARVALHO, 2019).

Portanto, há uma equação a ser balanceada entre o aumento da geração hidráulica e os embargos ambientais e o aumento da robustez do SIN com o incremento das fontes eólicas e solar.

Neste contexto, este estudo tem como objetivo geral analisar o potencial de crescimento das fontes hidráulica, eólica e solar, frente a fatores ambientais, custo e geração. Por meio dos seguintes objetivos específicos:

- Analisar a matriz elétrica nacional;
- Comparar os aspectos ambientais das fontes hidráulica, eólica e solar;
- Comparar o custo de geração entre as fontes hidráulica, eólica e solar;
- Investigar a viabilidade de geração eólica e fotovoltaica para que haja

contribuição com a robustez do Sistema Interligado Nacional.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MATRIZ ELÉTRICA NACIONAL

A matriz elétrica consiste no conjunto de fontes disponíveis para que haja geração apenas de energia elétrica em uma nação. Em nível mundial, a matriz elétrica

se compõe, em sua maioria por fontes não renováveis, a Tabela 1 apresenta as fontes de energia mais consumidas no mundo para produção de energia elétrica (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2021).

TABELA 1 - MATRIZ ELÉTRICA MUNDIAL

Fonte	2020
Petróleo e Derivados	2,3
Gás Natural	23,8
Carvão Mineral	35,3
Urânio	10,3
Hidro	16,2
Outras não renováveis	0,2
Outras renováveis	11,8
Biomassa sólida	2,3
Eólica	6,3
Solar	2,9
Geotérmica	0,3
Total (%)	100
Dos quais renováveis	28,1
Total (TWh)	26.671

FONTE: Ministério de Minas e Energia (2021).

Conforme Figura 1, em todo o mundo, há um maior consumo de petróleo e derivados, carvão mineral e gás natural, desencadeando o aumento de emissão de gases poluentes na atmosfera. Do total somente 28,1% correspondem a fontes renováveis.

Silva (2017) afirma que, ao contrário da matriz energética mundial, a matriz elétrica brasileira possui sua base na produção hidrelétrica. Silva (2017) complementa que são mais de mil usinas hidrelétricas no país, o que responde por cerca de metade da produção e consumo brasileiros. A Figura 1 apresenta uma representação gráfica da matriz energética brasileira.

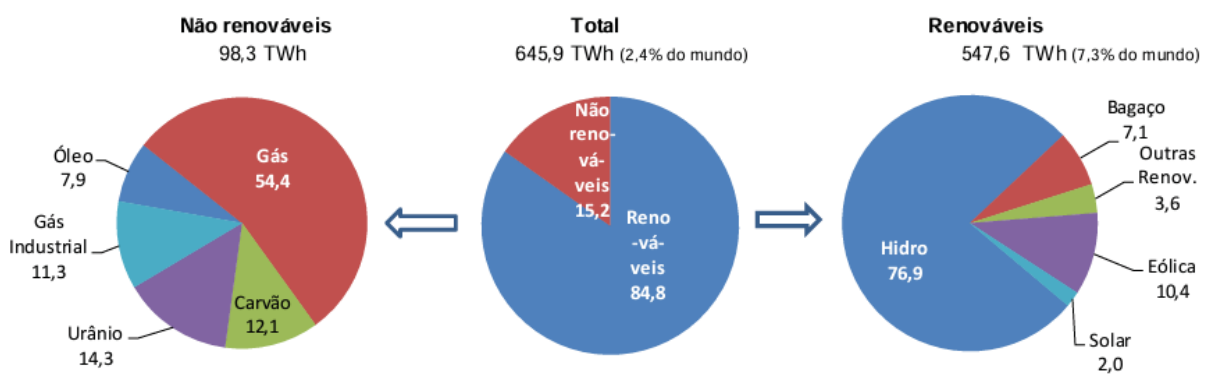


FIGURA 1 – OFERTA INTERNA DE ENERGIA – 2020 (%)

FONTE: Ministério de Minas e Energia (2021).

Observando os dados apresentados na Figura 1 nota-se que no ano de 2020, a oferta nacional de energia elétrica, foi proveniente 84,8% de fontes renováveis e 15,2% de fontes não renováveis. Das fontes renováveis, foco desse estudo, destaca-se a energia proveniente das usinas hidrelétricas (76,9%); seguido da proveniente de bagaço (7,1%); energia eólica (10,4%); outras renováveis (3,6%); solar (2%).

Comparando a matriz elétrica nacional do ano de 2020 com o ano de 2019, nota-se uma estrutura similar, com crescimento de praticamente todas as fontes, com excesso de carvão e seus derivados, gás natural e nuclear (Figura 2) (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL - BEN, 2021).

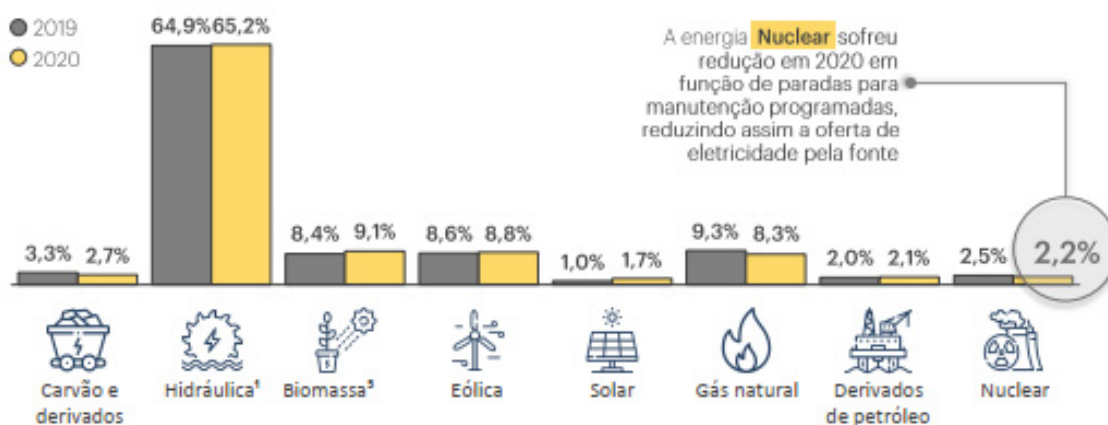


FIGURA 2 – COMPARAÇÃO DE MATRIZ ELÉTRICA 2019-2020
FONTE: BEM (2021).

No ano de 2020 a oferta total de energia foi de 645,9TWh, sendo 421TWh ofertada por fonte hidráulica. Já no ano de 2019 a oferta total de energia foi de 651,3TWh, sendo 422,8TWh ofertada por fonte hidráulica (BEM, 2021).

Apesar de 2020 ter registrado queda de 4,2% da oferta hidráulica, essa redução foi inferior à queda de 8,3% na oferta total de eletricidade, aumentando a participação da base hidráulica da matriz elétrica nacional. Porém, outras fontes como a solar, a eólica e a termoeletrônica a biomassa ganharam destaque (BEM, 2021).

De acordo com Segura (2012), a energia está relacionada diretamente à produção econômica, assim a demanda por energia é um ótimo indicador para avaliar a atividade econômica de um país, como apresenta o gráfico ilustrado na Figura 3.

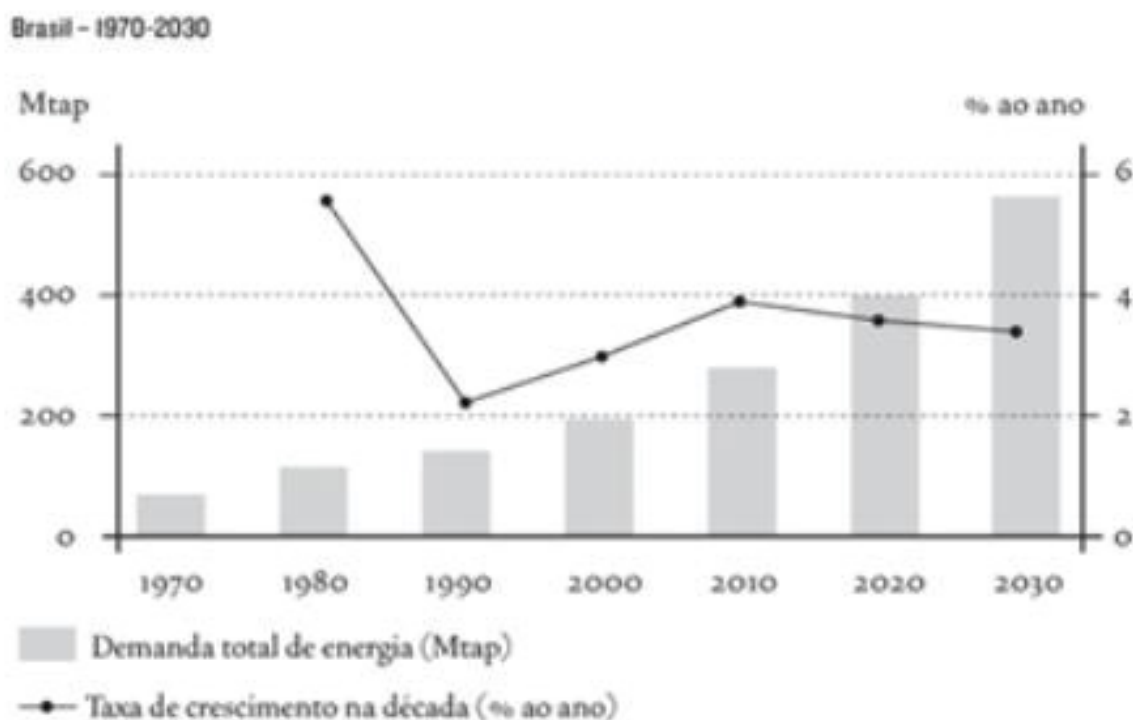


FIGURA 3 – Evolução da demanda de energia e da taxa de crescimento econômico

FONTE: Empresa de Pesquisa Energética (2012 apud Segura, 2012).

Os dados apresentados no gráfico ilustrado na Figura 3 demonstram um crescimento acentuado e considerável a partir da década de 1990, esse fato se relaciona ao crescimento econômico ocorrido neste período, assim, pode-se dizer que o desenvolvimento energético está relacionado ao crescimento econômico, uma vez que se demanda mais energia para elevar a produtividade e eficiência do capital humano (RODRIGUES, 2008).

Além disso, é notável que, comparando informações históricas com os dados atuais, houve um crescimento na diversidade da matriz energética nacional. Enquanto nos anos de 1970, 80% da energia era originária da exploração de carvão, lenha e petróleo, atualmente 84% é oriunda da energia hidrelétrica e demais fontes alternativas. Essa tendência deve se perdurar nas próximas décadas, com uma formação cada vez maior de fontes renováveis ou menos agressivas (SEGURA, 2012).

Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007) ressaltam uma clara tendência de diversificação da matriz energética brasileira. Na década de 1970 apenas duas fontes de energia, petróleo e lenha, respondiam por 78% do consumo, enquanto no ano de 2000 três fontes correspondiam a 74% do consumo: além de petróleo e lenha, a energia hidráulica. Projeta-se para 2030 um cenário em que quatro fontes serão

necessárias para satisfazer 77% do consumo: além de petróleo e energia hidráulica, cana-de-açúcar e gás natural.

2.2 ENERGIA HIDRÁULICA

A energia hidrelétrica, ou hídrica, é a obtenção de energia elétrica por meio do aproveitamento do potencial hidráulico de um rio ou lagos, transformando-as em energia mecânica para movimentar uma turbina hidráulica (MILHOMEM, 2015). Shimako (2018) afirma que no Brasil existem diversas usinas hidrelétricas, porém as 5 que geram mais energia são, em ordem decrescente de capacidade: Usina Hidrelétrica de Itaipu (Paraná), Usina Hidrelétrica de Belo Monte (Pará), Usina Hidrelétrica São Luiz do Tapajós (Pará) e Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Pará) e Usina Hidrelétrica de Santo Antônio (Rondônia).

A fonte de energia hídrica é renovável, já que seu combustível é a água, renovada constantemente pelo ciclo hidrológico. Ademais, a geração desse tipo de energia não demanda consumo de água, permanecendo o recurso hídrico disponível para outras utilizações após esta etapa. Por essa razão, a hidrelétrica se torna uma fonte economicamente competitiva, com custo de operação baixo em comparação as demais fontes (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017).

Apesar de ser uma fonte de energia renovável e não emitir poluentes, a energia hidrelétrica não está isenta de impactos ambientais e sociais. De acordo com Caus (2014) as barragens, estruturas essenciais para construção de hidrelétricas, possuem importante contribuição ao desenvolvimento, porém implicam em significativos impactos negativos, ambientais e sociais, e as ações para mitigá-los tem se mostrando insatisfatórios.

Os principais impactos ambientais ocasionados pelo represamento da água para a formação de imensos lagos artificiais são: destruição de extensas áreas de vegetação natural, matas ciliares, o desmoronamento das margens, o assoreamento do leito dos rios, prejuízos à fauna e à flora locais, alterações no regime hidráulico dos rios, possibilidades da transmissão de doenças, como esquistossomose e malária, extinção de algumas espécies de peixes. Ademais, complementa Queiroz (2013), que a inundação de áreas para a construção de barragens gera problemas de realocação das populações ribeirinhas, comunidades indígenas e pequenos agricultores. (QUEIROZ, 2013).

2.3 ENERGIA EÓLICA

O Brasil teve sua primeira turbina eólica instalada em 1992 em Fernando de Noronha. Mas só em 2002 o Governo Federal criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa). A partir do ano de 2015 esta fonte de energia renovável já estava amplamente difundida no Brasil, contando com 254 usinas eólicas instaladas com uma capacidade total instalada de 6.39GW de potência (PORTAL SOLAR, 2015). No primeiro semestre de 2021, as usinas eólicas já correspondiam a 83% do aumento da potência da matriz elétrica nacional. No mês de junho de 2021 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) liberou 407,23MW para comercialização, desse montante 284,46MW foi de fonte eólica (BRASIL, 2021).

No Brasil e em relação à crise energética existente, as perspectivas quanto a utilização da energia eólica são cada vez maiores e apesar de ser crescente no país, em âmbito mundial já movimentava cerca de 2 bilhões de dólares (ANEEL, 2016; SILVA e BRITO, 2016).

A energia eólica é uma fonte energética limpa, renovável e sustentável. As turbinas eólicas convertem a força do vento em torque, o qual é então usado para propulsionar um gerador elétrico para gerar eletricidade. Os centros de geração de energia eólica são chamados de fazendas eólicas. Os geradores eólicos são produzidos nas mais diversas potências indo desde alguns poucos Watts de potência até grandes geradores de MWs de potência (PORTAL SOLAR, 2015).

A energia eólica é uma tecnologia que não produz queima de combustíveis fósseis e com isso, não produz emissão de gases poluentes, entretanto, a implementação de uma fazenda eólica não é totalmente privada dos impactos ambientais, uma vez que demandam modificação das paisagens com suas torres e hélices e ainda são uma ameaça a aves se forem implantados em rotas migratórias. Além disso, emitem ruídos de baixa frequência, que podem desencadear incômodos e até interferências em aparelhos televisores. Outro grande problema deste sistema é o custo elevado dos geradores eólicos, entretanto, acaba se tornando uma fonte de alternativa viável, já que o retorno financeiro é a curto prazo (SILVA e BRITO, 2016).

2.4 ENERGIA SOLAR

Conforme Pinho e Galdino (2014), a energia solar provém da luz e do calor do sol. É utilizada por diferentes meios de tecnologia que se encontram em constante evolução. De acordo com Bezerra (2017), na engenharia, quando se trata de energia solar, essencialmente tem-se duas modalidades diferentes: a energia térmica e a energia fotovoltaica.

Soliano (2014) afirma que a tendência de crescimento dessa tecnologia no Brasil é das melhores, tendo em vista processos semelhantes passados por outras energias renováveis do mercado, que desde 2009 tem alcançado um crescimento significativo no mercado nacional. A irradiação brasileira é umas das maiores do mundo, perdendo apenas para a Austrália. Além disso, a menor irradiação no Brasil é superior ao maior índice de irradiação da Alemanha, que é um país referência na produção fotovoltaica.

Todos esses dados, aliados a políticas públicas de incentivo à instalação fotovoltaica, mostra um Brasil cada vez mais competitivo no cenário mundial. Uma dessas políticas é o fato de que o Ministério de Integração Nacional lançou, em abril de 2018, o principal incentivo para o crescimento da microgeração. Segundo Carvalho (2019), o incentivo contempla linhas de créditos no valor total de R\$ 3,2 bilhões para regiões do Nordeste, do Norte e do Centro-Oeste, deixando as demais regiões do país de fora desse financiamento, pois o recurso é oriundo de fundos destinados ao desenvolvimento das regiões mais precárias do Brasil, que tem, como objetivo, diminuir a diferença socioeconômica entre as 5 regiões.

Outra medida mais recente de incentivo foi a permissão de pessoas físicas poderem financiar até 80% dos itens necessários para a implantação de usinas solares pelo Programa Fundo Clima do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), criado pela Lei 12.114 em 09/12/2009 e regulamentado pelo Decreto 7.343, de 26/10/2010. Esse programa busca aplicar recursos do Fundo Nacional na compra de maquinário, na implantação de empreendimentos e no desenvolvimento de tecnologias que atuem na redução de emissões de gases poluentes e na adaptação às mudanças do clima e aos seus efeitos (CARVALHO, 2019).

De acordo com Pereira (2017), essas medidas governamentais são bastante significativas no avanço da energia solar no país, haja vista que a maioria da população brasileira é incapaz de obter essa tecnologia, com recursos próprios, por ainda ser uma tecnologia que requer um alto investimento financeiro. Essa estratégia

governista tem como principais parceiros, além do BNDES, os Bancos do Nordeste, da Amazônia e do Brasil, que passam a oferecer condições mais favoráveis a aquisição dessa tecnologia por parte dos investidores, prolongando os prazos de pagamento das dívidas e baixando as taxas de juros.

O Brasil tem grande potencial em relação a energia solar uma vez que é imensa a incidência de raios solares emitidos no território nacional, além das reservas de quartzo para a produção do silício, aplicadas na produção de células solares (AGUILAR et al., 2012).

De acordo com Nascimento (2016) a energia solar é limpa e renovável, sendo uma das fontes mais sustentáveis do mundo, já que não emite poluentes e nem faz uso de matérias-primas escassas na natureza. Tem custo inicial elevado uma vez que demanda projeto e construção de instalações para a captação da radiação solar. Porém, com o passar do tempo ela se torna mais econômica, além de mais sustentável.

Nascimento (2016) ressalta ainda que a energia solar ainda é pouco explorada no país, mesmo com o grande potencial que o Brasil tem para tal. Com sol praticamente o ano inteiro, o território brasileiro é um vasto campo a ser explorado.

3 METODOLOGIA

A fim de atingir ao objetivo proposto esta pesquisa se caracteriza como bibliográfica, por meio da análise de documentos científicos publicados nas plataformas Scielo, Capes e Google Acadêmico, além das bases de dados de organizações, entidades e do próprio governo federal, por meio de uma revisão sistemática. As palavras-chave utilizadas na busca foram: matriz energética; energia elétrica; energia solar; energia eólica; SIN; hidrelétrica; energia hidráulica. Com essas informações foi desenvolvida uma fundamentação teórica coerente e lógica, posteriormente foi desenvolvida uma discussão dos dados e informações coletados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No Brasil, a partir dos anos de 1970, começou-se a verificar uma acentuada demanda elétrica onde as fontes não renováveis correspondiam a 80% do parque

elétrico nacional. De lá para cá, esta participação ficou cada vez mais reduzida, dando espaço a outras fontes: energia hidráulica, biomassa e o gás natural. Analisando os resultados apresentados notou-se que a matriz elétrica brasileira se destaca por ser estruturada em fontes renováveis (SEGURA, 2012).

Até 2050, a demanda por energia elétrica no Brasil deve triplicar segundo estimativas da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e do Ministério de Minas e Energia. Mesmo com um sistema de fontes renováveis, atender a essa futura demanda, por meio de um sistema confiável, sustentável e acessível aos consumidores será um desafio (GALILEU, 2015).

No Brasil, os desafios de uma escala voltada para as fontes alternativas de energia se apresentam em níveis de intensidade proporcionais ao seu território de dimensões continentais. Um dos desafios está relacionado ao aproveitamento elétrico dos recursos naturais, espalhados de forma heterogênea nas mais variadas regiões do país. De fato, é inegável considerar que o Brasil tem propensões promissoras para a geração energética com recursos renováveis (REIS, FADIGAS e CARVALHO, 2012).

O Brasil é uma nação com nível de desenvolvimento ainda insuficiente, qual se associam um baixo consumo específico de energia, carência de infraestrutura energética e concentração do uso das riquezas naturais. Apresentando uma desvantagem comparativa no setor energético, relacionada à abundância de recursos naturais a baixos custos em termos relativos. O setor energético brasileiro não pode prescindir de um processo de conhecimento contínuo, sistematizado e dinâmico em face dos desafios de criar condições para a rápida expansão de oferta e de implantar o processo de diversificação da matriz energética, fundamental como posicionamento estratégico perante o panorama energético mundial (CARVALHO, 2019).

Além de um enorme potencial na produção de combustíveis fósseis, o Brasil faz parte do grupo de países em que a produção de eletricidade é proveniente, na sua maior parte, de usinas hidroelétricas. Para compor esse novo quadro de matriz energética, existe um enorme potencial nas fontes renováveis, como a Energia Eólica e Solar (BEZERRA, 2017).

Conforme a Diretora da Aneel Elisa Bastos (2021, online):

O Brasil vem passando por uma grande transformação de sua matriz, mas mantendo foco em uma expansão a partir de fontes renováveis. Por muito tempo essa característica esteve relacionada às nossas grandes usinas

hidrelétricas. Porém, na última década, a participação percentual dessas usinas vem caindo e isso tem ocorrido como consequência de restrições ambientais a projetos hidrelétricos com grandes reservatórios e pelo natural esgotamento dos melhores potenciais de geração.

A Tabela 2 apresenta comparativo de vários aspectos envolvendo as fontes hidrelétrica, eólica e solar.

TABELA 2 – COMPARATIVO DE FONTES

	Energia hidrelétrica	Energia eólica	Energia solar
Impacto ambiental	De médio a alto	De baixo a médio	De baixo a médio
Contribuição para o efeito estufa	Baixo	Baixo	Baixo
Investimento inicial	Elevado	Médio	Baixo
Custo de operação	Elevado	Baixo	Baixo
Preço (R\$/MW) Base leilão 7/2021 (mediana)	206,28	150,65	136,75
Contribuição com a robustez SIN	Alta	A depender da época do ano	A depender da incidência solar

FONTE: Autor (2021).

Até 2030, as energias renováveis, eólica e solar, devem gerar juntas quase 500 TWh. Este fato abrirá uma grande vantagem do Brasil frente a outras nações, visto que a dimensão territorial e o clima tropical permitem a captação de energia de fontes diversas (SEGURA, 2012). Porém, o Brasil ainda vive uma grande desigualdade energética, de acordo com estudo apresentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) milhões de brasileiros ainda não têm energia elétrica em casa (ROMÃO, 2017).

As energias eólicas e solares são consideradas as fontes mais baratas do mundo, uma vez que, são provenientes de fontes inesgotáveis e gratuitas, ou seja, o vento e o sol, além disso, com a avanço de suas tecnologias, tendem a terem seus custos cada vez mais minimizados. Analisando preço médio, com base no Leilão 7/2021 (BRASIL, 2021), a energia hidrelétrica apresenta custo por MW de R\$206,28; a energia eólica por sua vez apresenta custo de R\$150,65; já a energia solar, destaca-se como a de menor custo, R\$136,75.

Conforme Lazard (2021), muito se tem discutido sobre qual seria a fonte de energia elétrica mais barata do mundo, porém, com o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica, cada vez mais especialistas recomendam seu uso, visando mitigar

as consequências ambientais e garantir uma economia em termos de valor na conta de luz.

Comparando a energia solar com a eólica, se sobressaem os aspectos de custo e eficiência, além da radiação solar ser considerada infinita. Assim, a energia solar, mesmo atualmente não possuindo os incentivos fiscais e regulatórios suficientes, cresce exponencialmente à medida que as empresas e pessoas investem em sua tecnologia.

No que tange o investimento inicial, a energia hidrelétrica apresenta investimento elevado; enquanto a energia eólica apresenta investimento médio; já a energia solar apresenta investimento inicial baixo. Em contrapartida, o custo de manutenção é inferior a fonte hidrelétrica. Portanto a energia solar e eólica apresentarem investimento inicial inferiores a energia hidrelétrica e baixo impacto ambiental, tornando-as mais interessantes na perspectiva ambiental e econômica.

No decorrer de seu avanço, as energias solar e eólica tornaram-se cada vez mais competitivas em relação às fontes de energia convencionais, pois oferecem mais benefícios econômicos, além de minimizarem os impactos ambientais, configurando-se como energias sustentáveis. Ainda assim, foi avaliado, em alguns casos, que os custos de capital dessas tecnologias foram convergentes, porém, também foram apresentadas melhorias em sua eficiência operacional, o que levou ao aumento, ainda que mínimo, de seu valor no mercado, por serem capazes de se desenvolver tecnológica e industrialmente com facilidade, reduzindo despesas operacionais (LAZARD, 2021, p.1).

No que tange os impactos ambientais e sociais, a energia eólica e solar apresentam-se menos nocivas em comparação a energia gerada por fonte hidrelétrica. Assim, diversos estudos defendem a aplicação das matrizes eólica e solar para produção de energia em larga escala no Brasil. Ao contrário das hidrelétricas, as energias eólica e solar não causam menos impactos socioeconômicos negativos, além de não afetarem a biodiversidade regional.

No que tange a contribuição com o SIN (2021) a energia hidrelétrica corresponde a 108.697MW, ou seja, 63,1%. A energia eólica registrou recorde (17/10/2021) atingindo pico de 12.140MW, a previsão é atingir 19.689MW até o final do ano de 2021, correspondendo a 11,4% da matriz nacional. Quanto a energia solar atingiu (em setembro de 2021) 3,8MW, a previsão é finalizar o ano de 2021 com a marca de 4.397MG, correspondendo a 2,6% da matriz nacional (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2021).

No entanto, apesar de todos os benefícios identificados das fontes energéticas eólica e solar em comparação a hidrelétrica, essas fontes ainda não são capazes de atender sozinhas a demanda nacional, uma vez que são fontes que dependem de condições climáticas específicas das regiões as quais são instaladas. Ademais, ainda faltam incentivos para que esses sistemas se disseminem no país (TOLMASQUIM, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste estudo ficou evidente que o Brasil possui uma ampla variedade de fontes em sua matriz energética, e tem 84% de sua matriz elétrica gerada por fontes renováveis. Entretanto, a energia hidrelétrica ainda ocupa o top do ranking e as demais fontes renováveis ainda são pouco exploradas. Ademais, o potencial nacional para geração de energia por meio de fonte solar e eólica é crescente, e estas já contribuem com a matriz elétrica nacional de forma significativa.

No entanto, as fontes eólica e solar ainda não são suficientes para suprir a totalidade da demanda nacional, mesmo frente a todos os seus benefícios ambientais e de garantirem menores custos a população, uma vez que dependem de fatores e condicionantes climáticas locais e precisam ser ainda mais incentivadas pelo Governo Federal.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, R.S; et al. **Energia renovável: os ganhos e os impactos sociais, ambientais e econômicos nas indústrias brasileiras.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012. **Anais....** Bento Gonçalves. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2012.

ANEEL. **Essencial para a energia. Essencial para o Brasil.** (2016). Disponível em: http://www.aneel.gov.br/aneel-essencial/-/asset_publisher/c4M6OIOMkLad/content/evolucao-da-energia-eolica-no-brasil?inheritRedirect=false. Acesso em: 06 out. 2021.

ANEEL. **Resultados de Leilões.** (2021). Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/resultados-de-leiloes>. Acesso em: 29 out. 2021.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório Síntese 2021.** Ano base 2020.

BASTOS, E. **Entenda como a matriz elétrica brasileira está mudando.** (2021). Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/entenda-como-a-matriz-eletrica-brasileira-esta-mudando>. Acesso em: 29 out. 2021.

BEZERRA, I. L. **Dimensionamento de equipamentos de energia solar fotovoltaica aplicados ao bombeio mecânico com hastes.** Monografia (Bacharel em Engenharia de Petróleo). Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. Natal. 2017.

BRASIL. **Usinas eólicas respondem por 83% do acréscimo de potência no primeiro semestre de 2021.** (2021). Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/07/usinas-eolicas-respondem-por-83-do-acrescimo-de-potencia-no-primeiro-semester-de-2021#:~:text=O%20Brasil%20concluiu%20o%20primeiro,desde%20o%20in%C3%A9cio%20do%20ano..> Acesso em: 25 out. 2021.

CARVALHO, C. E. B. **Bombeamento fotovoltaico de água para pequenas propriedades rurais do semiárido brasileiro: dimensionamento técnico e financeiro.** Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica). Instituto Federal da Bahia. Paulo Afonso. 2019.

CAUS, T. R. **Energia hidrelétrica: eficiência na geração.** Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos. Universidade Federal de Santa Maria. Camargo. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica.** (2021). Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 15 out. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota técnica DEA 015/17 Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2026.** Nota técnica DEA 015/17. Rio de Janeiro. 2017.

GALILEU. **Fontes renováveis serão protagonistas no futuro da energia do Brasil.** (2015). Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Caminhos-para-o-futuro/Energia/noticia/2015/11/fontes-renovaveis-serao-protagonistas-no-futuro-da-energia-do-brasil.html>. Acesso em: 07 de outubro de 2021.

LAZARD. **Levelized cost of energy, levelized cost of storage, and levelized cost of hydrogen** (2021). Disponível em: <https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-levelized-cost-of-storage-and-levelized-cost-of-hydrogen/>. Acesso em: 29 out. 2021.

MILHOME, A. T. **Análise comparativa da eficiência energética das pequenas centrais hidrelétricas de Isamu Ikeda e Lajeado.** Monografia (Tecnólogo em Sistemas Elétricos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. Palmas. 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Resenha Energética Brasileira Exercício de 2020.** 2021.

NASCIMENTO, R. S. **Fontes alternativas e renováveis de energia no brasil: métodos e benefícios ambientais.** XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba. 2016.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Evolução da capacidade instalada no sin - dez2021/ dez2025.** (2021). Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 29 out. 2021.

PEREIRA, B. E. L. **Análise de viabilidade econômica de implantação de um sistema de geração elétrica através de painéis fotovoltaico em sítio aeroportuário.** Monografia (Especialista em Eficiência Energética aplicada aos processos produtivos). Universidade Federal de Santa Maria. Nova Hamburgo. 2017.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Ed. Revisada e Atualizada, Rio de Janeiro, 2014.

PORTAL SOLAR. **Energia Renovável.** (2015). Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-renovavel.html>. Acesso em: 05 out. 2021.

QUEIROZ, R.; et al. **Geração de energia elétrica através da energia hidráulica e seus impactos ambientais.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET n. 2236 - v. 13 n. 13. Santa Maria: UFSM, 2013.

REIS, L. B. DOS; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável.** 2ª rev. Ed. Barueri, SP: Manole, 2012.

RODRIGUES, M. DO C. **Economia, energia e meio-ambiente: elementos para a formulação de políticas públicas e análise de oportunidades de investimentos.** Dissertação (mestrado). Universidade do vale do rio dos sinos. São Leopoldo. 2008.

ROMÃO, A. **Milhões de brasileiros ainda não têm energia em casa, diz Aneel.** (2017). Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2017/04/milhoes-de-brasileiros-ainda-nao-tem-energia-em-casa-diz-aneel.html>. Acesso em: 15 out. 2021.

SEGURA, M. L. **A evolução da matriz energética brasileira: o papel dos biocombustíveis e outras fontes alternativas.** (2012). Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/edicoes/revista-96/a-evolucao-da-matriz-energetica-brasileira-o-papel-dos-biocombustiveis-e-outras-fontes-alternativas/>. Acesso em: 14 out. 2021.

SHIMAKO, M. Z. **O potencial hidrelétrico brasileiro e a maior usina geradora de energia do Mundo.** (2018). Disponível em: <http://www.usp.br/portallbiosistemas/?p=7865>. Acesso em: 07 de out. 2021.

SILVA, L. R. M. **Comparação dos custos de geração de energia elétrica entre tecnologias despacháveis e intermitentes no Brasil**. Dissertação (Mestre em Finanças e Economia Empresarial). Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro. 2017.

SILVA, M. S. T.; BRITO, S. O. **Impactos ambientais associados à construção de empreendimentos elétricos no setor de distribuição de energia**. Revista Faroeciência, v. 1, n. 1, p. 266-280, 2016.

SOLIANO, O. **Novas alternativas para matriz energética da Bahia**. (2018). Disponível em:

<http://www.cienciaecultura.ufba.br/agenciadenoticias/noticias/destaques/novas-alternativas-para-a-matriz-energetica-da-bahia/>. Acesso em: 06 out. 2019.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Planejamento E Operação Do Sistema Elétrico Brasileiro. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

TOLMASQUIM, M. T. **Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear**; EPE; Rio de Janeiro, 417p, 2016.

LAWSON, A, PEREIRA, G. **Termelétricas e seu papel na matriz energética brasileira**. (2018). Disponível em:

<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/20398/Coluna%20Opinia%20Fevereiro%20-%20Termelétricas%20-%20Andre%20e%20Guilherme.pdf>