

Aprimoramentos Regulatórios e Comerciais como suporte para a Viabilização de Projetos Híbridos Eólico-Solar Fotovoltaico

Luiz Armando Steinle Camargo, Dorel Soares Ramos, Lucas Freitas de Paiva, Pedro Souza Rosa, Mateus Henrique Balan

Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas

Universidade de São Paulo - USP

Av. Prof. Luciano Gualberto, 158 - Butantã, São Paulo - SP, 05508-900

luiz.steinle@usp.br, dorelram@usp.br, lucaspaiva91@gmail.com, pedro.souza.rosa@gmail.com, mateus.balan@gmail.com

RESUMO

O crescente interesse na promoção de Usina Híbridas no território nacional, em particular aquelas compostas pelas fontes Eólica e Solar Fotovoltaica, transcendem a questão de redução de despesas de investimento e de operação decorrentes dos compartilhamentos na infraestrutura local. A característica de complementaridade da geração sazonal destas fontes pode ser explorada para o (i) melhor aproveitamento do Sistema de Escoamento da produção e (ii) para a viabilização comercial destes empreendimentos, ambos objetos de interesse deste estudo. A questão do compartilhamento do Uso do Sistema de Escoamento é oportuna, pois atualmente um gargalo para a expansão da oferta de geração renovável no submercado Nordeste reside justamente na baixa capacidade remanescente para a conexão em algumas localidades de alto potencial energético (solar e eólico). Ademais, para a viabilização comercial destes empreendimentos no mercado brasileiro, ponderando seu estágio ainda incipiente de evolução, faz-se necessária a adoção de um modelo de contratação específico que considere os atuais condicionantes técnico-financeiros de cada fonte e que contemple os ajustes regulatórios necessários para tanto. Análises realizadas reforçam os benefícios das proposições apresentadas neste estudo, indicando que a flexibilização na contratação pelo uso do sistema de escoamento e a realização de um leilão específico para este tipo de empreendimento, com modelo de contratação baseado na oferta de um único contrato por quantidade e precificação ajustada à participação individual das fontes, afigura-se com interessante potencial para viabilização desse tipo de Usina.

Palavras-chave: *Usinas Híbridas, Complementaridade, Sistema de Escoamento, Contratação de Energia Híbrida.*

1. INTRODUÇÃO

As usinas Eólicas localizadas no submercado Nordeste caracterizam-se por terem um perfil de geração sazonal com variação muito acentuada ao longo do ano, na escala mensal, como também uma forte modulação quando se observa na escala diária. Dentro do mesmo submercado há perfis de geração distintos, mas todos com a sazonalidade acentuada se comparados com o submercado Sul, em que há tendência de uma geração mais 'flat' ao longo do ano [1]. Outra característica importante da geração diária das eólicas é que em muitas localidades no submercado Nordeste os parques tendem a gerar com maior intensidade durante o período noturno do que durante o diurno.

As usinas Solares Fotovoltaicas (FV) também apresentam sazonalidades em suas gerações, seja pela característica primária de geração ao longo do dia – em razão da sua dependência da irradiação (sazonalidade diária) –, seja pelas alterações mensais ao longo do ano oriundas das mudanças de estação climática [2].

A característica de geração sazonal, existente em diversas fontes, traz importantes rebatimentos nas operações de comercialização de sua produção. Ao comercializar individualmente sua produção, os empreendimentos ficam expostos aos riscos de geração própria¹, de modo que ao comercializar a placa em conjunto, o 'mix' na produção sazonal (complementar) resulta num perfil de geração mais plana, que implica na mitigação do risco de exposições indesejáveis, atenuados ou não em função dos condicionantes comerciais.

A exploração da complementaridade é objeto de diversos estudos que evidenciam o potencial de aferição de resultados financeiros (binômio risco x retorno) maiores do que a soma dos resultados individuais, por intermédio da adoção de uma estratégia de associação comercial envolvendo diferentes fontes com geração sazonal complementares. Para maior detalhamento vide [3], [4] e [5].

¹ Na prática, o tipo de contrato pode atenuar os riscos de geração. No contrato por quantidade o risco de geração é todo do gerador (se possuir cláusula de sazonalidade, este risco pode ser diminuído pois a sazonalidade pela curva de geração implica em maior risco ao consumidor e não ao gerador). No contrato por disponibilidade com ressarcimento, o risco da geração é diminuído em relação ao contrato de quantidade, posto que as contabilizações do ressarcimento ocorrem em períodos anual ou quadrienal, ocorrendo maior possibilidade de 'exposições' mensais negativas serem compensadas por outras positivas.

No caso do par Eólica e Solar-FV, o fator que merece particular destaque é que, conforme mencionado, em diversas localidades do submercado Nordeste há uma tendência de a geração eólica ocorrer com maior intensidade em períodos noturnos, que muitas vezes se iniciam e terminam no decorrer do período diurno. Este comportamento complementa o perfil de geração diurno da Solar-FV, traduzindo-se num perfil mais plano da geração do conjunto. O quadro da Figura 1 ilustra esta situação, em que são apresentadas as médias horárias das gerações mensais de uma Eólica e uma Solar-FV operando individualmente e em conjunto, em uma localidade no interior da Bahia. As gerações são apresentadas em função das potências, formado por 70% Eólica e 30% Solar-FV.

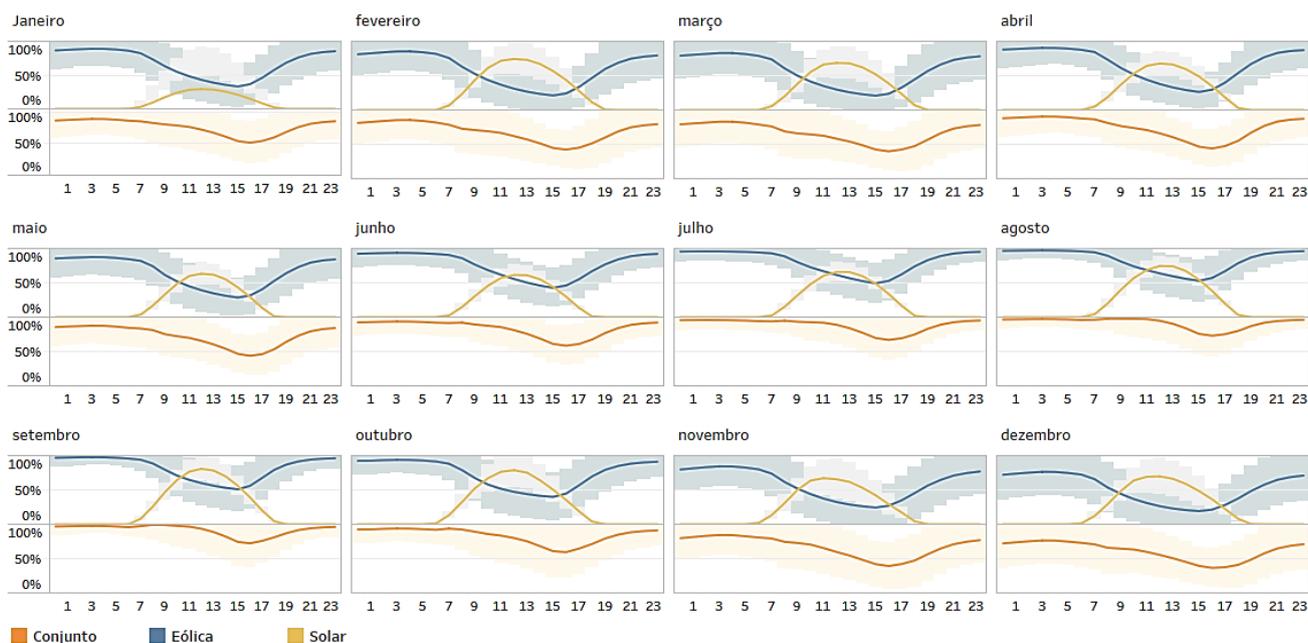


Figura 1. Complementaridade da Geração Eólica com a Solar-FV.

Além das questões pertinentes à comercialização de energia, a característica de complementaridade no perfil horário das gerações deste par de fontes suscita a discussão dos benefícios da implantação de Usinas Híbridas para um melhor aproveitamento do Uso dos Sistemas de Escoamento (MUST/MUSD).

Na regra regulatória vigente, as usinas Solar-FV e Eólica necessitam contratar um MUST equivalente à Potência Nominal do Empreendimento. Como a geração horária destas fontes é sazonal, convivem com períodos de ociosidade nos Sistemas de Escoamento (ocorrência de períodos geração muito baixa ou nula, para uma contratação fixa no tempo).

Por isso, neste estudo propõem-se ajustes regulatórios que possam contribuir para um melhor aproveitamento no uso da rede de escoamento para Usinas Híbridas compostas por estas fontes.

A busca por alternativas para um melhor uso dos Sistemas de Escoamento tem relação com o fato da conexão com a rede ser um entrave ao desenvolvimento eólico em muitas localidades, sobretudo no Nordeste brasileiro, dado que atualmente há escassez de disponibilidade em algumas subestações, cuja capacidade remanescente é bastante reduzida, de acordo com o exposto em [6]. Deste modo, o compartilhamento da rede representa benefícios aos agentes que atualmente se defrontam com restrições importantes para expandir seus parques geradores. Para tanto, são necessários ajustes regulatórios nesta questão, conforme se objetiva avaliar neste estudo.

Como em todas as tecnologias e arranjos ainda em estágio incipiente de desenvolvimento, torna-se necessário que exista um ambiente propício para a viabilização das Usinas Híbridas, sobretudo no caso em tela, em que há diferenças nos custos destas fontes decorrentes dos estágios de maturação (Eólicas são mais competitivas em razão dos preços, custos e tecnologia em comparação com as Solar-FV). Nesse prisma, faz parte do objetivo deste estudo propor um modelo de contratação específico para Usinas Híbridas, que contorne essas diferenças e promova a implantação deste tipo de arranjo.

O conceito de Usinas Híbridas utilizado neste estudo difere daquele proposto pela EPE [7]. Neste estudo, se adota um conceito distinto, assumindo que empreendimentos híbridos são formados por usinas de fontes energéticas primárias distintas, com características de produção complementar, as quais devem compartilhar fisicamente e contratualmente a infraestrutura de conexão e acesso à rede, independente se há medição individual para cada usina ou uma única para as duas (sem distinção da fonte primária) – fator principal que diferencia as tipologias de Usinas Associadas e Híbridas definidas pela EPE.

2. AJUSTE REGULATÓRIO PARA CONTRATAÇÃO DO MUST DE USINAS HÍBRIDAS

Atualmente, ainda não há tratamento regulatório específico para Usinas Híbridas. Na prática, os empreendedores estão ‘anexando’ Projetos Solares-FV aos Parques Eólicos com vistas a compartilhar a infraestrutura local e auferir os benefícios em relação a implantação da nova usina e o compartilhamento de instalações e da operação de ambas.

À parte disso, questões de comercialização e uso do sistema de escoamento com a contratação do MUST² (Montante de Uso do Sistema de Transmissão) continuam a ser tratadas individualmente. A única sinergia explorada seria em relação a comercialização, do mesmo modo que no caso de portfólio de ativos de geração (que podem estar ou não em outros locais).

Neste processo, as usinas são tratadas individualmente, segundo regulação específica para cada fonte. Não existe, portanto, um tratamento diferenciado focado nas particularidades destes conjuntos. O tratamento regulatório vigente, dado pelas RNs nº 666/2015 e nº 506/2012 da ANEEL indica a contratação de um MUST equivalente à 100% da Potência Nominal das fontes Solar-FV e Eólica.

Dessa forma, no caso de Usinas Híbridas isso implicaria, estrito senso, na contratação da soma da potência nominal das fontes. Esta contratação agregada não contribui com o ‘gargalo’ atual enfrentado por muitos empreendedores, caracterizado pela necessidade de implantação de projetos em pontos com rede de conexão, muitas vezes já esgotada em termos de potência contratada e que, por este fato, um dos objetivos/interesse em se constituir um projeto híbrido seria justamente o de explorar o compartilhamento da conexão (e a otimização no uso da rede), dado que a fonte eólica isoladamente tende a apresentar períodos de baixa utilização da rede (e outros com alta) e haveria uma sinergia horária/diurna com a geração solar.

Uma vez que um dos interesses de se viabilizar essa tipologia reside no compartilhamento da rede, em razão dos benefícios técnicos-financeiros gerados, seria coerente o aprimoramento das Resoluções Normativas vigentes de forma a permitir contratação do montante de uso do sistema de forma diferenciada para os casos de usinas híbridas.

Entende-se como razoável, para o caso de Usinas Híbridas, a proposição de uma flexibilização normativa para a contratação limitada, no mínimo, à potência nominal da fonte com maior participação no arranjo.

² O mesmo se aplica ao caso de contratação do MUSD.

Neste caso, o controle de ultrapassagem ficaria sob responsabilidade do empreendedor, que se responsabilizaria pela adoção de procedimentos operativos e da implantação de equipamentos de controle automático³, para promover o corte de geração (“*drop generation*”), impedindo a ultrapassagem do valor contratado.

Para exemplificar o ajuste regulatório proposto (contratação mínima da potência da fonte de maior participação), analisou-se o caso de uma Usina Híbrida composta por uma Eólica de 100 MW e uma Solar-FV com Potência variando de 10-100 MW, com a contratação do MUST limitada à Potência Nominal de uma Usina Eólica (100 MW). Para cada composição estimou-se o percentual de cortes (em relação a geração mensal) – caracterizados pela geração total do arranjo que excede, em média, o contratado no MUST. O estudo foi replicado em quatro localidades no submercado Nordeste, a partir da reconstrução de séries de longo prazo Vortex e SolarGIS⁴ (base horária) e dados de medição fornecidos pelos proprietários locais, utilizando uma evolução da metodologia apresentada por [8]. A Figura 2 mostra os resultados.

A figura apresenta padrões distintos de cortes em cada localidade. Por exemplo, no interior da Bahia a tendência é de menores montantes de alívio de geração do que no Ceará. Naquele, o mês de maior corte (12%) é setembro, enquanto que neste, é outubro (20%). Com a restrição do MUST “travado” na Potência Eólica, quanto maior a participação Solar-FV no conjunto, maior o percentual de corte de geração.

O empreendedor deve avaliar cada caso (localização e condicionantes) no sentido de verificar se as economias geradas pela contratação de um MUST menor do que a Potência total do conjunto e a implicação na redução de investimento em conexão compensa as perdas por *curtailment* – controle de ultrapassagem – para não incidência de penalidades. Esta análise foi implicitamente contemplada no item a seguir que trata da proposição de um modelo de contratação específico para Usinas Híbridas.

³ A penalidade imposta atualmente pelas RNs são financeiramente inibidoras da ultrapassagem (de elevado valor), além das implicações inerentes às questões operacionais (desligamento por reincidência).

⁴ Vortex: <https://www.vortexfdc.com>; SOLARGIS: <https://solargis.com>.

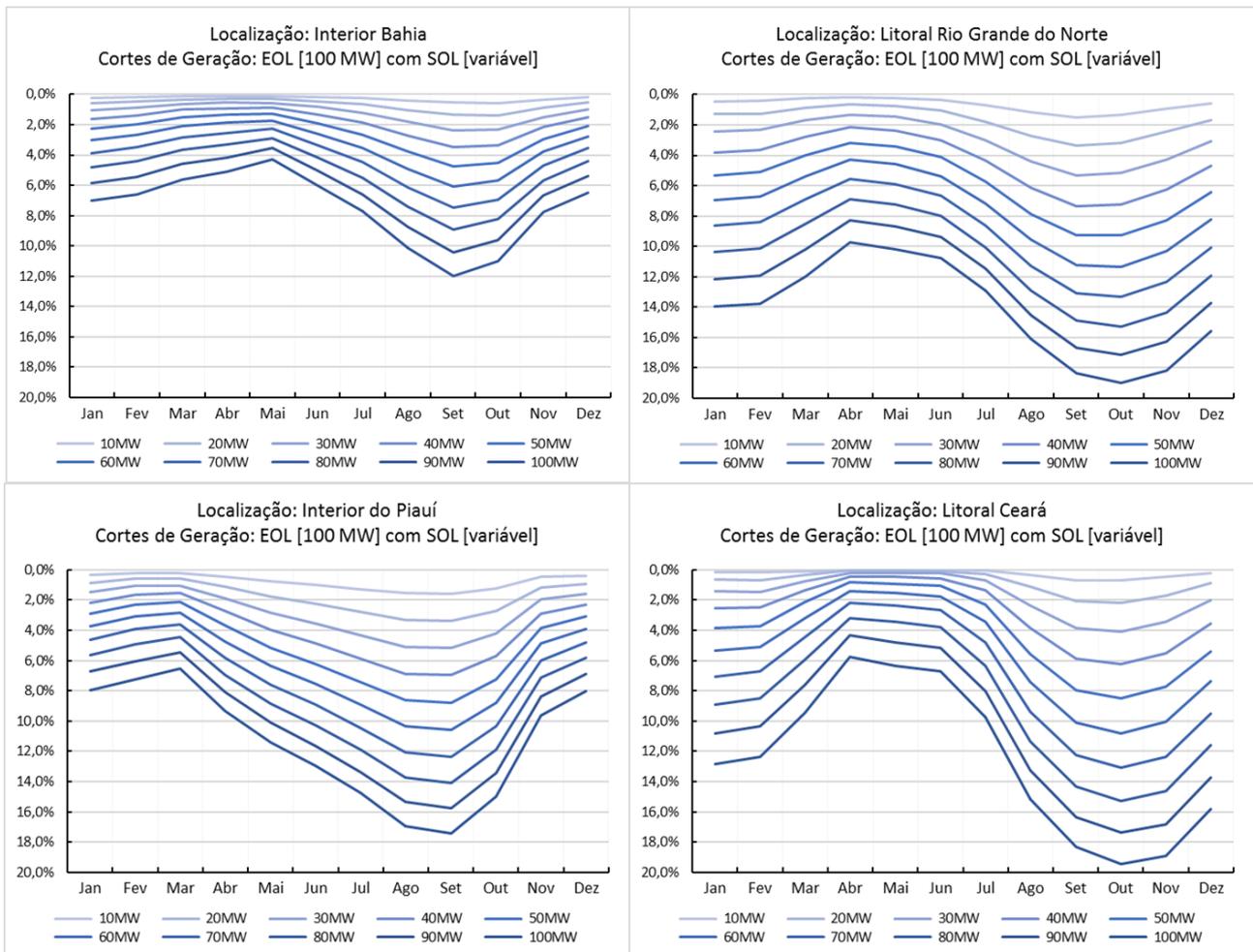


Figura 2. Cortes de Geração de Usinas Híbridas com limitação no MUST (100% Pot. Eólica).

3. MODELO DE CONTRATAÇÃO ESPECÍFICO PARA USINAS HÍBRIDAS

As Usinas Solares-FV, nos atuais patamares de preço e custo de investimento, dificilmente se viabilizam sob condição de contratação na modalidade “quantidade”, em que o risco de geração é assumido pelo agente vendedor, risco esse caracterizado por exposições ao Mercado de Curto Prazo (MCP).

Dada a menor maturidade desta fonte quando comparada às tradicionais, ainda se mostra preponderante para a sua atratividade que os riscos de geração sejam assumidos pelo comprador, como nos contratos por disponibilidade firmados no Ambiente de Contratação Regulado (ACR).

Desta forma, um modelo de negócio que envolva este tipo de fonte isoladamente deveria considerar a comercialização da Solar-FV na modalidade de contratação do tipo por disponibilidade e a preços de Mercado Regulado (risco de geração assumido pelo agente comprador, em termos mensais, por determinado período, havendo um período de conciliação. O Agente vendedor fica sujeito a ajustes de ressarcimento em período anual - ou quadrienal a depender do Leilão).

No caso das Usinas Eólicas, os patamares de preços e custos de investimento já permitem a viabilização desta fonte tanto no ambiente livre ACL quanto no ACR sob condições de contratação por quantidade (vide características dos contratos dos últimos certames, em que se adotou contrato por quantidade com cláusula de sazonalização anual).

Os Leilões de Energia no ACR possuem papel fundamental na promoção da atratividade das fontes alternativas, na expansão do sistema e na manutenção da continuidade da expansão da oferta. O histórico dos leilões, com decréscimos significativos nos preços de fechamento, evidencia a importância desses mecanismos para a promoção das fontes eólica e solar.

Por meio dos certames, realizados com frequência, permitiu-se a melhoria na atratividade das fontes e o desenvolvimento da cadeia solar e eólica do país. E para promover a eficácia dos Leilões, estes devem ter características e regras customizadas, garantidoras de um ambiente atrativo a seus participantes (do lado da venda e do lado da compra).

Avaliando-se o histórico dos Leilões, à medida em que as fontes passaram a ser mais competitivas (menores preços), naturalmente adotou-se aperfeiçoamentos visando permitir que os riscos de geração passassem a ser melhor alocados, transferindo do lado do comprador para o vendedor.

Este é o caso das Eólicas, por exemplo, em que inicialmente foram ofertados contratos por disponibilidade (risco de geração para o comprador) e atualmente são ofertados contratos por quantidade (risco de geração para o vendedor), embora a cláusula de sazonalização pela curva de geração retire parte deste risco do vendedor (gerador) e transfira ao consumidor.

Proposta de Leilão de Energia Nova Específico para Usinas Híbridas

Neste contexto, pode-se ponderar que a promoção de Leilões de Energia Nova Específico para Usinas Híbridas no ACR apresenta-se como alternativa natural para a viabilização econômica e financeira.

Estes Leilões seriam inéditos no país e, naturalmente, este fato impõe a necessidade de se configurar o mecanismo de forma a oferecer um produto que de fato estimule a atratividade para a participação das fontes no certame, permitindo a viabilização das usinas e criando um ambiente competitivo no qual os projetos mais eficientes se sobressaiam por competição entre os agentes.

Definição de Participação Mínima da Solar-FV na Composição da Usina Híbrida

Neste tipo de Leilão, um importante fator a ser considerado é definição de um conteúdo mínimo de participação Solar-FV na Usina Híbrida (Potência) – enquanto esta for de maior custo que a Eólica, com a inclusão de cláusula garantidora de que os projetos participantes sejam de fato caracterizados como Híbridos.

Tratamento Regulatório da Garantia Física das Usinas Híbridas

Para efeito de lastro comercial e contabilização, entende-se que a solução regulatória trivial para o tratamento da Garantia Física da Usina Híbrida seja considerá-la como o resultado da somatória da Garantia Física individual das fontes Eólica e Solar-FV, cada qual sob seu critério específico (Eólica com base em P90 e Solar-FV em P50) e com certificação dos recursos realizada com base em períodos de medição coincidente (neste caso, um dos três anos de medição Eólica deve coincidir com um ano de medição Solar-FV, conforme preconiza a regulação para cada uma destas fontes).

Trata-se, portanto, de uma solução regulatória de aplicação imediata, que não requer a necessidade de revisitar e ajustar critérios de cálculo para estes tipos de empreendimentos (implicaria em difícil validação normativa).

Ganhos sinérgicos de geração ficarão confinados a estratégias comerciais em função do tipo de contratação (e processo de contabilização) e não diretamente na estimativa da GF Híbrida. A competição no mercado e em Leilões deve permitir a captura parcial desse efeito em prol do consumidor.

Ganhos marginais ao se 'somar' as GF individuais podem eventualmente ser auferidos no caso de haver alterações nas estimativas da Taxa de Indisponibilidade Forçada (TEIF) e Programada (IP) e das Perdas Internas quando considerado o conjunto versus individual.

Características do Contrato para Usinas Híbridas

Sem nenhuma pretensão de se esgotar as possibilidades de definição de produtos para Usinas Híbridas, entende-se como coerente a seguinte proposta de contratação e contabilização:

- Tipo de Contrato: Contrato único por Quantidade, com cláusula de sazonalização de entrega (similar ao produto Eólica nos Leilões A-4/A-6 2018).
- Precificação: preço ponderado com base no preço teto individual de cada fonte (Solar-FV e Eólica), fixado por consideração do peso relativo de cada fonte na composição do Parque, em Garantia Física individual, para uma determinada configuração de referência. Por exemplo, 40% Solar-FV com 60% Eólica, com participação da fonte de maior custo no mínimo igual àquela da configuração de referência.
- Contabilização: Regra normal de contrato por quantidade. Primeiro, com a verificação do atendimento do Volume Contratado x Geração Total da Usina Híbrida e, na sequência, a Contabilização de Receita Fixa e Receita Variável (exposição MCP).

Necessário precificação coerente do produto para os projetos híbridos, considerando a participação de cada fonte no conjunto (seja em função da Potência Nominal ou em função da GF), para que a sinalização econômica de preços seja adequada, sem distorções, de modo que o certame seja de fato atrativo ao investidor e, com efeito, promova a expansão Solar-FV e Eólica conjuntamente.

Como a tendência é de maior participação Eólica do que Solar-FV nas Usinas Híbridas (vide exemplo), se o preço híbrido for muito acima do preço-referência ('viável') da Eólica, bastaria uma participação mínima da Solar – caracterizando a Usina como Híbrida – que a Eólica se beneficiaria, por questão de escala, na participação no conjunto. Este é um dos motivos pelo qual sugere-se uma participação mínima Solar em caso de Leilões de usinas híbridas e o ajuste no preço-alvo com base nas duas fontes.

Como forma de contornar essa possível distorção, sugere-se a composição do preço para Usinas Híbridas ponderado pela GF de cada fonte. Neste conceito, quanto menor a participação Solar-FV, por óbvio, mais próximo o 'Preço Híbrido' ficará do preço-referência da Eólica. A ponderação pela GF se afigura coerente, pois esta vertente é uma condicionante direta da Receita das Usinas e, implicitamente, considera as características de geração, de potência e Fator de Capacidade de cada tipo de fonte.

A Tabela 1 ilustra a aplicação do conceito para formação do preço do contrato Híbrido, a partir da composição entre o preço-referência da Eólica nesta localidade (140,00R\$/MWh, comercializando contrato por quantidade) e o preço-referência da Solar-FV (220,00R\$/MWh, comercializando contrato por disponibilidade), ponderado pelas respectivas Garantias Físicas.

Tabela 1. Preço Contrato Híbrido

Potência [MW]		Garantia Física [MWmed]		Preço [R\$/MWh]		Preço Híbrido [R\$/MWh]
Eólica	Solar	Eólica	Solar	Solar	Eólica	f(GF)
100	10	42,96	2,54	220,00	140,00	144,47
100	20	42,96	5,08	220,00	140,00	148,46
100	30	42,96	7,62	220,00	140,00	152,05
100	40	42,96	10,16	220,00	140,00	155,30
100	50	42,96	12,70	220,00	140,00	158,26
100	60	42,96	15,24	220,00	140,00	160,95
100	70	42,96	17,78	220,00	140,00	163,42
100	80	42,96	20,32	220,00	140,00	165,69
100	90	42,96	22,86	220,00	140,00	167,79
100	100	42,96	25,40	220,00	140,00	169,73

RESULTADOS

Para efeito de investigação do modelo de contratação proposto, foi realizado um estudo de caso que simula a contratação de uma Usina Híbrida no interior da Bahia e a compara com os desempenhos individuais de Usinas Eólica e Solar-FV operando individualmente na mesma localidade. Como premissa de simulação, fixa-se a participação Eólica em 100 MW e varia a Solar-FV até este montante, em passos de 10 MW. As análises foram processadas em um modelo de análise econômico-financeira de projetos⁵.

⁵ A modelagem aplicada para a análise de viabilidade foi omitida neste estudo em razão deste trabalho ter cunho propositivo de ajustes regulatórios e as formulações aplicadas não diferirem das comumente aplicadas no mercado.

Nas simulações são considerados dois casos:

- (i) Contratação do MUST igual a Potência Nominal da Usina Híbrida. Portanto, não há cortes na geração conjunta e não há redução nas despesas de investimento em Conexão e nem nos Encargos do Uso do Sistema de Transmissão (EUST);
- (ii) Contratação do MUST igual a Potência Nominal da Eólica de 100MW, que compõe a Usina Híbrida. Neste caso, há incidência de cortes na geração da Usina em função da participação Solar-FV (conforme Figura 2). Em contrapartida, há redução na despesa de investimento na Conexão (considera-se redução nos custos com Conexão da Solar) e o EUST mantém-se equivalente à contratação de 100MW de Potência.

A Figura 3 ilustra a simulação do caso (i) citado. No gráfico são apresentados os resultados de quatro simulações, explicadas a seguir.

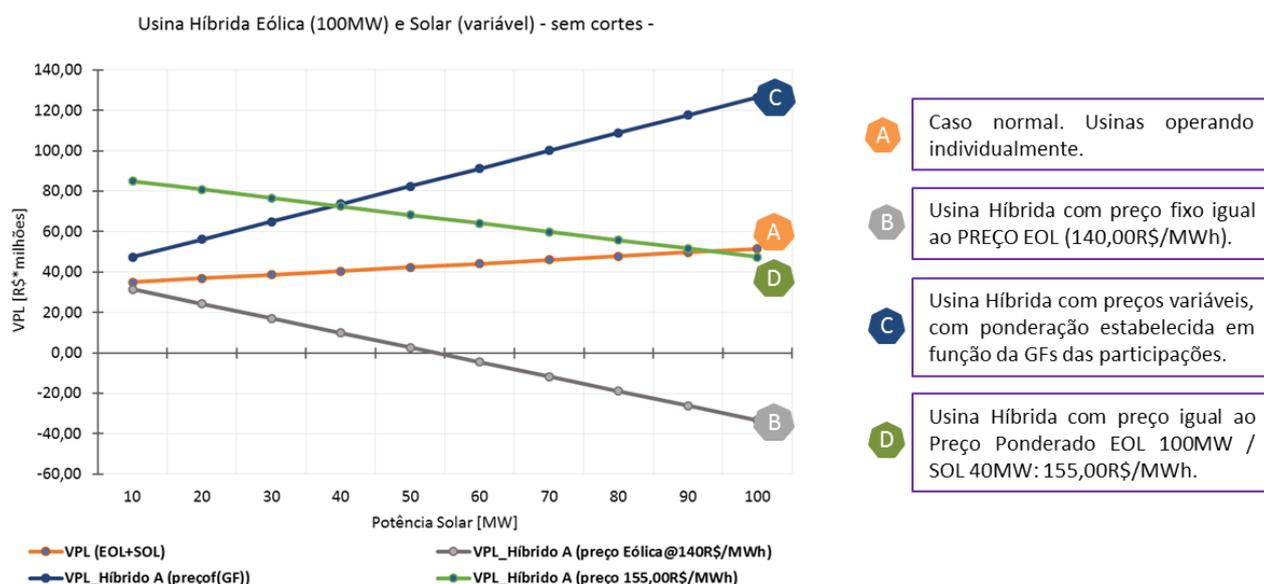


Figura 3. Contratação do MUST igual a Potência Nominal da Usina Híbrida (sem corte na geração).

A simulação 'A' contempla o resultado agregado das duas Usinas (Eólica com 100MW e Solar-FV variável 10-100 MW) operando individualmente, sendo considerado a Eólica com contrato por quantidade ao preço de 140,00R\$/MWh e a Solar-FV com contrato por disponibilidade ao preço de 220,00R\$/MWh. Estes preços refletem os preços de viabilidade dessas fontes no local de estudo.

Na simulação 'B' investiga-se a viabilidade do modelo de contratação no caso de assumir o preço de venda da Usina Híbrida igual ao preço de referência da Eólica (140,00R\$/MWh). Neste caso, quanto maior a participação da fonte Solar-FV, pior o resultado. Como neste preço a Solar-FV não se viabiliza, não haveria 'ganhos' de receita da Eólica para 'compensar' as perdas da Solar-FV. E os resultados do híbrido seriam piores do que os da soma individual (simulação 'A').

No caso da simulação 'C', para cada composição aplicou-se o preço equivalente do contrato híbrido, conforme Tabela 1. Ao assumir preços proporcionais à GF de cada fonte na composição da Usina Híbrida, tem-se melhorias proporcionais nas receitas, pois os ganhos de receita da Eólica vendendo acima do seu piso superaria as 'perdas' da Solar-FV vendendo abaixo do seu piso (e numa outra modalidade de contratação).

Os resultados da simulação 'D' refletem a Usina Híbrida comercializando ao preço de 155R\$/MWh, assumindo-se que a participação mínima exigida para a Solar-FV seja de 40MW (com 100MW da Eólica). Ao fixar o preço neste patamar, o comportamento da curva é similar ao caso "B", porém, os ganhos são maiores, posto que os ganhos de receita da Eólica são maiores que as perdas da Solar-FV.

Comparando os resultados agregados individuais contra da Usina Híbrida (simulação 'A' x simulação 'D'), temos que os resultados da Usina Híbrida superam os resultados agregados na maioria das composições, evidenciando que o modelo de contratação proposto (tipo de contrato e preço), em consonância com as economias geradas neste arranjo, produzem ganhos relativos superiores ao da simulação 'A'. Cabe lembrar que esta constatação depende dos condicionantes técnicos e econômicos, podendo ocorrer casos em que estes ganhos relativos possam ser reduzidos e até mesmo inexistentes.

A Figura 4 retrata as simulações realizadas para o caso (ii) citado anteriormente, em que se considera cortes na geração da Usina Híbrida decorrentes da contratação do MUST estar limitada à Participação Eólica de 100MW e as reduções na despesa de investimento com Conexão e na não necessidade de contratação adicional do MUST ao agregar a Solar-FV.

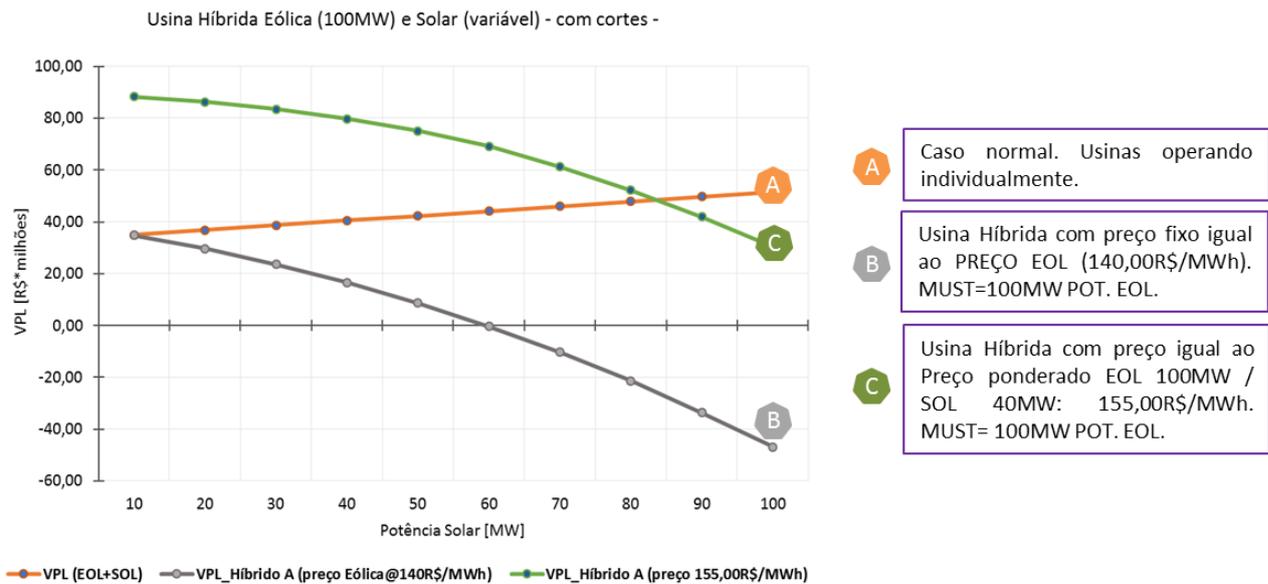


Figura 4. Contratação do MUST igual a Potência Nominal da Eólica. Usina Híbrida com corte de geração.

De forma similar ao caso (i), a simulação 'A' da Figura 4 configura uma referência dos resultados individuais agregados. Os resultados das simulações 'B' e 'C' distinguem-se apenas em relação ao preço de venda adotado.

Na simulação 'B' adota-se o preço igual do preço-referência da Eólica (140,00R\$/MWh) e na simulação 'C' o preço-híbrido de 155R\$/MWh, considerando a participação mínima de 40MW Solar-FV com 100MW Eólica. Em ambos os casos ('B' e 'C') são considerados os redutores de despesas, de contratação do EUST e cortes de geração.

Os resultados mostram que o patamar de preço pode incorrer em casos em que os resultados da operação não sejam superiores aos resultados agregados da simulação 'A'. Com a adoção de um preço maior, simulação 'C', os resultados relativos à 'A' são superiores até a participação Solar-FV em 80MW. Já no caso do preço menor da simulação 'B', para toda a composição os resultados são inferiores aos da simulação 'A'.

Isto decorre do fato que a flexibilização na contratação do MUST (simulações 'B' e 'C') implica na ocorrência de cortes que geram perdas de receita.

Deste modo, quanto menor o preço de venda, menores serão estas receitas - a ponto que a contrapartida dos ganhos econômicos decorrentes do compartilhamento da conexão (econômica dos EUST) e redução de despesas de investimento (CAPEX), não sejam suficientes para sobrepuem as perdas de receita devido aos cortes.

Este quadro pode ser agravado quanto maior for a participação Solar, pois maiores serão as perdas por *curtailment*, que em consonância com o efeito da Solar-FV comercializando via contrato por quantidade nos preços simulados, resulta numa progressiva piora nos resultados quanto maior for a participação desta fonte no conjunto.

Deste modo, os condicionantes citados passam a ser fundamentais na viabilização de Usinas Híbridas e revelam a importância do preço deste tipo de usina incorporar em sua formação a participação de ambas as fontes na composição (no exemplo, fixado na participação mínima de 40MW da Solar-FV com 100MW da Eólica).

Para efeito comparativo, a Figura 5 a seguir apresenta os resultados para os casos (i) e (ii), respectivamente, sem e com cortes na geração, evidenciando que existe uma faixa de participação Solar-FV no conjunto cujos resultados são superiores àqueles obtidos quando não há cortes.

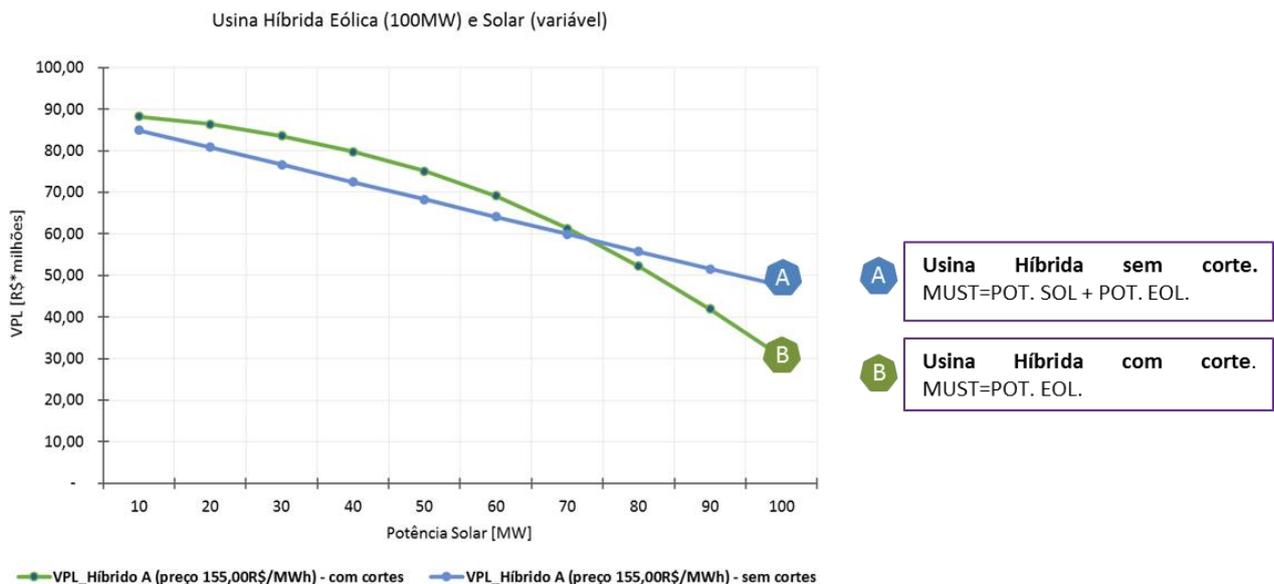


Figura 5. Comparação dos resultados da Usina Híbrida com e sem cortes.

Este resultado comparativo revela que nesta faixa citada os benefícios com a redução de despesas (CAPEX e EUST) compensam as perdas de receita decorrentes dos cortes na geração. Isto evidencia que a flexibilização na contratação do MUST em Usinas Híbridas, no caso limitado à Potência Nominal Eólica, permite a aferição de ganhos superiores, dentro de uma faixa de participação Solar-FV, daqueles que se obteria com a contratação de 100% da Pot. Nominal da Usina Híbrida— observando-se que não se trata de uma verdade absoluta, pois dependerá de cada caso/premissas adotadas.

Nessa faixa superior, os ganhos com a redução de Despesas (CAPEX: Conexão e Contratação do MUST) são maiores do que a receita evitada oriunda da necessidade de cortes. Quanto maior a participação Solar, maiores são as ocorrências de cortes que neutralizam/superam os benefícios de redução de despesas (CAPEX/OPEX) citadas.

Observa-se que o caso apresentado acima evidencia a viabilidade deste tipo de modelo de contratação para as Usinas Híbridas e reforça que a flexibilização na contratação do MUST contribui para um melhor aproveitamento da rede, de tal sorte, que há ganhos financeiros ao investidor. Entretanto, reforça-se a necessidade de análise meticulosa para cada localidade e condicionante técnico-econômico aplicado.

CONCLUSÕES

Em razão do crescente interesse dos agentes geradores na implantação de Usinas Híbridas, este estudo teve foco na proposição de um modelo de contratação deste tipo de usina, que passa por ajuste regulatório para um melhor uso da rede por este tipo de empreendimento.

Um dos principais pontos é a flexibilização da contratação do MUST nos casos que envolvam esta tipologia, permitindo a otimização do uso da rede (ao mesmo tempo que potencializa a viabilização deste tipo de empreendimento).

A manutenção dos critérios de estimativa de GF dos empreendimentos, que juntos (soma) representariam a GF dos projetos Híbridos se afigura como uma adequação regulatória de 'baixo' impacto em relação a questões técnicas e alterações de metodologias.

Outro fator de suma importância reside no tratamento da contratação destes projetos por meio da oferta de produtos customizados para essa tipologia, produtos esses a serem ofertados em Leilões Específicos para estas fontes.

Em Leilões específicos para usinas Híbridas, quando se define um preço teto único válido para o empreendimento, deve-se definir um percentual mínimo de participação da fonte de maior custo na composição do parque, para garantir a característica da tipologia e garantir ganhos relevantes ao consumidor. A participação mínima da Solar-FV no arranjo tem impacto direto para que não ocorram assimetrias. Evita-se a existência de um empreendimento que se caracterize como Híbrido para venda de energia a preço maior do que a Eólica, pegando 'carona' no processo.

Para os Leilões específicos para Parques Híbridos, a proposição de um contrato único (por quantidade) vai ao encontro da diretriz que vem sendo adotada pelo Regulador, que é de oferta de produtos em leilões que gradativamente permitem alocar o risco de geração ao Vendedor (caso do contrato quantidade) e não ao Comprador (caso do contrato disponibilidade). A Solar FV entraria no processo já neste patamar de 'evolução' dos contratos.

A definição do preço para o contrato por quantidade é um importante fator de atratividade para as Usinas Híbridas. A precificação com base na proporção das fontes nas usinas (em função da GF) se mostra coerente, pois implicitamente considera as características das fontes e lastro de energia (GF). Ademais, o preço teto deve ser definido com base na mínima participação solar. Em complemento, a competição do Leilão se encarregaria de selecionar os projetos mais eficientes, não somente do lado da receita, mas também em relação a redução de despesas (CAPEX e OPEX).

Por fim, este estudo não teve a intenção de esgotar todas os ajustes necessários para a viabilização deste tipo de Usinas (por exemplo, questão de unificação ou não de outorgas), mas sim de contribuir com a proposição de flexibilização na contratação do MUST e de um modelo de contratação, ambos com baixo impacto regulatório e passíveis de aplicação em prol da viabilização destes empreendimentos que trariam benefícios não somente aos investidores em Eólica e Solar-FV, mas também ao sistema interligado como um todo.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem às associações ABEEOLICA, APINE e ABSOLAR, e seus associados, pelo financiamento deste estudo no âmbito da Assessoria e Parecer Técnico “**Análise da complementaridade entre duas ou mais Fontes de Energia conjugadas em Projetos Híbridos objetivando a otimização do uso dos Sistemas de Escoamento e ajuste dos Processos Regulatórios**”, realizada pela empresa MRTS Consultoria e os autores deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] CAMARGO, L. A. S.; MÓLNAR, P.; RAMOS, D. S. Applying Copulas Functions for Wind and Hydro Complementarity Evaluation: A Brazilian Case. In: 12th International Conference on the European Energy Market, 2015, Porto / Portugal, 2015a.
- [2] INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2.ed., São José dos Campos-SP, 2017.
- [3] RAMOS, D. S.; GUARNIER, E.; CAMARGO, L. A. S.; WITZLER, L. T. Minimizing Market Risk by Trading Hydro-Wind Portfolio: A Complementarity Approach. In: 10ª International Conference on the European Energy Market, 2013, Estocolmo / Suécia. 2013.
- [4] CAMARGO, L. A. S.; GUARNIER, E.; RAMOS, D. S.; WITZLER, L. T. A Business Model to Incentivize Hydro Companies Inversions in Wind and Biomass Power Plants. In: 4th International Youth Conference on Energy 2013 (IYCE'13), 2013, Siófok / Hungary. 2013.
- [5] BORO, S. R. Análise da Complementaridade Entre Fontes Renováveis Não Convencionais Como Mecanismo De Proteção Para Mitigação De Riscos De Mercado. Dissertação de Mestrado— São Paulo, SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014.
- [6] ONS. Operador Nacional do Sistema. NT 0016/2018. LEN A-4/2018: Quantitativos da Capacidade Remanescente do SIN para Escoamento de Geração pela Rede Básica, DIT e ICG. ONS, 2018. Disponível em: <http://www.ons.org.br/>
- [7] EPE. Empresa de Pesquisas Energéticas. NT EPE 011/2018. Usinas híbridas: uma análise qualitativa de temas regulatórios e comerciais relevantes ao planejamento. EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/>
- [8] WITZLER, L. T. Metodologia para reconstrução de séries históricas de vento e geração eólica visando a análise da complementariedade energética no Sistema Interligado Nacional. Dissertação de Mestrado — São Paulo, SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014.