

PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS DAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS INTERMITENTES NO NORDESTE BRASILEIRO

João Cesar Silva Pastor (Pe) - joacesar.jcp@gmail.com

Ana Vitória de Almeida Macêdo (UFRPE) - anavitoria.macedo@ufrpe.br

Resumo:

As fontes de geração de energia elétrica convencionais geralmente já estão plenamente desenvolvidas e podem vir de recursos renováveis e não renováveis, são caracterizadas pelo baixo custo, grande impacto ambiental e tecnologia difundida. É caracterizada pela energia elétrica proveniente de fontes de geração como grandes hidrelétricas e termelétricas. Enquanto as não convencionais podem ser funcionais, mas ainda estão se desenvolvendo e usam recursos renováveis. É a energia gerada a partir de fontes solar, eólica, biomassa e cogeração ou a partir de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). Também chamadas de energias renováveis intermitentes, são soluções para diminuir o impacto ambiental. Com o intuito de promover o desenvolvimento de fontes não convencionais no processo de produção de energia elétrica, a legislação brasileira criou incentivos para estimular empreendedores e consumidores a investirem nesse segmento do mercado de energia. Foi criada também a figura dos agentes incentivados (gerador incentivado e consumidor especial), aqueles que comercializam energia proveniente de biomassa, energia eólica ou solar e PCH, uma vez verificados alguns condicionantes regulatórios (potência gerada e consumo). O Nordeste brasileiro tem se destacado na implantação das fontes eólica e solar, assim como na participação da cogeração utilizando o bagaço de cana (biomassa). Dessa forma o tema é de extrema relevância para que seja traçado um panorama atual e perspectivas futuras em geração de energia na região Nordeste do país. Consequentemente, sabendo da utilização de usinas termelétricas com combustível fóssil, propor sugestões de substituição gradual desta fonte pelas renováveis intermitentes.

Palavras-chave: *Energia eólica, Energia Solar, Energias renováveis*

Área temática: *Mercado, economia, política e aspectos sociais*

Subárea temática: *Estratégias e políticas para energias renováveis*

PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS DAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS INTERMITENTES NO NORDESTE BRASILEIRO

João Cesar Silva Pastor – joacesar.jcp@gmail.com

Ana Vitória de Almeida Macêdo – anavitoria.macedo@ufrpe.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Cabo de Santo Agostinho – UACSA

Resumo. *As fontes de geração de energia elétrica convencionais geralmente já estão plenamente desenvolvidas e podem vir de recursos renováveis e não renováveis, são caracterizadas pelo baixo custo, grande impacto ambiental e tecnologia difundida. É caracterizada pela energia elétrica proveniente de fontes de geração como grandes hidrelétricas e termelétricas. Enquanto as não convencionais podem ser funcionais, mas ainda estão se desenvolvendo e usam recursos renováveis. É a energia gerada a partir de fontes solar, eólica, biomassa e cogeração ou a partir de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH). Também chamadas de energias renováveis intermitentes, são soluções para diminuir o impacto ambiental. Com o intuito de promover o desenvolvimento de fontes não convencionais no processo de produção de energia elétrica, a legislação brasileira criou incentivos para estimular empreendedores e consumidores a investirem nesse segmento do mercado de energia. Foi criada também a figura dos agentes incentivados (gerador incentivado e consumidor especial), aqueles que comercializam energia proveniente de biomassa, energia eólica ou solar e PCH, uma vez verificados alguns condicionantes regulatórios (potência gerada e consumo). O Nordeste brasileiro tem se destacado na implantação das fontes eólica e solar, assim como na participação da cogeração utilizando o bagaço de cana (biomassa). Dessa forma o tema é de extrema relevância para que seja traçado um panorama atual e perspectivas futuras em geração de energia na região Nordeste do país. Consequentemente, sabendo da utilização de usinas termelétricas com combustível fóssil, propor sugestões de substituição gradual desta fonte pelas renováveis intermitentes.*

Palavras-chave: *Energia eólica, Energia Solar, Energias renováveis*

1. INTRODUÇÃO

As fontes de energia renováveis como a energia eólica e solar representam um conceito de geração de energia mais limpa e que agride menos o meio-ambiente.

Os avanços tecnológicos têm permitido que essas fontes de energia, eólica e solar, tornem-se mais eficientes e economicamente viáveis, competindo com as fontes mais tradicionais de geração de energia no Brasil, uma vez que, calculando o impacto ambiental causado por fontes de geração de energia como a hidrelétrica, o valor total se assemelha ao das fontes eólica e solar. Neste quesito a energia eólica tem se apresentado mais promissora por ser mais viável economicamente, uma fonte de energia limpa, que tem conseguido gerar cada vez mais energia devido aos novos parques eólicos e às tecnologias disponíveis no mercado que permitem a diminuição de uma série de problemas como o ruído causado pelas torres eólicas, por exemplo (Montezano, 2012).

O Brasil tem um grande potencial eólico e isso começou a despertar cada vez mais a atenção para esta fonte de geração de energia elétrica, principalmente na região Nordeste, carente em outras fontes energéticas. A geração de energia por meio tanto de usinas eólicas como solares representou um grande avanço tecnológico, econômico e social para a região Nordeste do país. Esta região tem um potencial de geração de energia abundante devido sua localização em relação à linha do Equador, onde os raios do sol incidem diretamente e concentra a maior parte do potencial eólico do Brasil. Constantemente chegando a picos de fator de capacidade dos geradores e batendo recordes na produção de energia eólica.

Segundo o Banco de Informação de Geração (BIG), em 2019, o país conta com 592 usinas eólicas e tem uma capacidade de produção de aproximadamente 14,6 gigawatts que representam em torno de 8,96% da matriz nacional (ANEEL, 2019).

O Brasil é um destaque mundial no quesito geração de energia limpa, causando um impacto menor ao meio-ambiente, conta com 85% de sua matriz elétrica proveniente de fontes renováveis e apresenta-se ainda como o 8º maior produtor de energia eólica no mundo de acordo com o *Global Wind Energy Council* (GWEC, 2018). Desta forma para manter a matriz energética limpa o país investe cada vez mais nestas fontes de geração de energia contando com um grande potencial ainda por ser explorado das fontes de energia solar e eólica.

2. ENERGIAS RENOVÁVEIS

2.1 Energia eólica

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o

emprego de turbinas eólicas, também denominados aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água (ANEEL, 2003).

A geração de energia elétrica por meio de turbinas eólicas constitui uma alternativa para diversos níveis de demanda, as pequenas centrais podem suprir pequenas localidades distantes da rede de energia, contribuindo para o processo de universalização do atendimento. Quanto às centrais de grande porte, estas têm potencial para atender uma significativa parcela do Sistema Interligado Nacional (SIN) com importantes ganhos: contribuindo para a redução da emissão, pelas usinas térmicas, de poluentes atmosféricos; diminuindo a necessidade da construção de grandes reservatórios; e reduzindo o risco gerado pela sazonalidade hidrológica (ANEEL, 2003).

Para gerar eletricidade, o aerogerador funciona de maneira similar a um moinho de vento, em que a energia das massas de ar é convertida em energia mecânica, auxiliando agricultores com a moagem de grãos e bombeamento de água. Na turbina eólica, o vento movimenta as pás e faz girar o rotor que, conectado ao gerador, converte essa energia mecânica em energia elétrica.

Impactos ambientais da Energia Eólica. Os impactos ambientais associados à energia eólica possuem um caráter bastante específico e fortemente dependente da localização selecionada para a instalação do parque eólico. Na Europa, onde existe maior experiência com a operação de parques eólicos, estudos mostram que os impactos considerados mais críticos são: impacto visual, ruído acústico e os impactos sobre a fauna. Porém, esses impactos vêm sendo questionados no Brasil, onde os problemas ambientais encontrados são diferentes aos da Europa e Estados Unidos.

No Brasil, questionamentos quanto ao impacto visual vêm sendo levantados por ambientalistas e pesquisadores em razão do número significativo de empreendimentos instalados ou em instalação em dunas de areia e outros pontos de grande interesse turístico. As dunas possuem características dinâmicas que produzem movimentação ao longo dos dias, meses e anos. Com a implantação de parques eólicos esta migração natural pode ser alterada ou, na pior condição, parar de acontecer, ocasionando diversos problemas ambientais. A alteração paisagística causada pela presença dos aerogeradores pode causar uma desvalorização monetária da região, atingindo a economia local com a redução do valor dos imóveis e redução da atividade turística (Pinto *et al*, 2017). Isto ocorre mais comumente na região litorânea, por serem áreas de lazer e veraneio. Por outro lado, como estética implica em subjetividade, podem ocorrer situações em que um parque eólico se transforma em atração turística, devido a sua imponência e por representar o desenvolvimento tecnológico.

Vários trabalhos científicos argumentam que aerogeradores poderiam aumentar a mortalidade de aves, porém este fato está relacionado principalmente com os primeiros parques eólicos, para os quais não se exigia um estudo de rotas migratórias de aves antes da sua instalação (Pinto *et al*, 2017).

Outro fator é a poluição sonora, visto que as turbinas de vento geram dois tipos de ruído: mecânicos e aerodinâmicos. O ruído mecânico é gerado por peças mecânicas e elétricas da turbina, enquanto o ruído aerodinâmico é gerado pela interação das lâminas com o ar. A emissão de ruído de turbina eólica é uma combinação de ambos. Portanto, existem dois tipos principais de métodos para medir as emissões de ruído de turbina eólica. Um deles, é usar modelos de previsão como modelos semi-empíricos, e a outra é seguir as normas internacionais ou recomendações da Agência Internacional Ambiental, com a ajuda de dispositivos de medida (Azevedo *et al*, 2016).

Num parque eólico, o nível de ruído a certa distância a partir de um grupo de turbinas de vento também está relacionado com o número de turbinas em operação. Por exemplo, o nível de pressão sonora em uma casa localizada a 500 m de distância de uma única turbina eólica normalmente varia de 25 a 35 dBA. À mesma distância, os níveis de ruído gerado por 10 turbinas eólicas de operação podem variar de 35 dBA a 40 dBA (Azevedo *et al*, 2016).

2.2 Energia Solar

Quase todas as fontes de energia – hidráulica, biomassa, eólica, combustível fóssil e energia dos oceanos – são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico.

A conversão de energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Com destaque o efeito fotovoltaico caracteriza-se pelos fótons contidos na luz solar serem convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares. Entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais utilizados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica. No Brasil, o aquecimento de água é mais encontrado nas regiões Sul e Sudeste, devido a características climáticas, e a geração fotovoltaica, nas regiões Norte e Nordeste (ANEEL, 2003).

Impactos ambientais da Energia Solar. Parte dos impactos socioambientais da geração fotovoltaica é decorrente de atividades associadas à construção das usinas, como a movimentação de terra e implantação de vias de acesso, entre outros. Também podem ocorrer interferências sobre a fauna e flora, eventualmente no caso de usinas que demandem significativa supressão vegetal, e na paisagem, principalmente em locais de grande beleza cênica, onde as instalações podem gerar impactos visuais negativos. Por conta de sua flexibilidade locacional, áreas com menor impacto visual podem ser escolhidas e a necessidade de supressão de vegetação nativa para instalação das usinas pode ser minimizada,

sendo fundamental a gestão pública local, em parceria com a sociedade civil e empreendedores, para garantia da qualidade socioambiental dos projetos (EPE, 2019).

Cabe mencionar ainda que podem ocorrer emissões de poluentes e gases de efeito estufa por conta de energias fósseis utilizadas na geração de eletricidade para a produção de materiais para células, módulos e sistemas fotovoltaicos. No entanto, essa emissão irá divergir de acordo com a matriz energética do país onde ocorra o processo produtivo (EPE, 2019).

2.3 O Rio São Francisco e a energia hidráulica

A Região do São Francisco tem importante papel na geração de energia elétrica, destacam-se as usinas de Xingó (3.162 MW), Paulo Afonso IV (2.462 MW), Luiz Gonzaga (1.479 MW) e Sobradinho (1.050 MW). O aproveitamento hidrelétrico do Rio São Francisco representou a base de suprimentos de energia do Nordeste (ANA, 2018).

O potencial hidro energético estimado chega a 36.300 MW. Entretanto, o potencial hidrelétrico instalado corresponde a 17% do total nacional, segundo a ANEEL. As maiores vazões da bacia ocorrem no mês de março, enquanto as menores ocorrem entre os meses de setembro e outubro. Em 95% do tempo, a vazão na foz é maior ou igual a 854 m³/s (Xavier *et al*, 2019)

Desde 2012, a bacia do rio São Francisco vem enfrentando, ano após ano, valores de precipitação abaixo da média histórica, o que tem resultado em uma redução significativa nas vazões afluentes aos reservatórios das hidrelétricas da bacia do rio São Francisco, levando-os aos níveis de armazenamento mais baixos já registrados, e colocando em risco o atendimento continuado aos usos múltiplos da água (ANA, 2018).

Além disso, o projeto de transposição do Rio São Francisco representa perdas na geração de energia elétrica nas usinas hidrelétricas que se encontram ao longo do rio. De acordo com o Ministério da Integração serão perdidos 137 MW médios em energia firme em decorrência da captação para o projeto de transposição. Além desta perda estima-se que será necessária uma potência da ordem de 300 MW para atender ao sistema de bombeamento (Serra e Lima, 2019).

3. DIAGNÓSTICO QUANTITATIVO DAS FONTES EÓLICA E SOLAR E SUAS CONTRIBUIÇÕES NA MATRIZ ELÉTRICA

A produção de energia eólica no Brasil já é algo concreto, uma vez que é responsável por 14 GW de potência instalada e com grande capacidade de expansão nos próximos anos. Até 2026, o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Ministério de Minas e Energia (MME), em seu cenário de referência, indica contratação adicional de 12GW de energia eólica para atender o crescimento de demanda esperado. No cenário alternativo de demanda (com maior taxa de crescimento da demanda futura), essa necessidade adicional chega a praticamente 20 GW.

Para atingir estes valores indicados, existe mais de 25 GW em projetos cadastrados para futuros leilões, o que mostra o tamanho interesse dos empreendedores pela energia eólica e a disponibilidade da fonte (Haydt e Rosa, 2018). Essa capacidade de expansão se baseia no fato do grande potencial elétrico que tem o Nordeste e diante do baixo custo operacional da fonte eólica, diante desta viabilidade, ela torna-se mais competitiva com outras fontes de geração. A energia eólica agride menos o meio ambiente e é uma fonte limpa de geração, estas vantagens facilitam sua capacidade de expansão no cenário elétrico brasileiro. Apesar de contribuírem na matriz elétrica, as energias eólica e solar apresentam variações que devem ser consideradas para garantir a segurança do SIN que por isso, precisa apresentar uma capacidade complementar. O Sistema Interligado Nacional contribui para que as fontes renováveis reduzam ainda mais seus custos, uma vez que há o intercâmbio energético, com a exportação da energia gerada de uma região para outra.

Devido a variabilidade da carga, é necessária uma análise horária que capture tais variações e seus impactos operativos e econômicos. Por isso, uma análise de dados em tempo real é fundamental para uma inserção com segurança das fontes não despacháveis e com alta variabilidade, além de permitir a valoração da flexibilidade das fontes atuais (Haydt e Rosa, 2018).

O avanço na geração de energias renováveis iniciou-se em 2002 com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), que passou por algumas dificuldades, mas foi o responsável pelo incremento da energia eólica na matriz nacional que graças a seu potencial eólico essa difusão tornou-se um sucesso (Losekann e Hallack, 2019). O setor eólico conta com o apoio do governo que ajuda com uma série de isenções em impostos para atrair parques eólicos e fornecedores como é o caso da isenção concedida por vários Estados do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS).

O Brasil conta também com um grande potencial para a geração de energia solar, entretanto, ela ainda representa uma pequena parcela da matriz elétrica nacional. Há um esforço para que a energia solar possa ter cada vez mais destaque na nossa matriz, aproveitando o potencial ainda inexplorado que apresenta o território brasileiro. Uma das formas de aumentar a participação dessa fonte de energia é por meio da geração elétrica nas residências, estabelecimentos e indústrias que instalam painéis fotovoltaicos assim como por meio das usinas de energia solar. Atualmente o sistema de compensação de energia elétrica de fonte solar é o grande impulsionador das instalações de painéis solares em todo o país. O Brasil conta atualmente com 1,19% de participação da energia solar na matriz elétrica, representando em média 1,9 GW de energia solar, desta forma, distante dos líderes mundiais neste seguimento (ANEEL, 2019).

De acordo com os dados do Banco de Informação da Geração (BIG), o Brasil possui no total 7.409 empreendimentos em operação, totalizando 163.468.911 kW de potência instalada. Está prevista para os próximos anos uma adição de 20.122.172 kW na capacidade de geração do país (ANEEL, 2019).

Na Fig. 1 é apresentada a participação em porcentagem de cada uma das fontes geradoras de energia na matriz elétrica nacional.

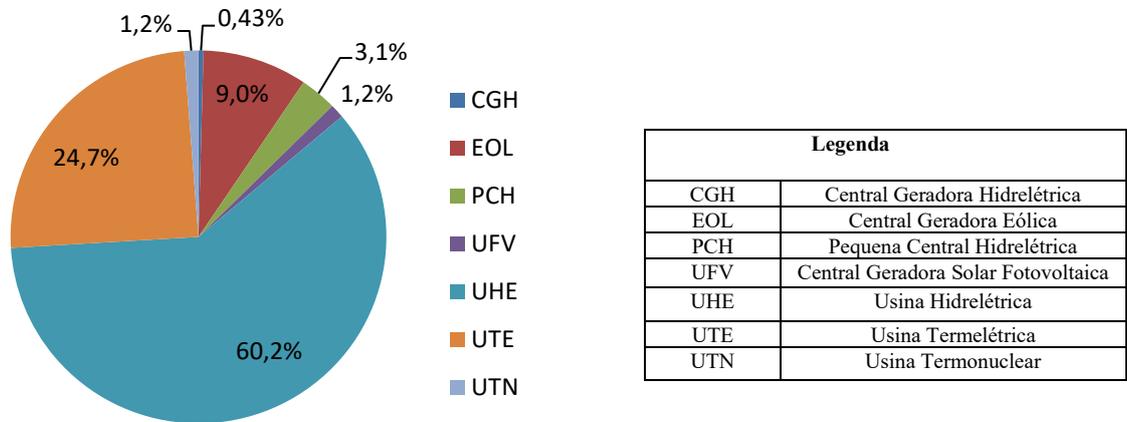


Figura 1: Fontes geradoras de energia na matriz elétrica nacional
Fonte: Banco de Informação da Geração (BIG), 2019.

Na Fig. 2, são expostos os dados sobre a geração de energia elétrica por região durante o ano de 2017, que apresentou um total gerado de 587.962 GWh.

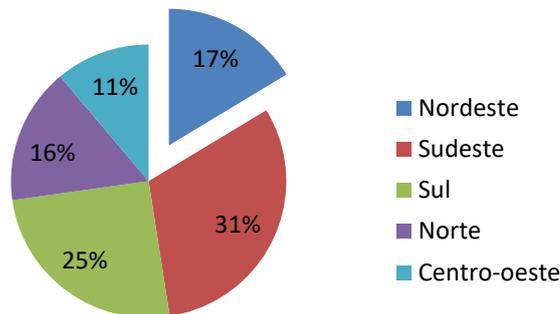


Figura 2: Geração de energia por região brasileira
Fonte: Balanço Energético Nacional (BEN); 2018.

Em 2017 o Nordeste foi responsável por gerar aproximadamente 17% do total de energia gerada durante o ano. Na Tab. 1 é apresentada a capacidade instalada na região Nordeste segundo dados do BIG de 2019.

Tabela 1: Capacidade Instalada na região Nordeste

UF	(kW)	%
Alagoas	746.386,60	0,46
Bahia	11.800.642,82	7,22
Ceará	4.352.085,10	2,66
Maranhão	3.923.422,43	2,4
Paraíba	887.152,65	0,54
Pernambuco	4.279.378,64	2,62
Piauí	2.213.986,00	1,35
Rio Grande do Norte	4.658.599,99	2,85
Sergipe	3.296.559,40	2,02

Fonte: Banco de Informação da Geração (BIG), 2019.

Do total de energia gerada, a maior parte da energia produzida no Nordeste é proveniente das usinas eólicas e com uma pequena participação da energia solar, como é mostrado na Tab. 2.

Tabela 2: Geração de energia instantânea no Nordeste – Data: 06/03/2019 às 16h17

Tipo de Geração	Geração (MW)
Eólica	3150,4
Hidráulica	2270,7
Térmica	1720,9
Nuclear	0,0
Solar	415,5
Importação (Proveniente de outros estados)	2956,5

*Arredondamento de valores pode causar diferenças de até 1 MW

Fonte: Operador Nacional do Sistema (ONS)

A região Nordeste é responsável por gerar a maior quantidade de energia eólica produzida no Brasil, representado 84,0% da sua produção, de acordo com os dados da ABEEólica do ano de 2018. Na Tab. 3 são exibidos os dados da geração de energia eólica no Brasil.

Tabela 3: Geração de energia eólica no Brasil

Região	Geração (TWh)	Representatividade (%)
Sudeste	0,07	0,2
Sul	5,84	14,4
Norte	0,55	1,4
Nordeste	33,99	84,0
Total	40,45	100

Fonte: CCEE/ABEEólica, 2018

As usinas eólicas brasileiras têm capacidade instalada de 14,8 GW, com 580 parques eólicos e 7.500 aerogeradores em funcionamento operando em 12 estados brasileiros. Esses valores são suficientes para abastecer 25,5 milhões de residências/mês e cerca de 80 milhões de habitantes.

No dia 13 de novembro de 2018, 74,12% da energia consumida no subsistema Nordeste veio das eólicas, com fator de capacidade de 76,58% e geração de 7.839 MWmed, um recorde de abastecimento de carga nessa região sendo batido ano após ano.

Na Tab. 4 são apresentadas informações sobre a capacidade instalada e número de parques eólicos por estado no Nordeste.

Tabela 4: Capacidade instalada e número de parques eólicos por estado no Nordeste

UF	Potência (MW)	Parques (unidades)
Alagoas	--	--
Bahia	3.660,00	139
Ceará	2.050,5	80
Maranhão	328,8	12
Paraíba	157,2	15
Pernambuco	782,0	34
Piauí	1.638,1	60
Rio Grande do Norte	4.043,1	150
Sergipe	34,5	1

Fonte: ABEEólica, 2018.

O Brasil segue em ritmo crescente como destaque na geração de energia eólica e em 2017 ultrapassou o Canadá no *raking* mundial de capacidade instalada e agora ocupa a 8ª posição. Em 2012, o Brasil estava na 15ª colocação. Dados globais divulgados pelo GWEC (*Global Wind Energy Council*), no dia 26 de fevereiro de 2019, mostram que o setor de energia eólica instalou 51,3 GW de nova capacidade eólica em 2018 no mundo. Desde 2014, o mercado global de energia eólica vem instalando acima de 50 GW de nova capacidade a cada ano. No ano de 2018, o Brasil instalou 1,9

GW, ficando em quinto lugar no *ranking* de capacidade eólica nova *onshore* (instalada no continente), (ABEEólica, 2018). Na Tab. 5 é mostrado o ranking de capacidade *onshore* instalada no ano de 2018.

Tabela 5: *Ranking* de capacidade eólica nova *onshore* instalada em 2018

Posição	País	Potência (MW)
1º	China	21.200
2º	Estados Unidos	7.588
3º	Alemanha	2.402
4º	Índia	2.191
5º	Brasil	1.939

Fonte: GWEC, 2019.

4. GERAÇÃO TERMELÉTRICA E SUA CONTRIBUIÇÃO NA MATRIZ ELÉTRICA

O funcionamento das centrais termelétricas é semelhante, independentemente do combustível utilizado. O combustível é armazenado em parques ou depósitos adjacentes, de onde é enviado para a usina, onde será queimado na caldeira. Esta gera vapor a partir da água que circula por uma extensa rede de tubos que revestem suas paredes. A função do vapor é movimentar as pás de uma turbina, cujo rotor gira juntamente com o eixo de um gerador que produz a energia elétrica (Ambiente Brasil, 2019).

O vapor é resfriado em um condensador e convertido outra vez em água, que volta aos tubos da caldeira, dando início a um novo ciclo. A água em circulação que esfria o condensador expulsa o calor extraído da atmosfera pelas torres de refrigeração, grandes estruturas que identificam essas centrais. Parte do calor extraído passa para um rio próximo ou para o mar. Para minimizar os efeitos contaminantes da combustão sobre as redondezas, a central dispõe de uma chaminé de grande altura e de alguns precipitadores que retêm as cinzas e outros resíduos voláteis da combustão. As cinzas são recuperadas para aproveitamento em processos de metalurgia e no campo da construção, onde são misturadas com o cimento (Ambiente Brasil, 2019).

As usinas termelétricas são normalmente construídas mais rapidamente se comparado às usinas hidrelétricas e podem ser construídas próximas aos centros de consumo, reduzindo custos com torres e linhas de transmissão. Entretanto, o alto preço do combustível é um fato desfavorável. Dependendo do combustível, os impactos ambientais, como poluição do ar e aquecimento das águas, poderão ser muito severos ao meio ambiente.

Na Fig. 3 é apresentada a participação percentual de cada uma das fontes geradoras de energia fóssil na matriz energética nacional:

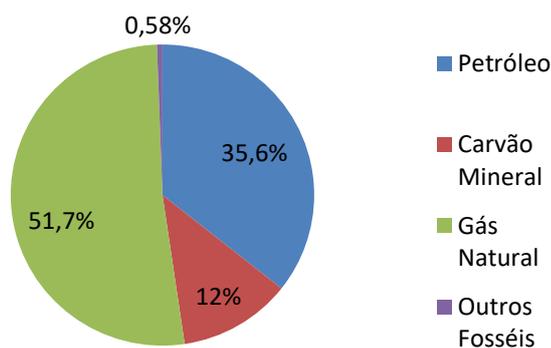


Figura 3: Fontes fósseis de geração de energia na matriz energética nacional

Fonte: Banco de Informação da Geração (BIG), 2019.

Os dados da Tab. 6 são referentes a quantidade de usinas fósseis em operação no Brasil.

Tabela 6: Fontes fósseis em operação no Brasil.

Fonte	Quantidade de usinas	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
Petróleo	2.248	9.663.750	8.850.689	35,68

Carvão mineral	22	3.251.830	3.251.830	12
Gás natural	167	14.013.950	13.354.419	51,74
Outros Fósseis	3	157.950	157.950	0,58
Total	2440	27.087.479	25.614.887	100

Fonte: Banco de Informação da Geração (BIG), 2019.

Na Tab.7 são apresentados dados sobre a quantidade de usinas térmicas no Nordeste e quanto a sua capacidade de geração.

Tabela 7: Quantidade de usinas termelétricas no Nordeste

Estado	Quantidade	Potência (MW)
Alagoas	38	342.003
Bahia	106	1.795.229
Ceará	37	2.158.808
Maranhão	30	2.512.548
Paraíba	15	618.139
Pernambuco	70	1.981.991
Piauí	21	87.486
Rio Grande do Norte	32	521.539
Sergipe	39	99.695

Fonte: Banco de Informação da Geração (BIG), 2019

Após apresentação das fontes faz-se necessário uma comparação entre as fontes eólica, solar e termelétrica. Na Fig. 4 é apresentada a capacidade total instalada dessas fontes no Brasil e na Fig. 5 é apresentada a capacidade total instalada das fontes no Nordeste, por estado. Na Fig. 5 a capacidade solar instalada foi suprimida devido pequena magnitude em relação às outras fontes.

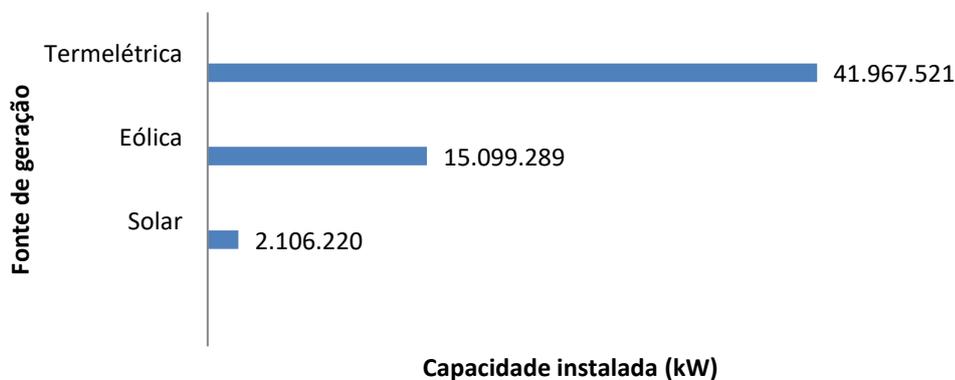


Figura 4: Capacidade total instalada de termelétrica, eólica e solar.

Fonte: BIG, 2019.

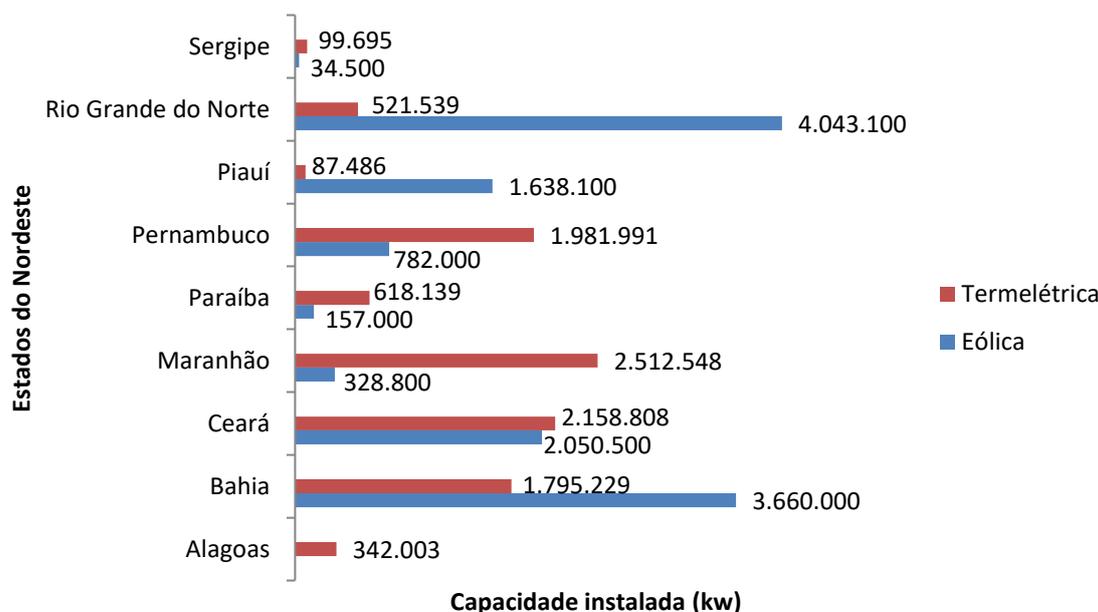


Figura 5: Capacidade termelétrica e eólica instalada no Nordeste
Fonte: BIG, 2019.

5. POSSIBILIDADES DE SUBSTITUIÇÃO DE UM TIPO DE FONTE POR OUTRA FONTE NÃO POLUENTE

Uma revisão do potencial eólico *onshore* do Brasil, realizada em resposta ao aumento da altura das torres de geração eólica, aponta que o país pode ter uma capacidade seis vezes maior de produzir energia a partir dos ventos do que o estimado no último grande levantamento nacional, o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, lançado em 2001 (CICLOVIVO, 2016).

A conclusão é de um estudo do subprojeto Energias Renováveis do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-Clima), apoiado pela FAPESP e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (CICLOVIVO, 2016).

O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro foi feito com a estimativa do uso de torres de 50 metros de altura. Atualmente, a possibilidade de utilização de torres acima de cem metros ampliou o potencial tecnicamente viável de exploração de 143 GW para 880 GW (CICLOVIVO, 2016).

Já o potencial de geração de energia eólica *offshore* (no mar) é estimado em 6,6 TW. Além disso, o Brasil ainda apresenta um grande potencial de geração de energia solar, embora atualmente ela represente cerca de 1% da geração nacional de energia elétrica.

Nos últimos seis anos, porém, o cenário da energia solar começou a mudar. Consumidores residenciais e empresariais, além de produtores rurais, começaram a produzir sua própria energia, aderindo aos sistemas de mini e microgeração solar fotovoltaica como fonte renovável e limpa para reduzir gastos e garantir autonomia energética, com retorno de investimento garantido, entre cinco e sete anos. Depois desse período, o consumo tem custo praticamente zero, durante 18 a 25 anos. Se for observado unicamente os telhados das casas brasileiras, o potencial de geração é de cerca de 164 GW, mais do que a matriz elétrica atual instalada no país (160 GW) (ABSOLAR, 2019). Ressaltando também o fato de haver compensação da energia gerada por esses agentes e injetada na rede elétrica.

Em termos de potencial teórico, as fontes eólica e solar seriam capazes de suprir toda a demanda elétrica nacional. Contudo, ainda é necessário ultrapassar obstáculos financeiros e de conhecimento. Com a evolução tecnológica o custo para instalação das fontes de geração de energia eólica e solar vem sendo superado, já se apresentando de forma competitiva com a energia termelétrica (ABSOLAR, 2019).

Pensar no futuro da geração de energia vai além de pensar na demanda atual, mas sim na demanda futura. A população mundial cresce exponencialmente, haverá uma necessidade cada vez maior de geração de energia. Aliando isto a preservação do planeta, pois, é preciso economizar recursos e por isso a energia eólica e solar são importantes para o presente e futuro.

O Plano Decenal de Energia 2027, prevê um crescimento médio do Produto Interno Bruto de cerca de 2,8% ao ano, o que evidencia a necessidade de investimentos, nos próximos dez anos, de cerca de R\$ 400 bilhões no setor elétrico. Desse total, R\$ 226 bilhões vão para a geração centralizada renovável: R\$ 70 bilhões virão de novos empreendimentos eólicos - com previsão de implantação de mais 12 GW em geração eólica, R\$ 33 bilhões de projetos de energia solar, R\$ 14 bilhões das pequenas centrais hidrelétricas e das centrais geradoras hidrelétricas e R\$ 13 bilhões da biomassa (MME, 2019).

Em se falando de substituição de fontes não renováveis por fontes renováveis intermitentes o grande desafio é suprir os serviços oferecidos pelas termelétricas e grandes hidrelétricas. Essas usinas participam dos chamados serviços ancilares. Esses serviços tratam de controle de tensão, frequência, potência etc. da rede elétrica como um todo. Suprem necessidades que, a princípio ainda não são supridas pelos parques eólicos e principalmente pelas usinas solares, como o controle de inércia, por exemplo, que depende de disponibilidade de combustível (água, óleo diesel, gás natural etc.) para suprimento imediato quando necessário.

O que se propõe é uma substituição gradual em que as usinas eólicas, com novos controles, comecem também a suprir os serviços ancilares como já tem feito em países com alta penetração de geração eólica como a Dinamarca. Além desses serviços, as fontes renováveis intermitentes de maneira distribuída no sistema elétrico tornam, na maioria dos casos, as redes mais fortes e a geração descentralizada traz mais segurança de suprimento aos clientes. Os devidos investimentos em linhas de transmissão precisam acompanhar o crescimento da implantação das novas usinas. Como alternativa à situação atual pode-se pensar em um cenário em que as usinas termelétricas sejam acionadas apenas como recurso extra em situações de extrema necessidade, auxiliando nos controles da rede quando outras usinas estivessem impossibilitadas, por exemplo.

6. CONCLUSÃO

Levando em consideração os aspectos atuais de busca por soluções eficientes para resolver problemas em escala global, como: crescimento da demanda por energia, aperfeiçoamento do uso de recursos naturais e redução dos impactos ambientais. As energias de fontes intermitentes tornaram-se medidas necessárias para solucionar tais problemas.

Considerando que o alto investimento inicial das fontes renováveis de energia vem reduzindo ano após ano, devido aos avanços tecnológicos que tem barateado os custos de instalação e aumentado a capacidade de geração, as fontes de energias renováveis tornam-se ainda mais competitivas que as fontes não renováveis. Levando-se em conta os impactos ambientais causados por fontes não renováveis e os gastos com sua manutenção, as energias renováveis intermitentes tornam-se a melhor opção de investimento para ampliação da matriz elétrica.

A substituição das fontes de energia não renováveis pelas fontes de geração eólica e solar vem se tornando uma realidade cada vez mais possível na matriz elétrica nacional, onde as fontes renováveis vem crescendo de forma significativa e tem um enorme potencial de crescimento futuro.

O Nordeste brasileiro tem se destacado na implantação das fontes eólica e solar, dessa forma se apresenta como coadjuvante na transição energética para fontes de geração mais sustentáveis. As medidas de incentivo a geração de energia por fontes não convencionais no Brasil são importantes para explorar o potencial brasileiro de energia renovável e manter o Brasil na dianteira em relação aos demais países neste quesito. Apesar das fontes mencionadas também terem impactos negativos (sociais e ambientais) pode-se contornar esses problemas com projetos que levem em consideração todos os problemas causados de forma que sejam mitigados ou minimizados.

Com os dados apresentados é possível concluir que as fontes eólica e solar têm grande possibilidade de substituir as fontes de energia elétrica não renováveis na matriz elétrica brasileira. De maneira mais específica, quando falamos do Nordeste, três estados já apresentam esse perfil (Bahia, Rio Grande do Norte e Piauí) e em breve o Ceará também estará nessa relação.

Para que as fontes renováveis intermitentes ganhem lugar de protagonista na transição energética faz-se necessário um comprometimento dos governos estaduais e federal em termos de fornecer, por exemplo, estudos de reforços de redes de transmissão para escoamento da energia produzida, diagnóstico de localidades com melhor potencial para instalação dos parques por meio de fornecimento de uma visão geral do potencial de geração de fontes eólicas e solares através dos níveis de vento e de radiação solar e de mapas que ressaltam aspectos da geografia, da economia e da infraestrutura dos estados. Nesse contexto alguns estados dispõem de atlas eólico e solar, demonstrando assim uma necessidade latente de mais atenção dos agentes públicos ao tema energias renováveis intermitentes visto que no atlas não deve constar apenas dados de medições, mas também o máximo de informações para dar suporte às decisões dos investidores.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) por apoiar e incentivar o desenvolvimento à ciência e tecnologia através de suas bolsas de estudo (BIA – Bolsa de Incentivo Acadêmico).

REFERÊNCIAS

ABEEólica, 2018. Associação Brasileira de Energia Eólica. Disponível em:
<<https://abeeolica.org.br/noticias/brasil-fica-em-5o-colocado-no-ranking-mundial-de-capacidade-eolica-nova-onshore-instalada-em-2018/>> Acesso: 24 de fev. 2019.

- ABSOLAR, 2019. Potencial solar brasileiro poderia atender demanda de energia elétrica de 170 Brasil. Disponível em: <<http://absolar.org.br/noticia/noticias-externas/potencial-solar-brasileiro-poderia-atender-demanda-de-energia-eletrica-de-170-brasil.html>> Acesso: 20 JUL. 2019.
- ANA, 2018. Agência Nacional das Águas. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sao-francisco/sao-francisco-saiba-mais>>. Acesso em: 28 AGO 2019.
- AZEVEDO, M. P. J.; Nascimento, S. R.; Scram, B. I.; Energia eólica e impactos ambientais: Um estudo de revisão. São José dos Campos-SP-Brasil, v. 22, n. 40, Edição Especial 2016. ISSN 2237-1753
- ANEEL, 2003. Energia Eólica. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em 27 de abr. 2019
- Ambiente Brasil, 2019. Usinas Termelétricas. Disponível em: <https://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/termelétrica/usina_termelétrica.html> Acesso: 21 de abr. 2019.
- ANEEL, 2019. Banco de Informação de Geração. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso: 04 de fev. 2019.
- BEN, Balanço Energético Nacional. 2018
- CICLOVIVO, 2016. O Potencial eólico brasileiro é maior do que se imaginava. Agência Fapesp. Disponível em: <<https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/potencial-eolico-do-brasil-e-maior-do-que-se-imaginava/>> Acesso em: 19 JUL. 2019.
- EPE, 2019. Análise socioambiental das fontes energéticas do PDE 2026. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sitespt/publicacoesdadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico76/NT%20DEA%20015_17.pdf> Acesso em: 12 OUT 2019.
- GWEC, 2018. Conselho Global de Energia Elétrica. Disponível em: < <https://gwec.net/>> Acesso: 14 NOV 2019
- Haydt, Gustavo; Rosa, Flávio. Premissas para Inserção de Energia Eólica na Expansão do SIN. Anuário Cenários Eólica. 9 DEZ. 2018. Disponível em: <<https://cenarioseolica.editorabrasilenergia.com.br/2018/12/04/premissas-para-insercao-de-energia-eolica-na-expansao-do-sin/>> Acesso: 04 de fev. 2019.
- Losekann, Luciano; Hallack, Michelle. Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). 2018.
- Ministério de Minas e Energia (MME), 2019. Energia renovável terá investimento de R\$ 226 bilhões nos próximos dez anos. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>> Acesso: 20 JUL. 2019.
- Montezano, Bruno, Estratégia para utilização de sítios eólicos promissores usando sistema de informação geográfica e algoritmo evolutivo. Cresesb, Out. 2012. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/dissertacao/201210_montezano_b_e_m_ms.pdf>. Acesso: 04 Fev. 2019.
- Pinto, L. I. C.; Martins, F. R.; Pereira, E. B.; O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 12, núm. 6, novembro-diciembre, 2017, pp. 1082-1100
- Serra, E. T.; Lima, A. G. G.; A Transposição do Rio São Francisco e as Oportunidades de Geração por Fontes Renováveis na Região. Disponível em: <<https://anebrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/07/Transposicao-do-Rio-Sao-Francisco-1.pdf>> Acesso em: 28 AGO 2019.
- Xavier, L. F.; Costa, E. F.; Filho, S. O.; Bacia do São Francisco: Uma revisão de experiências para o debate sobre a cobrança da água. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/6/1036.pdf>> Acesso em 28 AGO 2019.

CURRENT OVERVIEW AND FUTURE PERSPECTIVES OF INTERMITTING RENEWABLE ENERGY SOURCES IN NORTHEAST BRAZIL

Abstract. Conventional energy sources are usually already fully developed and can come from renewable and not renewable resources, are characterized by low cost, widespread environmental impact technology. It is the electric energy from generation sources such as large hydro and thermoelectric. While unconventional ones may be functional, but they are still developing and using renewable resources. It is the energy generated from solar, wind, biomass and cogeneration sources or from Small Hydroelectric Plants (SHP). Unconventional energy generation is said as solution to lessen environmental impact. In order to promote the development of unconventional sources in the process of electricity production, Brazilian legislation has created incentives to encourage entrepreneurs and consumers to invest in this segment of the energy market. The figure of the incentive agents (incentive generator and special consumer) was also created, those who trade energy as biomass, wind or solar energy and SHP, once some regulatory constraints (power generation and consumption) have been verified. Northeast Brazil has been prominent in the deployment of wind and solar sources, and also with the participation of cogeneration using sugarcane bagasse (biomass). Thus, the theme is extremely relevant to draw a current panorama and future perspectives on power generation in the Northeast region of the country. Consequently, knowing the use of thermoelectric plants with fossil fuel, suggest scenarios of gradual replacement of this source by renewable ones.

Keywords: Wind Energy, Solar Energy, Renewable Energy