

ESTUDOS DE PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

**USINAS HÍBRIDAS NO
CONTEXTO DO
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO**



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso)



GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Bento Albuquerque

Secretária Executiva
Marisete Fátima Dadald Pereira

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**
Reive Barros dos Santos

Secretário de Energia Elétrica
Ricardo Cyrino

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Combustíveis Renováveis**
Marcio Felix Carvalho Bezerra

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**
Alexandre Vidigal de Oliveira



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível
José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa
Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede
Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia -
Sala 744 - 7º andar
70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central
Av. Rio Branco, 01 - 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

ESTUDOS DE PLANEJAMENTO DA EXPANSÃO DA GERAÇÃO

USINAS HÍBRIDAS NO CONTEXTO DO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO

Coordenação Geral

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira
Erik Eduardo Rego

Coordenação Executiva

Bernardo Folly de Aguiar
Jorge Trinkenreich
Jose Marcos Bressane

Equipe Técnica

Cristiano Saboia Ruschel
Gustavo Brandão Haydt de Souza
Gustavo Pires da Ponte
Josina Saraiva Ximenes
Marcos Vinicius G. da Silva Farinha
Renato Haddad Simões Machado
Sérgio Felipe Falcão Lima

N. EPE-DEE-NT-029/2019-r0
Data: 07 de Junho de 2019

APRESENTAÇÃO

Nos últimos anos vem crescendo a discussão sobre empreendimentos híbridos de geração de energia elétrica. Neste contexto, a EPE publicou duas notas técnicas¹: “Avaliação Da Geração De Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas - Proposta Metodológica e Estudos De Caso”, e “Usinas Híbridas - Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento”. No primeiro estudo foi apresentada uma proposta metodológica para a avaliação da produção de usinas que combinassem as gerações eólica e fotovoltaica. Observou-se a importância de, ao se analisar a complementariedade entre as fontes, considerar criteriosamente as características específicas de cada local e os equipamentos estudados. A segunda nota técnica apresentou uma discussão mais ampla e conceitual, sem se restringir às fontes eólica e solar. Foram propostas definições de diferentes tipologias que representassem as possibilidades de combinações entre fontes energéticas. A partir dessas combinações foram discutidos os potenciais benefícios, limitações e barreiras tanto de natureza técnica, normativa, regulatória ou comercial-contratual. Essas tipologias também são consideradas no presente documento.

Esta nota técnica visa debater questões levantadas recentemente, após a publicação dos documentos anteriores, sobre as chamadas “usinas híbridas” e foi dividida em três partes. Na primeira, foi feita uma revisão sobre como o tema vem sendo tratado em outros países que têm feito avaliações e projetos relacionados a hibridismo em sistemas elétricos de grande porte. Na segunda parte, foram discutidas algumas questões comumente levantadas sobre o assunto, com o objetivo de dar maior detalhamento das premissas e considerações utilizadas pela EPE sobre hibridismo na geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional – SIN. Por fim, a terceira parte resume as principais contribuições sobre o tema levantadas por diversos agentes no Workshop sobre usinas híbrida, realizado na EPE no dia 15 de maio de 2019, que foi transmitido ao vivo pelas redes sociais da empresa.

Para entendimento da terminologia utilizada, recomenda-se consultar a segunda Nota Técnica ou o correspondente Informe Técnico “Usinas Híbridas - Conceitos, barreiras à sua viabilização e propostas”, disponíveis no mesmo endereço.

Espera-se que o presente documento, o terceiro da série, contribua para o amadurecimento da discussão sobre o tema, que deverá ser debatido em Consulta Pública da ANEEL, prevista para 2019.

¹ Disponíveis em www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-214/Metodologia%20para%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20usinas%20h%C3%ADbridas%20e%C3%B3lico-fotovoltaicas.pdf e www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/usinas-hbridas-epe-publica-analise-qualitativa-de-temas-regulatorios-e-comerciais

Sumário

1	<i>Introdução.....</i>	3
2	<i>Experiências internacionais com projetos híbridos em sistemas elétricos de grande porte.....</i>	4
2.1	<i>Índia</i>	4
2.2	<i>Austrália</i>	6
2.3	<i>Estados Unidos</i>	7
2.4	<i>Reino Unido</i>	8
2.5	<i>China.....</i>	8
2.6	<i>Considerações sobre a experiência internacional.....</i>	9
3	<i>Tópicos sobre empreendimentos híbridos no contexto do planejamento energético</i>	10
4	<i>Contribuições do Workshop "Usinas Híbridas no Sistema Interligado Nacional"</i>	17
5	<i>Considerações Finais.....</i>	22
6	<i>Referências.....</i>	24

1 Introdução

Dando continuidade à discussão sobre usinas híbridas, iniciada pelas Notas Técnicas “Avaliação da geração de usinas híbridas eólico-fotovoltaicas - Proposta metodológica e estudos de Caso”, e “Usinas Híbridas - Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento”, esta Nota Técnica visa trazer ao debate questões levantadas recentemente pelos agentes, após a publicação dos documentos anteriores, sobre as chamadas usinas híbridas.

Durante a Consulta Pública MME nº 62/2018, referente ao Plano Decenal de Expansão de Energia 2027 (PDE 2027), foram recebidas contribuições no sentido de aprimorar o tratamento de usinas híbridas no planejamento. Assim, o PDE 2027 fez pequena referência quanto ao tema.

A segunda Nota Técnica da série (“Usinas Híbridas - Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento”) abordou os potenciais benefícios e limitações de cada um dos arranjos típicos (portfólios comerciais, usinas adjacentes, associadas e híbridas), que variam em função do nível de integração entre as fontes combinadas. Destaca-se que, muitas das vantagens que podem ser obtidas com a instalação conjunta de usinas já são acessíveis, sem a necessidade de mudanças na regulação atual.

Resta, portanto, discutir questões conceituais sobre o papel das usinas híbridas para o planejamento do setor elétrico, suas contribuições e possíveis consequências de eventual regulação específica, o que é abordado nos capítulos 3 e 4 de forma qualitativa.

A regulamentação de usinas híbridas vem sendo estudada em vários países, como Índia, Reino Unido, Austrália e Estados Unidos, sinal de novas tendências dos mercados e tecnologias. No capítulo 2, apresenta-se um resumo dessas experiências, a fim de melhor compreender possíveis abordagens e dificuldades que podem surgir no desenvolvimento de projetos híbridos.

2 Experiências internacionais com projetos híbridos em sistemas elétricos de grande porte

Historicamente, a combinação de fontes energéticas distintas em uma usina híbrida tem sido utilizada em sistemas elétricos de menor porte, especialmente em ilhas ou localidades pouco povoadas e distantes de um sistema elétrico principal. Nesses casos, há claros benefícios decorrentes dessa combinação. Ao se adicionar uma fonte renovável a uma usina de geração fóssil, por exemplo, reduz-se as emissões de gases de efeito estufa e, a depender da disponibilidade de recurso local, pode-se reduzir o custo total de geração. Já em uma combinação de diferentes fontes renováveis, há maior garantia de suprimento se comparado com a utilização de apenas uma das fontes, dada a produção não correlacionada decorrente da diversificação.

Em sistemas maiores, em geral já se possui um portfólio mais diversificado de fontes, sendo essa uma vantagem secundária na hibridização de usinas. As redes de transmissão permitem que os recursos disponíveis sejam acessados pelo operador, estejam eles localizados no mesmo ponto físico ou não.

Ainda assim, outras questões podem fazer com que seja interessante construir usinas de fontes diferentes no mesmo local, como aproveitamento de terreno, ganhos sinérgicos na construção, operação e manutenção, etc. A necessidade por ofertas controláveis, ou mesmo a possibilidade de ter uma produção final mais constante também podem induzir a uma solução híbrida, incluindo ou não armazenamento de energia.

Assim, mais recentemente, alguns países têm estudado utilizar o hibridismo na geração elétrica também em sistemas elétricos de grande porte. Abaixo são relacionadas algumas experiências reportadas com usinas híbridas em sistemas de grande porte, com destaque para a Índia, país com mais exemplos a mencionar.

2.1 Índia

A Índia é o país que demonstra maior interesse no desenvolvimento de usinas híbridas, especificamente eólico-fotovoltaicas, e vem avaliando esse tema há alguns anos. O país estabeleceu a meta de atingir 175 GW de energias renováveis em 2022, sendo cerca de 100 GW fotovoltaicos e 60 GW eólicos², e a estratégia de geração híbrida foi colocada principalmente como uma maneira de mitigar os problemas com a pequena disponibilidade de terrenos com recursos eólicos e solares favoráveis, e infraestrutura adequada de conexão. A questão fundiária é considerada um dos principais problemas

² <https://mnre.gov.in/file-manager/UserFiles/Tentative-State-wise-break-up-of-Renewable-Power-by-2022.pdf>

para o crescimento das energias renováveis no país, pela falta de terras tanto para a construção das usinas quanto para a expansão dos sistemas de transmissão e distribuição³ (Aggarwal; Dutt, 2018).

Em 2016, foi lançado um esboço de política de geração híbrida, mediante consulta pública, a qual resultou, em maio de 2018, numa política nacional de geração híbrida eólico-fotovoltaica (MNRE, 2018). O estado de Gujarat estabeleceu, em junho de 2018, uma política própria, com maior detalhamento da regulação e dos incentivos aplicados aos projetos híbridos (Energy and Petrochemicals Department, 2018).

Ainda em maio de 2018, foi anunciada a primeira tentativa de contratação de projetos híbridos, com um leilão que objetivava contratar até 2.500 MW. O certame foi adiado repetidas vezes, devido à falta de interessados. Os desenvolvedores afirmaram que o preço-teto estabelecido não era realista, temendo também um aumento nos custos dos projetos, tendo em vista o anúncio de tarifas de importação sobre equipamentos fotovoltaicos⁴.

Em dezembro, com a demanda reduzida a 1.200 MW, e um pequeno incremento do preço-teto, foram contratados 840 MW (havendo sobra de 360 MW), divididos por duas empresas. As tarifas obtidas foram próximas ao limite estabelecido, da ordem de USD 38,00/MWh (₹2,70 /MWh). Como referência, em leilões realizados em setembro de 2018, os menores preços foram de ₹2,44 /MWh para fotovoltaica⁵ e ₹2,76 /MWh para a fonte eólica⁶. Houve críticas por parte de analistas, devido ao fato de apenas duas empresas terem feito ofertas, e por essa ter sido inferior à demanda, impossibilitando a ocorrência de um leilão propriamente dito, enquanto agentes do setor afirmaram que a falta de oferta foi devido às baixas tarifas oferecidas^{7,8}.

Em 2019, um segundo leilão foi anunciado, novamente com a demanda de 1.200 MW. Reporta-se ter havido lance para 900 MW, com dois interessados, mas os preços ainda não foram divulgados. Mais uma vez, o preço-teto (idêntico ao do certame anterior) foi criticado, com fontes afirmando que este tem afastado os investidores⁹.

³ www.pv-tech.org/editors-blog/hero-launches-indias-first-solar-wind-hybrid-project

⁴ <https://economictimes.indiatimes.com/industry/energy/seci-postpones-hybrid-auction-for-fifth-time/articleshow/66406175.cms>

⁵ <https://mercomindia.com/lowest-solar-tariffs-quoted-2018/>

⁶ <https://mercomindia.com/gujarats-1000-mw-wind-auction-2-80-kwh/>

⁷ <https://economictimes.indiatimes.com/industry/energy/power/india-conducts-its-first-major-wind-solar-hybrid-auction/articleshow/66958127.cms>

⁸ <https://economictimes.indiatimes.com/industry/energy/power/hybrid-green-energy-tender-undersubscribed-by-150-mw/articleshow/66723376.cms>

⁹ <https://mercomindia.com/secis-solar-wind-tender-undersubscribed/>

2.2 Austrália

O estudo "CO-LOCATION INVESTIGATION - A study into the potential for co-locating wind and solar farms in Australia" (AECOM, 2016), contratado pela Agência Australiana de Energias Renováveis (ARENA), avaliou os custos e benefícios da construção conjunta de usinas fotovoltaicas e eólicas, separando-se em projetos *brownfield* (hibridização de eólicas existentes) e *greenfield* (usinas híbridas totalmente novas). Foi estimado que poderia haver redução no investimento entre 3% e 13% em uma usina fotovoltaica junto a uma eólica em relação a uma fotovoltaica em outro local, enquanto a economia na operação e manutenção seria entre 3% e 16%.

Foi avaliado o *curtailment* que seria registrado em uma usina fotovoltaica construída junto a eólicas existentes. Verificou-se que não há regra geral para a relação entre potência fotovoltaica adicionada e *curtailment*, resultado semelhante ao obtido no estudo da EPE, "Avaliação da geração de usinas híbridas eólico-fotovoltaicas - Proposta metodológica e estudos de caso" (EPE, 2017). Ainda, alguns projetos em localidades com ventos mais diurnos (geração eólica mais coincidente com a solar) apresentaram menos *curtailment* que outros em região de ventos noturnos, por terem fatores de capacidade menores, ou seja, havia mais capacidade ociosa da rede, evidenciando a importância do dimensionamento do projeto nos resultados.

A análise comparativa custo-benefício das diferentes regiões da Austrália considerou dimensionamento tal que o *curtailment* fosse de 5%, avaliando as localidades de acordo com o recurso solar, com os preços do mercado *spot* do mercado considerado, localização dos projetos (maior custo em locais mais remotos, restrições ambientais) e economia de escala. A região da Austrália Ocidental apresentou melhores resultados, devido aos melhores recursos e ao elevado preço do mercado *spot* no período considerado. O estudo conclui que a junção de usinas eólicas e fotovoltaicas não deve aumentar drasticamente o investimento nas fontes, mas merece atenção com a redução do preço da fotovoltaica. É destacado que cada caso deve ser analisado individualmente, pois os benefícios dependem muito do recurso local e das condições de mercado.

Como exemplo, tem-se a usina *Gullen Solar Park* (10 MW), operando desde agosto de 2017, junto à usina *Gullen Range Wind Farm* (165 MW), próximo a Canberra¹⁰. O projeto recebeu 9,9 milhões de dólares australianos da ARENA (38% do total do projeto), sendo seu custo reportado de próximo a USD 2,00/W_p para a usina fotovoltaica, cerca de 20% superior à média dos projetos selecionados para o

¹⁰ reneweconomy.com.au/australias-first-solar-farm-co-located-with-wind-park-begins-production-87343/

programa. Houve críticas pelo fato de o financiamento de agência ter sido cerca de 4 vezes superior ao dado a outros projetos, apesar da anunciada redução de 20% dos custos pela localização conjunta dos parques¹¹.

Outro caso é o projeto *Kennedy Energy Park*, anunciado em 2017, que combinará 15 MW de fotovoltaica, 43,2 MW de eólica e 2MW/4MWh de baterias de íon-lítio. À capacidade total de geração, de 60,2 MW, será imposta a restrição de escoamento de 50 MW, e espera-se um *curtailment* da ordem de 2% a 3%. A bateria será utilizada com duas funções, a de fornecer serviços ancilares (20 horas por dia), e arbitragem de energia (4 horas por dia), reduzindo o *curtailment*. Há alguma incerteza nesse segundo uso devido ao requisito do operador do sistema de separação das tecnologias de geração (Hoehne, 2018).

2.3 Estados Unidos

Há registro de casos nos quais foram construídas usinas eólicas e fotovoltaicas adjacentes entre si, beneficiando-se das sinergias de operação, como os projetos Califórnia Pacific Wind (140 MW), Oasis Wind (60 MW) e Catalina Solar (143 MWp), da empresa EDF Renewables.

No estado de Minnesota, foi anunciado em 2017 que seria instalado um projeto híbrido integrado adicionando 1 MWp fotovoltaico a 4,6 MW de eólicas existentes (Red Lake Falls Project), utilizando a tecnologia da GE¹², Wind Integrated Solar Energy (WISE) já apresentada pela empresa no Brasil, que dispensa o uso do inversor fotovoltaico¹³. Contudo, tal projeto se tornou alvo de uma disputa judicial entre os proprietários da usina (ConEdison) e a distribuidora local (Otter Tail) por questões relativas à precificação da energia. As empresas divergem no custo evitado à distribuidora, que serve como base para o preço da energia que deve ser pago ao gerador em projetos de geração distribuída, como o do caso em questão. A Comissão de utilidades públicas deliberou¹⁴ por um preço inferior ao pleiteado pelo gerador, que tem recorrido a outras instâncias. Na decisão, foram consideradas algumas propostas de preço, propostas por ambas as partes.. Em novembro de 2018, o caso chegou ao FERC, que declarou que a questão está fora de sua jurisdição, e que os interessados devem recorrer contra a comissão do estado de Minnesota na corte apropriada¹⁵.

¹¹ reneweconomy.com.au/arena-provides-10m-funding-first-wind-solar-hybrid-project-10400/

¹² energynews.us/2017/03/02/midwest/nations-first-integrated-wind-and-solar-project-takes-shape-in-minnesota/

¹³ www.valor.com.br/empresas/4998688/casa-dos-ventos-une-eolica-e-solar-no-pi

¹⁴ minnesotapuc.legistar.com/LegislationDetail.aspx?ID=2983987&GUID=1E9FE6B3-CEEC-44C6-8C83-37FA613AD548&Options=&Search

¹⁵ www.ferc.gov/CalendarFiles/20181120153830-EL18-206-000.pdf

No estado de Nevada, a ENEL Green Power construiu uma usina híbrida unindo energia geotérmica (33 MW), fotovoltaica (27 MW) e solar térmica (2 MW). As usinas geotérmicas têm menor produção de energia durante o dia, devido à elevação da temperatura ambiente, e essa queda é compensada pela usina fotovoltaica. Já a parcela solar térmica funciona em série com a geotérmica, aumentando sua eficiência. A energia é vendida para a NV Energy, que opera como um monopólio verticalizado (o que simplifica questões comerciais), em um contrato de 20 anos¹⁶, cujo preço não foi divulgado.

2.4 Reino Unido

A empresa sueca Vattenfall instalou 5 MW de potência fotovoltaica junto a uma eólica existente de 8,4 MW no País de Gales (Parc Cynog Wind/solar farm), e o conjunto vem operando desde abril de 2016. A empresa relata que o desempenho do parque vem sendo bom, destacando que as produções têm sido complementares em base diária. O *curtailment* que ocorre devido à falta de margem para conexão é alocado na usina solar, o que seria tecnicamente mais fácil¹⁷. O projeto de hibridização recebeu subsídios do programa de certificado de energias renováveis *Renewable Obligation* (RO), que subsidiava a geração renovável na região desde 2002, e foi descontinuado para novos projetos em março de 2017¹⁸. Com o fim desse incentivo, a competitividade de projetos fotovoltaicos foi reduzida, e novos projetos do tipo não têm se mostrado viáveis, mesmo com eventuais reduções de investimento proporcionadas pela hibridização. Algumas empresas estão estudando adicionar baterias a suas usinas eólicas ao invés de fotovoltaica, com o objetivo de participar dos mercados de capacidade do Reino Unido.

2.5 China

Em 2012, a empresa State Grid, em parceria com a BYD, colocou em operação um projeto híbrido demonstrativo na cidade de Hebei, incluindo 100 MW de energia eólica, 40 MW de fotovoltaica e 36 MWh de baterias de íon-Lítio. O intuito é de estudar a aplicação de bateria para estabilização da produção, e há expectativa de expansão da planta para até 500 MW de eólica, 100 MW de fotovoltaica e 110 MW de baterias de diferentes tecnologias, com um investimento estimado próximo aos 2 bilhões de dólares americanos^{19,20}. Apesar de já estar em operação há mais de 5 anos, há poucas informações disponíveis sobre esse projeto.

¹⁶ solarindustrymag.com/enel-green-power-adding-2-mw-csp-unit-to-stillwater-geothermal-power-plant-in-nevada/

¹⁷ www.solarpowerportal.co.uk/news/vattenfall-praises-good-performance-of-co-located-wind-and-solar-energy-par

¹⁸ <https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/ro/about-ro/ro-closure>

¹⁹ www.powermag.com/large-china-energy-storage-project-begins-operation/

²⁰ en.wikipedia.org/wiki/List_of_energy_storage_projects#cite_note-DOE-4

2.6 Considerações sobre a experiência internacional

A experiência internacional em usinas híbridas demonstra que, apesar de haver potenciais benefícios, há grandes dificuldades, sobretudo comerciais e regulatórias para sua implementação. A maioria dos projetos construídos até o momento dependeu de subsídios ou regulações específicas que os favoreceram, e em alguns deles tais benefícios foram questionados ou mesmo judicializados. A Índia, que vem tentando utilizar mecanismos de mercado como os leilões de energia, não vem obtendo até o momento o sucesso na contratação das quantidades pretendidas de soluções híbridas.

Importante ressaltar ainda que os benefícios e razões para a hibridização de projetos dependem das condições de cada sistema elétrico específico. No caso da Índia, a principal motivação é a falta de terras tanto para instalação de fontes renováveis, quanto para a expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, sendo a opção por usinas híbridas uma das estratégias consideradas para possibilitar a expansão da capacidade renovável a fim do cumprimento de suas metas. Nos demais países estudados, busca-se aproveitar as possíveis sinergias entre fontes, melhorando a competitividade de energias renováveis. Contudo, verifica-se que o desenvolvimento de projetos híbridos se encontra em fase experimental, com projetos de menor porte e de operação recente, não havendo ainda conclusões definitivas sobre os benefícios para o sistema elétrico.

3 Tópicos sobre empreendimentos híbridos no contexto do planejamento energético

Neste capítulo são discutidas, na forma de perguntas e respostas, algumas questões que vêm sendo colocadas pelos agentes sobre os potenciais benefícios da implantação de empreendimentos denominados híbridos no Sistema Interligado Nacional (SIN), buscando elucidar a contribuição das usinas híbridas para o sistema, sob o ponto de vista do planejamento energético.

a) As usinas híbridas aumentariam a segurança do sistema?

Do ponto de vista energético, há um benefício associado à diversificação de fontes devido ao efeito portfólio. Cada fonte renovável possui sua sazonalidade, modulação e perfil de produção instantâneo, e a agregação pode levar a maior estabilidade da produção conjunta. Contudo, esse benefício independe da consideração de usinas híbridas, usinas adjacentes, ou da instalação de duas usinas de fontes distintas em locais diferentes. Ou seja, em uma avaliação estritamente energética, o benefício reside na formação de portfólio adequado de projetos de diferentes fontes, independentemente de estarem próximos ou combinados.

Do ponto de vista elétrico, em especial sob a ótica da operação do sistema, a diversificação de fontes e o efeito portfólio podem contribuir para amenizar os impactos sistêmicos provocados por variabilidades instantâneas na disponibilidade de potência, em especial, da geração proveniente de empreendimentos renováveis variáveis, como eólicos e solares fotovoltaicos. Assim, desde que mantida a injeção de potência máxima em um mesmo ponto de conexão, é esperada diminuição na variabilidade da geração com consequente aumento no fator de utilização do sistema de transmissão.

Por outro lado, é importante destacar que o efeito portfólio mencionado no parágrafo anterior já pode ser em parte capturado pelo arcabouço atual na medida em que diferentes fontes se conectam em pontos do sistema elétrico próximos, incluindo aqueles que compartilhem as mesmas instalações interesse restrito.

No entanto, é importante destacar que o aproveitamento do benefício da redução de variabilidade na injeção de potência é fortemente impactado pela localização dos empreendimentos, pelas características elétricas dos geradores, pela configuração do sistema elétrico regional e do sistema de interesse restrito das usinas. Essas questões podem minimizar os eventuais efeitos benéficos das usinas híbridas e, portanto, os impactos da implantação de usinas híbridas, em especial sob a ótica da segurança sistêmica, devem ser avaliados caso a caso.

b) Usinas híbridas possuem maior contribuição no atendimento à demanda máxima, e essa contribuição deveria ser considerada no planejamento?

O Plano Decenal busca, por premissa, sinalizar o melhor aproveitamento e participação de cada recurso e tecnologia no SIN de forma sistêmica. Dessa forma, a metodologia utilizada no PDE utiliza a composição de fontes no atendimento à demanda máxima, enxergando um grande “portfólio híbrido”, e, portanto, considera as vantagens dessa diversificação. Dessa forma, captura-se o efeito da dispersão espacial, que faz com que a contribuição das fontes seja naturalmente superior à contribuição de cada usina individualmente.

Para o sistema elétrico, os benefícios energéticos da hibridização de usinas decorrem da diversificação de fontes e das características dos recursos. Portanto, a menor variação da geração renovável percebida pelo SIN, ou o eventual aumento da contribuição para a demanda máxima, deve ocorrer quer estejam as usinas conectadas no mesmo ponto ou em locais distintos, embora os benefícios sistêmicos possam ser maximizados a depender do local de instalação. A Figura 1 ilustra o efeito portfólio na variação da geração eólica no nordeste do Brasil.

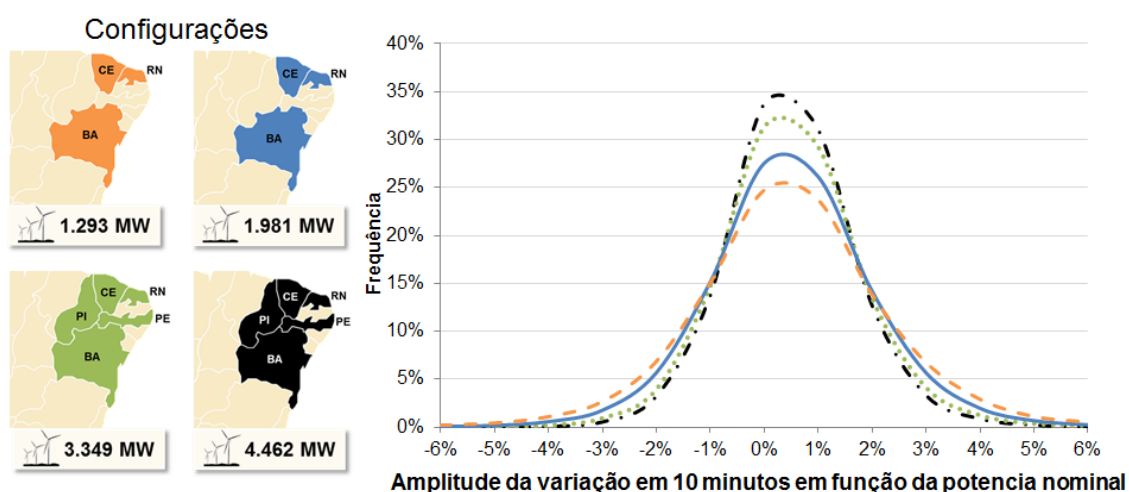


Figura 1 – Frequência e amplitude das variações de potência por configuração a cada 10 minutos para 2015

Fonte: elaboração própria

c) O hibridismo tornaria a geração menos variável, mitigando impactos financeiros no gerador?

A composição de portfólios comerciais por parte dos empreendedores tem efeitos similares à implantação de usinas híbridas do ponto de vista financeiro. Ao possuir usinas de fontes diferentes, com perfis de geração distintos, a não-correlação entre as produções das usinas reduz eventuais exposições financeiras ao empreendedor causadas pelas flutuações dos recursos primários.

A forma como a energia é comercializada atualmente, apenas com o produto energia, com preços semanais por patamar de carga, reduz os impactos financeiros diretos ao gerador decorrentes da variação de sua produção em bases horárias ou diárias. Com a futura implantação de preços horários e eventual contratação da oferta baseada em atributos ou serviços, tais variações podem vir a se tornar mais relevantes.

d) O hibridismo tornaria a geração menos variável, melhorando a estabilidade da rede?

Em uma visão macro do sistema, as diferenças de produção de geração entre usinas associadas ou híbridas ou de forma individual (várias usinas em diferentes locais) não são significativas. Logo, a variabilidade percebida pelo sistema poderia ser similar àquela de duas usinas contratadas separadamente, no mesmo local, ou em conjunto (associadas ou híbridas).

Evidentemente, podem existir diferenças mais expressivas do ponto de vista de confiabilidade entre sistemas com maior ou menor infraestrutura de rede utilizada para o escoamento da geração. Em um sistema onde há o compartilhamento de infraestrutura de interesse restrito, por exemplo, caso haja perda de linhas de transmissão ou transformadores no ponto de acoplamento entre as usinas e o SIN, parte ou toda a geração híbrida seria impossibilitada de escoar. Por outro lado, fontes conectadas em pontos elétricos separados ou que simplesmente não compartilham a infraestrutura de conexão apresentariam uma maior confiabilidade em virtude da construção de arranjos de conexão distintos.

Porém, em uma análise locacional, de um dado barramento ou região elétrica, considerando a otimização do uso do sistema de transmissão (associação ou hibridização com a adição de uma fonte para aproveitar a capacidade ociosa em certos períodos), com a adoção do hibridismo há uma expectativa de redução na variabilidade de injeção de potência na rede elétrica em função da possível complementariedade de geração entre as fontes. Com uma variação menor, a tendência é que o sistema não

atinja pontos de operação mais críticos e necessite de menos recursos de controle de tensão e de frequência, o que pode contribuir com a estabilidade do sistema.

Contudo, há outros fatores que podem se sobrepor e até mesmo anular os eventuais benefícios do hibridismo tais como:

- A localização dos empreendimentos de geração: caso os empreendimentos de geração estejam localizados em regiões com pouca capacidade de escoamento da geração ou com restrições sistêmicas de escoamento, o eventual efeito benéfico da hibridização para a rede é minimizado em função da falta de capacidade de injeção da geração adicional. Supondo, por exemplo, um barramento com capacidade de conexão adicional, porém localizado em uma área elétrica com restrição de escoamento, a hibridização de uma usina poderia até reduzir a variabilidade da produção conjunta nesse ponto, mas não seria percebida na macrorregião, dada a limitação a jusante do barramento.

- As características de desempenho elétrico dos geradores: dependendo da tecnologia de geração adotada, a contribuição das usinas para estabilidade sistêmica pode não ser tão diferente de usinas não híbridas. Do ponto de vista do sistema, durante a ocorrência de uma contingência de grande porte, o comportamento dinâmico de empreendimentos eólicos e solares híbridos, associados ou adjacentes em uma mesma região pode ser similar ou até de desempenho elétrico inferior quando comparados a fontes conectadas em pontos elétricos com infraestrutura de conexão distinta.

e) O compartilhamento do MUST entre duas usinas (as chamadas usinas associadas) traria economia ao gerador, possibilitando menores preços de energia?

O resultado decorrente dessa estratégia (atualmente não regulamentada) depende principalmente do balanço entre dois fatores: a economia com a tarifa de uso de rede (TUSD/TUST), dada a contratação de um MUST menor, e o valor da energia que seria cortada devido a essa restrição (vide primeira Nota Técnica da série). Em adição, há economia com o compartilhamento do sistema de interesse restrito, evitando a necessidade de investimentos adicionais. Por outro lado, com o aumento do fator de utilização da linha de conexão de interesse restrito, são esperados aumentos nos montantes de perdas elétricas sob responsabilidade do empreendedor. Dada a grande sensibilidade dos resultados financeiros ao corte de energia e a seu preço, que são fatores não controláveis, o risco associado ao uso dessa estratégia pode ser elevado, devendo ser avaliado com cautela pelos empreendedores.

f) Quais as implicações de se permitir compartilhamento de MUST?

Ao se considerar uma potência instalada superior à capacidade contratada de conexão, em certos momentos poderá haver necessidade de se cortar parte da produção. Para tanto, são necessários sistemas de controle adequados, a fim de garantir que o limite contratado não será ultrapassado. Do ponto de vista técnico, essa questão é mais facilmente contornável. Uma segunda implicação, decorrente desta, é a necessidade de incentivos e penalidades adequadas para que os empreendedores garantam a eficácia desse controle, já que a ultrapassagem do limite poderia colocar em risco a segurança do sistema. A regulação atual já prevê penalidades para ultrapassagem do MUST contratado, restando avaliar se essa penalização é suficiente para evitar excesso de injeção por usinas que venham a compartilhar MUST, caso seja permitido.

Outro ponto relevante, do ponto de vista comercial, diz respeito a contratos e alocação de riscos. Em caso de contratação por disponibilidade, por exemplo, o risco de mercado não está alocado ao gerador, já que este recebe um valor fixo pré-estabelecido por sua energia, e em eventuais desvios de produção, o preço de mercado é coberto pela distribuidora. Assim, há um desalinhamento de incentivos com relação à valoração da energia, que pode fazer com que as decisões do gerador levem a soluções que não sejam ótimas do ponto de vista sistêmico.

Uma eventual coexistência de dois contratos de fontes distintas em um conjunto híbrido poderia trazer distorções para o agente contratante da energia (distribuidora). Considerando, em especial, a contratação por disponibilidade, o empreendedor poderia alocar o *curtailment* na fonte que possuir menor valor de contrato, minimizando suas perdas, porém, a distribuidora precisaria cobrir a energia que foi cortada, pagando o preço de liquidação de diferenças nesse contrato.

As regras dos contratos de reserva também possuem contabilização e regramentos específicos para cada fonte, e há, portanto, dificuldades para uma usina que possua tal tipo de contrato participar de um conjunto híbrido ou associado.

Destaca-se que no caso de contratos por quantidade, nos quais o risco da produção é alocado no gerador, essa questão pode ser mais bem endereçada pelo próprio agente, visto que será de seu interesse evitar exposições financeiras decorrentes de cortes. Em usinas com contratação exclusiva no Ambiente de Contratação Livre também não haveria maiores dificuldades nesse sentido, visto que a alocação dos riscos e custos associados é negociada entre as partes.

Essas questões foram discutidas em maior detalhe na segunda Nota Técnica da série.

g) Do ponto de vista do sistema, o compartilhamento de MUST permitiria uma otimização do sistema de transmissão, possibilitando a postergação de investimentos na expansão?

O compartilhamento de MUST certamente permitiria a otimização da transmissão e a postergação de investimentos em sistemas dimensionados especificamente para o escoamento de geração, especialmente se esses sistemas apresentarem características radiais. Por outro lado, em sistemas fortemente malhados, que atendem cargas de distribuidoras ou que possuem influência direta de linhas de interligação entre submercados, apenas o compartilhamento de MUST não necessariamente levará postergação de investimentos. Nesses tipos de sistemas, a dinâmica do crescimento de mercado, a própria expansão planejada, e os diversos cenários de geração avaliados nos estudos de planejamento da expansão da transmissão são preponderantes em relação à definição das ampliações necessárias.

Além disso, as ampliações no sistema de transmissão são dimensionadas de forma a atender a expansão planejada em um horizonte não inferior a 10 anos e, com isso, os reforços acontecem de maneira discreta e em capacidades compatíveis com o potencial de geração e o crescimento esperado para o mercado, enquanto a capacidade de geração se insere normalmente de maneira mais contínua e em acréscimos menores em termos de capacidade. Assim, a eventual postergação de investimentos possibilitada pelo compartilhamento de MUST não pode ser generalizada.

h) O compartilhamento de MUST se traduziria em maior margem de escoamento em regiões congestionadas?

O compartilhamento de MUST poderia ter como consequência maior utilização da rede de transmissão em regiões congestionadas a depender dos pontos de conexão dos projetos. Eventuais restrições sistêmicas de áreas ou subáreas elétricas permaneceriam ativas mesmo com esse compartilhamento, pois dependem majoritariamente de condições operativas e cenários de geração adotados, que já são contemplados nas metodologias de cálculo atuais. A operação de parques híbridos apenas aumentaria a ocorrência de cenários críticos nas regiões congestionadas, mas não implicaria necessariamente no aumento da margem de transmissão.

Adicionalmente, é importante destacar que a adoção do hibridismo levará a um “aumento no fator de capacidade” no ponto de conexão, o que será traduzido em um aumento no percentual de geração das usinas nos cenários de referência adotados nos casos base do cálculo de margem. Caso essa premissa de aumento nos fatores de capacidade seja adotado nos cenários base, é possível que algumas regiões do sistema

venham a apresentar redução das margens de escoamento de subárea e área nas análises futuras.

i) Projetos híbridos com baterias auxiliariam no controle da produção?

Os sistemas de armazenamento em baterias vêm ganhando espaço em sistemas elétricos em diversas aplicações. Em alguns mercados, especialmente aqueles com significativa expansão de fontes renováveis variáveis a necessidade por ofertas controláveis, ou mesmo a possibilidade de ter uma produção final mais constante, têm levado a soluções que consistem em projetos de fontes renováveis variáveis (solar e/ou eólica) em conjunto com baterias. Especialmente em sistemas isolados, tais arranjos têm se mostrado atrativos do ponto de vista econômico-financeiro.

O uso desse tipo de projeto no Sistema Interligado Nacional necessita de uma análise custo-benefício mais ampla. As necessidades de capacidade e flexibilidade do sistema elétrico podem ser supridas de diversas maneiras, e a composição de fontes, ou uso de sistemas de armazenamento associados à geração em um mesmo ponto é apenas uma delas. Para mais detalhes sobre esse tema, sugere-se a leitura da Nota Técnica “Flexibilidade e Capacidade: Conceitos para a incorporação de atributos ao planejamento”, disponível no site da EPE²¹.

A EPE vem realizando estudos nos últimos planos decenais considerando sistemas de armazenamento, tanto em baterias quanto em usinas hidrelétricas reversíveis, como candidatos ao atendimento às necessidades futuras do sistema elétrico, e essa modelagem tem sido aprimorada a cada ciclo.

Outra possibilidade de uso de baterias em projetos híbridos seria o armazenamento da energia que seria cortada por falta de capacidade de escoamento, em momentos em que a potência da(s) usina(s) atingisse(m) o MUST contratado. Nesse caso, a bateria poderia ser descarregada nos momentos de menor geração, aumentando ainda mais o fator de capacidade do projeto e otimizando o uso da rede. Essa aplicação, se permitida, deve passar por uma cuidadosa avaliação econômica dos empreendedores.

²¹ Disponível em: www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-flexibilidade-e-capacidade-conceitos-para-a-incorporacao-de-atributos-ao-planejamento

4 Contribuições do Workshop “Usinas Híbridas no Sistema Interligado Nacional”

No dia 15 de maio de 2019, foi realizado na EPE o Workshop “Usinas Híbridas no Sistema Interligado Nacional”, no qual foram apresentados estudos sobre o tema e uma ampla discussão sobre o assunto. A seguir, são listados os principais tópicos discutidos no evento.

a) Terminologias utilizadas para diferenciar combinações de usinas usualmente chamadas de híbridas

Na Nota técnica da EPE “Usinas Híbridas - Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento” foram propostas nomenclaturas diferenciadas para combinações de empreendimentos com mais de uma fonte de geração de energia a depender do nível de integração entre as fontes. Alguns agentes sugeriram alterações nas nomenclaturas. Para a EPE, o importante é haver a diferenciação, pois a depender do nível de integração as consequências técnicas e regulatórias são diferentes.

b) Contratação de MUST/MUSD

A não obrigação da necessidade de contratação de um montante de uso do sistema de transmissão (ou distribuição) igual à potência instalada total do empreendimento foi apontada como a principal necessidade regulatória para viabilização de usinas híbridas. Segundo os agentes, a partir dessa alteração, diversos projetos já se viabilizariam.

c) Cálculo dos ganhos com a combinação de usinas que compartilham o MUST ou MUSD

A viabilidade do compartilhamento do MUST/MUSD depende fundamentalmente de um balanço entre a economia com a subcontratação do uso da rede e a energia que deixa de ser escoada dada essa restrição. Há em alguns casos economias adicionais, com o investimento evitado em equipamentos que passam a ser compartilhados.

Os agentes participantes apresentaram seus estudos de caso, nos quais avaliaram os custos e economias com a estratégia. Ficou evidente, mais uma vez, a importância da discretização temporal para a avaliação das perdas por curtailment, percebendo-se que o uso de médias demonstra um montante de ultrapassagens dos limites da rede bastante inferior ao percebido quando se avalia em bases horárias ou mais curtas.

Em um dos estudos apresentados, que utilizou dados de longo prazo com discretização horária, demonstrou-se que, para um caso exemplo, o montante ótimo do sistema a ser contratado é um pouco inferior à soma das capacidades nominais das duas usinas consideradas. Para determinada configuração destacada, de 70% de eólica com 30% de fotovoltaica, o montante ideal indicado foi de 97,5% da soma das potências, com uma consequente economia de cerca de 2% da tarifa de uso da rede, já descontadas as perdas por curtailment. Assim, demonstra-se que haveria um benefício decorrente da subcontratação do MUST. Em relação à receita esperada para o empreendimento, contudo, essa economia é de apenas 0,1%.

Outro ponto destacado novamente nos estudos é a particularidade de cada caso, já que os ganhos dependem de condições específicas de recurso energético, variáveis de projeto e condições de mercado. A dificuldade na estimativa da energia concomitante, que ultrapassaria o limite contratado, e da precificação dessa energia, fazem com que essa análise possua alta incerteza associada, e, se não bem realizada, pode levar até mesmo a prejuízos.

d) Garantia Física

As dificuldades metodológicas de cálculo de garantia física de usinas híbridas eólico-fotovoltaica foram abordadas tanto em apresentações, quanto no posterior debate. Inicialmente, houve um consenso de que o limite superior da garantia física do conjunto seria a soma das garantias físicas das usinas individuais. Um dos participantes argumentou que o hibridismo poderia levar a uma redução nas incertezas da produção conjunta, o que dependendo do critério de cálculo poderia levar a um aumento do montante de GF. As dificuldades metodológicas devido às diferenças de critérios entre fontes foram outro ponto bastante discutido, já que por exemplo na eólica utiliza-se o P90 e na fotovoltaica o P50, o que poderia dificultar também a alocação do curtailment. Foi lembrado também, que a disposição dos equipamentos de geração de fontes distintas próximos um do outro podem causar impactos na produção de energia, visto que, por exemplo, os painéis fotovoltaicos podem impactar na rugosidade do terreno e no gradiente térmico, o que influencia o comportamento do vento e as turbinas eólicas podem causar sombreamento nos painéis em alguns momentos do dia. Além disso, critérios de contabilização e revisão de GF utilizam as características de cada fonte, e a consideração conjunta necessitaria estudo. Por outro lado, lembrou-se que a não consideração dessa redução de garantia física devido aos cortes traria impactos ao planejamento, ainda que pequenos em um primeiro momento.

e) Preço horário

Com relação às mudanças previstas para o setor elétrico, debateu-se como a implantação do preço horário impactaria na viabilidade das usinas híbridas. A opinião dominante é de que o hibridismo se beneficiaria da variação horária dos preços de energia, já que a união de usinas de diferentes fontes serve como mitigação das variações de produção de energia devido às oscilações dos recursos energéticos. Ao se adicionar, por exemplo, usinas fotovoltaicas a eólicas existentes, embora a produção de energia não chegue a um perfil *flat*, aproxima-se um pouco do mesmo, reduzindo os riscos de exposição a flutuações de preço em relação ao perfil eólico individual.

f) Armazenamento em usinas híbridas

O uso de tecnologias de armazenamento para evitar o curtailment de energia foi citado pelas empresas em suas apresentações. Questionados sobre a viabilidade econômica dessa solução, um deles respondeu que os estudos se encontram em estágio inicial, e são de cunho mais conceitual. Outro participante afirmou que a viabilidade do armazenamento depende do comportamento do futuro preço horário, e da magnitude de suas variações. Destacou ainda que provavelmente seria necessário também considerar outros usos para o equipamento, como o fornecimento de serviços ancilares.

g) Operação

A necessidade de corte automático obrigatório de geração, nos limites do MUST contratado, foi identificada como uma maneira de se garantir a segurança do sistema. Apesar de haver previsão regulatória de multa por ultrapassagem do montante contratado, ponderou-se que tal alternativa sequer deve ser considerada, pois caso a decisão de ultrapassagem fosse tomada em conjunto por diferentes usinas, poderia haver riscos à segurança do sistema. Foi destacado também pelo representante do Operador Nacional do Sistema que é importante que as usinas observem os requisitos de operação específicos de cada fonte, e reafirmado que eventual *curtailment* deve ser de responsabilidade do gerador.

h) Impactos na transmissão

Parte dos agentes manifestou opinião de que o hibridismo permitiria o melhor aproveitamento da infraestrutura existente, potencialmente incrementando a margem de escoamento em pontos onde há restrição. A EPE ponderou que não necessariamente haveria um aumento da margem, a depender dos pontos de conexão das usinas. Os critérios de cálculo contemplam, além da análise de barramento, avaliações conjuntas de injeções de potência em diferentes barramentos, definida com

análise de subáreas e áreas. Desta forma, o hibridismo pode resultar em um aumento da margem de escoamento dos pontos de conexão, mas pode reduzir substancialmente as margens das subáreas e áreas do sistema justamente por reduzir a ociosidade do sistema de transmissão promovendo um aumento do fator de capacidade da geração em cenários considerados mais severos sob a ótica do desempenho sistêmico.

Foi destacada também a necessidade de se avaliar os impactos que o compartilhamento de MUST/MUSD dos projetos híbridos pode provocar no planejamento da expansão da transmissão em termos da sinalização das necessidades de expansão. Foi ressaltada que a velocidade de execução de projetos de geração é, na sua maioria, significativamente menor que a velocidade de implantação das obras de transmissão necessárias ao escoamento pleno da geração. Sendo assim, levando-se em consideração a dinâmica de implantação de novos parques, em especial de geração renovável solar e eólica, a tendência das recomendações do planejamento da expansão da transmissão é a de antecipação de reforços e ampliações ao invés da postergação de investimentos.

Além disso, foi destacado que os critérios de planejamento e o dimensionamento da transmissão já consideram as características elétricas inerentes a cada fonte, o que assegura uma utilização dos recursos de transmissão disponíveis de forma racional e eletricamente segura.

i) Competitividade

Ao comentar as experiências internacionais, sugeriu-se que o Brasil estaria em posição melhor que os países discutidos, já que se verificou que a viabilização de usinas híbridas em outros mercados tem apresentado dificuldades ou dependido de subsídios. Segundo um empreendedor, no Brasil, a solução já seria competitiva e não seriam necessários subsídios, e foi sugerido que o montante adicional de geração, no caso de hibridização de uma usina existente, fosse alocado ao ACL. Caso desejasse se ofertar ao ACR, as híbridas poderiam competir com a fonte de menor preço nos leilões.

Nesse sentido, discutiu-se que a mudança para contratos por quantidade nos leilões recentes vai na direção de um tratamento igualitário entre as fontes, e permite uma competição entre estas e as híbridas de maneira mais justa.

j) Próximos passos

Os agentes sugeriram medidas de curto, médio e longo prazo de modo a viabilizar a participação de sistemas híbridos de geração de energia na matriz elétrica brasileira. Dentre medidas de curto prazo se destacam alterações regulatórias de modo a permitir

a contratação de MUST/MUSD inferior à potência instalada total do empreendimento. Dentre as medidas de médio e longo prazo foram sugeridas a criação de metodologias para contabilização de garantia física e estimativa do “Curtaiment” e outorgas unificadas para usinas totalmente novas.

5 Considerações Finais

As experiências internacionais demonstram que a implementação de sistemas híbridos não é simples, havendo dificuldades de viabilização dos projetos, que tem dependido de subsídios e incentivos, sendo a inserção de projetos híbridos por mecanismos de mercado ainda incipiente. Destaca-se também que os sistemas elétricos de cada país possuem necessidades específicas, não necessariamente similares às do Brasil, que fazem com que o hibridismo seja mais benéfico. No caso da Índia, por exemplo, país com maior interesse nessas soluções, as principais motivações foram a escassez de terrenos e a dificuldade de se expandir os sistemas de transmissão.

No Sistema Interligado Nacional, a regulação atual já permite que parte dos benefícios normalmente atribuídos às usinas híbridas sejam auferidos, como o compartilhamento de terreno e sinergias construtiva e operativa. Algumas vantagens do ponto de vista do sistema, como atendimento à demanda de ponta e aumento da segurança do sistema também já são acessadas devido ao portfólio diversificado de usinas do SIN, visto que decorrem da diversificação de fontes, e não necessariamente do hibridismo físico. Do ponto de vista do empreendedor, um portfólio variado de projetos, mesmo que as usinas não estejam próximas entre si, pode contribuir para a mitigação de exposições financeiras de maneira similar à que fariam projetos híbridos ou associados.

Do ponto de vista elétrico, a depender do caso, o compartilhamento do Montante de Uso do Sistema poderia permitir a otimização do uso da rede transmissão existente e postergar investimentos na expansão em alguns casos específicos. Para um dado barramento ou região elétrica, o hibridismo pode contribuir para a estabilidade do sistema uma vez que auxilia na diminuição da variabilidade da geração, porém este efeito seria menos significativo caso os empreendimentos estejam localizados em regiões cujas capacidades de escoamento já se encontram limitadas por restrições sistêmicas. (Ex.: limites de carregamento em interligações regionais ou entre diferentes áreas de um mesmo subsistema).

O compartilhamento do Montante de Uso do Sistema, que constituiria as usinas associadas, não é possível atualmente. Se for permitida a contratação de um Montante de Uso do Sistema inferior à potência instalada total dos empreendimentos, os empreendedores de geração devem se responsabilizar pelas análises financeiras que considerem: (i) o potencial prejuízo devido ao corte de parte da geração ao longo do período de operação das usinas; (ii) os possíveis ganhos econômicos com a contratação de um montante de uso inferior à potência total dos empreendimentos; e (iii) os possíveis ganhos com o compartilhamento da subestação coletora elevadora e da linha de transmissão de interesse restrito.

O balanço financeiro decorrente do uso dessa estratégia é de difícil análise, dada a diversidade de fatores envolvidos, tais como recurso local, equipamentos de geração, preços de energia, infraestrutura de conexão disponível, entre outros. Ainda, as dificuldades na estimativa do *curtailment*, dos preços de energia e das perdas elétricas, parâmetros cruciais para a viabilidade, elevam o risco associado a essa a essa solução, que, caso permitida, deve ser avaliada com cautela, pois poderia, em certos casos, inclusive levar a prejuízos financeiros.

Adicionalmente, destaca-se que embora o trabalho tenha focado em combinações de usinas eólicas e solares fotovoltaicas, o conceito de usinas híbridas (ou associadas) também pode ser estendido a outras tecnologias, o que reforça a importância de avaliações caso a caso, dadas as particularidades de cada fonte, como perfil diário de geração, sazonalidade etc.

Por fim, entende-se que a associação ou hibridização de usinas representam arranjos inovadores que são tecnicamente possíveis e que podem eventualmente contribuir para redução de preço da energia. Para tanto, deve-se buscar eliminar barreiras ao seu desenvolvimento, atentando para as dificuldades que podem surgir, como mostra a experiência internacional. Deve-se também ter cautela com os riscos financeiros envolvidos, alocando-os preferencialmente aos geradores, dadas as particularidades de cada projeto.

As considerações descritas nesta Nota Técnica e nas Notas técnicas publicadas anteriormente pela EPE foram abordadas no workshop realizado no dia 15 de maio de 2019, havendo muitas convergências com os estudos apresentados pelos agentes do setor elétrico. A principal necessidade regulatória para viabilização de usinas híbridas apontada no evento foi a possibilidade de contratação do MUST ou MUSD inferior à potência instalada do empreendimento. Outros pontos em comum foram a importância da discretização temporal para a avaliação das perdas por curtailment e a necessidade de se fazer um estudo econômico detalhado que considere a economia com redução do montante de uso do sistema. Outras questões abordadas foram a necessidade de corte automático obrigatório de geração, e a possibilidade de, em um primeiro momento, retirar as barreiras regulatórias para esse tipo de solução, permitindo sua viabilização no Ambiente de Contratação Livre, e, após um melhor entendimento de seus benefícios e dificuldades, estudar sua extensão ao ACR.

Além disso, considerando que ainda não estão claros os benefícios das usinas híbridas para o sistema elétrico, recomenda-se que sejam evitados subsídios ou regras específicas para esses arranjos nos leilões do ACR.

6 Referências

Aggarwal, M; Dutt A. **State of the Indian Renewable Energy Sector: Drivers, Risks, and Opportunities**. Índia, Setembro, 2018.

CCEE- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Preço Médio da CCEE (R\$/MWh)**. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos/precos_medios?_afLoop=120272233563071&_adf.ctrl-state=1u3pounxs_59#!%40%40%3F_afLoop%3D120272233563071%26_adf.ctrl-state%3D1u3pounxs_63. <acesso em 20/01/2019>

Energy and Petrochemicals Department – Government of Gujarat. **Gujarat Wind Solar Hybrid Policy 2018**. Gandhinagar, Índia, 2018. Disponível em: https://guj-epd.gujarat.gov.in/uploads/Gujarat_Wind-Solar_Hybrid_Power_Policy-2018.pdf <acesso em 28/01/2019>

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **Usinas Híbridas - Uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento**. Nota Técnica, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-393/NT%20EPE-DEE-NT-011-2018-r0%20%28Usinas%20h%C3%ADbridas%29.pdf>

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **Avaliação Da Geração De Usinas Híbridas Eólico-Fotovoltaicas - Proposta Metodológica E Estudos De Caso**. Nota Técnica, 2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-232/topico-214/Metodologia%20para%20avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20usinas%20h%C3%ADbridas%20e%C3%B3lico-fotovoltaicas.pdf>

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **EPE realiza o Workshop "Usinas Híbridas no SIN"**. Publicado em 16/05/2019. Disponível em <http://epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-realiza-o-workshop-usinas-hibridas-no-sin->

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **Custo Marginal de Expansão do Setor Elétrico Brasileiro Metodologia e Cálculo - 2018**. Nota Técnica, 2018. Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-332/topico-425/NT_CME_EPE-DEE-RE-55-2018_r1.pdf.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **Flexibilidade e Capacidade: Conceitos para a incorporação de atributos ao planejamento**. Nota Técnica, 2018.

Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-316/NT_EPE_DEE-NT-067_2018-r0.pdf.

Hoehne, Achim. Kennedy Energy Park. **Constructing Wind/PV/BESS**. Clean Energy Council Summit. Sydney, Austrália, 2018. Disponível em: <http://www.cleanenergysummit.com.au/dam/cec/events/aces-2018/presentations/Achim-Hoehne/Achim%20Hoehne.pdf> <acesso em 28/01/2019>

Ministry of New and Renewable Energy. **National Wind-Solar Hybrid Policy**. New Delhi, India, 2018. Disponível em: <https://mnre.gov.in/sites/default/files/webform/notices/National-Wind-Solar-Hybrid-Policy.pdf> <acesso em 28/01/2019>