



**Oferta e Demanda de Energia – o papel da tecnologia da
informação na integração dos recursos**

26 a 28 de setembro de 2016

Gramado – RS

Desafios Da Difusão De Fontes De Geração Não Controláveis No Brasil

Francesco Tommaso Gianelloni

Lorrane da Silva Costa Câmara

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é identificar alternativas para lidar com os desafios inerentes à expansão de fontes não controláveis na matriz elétrica brasileira. A metodologia utilizada teve como base a realização de revisão bibliográfica, análise documental e consulta a especialistas, visando à construção de dois cenários, um de referência e outro alternativo. Os resultados encontrados indicam que a alternativa a ser priorizada no cenário de referência é baseada na conjugação de contratação de termoeletricas e de reforços no sistema de transmissão. Já no cenário alternativo, são adotadas medidas de gerenciamento da demanda, viabilizada através do desenvolvimento de redes inteligentes e da difusão do armazenamento de energia.

Palavras-chave: Geração não controlável, Energias renováveis, Alternativas de flexibilidade

ABSTRACT

The purpose of this study is to identify alternatives for dealing with the associated challenges of expanding non-controllable sources in the Brazilian energy mix. The methodology used was based on the realization of a literature review, document analysis and expert consultation, for the construction of a reference scenario and an alternative one.

The finding results indicate that the alternative to be prioritized in a reference scenario is based on hiring thermal plants and reinforcements in the transmission system. In the alternative scenario, demand-side management measures are adopted, made possible through the development of smart grids and the diffusion of energy storage.

Keywords: Non-controllable generation, Renewable energy, Flexibility Alternatives

1. INTRODUÇÃO

O Setor Elétrico Brasileiro (SEB) vem passando por um processo de transição marcado pela perda da capacidade de regularização dos reservatórios e pelo aumento da participação de fontes intermitentes na matriz de geração. Segundo o Plano Decenal de Energia (PDE) 2024, estima-se que a expansão da capacidade de geração hídrica seja de aproximadamente 30 GW. Entretanto, o crescimento dos reservatórios hídricos ocorrerá em escala muito menor, com acréscimo de 2,6 GW médios de energia armazenável máxima (BRASIL, 2014). Isto é explicado pela expansão hidrelétrica ser majoritariamente de usinas a fio d'água. Se em 2002 a capacidade de regularização dos reservatórios¹ era de 6,5 meses, atualmente está próximo a cinco meses e tende a se reduzir ainda mais nos próximos anos.

As fontes renováveis também contribuem para a mudança de paradigma do setor de geração. Em 2014, a capacidade instalada das fontes eólicas na matriz energética brasileira era de aproximadamente 4% do total da potência instalada, equivalendo a 5GW. O PDE 2024 prevê que a participação da energia eólica e solar alcance, em 2024, 15% da capacidade total instalada, somando 31GW.

A crescente participação destas fontes impõe grandes desafios ao setor elétrico, sendo o principal deles a necessidade de criação de mecanismos capazes de mitigar riscos elétricos associados à capacidade de atendimento da carga. Neste contexto, a Agência Internacional de Energia (IEA, 2014) destaca a necessidade de investimentos em fontes que confirmam flexibilidade ao sistema, no sentido de torná-lo capaz de lidar com a maior intermitência. Observa-se que o atual estágio de disseminação de fontes de flexibilidade, à exceção das alternativas ditas tradicionais (geração despachável e infraestrutura de rede), ainda é bastante incipiente no mundo.

¹ É o número de meses pelos quais a demanda de energia das usinas hidrelétricas poderia ser atendida em caso de estiagem prolongada.

Num ambiente mais incerto e de grande complexidade, o uso da metodologia de construção de cenários pode contribuir enormemente para o processo de análise. No sentido de demonstrar o uso desta metodologia, este artigo irá apresentar dois possíveis cenários para o SEB². No Cenário Base, adotou-se a hipótese de que o sistema irá solucionar a questão da intermitência através de soluções convencionais. Em contrapartida, no Cenário Alternativo, a hipótese adotada foi a de difusão de redes inteligentes e a de adoção de soluções alternativas de flexibilidade, como a estocagem de energia elétrica e a integração da demanda. A evolução dos custos das alternativas tecnológicas, aliada ao crescente engajamento e consciência ambiental dos consumidores, assim como à evolução do arcabouço institucional e o do marco regulatório, irão influir nas alternativas a serem adotadas.

2. PARTICIPAÇÃO DAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL NO SEB

O SEB consiste em um sistema hidrotérmico, estruturado a partir da exploração intensiva do potencial hidráulico do país. O SEB conta com grandes reservatórios em bacias com regimes hidrológicos distintos e é operado sob a lógica da gestão integrada de longo prazo do estoque de água armazenada (SAUER, 2002). Cabe destacar que a construção desses grandes reservatórios consistiu um fator crucial para mitigar a incerteza e os riscos impostos pelo caráter estocástico da hidrologia.

No entanto, o setor elétrico brasileiro passa por um processo de transição. As crescentes restrições sociais e ambientais à construção de grandes reservatórios, associadas às limitações topográficas do potencial hídrico remanescente, resultam em progressiva perda da capacidade de regularização dos mesmos, uma vez que as novas usinas hidrelétricas operam majoritariamente a fio d'água. Esta característica leva o SEB a se tornar mais sensível ao regime hidrológico. Refletindo esta tendência, 99% da expansão hidrelétrica contratada, entre 2014 e 2019, é constituída por usinas a fio d'água, mesmo considerando o elevado valor de acréscimo de 18,6GW de potência instalada no período (ONS, 2015).

O PDE 2024 (BRASIL, 2015) considera a participação expressiva da energia eólica no mix de geração, posto que se apresenta como uma alternativa

²Ressalta-se que os cenários aqui apresentados têm um caráter eminentemente qualitativo.

complementar à geração hidráulica. Esta característica permitiu uma considerável expansão dos parques eólicos nos anos recentes e a perspectiva de uma expansão de 380% adicionais na capacidade atualmente instalada no horizonte de 2024. Adicionalmente, o PDE 2024 projeta um crescimento expressivo de energia solar fotovoltaica, que atingirá o patamar de 7GW ou mais de 3% da capacidade instalada no fim do horizonte considerado, em grande parte impulsionada por recentes alterações regulatórias³.

A volatilidade das fontes eólica e solar fotovoltaica revela-se desafiadora à estabilidade do sistema, em função das consequências sobre o equilíbrio instantâneo da oferta e da demanda de energia elétrica. Este desafio torna-se tão maior quanto mais elevado é o grau de participação destas fontes no sistema elétrico.

3. AS ALTERNATIVAS DE FLEXIBILIDADE

A flexibilidade de um sistema elétrico depende da sua capacidade de responder a variações bruscas da oferta ou da demanda, seja qual for a causa, de modo a garantir a continuidade e estabilidade do fornecimento de energia elétrica. A progressiva inserção de fontes eólicas e fotovoltaicas na matriz elétrica brasileira tem potencial de tornar recorrentes os casos de desequilíbrio entre a oferta e a demanda instantânea. É necessário, portanto, elevar o nível de flexibilidade do SEB.

Neste cenário, quatro principais fontes capazes de prover flexibilidade ao sistema elétrico ganham destaque. As duas alternativas mais utilizadas são a geração despachável, térmica ou hidráulica, e o aumento de interconexões entre subsistemas regionais. As outras duas consistem na integração a partir da demanda e a estocagem de energia. No caso desta última alternativa, suas aplicações ainda são incipientes em função dos seus custos, sendo utilizadas em menor escala por alguns países.

Adicionalmente, a adoção da estocagem e de medidas de integração a partir da demanda depende, em grande parte, do desenvolvimento das redes inteligentes. Rede inteligente é um termo genérico para a aplicação de recursos computacionais e de telecomunicações ao sistema elétrico convencional, que contempla dispositivos, como os medidores inteligentes, que tornam possível não só a medição

³ A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou em 24/11/2015 aprimoramentos na Resolução Normativa nº 482/2012, que criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, permitindo que o consumidor instale pequenos geradores (tais como painéis solares fotovoltaicos e microturbinas eólicas, entre outros) em sua unidade consumidora e troque energia com a distribuidora local com objetivo de reduzir o valor da sua fatura de energia elétrica.

mais frequente, como também o acesso mais amplo dos consumidores a informações referentes ao seu próprio consumo. Estas redes permitem viabilizam, portanto, a aplicação de tarifas dinâmicas⁴, posto que os medidores inteligentes⁵ consistem em requisito obrigatório.

As alternativas de flexibilização serão descritas a seguir.

3.1. Geração Despachável

Uma fonte de geração é considerada quão mais despachável quanto maior for a velocidade de ajuste do seu patamar de geração. É importante distinguir ainda, o conceito de controlabilidade que diz respeito a possibilidade de uma usina ser ligada ou desligada de acordo com a demanda do operador, não encontrando restrições associadas a disponibilidade do insumo energético primário. Para compensar variações das fontes intermitentes, portanto, uma planta deve ser capaz de entrar em operação quando necessário e de atingir rapidamente níveis desejados de geração. Alguns tipos de usinas termelétricas, assim como hidrelétricas com reservatórios, são usinas despacháveis. Porém, ressalta-se que nem todas as usinas termelétricas são capazes de atingir rapidamente níveis desejados de operação⁶.

No Brasil a necessidade de expansão de parques termelétricos, principalmente aqueles baseados em tecnologias que permitem uma alta taxa de resposta a variações de geração, é fundamental para que a expansão das fontes intermitentes seja acomodada pelo SEB.

O PDE 2024 considera o acréscimo anual de 10,5 GW de potência instalada referente às usinas termelétricas para o horizonte decenal. Grande parte desta expansão depende da disponibilidade de combustíveis, principalmente do gás natural⁷.

⁴As tarifas dinâmicas são por sua vez um estímulo relevante para a estocagem, permitindo a arbitragem, tópico que será abordado na seção 3.4.

⁵ Medidores inteligentes são medidores capazes de registrar o consumo de energia elétrica em intervalos de uma hora ou menos, e comunicar a informação pelo menos uma vez ao dia à distribuidora, com fins de monitoramento (FERC, 2008).

⁶Um exemplo é o das termelétricas baseadas no Ciclo Rankine, que possuem maiores níveis de inércia térmica.

⁷Entretanto, aspectos regulatórios atuais são obstáculos a novos investimentos em instalações de transporte de gás.

3.2. Infraestrutura de Rede

A infraestrutura de rede inclui todo e qualquer ativo que conecte a geração à demanda, com destaque para as linhas de transmissão e de distribuição. Esta infraestrutura, sobretudo no caso brasileiro, cujo território apresenta dimensões continentais, permite que sejam exploradas as complementaridades existentes entre as fontes de geração, viabilizando, assim, a suavização de variações na produção. Há dois tipos de complementariedade de geração para fontes intermitentes ou sazonais que podem ser exploradas pela construção de redes de transmissão interligando diferentes regiões.

Uma delas é a complementariedade espacial. Diferentes localidades ao longo do território brasileiro possuem distintos recursos naturais (Cantão, 2015). Pode-se ainda acrescentar que a conjugação destes recursos em pontos diferentes da rede permite reduzir riscos e permitir uma operação menos complexa da rede.

De acordo com Cantão (2015), a complementariedade temporal, em contrapartida, é verificada quando há capacidade de complementação entre as fontes no decorrer de um período. A disponibilidade das fontes energéticas renováveis varia ao longo do ano, refletindo flutuações sazonais, que também estão associadas a sua localização. Desta forma, por meio do aumento de conexões inter-regionais, é possível manter uma média de geração elétrica a partir de fontes renováveis ao longo de todo o ano, coordenando e suavizando o impacto de diferentes ciclos de disponibilidade dos recursos naturais.

Outra característica importante da interconexão está relacionada à tolerância às falhas. Neste caso, a interconexão age como elemento de redundância, elevando a segurança e a disponibilidade do suprimento para as regiões envolvidas. Além disto, à medida que se aumenta a participação de fontes intermitentes na matriz elétrica nacional cresce a importância do binômio despachabilidade – interconexão.

Constata-se, portanto, que a expansão da infraestrutura de rede para a interconexão entre os subsistemas permite uma melhor gestão dos recursos, assim como a redução de riscos. A interconexão ainda permite a agregação de recursos naturais em áreas de baixa densidade de consumo e geograficamente afastadas (IEA, 2014c).

3.3. Estocagem⁸

A estocagem é a conservação da energia gerada em um período para o uso em outro período. Algumas das principais vantagens associadas são: (i) cobrir lacunas temporais e espaciais entre a geração e o consumo, de modo a viabilizar o desacoplamento entre oferta e demanda de eletricidade (IEA, 2014b); (ii) atuar tanto em sistemas conectados à rede (*on-grid*) quanto em sistemas não conectados à rede (*off-grid*); (iii) atuar como fonte de geração e de demanda de energia, podendo absorver eletricidade em períodos de sobre oferta e com capacidade de injetar energia no sistema em casos de pico de demanda (IEA, 2014a).

Dados da IEA revelam que dos 140 GW da capacidade instalada de estocagem conectada à rede, aproximadamente 99% consiste de sistemas de bombeamento hidráulico. O 1% restante é composto por um misto de baterias, estocagem de hidrogênio, *flywheels* (volantes) e armazenamento de energia por ar comprimido (CAES) (Ying, 2011; US DOE, 2013 *apud* IEA, 2014b).

A tecnologia de baterias tem evoluído rapidamente em função da difusão de carros elétricos e a chegada ao mercado de novas tecnologias de relação preço x capacidade de armazenamento decrescente.

As baterias são capazes de fornecer um elevado número de serviços. O Rocky Mountain Institute (2014) lista um total de treze serviços, sendo destacados: (i) instrumento para arbitragem de energia, estocando energia quando esta está em um preço mais baixo e posteriormente gerando quando o preço está mais alto, obtendo a diferença dos preços como resultado final. Esta variação de preços tornar-se-á tão mais importante, quanto mais dinâmicas forem as tarifas do mercado de energia elétrica. (ii) regulação da frequência e suporte à qualidade e à continuidade do suprimento de energia; (iii) adiamento de investimentos em geração de ponta, ao permitir gerar eletricidade em momentos de pico de demanda; (iv) postergação de investimentos em linhas de transmissão e distribuição, a partir da mesma lógica anterior; (v) redução da dependência da rede por parte de sistemas de auto produção de energia, já que podem atender à demanda estando fora da rede, ligadas diretamente aos consumidores.

Há uma excelente sinergia entre as tecnologias de estocagem e a geração fotovoltaica distribuída, pois estas permitem a transferência de parte excedente da

⁸Na análise de armazenamento não se considerou os reservatórios das usinas na condição de sistemas de armazenamento de energia.

geração de energia para momentos do dia em que há redução ou interrupção da radiação solar, como à noite.

3.4. Integração a Partir da Demanda

As políticas de integração a partir da demanda são classificadas em: (i) resposta da demanda; e (ii) gerenciamento da demanda.

De acordo com a definição do Federal Regulatory Energy Commission (FERC), dos EUA, as políticas de resposta da demanda se baseiam na resposta do consumidor a variações de preço, o que resulta em mudanças no padrão de sua curva de carga. A resposta da demanda tem como resultado a suavização de picos de demanda em horários críticos, por meio de um deslocamento de parte desta para outros horários, incentivada pela sinalização tarifária, ou por uma redução absoluta do consumo em função de uma melhor percepção de custos. Em ambos os casos, esta suavização resulta em custos menores para o consumidor final, ainda que o consumo do período continue o mesmo.

As medidas de gerenciamento da demanda também produzem uma mudança no comportamento do consumidor em resposta ao pagamento de incentivos para induzir a redução do consumo em períodos de preço elevado de energia, ou em situações em que a confiabilidade do sistema é ameaçada (MIT, 2011).

Assim, no primeiro caso, os consumidores se deparam com sinais de preço que refletem os custos marginais da oferta, tornando a demanda mais sensível às oscilações das condições da mesma, enquanto no segundo se pressupõe um controle mais direto por parte do operador do sistema em questão, que pode sinalizar, instruir, ou mesmo interferir diretamente sobre o consumo (MIT, 2011).

É importante reiterar que a disponibilização de elementos de redes inteligentes é condição necessária para a aplicação de medidas de integração a partir da demanda.

4. CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS

Conforme observado na seção 3, existem quatro alternativas de flexibilidade. Sendo assim, o regulador precisa decidir como e quanto alocar de cada uma no futuro, e ele fará isto levando em conta as perspectivas do setor elétrico. A evolução do setor é incerta, o que torna a construção de cenários uma ferramenta apropriada para o planejador estabelecer critérios de decisão adequados.

SCHNAARS (1987) argumenta que a construção de cenários não busca oferecer uma conjuntura única, matematicamente precisa e estimada através das informações do passado. Ela procura fornecer um conjunto de possibilidades baseadas nas forças do passado, do presente e do futuro, cujo enfoque é essencialmente narrativo. Por conseguinte, este trabalho se concentra em dois cenários, um de referência e outro alternativo, com um caráter eminentemente qualitativo. A variável de incerteza, ou seja, aquela que irá mudar de uma conjuntura para a outra, será a difusão de redes inteligentes no setor elétrico brasileiro. A motivação para esta mudança será detalhada nas seções 4.1 e 4.2.

4.1. Cenário de Referência

No Cenário de Referência, a difusão em larga escala de fontes de geração intermitentes não será acompanhada pelos progressos tecnológicos da rede elétrica. Considera-se que não haverá suficiente engajamento dos consumidores para demandar um serviço de melhor qualidade com um custo mais elevado. Ou ainda, que não existirá um direcionamento do órgão regulador para a adoção de redes inteligentes, seja por meio de metas de avanço tecnológico, de melhora substantiva de qualidade, ou do desenvolvimento de uma política industrial. Logo, a tecnologia e a própria operação do sistema elétrico continuarão tal como hoje - *Business as Usual*⁹.

Neste caso, a adoção de mecanismos de integração da demanda não será viável pela ausência de medidores inteligentes, além de se excluir a possibilidade de tarifas dinâmicas, sob as quais se efetuará a alocação temporal do consumo dos agentes, resultando em suavização da curva de demandas. Como as tecnologias de estocagem dependem da existência de redes inteligentes. Logo, ausentes os integrais benefícios, pode-se eliminar a competitividade da estocagem como fonte de flexibilidade no horizonte analisado.

Excluídas as possibilidades supracitadas, o problema advindo da inserção de fontes de geração intermitente no SEB deverá ser solucionado através da expansão de fontes de flexibilidades convencionais, como a geração despachável e o aumento da interconexão entre os subsistemas.

Inicialmente, deve-se notar que a expansão de capacidade de geração de fontes despacháveis terá que ocorrer principalmente por meio de termelétricas. Isto

⁹ *Business as usual* é uma expressão genérica para designar um curso normal de ação, particularmente em situações fora do ordinário.

ocorre, pois, conforme já observado, o modelo de expansão baseado no aproveitamento do potencial hidrológico via construção de usinas hidrelétricas dotadas de reservatório está limitado por restrições ambientais, impedindo a expansão deste tipo de geração hidráulica com perfil despachável.

No que se refere às interconexões, o Brasil possui características importantes: (i) complementaridade espacial de geração no território, conforme pode ser visto no trabalho de Cantão (2015), onde a interação entre fontes eleva a estabilidade do sistema elétrico; e (ii) complementaridade temporal entre as regiões, onde durante certos períodos do ano, por razões naturais, há abundância de uma fonte em relação à outra. A geração eólica da região sul, por exemplo, atinge os maiores níveis de geração durante o segundo semestre de cada ano. Em compensação, a energia natural afluyente, necessária para a geração hidrelétrica, da região sudeste apresenta maior intensidade durante o primeiro semestre de cada ano. As características dos ciclos anuais de intensidade estas duas fontes permite a complementaridade temporal.

É natural, por conseguinte, que a expansão das interconexões seja considerada como um dos pilares mais importantes na expansão de flexibilidade e estabilidade do sistema. Desta maneira, o binômio: geração despachável – expansão de infraestrutura de rede atenderá às crescentes demandas por flexibilidade neste cenário de ausência de redes inteligentes.

4.2. Cenário Alternativo

No cenário alternativo, considerar-se-á que em algum momento, ao longo do horizonte analisado, terá início a difusão de redes inteligentes. O principal condutor deste processo será o órgão regulador, que refletirá a postura mais engajada dos consumidores. Esta postura dos consumidores poderá ser o resultado do transbordamento informacional dos acordos internacionais relacionados às mudanças climáticas, tornando-os mais exigentes quanto às questões ambientais.

A difusão de redes inteligentes agirá de duas maneiras distintas: (i) diretamente, elevando a qualidade do serviço; e (ii) indiretamente, viabilizando práticas de integração da demanda e o uso de tecnologias e serviços de estocagem. Do ponto de vista dos efeitos diretos, a transição das redes convencionais para redes inteligentes impactará diretamente a qualidade, e poderá atuar na mitigação de alguns efeitos negativos da geração intermitente, provendo maior segurança e

capacidade de resposta do operador. O resultado disto é a redução de riscos de interrupções, com a conseqüente queda dos índices de FEC e DEC¹⁰.

Indiretamente, a difusão de redes inteligentes permitirá a adoção de mecanismos de integração da demanda, cuja viabilidade depende de estímulos de natureza informacional, característicos de uma rede com processamento de dados de telecomunicação integrada. Os preços dinâmicos, possibilitados pelos medidores inteligentes, comunicam implicitamente as condições de oferta e demanda do mercado com uma taxa de atualização superior ao das tarifas de tempo de uso, permitindo a realocação temporal do consumo ao longo do dia. Da mesma maneira, o gerenciamento da demanda é possibilitado. Em condições extremas, o preço pode agir como um sinalizador para a redução da carga de um determinado consumidor que, em condições pré-acordadas de remuneração compensatória, poderá aderir ao programa.

Conforme visto na seção superior, existe um elevado grau de dependência entre a viabilidade econômica das tecnologias de estocagem de energia elétrica e a difusão de redes inteligentes. Considerando o elevado número de possibilidades que são viabilizadas a partir destas tecnologias, principalmente quando se considera a sinergia existente entre os serviços de estocagem e a geração distribuída, é possível que as análises de custo benefício atinjam o ponto de *viabilidade (break even)* ao longo do horizonte de análise, resultando em uma difusão de tecnologias de estocagem.

A decisão, do ponto de vista do planejamento, sobre em quais tecnologias de flexibilidade investir é uma função dos custos relativos e dos benefícios destas. Outro fator de extrema importância está relacionado ao atual estado de difusão de cada uma destas tecnologias. Cada uma destas fontes de flexibilização está sujeita à exaustão de suas capacidades de provisão de flexibilidade a medida que é utilizada intensivamente em relação às outras. A expansão não deve ocorrer unicamente através da fonte mais atrativa em termos econômicos ou da que

¹⁰**DEC:** Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora. Indica o número de horas em média que um consumidor fica sem energia elétrica durante um período, geralmente mensal. **FEC:** Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora. Indica quantas vezes, em média, houve interrupção na unidade consumidora (residência, comércio, indústria etc).

apresenta melhor custo benefício, na medida em que diferentes alternativas possuem capacidade de responder a problemas específicos (IEA, 2014c).

A difusão de redes inteligentes contribui para reduzir os custos relativos das práticas de integração da demanda e o uso de tecnologias de estocagem. É possível, portanto, que o melhor curso de ação do planejador, neste cenário com redes inteligentes, seja o de direcionar, majoritariamente, investimentos ao ingresso e expansão de práticas de integração da demanda e do uso de tecnologias de estocagem. Esta iniciativa poderia ser viabilizada através de projetos de demonstração, utilizando programas de P&D&I.

5. CONCLUSÕES

O presente artigo explora as possibilidades e caminhos de expansão da flexibilidade do SEB, a partir da apresentação de dois cenários não excludentes. Nenhuma das alternativas por si só é capaz de mitigar os riscos inerentes à nova composição de geração do setor elétrico, de maneira que o uso combinado destas deve ser priorizado.

A expansão do SEB sob a mesma ótica operativa histórica, sem uma transformação tecnológica no âmbito de redes inteligentes, adotará o caminho de expansão de fontes despacháveis e da interconexão, conforme corrobora o cenário de referência.

Por outro lado, uma mudança de direção tecnológica, que pode ser impulsionada por um conjunto de fatores pelo lado dos consumidores, aliado a uma decisão do órgão regulador, permitirá a adoção de redes inteligentes. Desta forma, a expansão tradicional poderá ser complementada por mecanismos de integração da demanda e futuramente pelo uso de tecnologias de estocagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE ET ALL, Complementaridade Sazonal dos Regimes Hidrológico e Eólico no Brasil DEWI MagazinNr. 19, August 2001).

BRASIL. (2015). Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2024*. Brasília: MME/EPE.

CANALES, Fausto Alfredo; BELUCO, Alexandre; MENDES, Carlos André Bulhões. Usinas hidrelétricas reversíveis no Brasil e no mundo: aplicação e perspectivas. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1230-1249, 2015.

CANTÃO, Mauricio Pereira. **Complementaridade Hidroelétrica no Território Brasileiro.** Curitiba: UFRP, 2015. Disponível em: <<http://www.ppgerha.ufpr.br/publicacoes/RelatorioComplementaridadeHidroelica.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2016.

Federal Energy Regulatory Commission, 2010. *Assessment of Demand Response and Advanced Metering Staff Report* (Washington, DC, 2011), 21

FITZGERALD, Garrett et al. THE ECONOMICS OF BATTERY ENERGY STORAGE: HOW MULTI-USE, CUSTOMER-SITED BATTERIES DELIVER THE MOST SERVICES AND VALUE TO CUSTOMERS AND THE GRID. Boulder: David Labrador, 2015.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2014a. Energy Technology Perspectives 2014 - Harnessing Electricity's Potential. OECD/IEA, Paris.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2014b. Technology Roadmap - Energy Storage. OECD/IEA, Paris.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2014c. The Power of Transformation: Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems. IEA Publishing, Paris.

MIT (Massachusetts Institute of Technology) (2011), "The Future of the Electric Grid". Disponível em: http://mitei.mit.edu/system/files/Electric_Grid_Full_Report.pdf. Acessado em: 10 maio 2016.

ONS – Operadora Nacional do Sistema. (2015). Francisco José Arteiro de Oliveira's Power Point Presentation. Francisco José Arteiro de Oliveira is Planning and Operation Scheduling Director in ONS .

Sauer, Ildo. "Um novo modelo para o setor elétrico brasileiro." *Relatório técnico, Universidade de Sao Paulo–IEE* (2002).

SCHNAARS, S.P., 1987. "How to Develop and Use Scenarios". Long Range Planning, v.20, pp. 105-114