

AS PRINCIPAIS DIFICULDADES ENFRENTADAS PELO OPERADOR NACIONAL DE ENERGIA (ONS), COM O SURGIMENTO DE NOVAS FONTES DE ENERGIA NO BRASIL

Nathan Gomes de Souza¹
Luiz Philipi Raimundo de Paula²
Jancer Nogueira de Araújo Balduino³
João Paulo Bittencourt da Silveira Duarte⁴

RESUMO: As novas fontes de energia têm sido uma área de intensa pesquisa e desenvolvimento, buscando alternativas aos combustíveis fósseis e reduzindo a dependência de recursos fósseis. Um dos principais problemas causados pelas novas fontes de energia no Brasil é a integração eficiente dessas fontes à rede elétrica nacional. Isso se deve principalmente à dependência histórica do país em relação à energia hidrelétrica e aos desafios técnicos e operacionais associados à intermitência das energias renováveis, como solar e eólica. A intermitência dessas fontes de energia significa que a geração de eletricidade está sujeita às condições climáticas e sazonalidades, o que pode levar a flutuações na oferta de energia. Isso pode ser um desafio para a estabilidade do sistema elétrico, especialmente em um país de dimensões continentais como o Brasil, onde as demandas de energia variam amplamente em diferentes regiões do país e momentos do dia. Contudo, normalmente são realizados contratos de energia e o licitante é obrigado a cumprir o contrato. Para superar esse problema, são necessários investimentos significativos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia, bem como na modernização e expansão da infraestrutura de transmissão e distribuição de eletricidade. Além disso, políticas e regulamentações que incentivem a integração eficiente de energias renováveis à matriz energética brasileira são essenciais para garantir uma transição energética bem-sucedida e sustentável. Este artigo traz uma revisão bibliográfica que destaca a atuação dos principais órgãos responsáveis pela matriz energética brasileira e os desafios atuais e futuros que eles podem vir a enfrentar com a tendência de mudança da matriz energética.

Palavras-chaves: Distribuição de eletricidade. Sistema elétrico. Matriz energética.

¹Graduando do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Vassouras.

²Graduando do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Vassouras.

³Graduando do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Vassouras.

⁴Orientador - Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora.

ABSTRACT: New energy sources have been an area of intense research and development, seeking alternatives to fossil fuels and reducing dependence on fossil resources. One of the main issues caused by new energy sources in Brazil is the efficient integration of these sources into the national electricity grid. This is primarily due to the country's historical reliance on hydropower and the technical and operational challenges associated with the intermittency of renewable energy sources such as solar and wind. The intermittency of these energy sources means that electricity generation is subject to weather conditions and seasonality, which can lead to fluctuations in energy supply. This can pose a challenge to the stability of the electrical system, especially in a country as large as Brazil, where energy demands vary widely across different regions and times of day. However, energy contracts are typically made, and the contractor is required to fulfill the contract. To overcome this problem, significant investments in research and development of energy storage technologies, as well as in the modernization and expansion of electricity transmission and distribution infrastructure, are needed. Additionally, policies and regulations that encourage the efficient integration of renewable energy into Brazil's energy matrix are essential to ensure a successful and sustainable energy transition. This article provides a literature review that highlights the role of the main agencies responsible for Brazil's energy matrix and the current and future challenges they may face with the ongoing shift in the energy matrix.

Keywords: Electricity distribution. Electrical system. Energy matrix.

INTRODUÇÃO

3479

Os Sistemas Elétricos de Energia (SEE) são formados por uma vasta quantidade de componentes, incluindo geradores, linhas de transmissão, postos de transformação e diversas cargas distribuídas por todo o sistema. Essa complexidade é intensificada pela necessidade de sincronizar todos os geradores e manter o equilíbrio constante entre a geração e o consumo de energia. Essa combinação de fatores faz dos SEE um dos sistemas mais complexos já desenvolvidos pela humanidade. (F. M. Barbosa, 2013).

Compreender a complexidade e o funcionamento dos Sistemas Elétricos de Energia (SEE) revela que eles estão constantemente expostos a várias perturbações. Para assegurar que os SEE operem de forma contínua e confiável, é fundamental entender plenamente os eventos que possam comprometê-los. Por isso, o estudo da estabilidade desses sistemas é crucial. Desde a década de 1920, a estabilidade dos sistemas de energia é reconhecida como um aspecto essencial para a operação adequada do sistema. (P. Kundur et al. 2004)

À medida que os sistemas de energia se desenvolveram e as interconexões entre eles se tornaram mais complexas, com o crescimento das interligações, a introdução de novas unidades geradoras e a implementação de novos sistemas de controle, surgiram novas formas de

instabilidade (P. Kundur, 1994), Isso exige a revisão de termos e definições relacionados a esses fenômenos. A estabilidade de um Sistema Elétrico de Energia (SEE) pode ser definida como a capacidade do sistema, a partir de uma condição inicial de operação, de retornar a um estado de equilíbrio operacional após ser submetido a uma perturbação física, garantindo que a maior parte do sistema permaneça intacta. (P. Kundur et al. 2004). Este estado de equilíbrio não deve ser entendido como sendo um ponto estático.

Com isso podemos ver que a estabilidade é uma das principais preocupações para o funcionamento eficiente de um Sistema Elétrico de Energia (SEE), sendo crucial mantê-la para evitar situações graves, como o colapso do sistema. Perturbações menores, como variações nas cargas ao longo do dia, são comuns, e o sistema deve ser capaz de se reajustar diante dessas alterações, garantindo que continue operando de maneira adequada, apesar dessas flutuações.

Os Sistemas Elétricos de Potência – SEP são grandes sistemas de energia que englobam a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Hoje em dia, os sistemas elétricos de potência possuem as maiores e mais complexas máquinas já construídas pelo homem, o que exige técnicas e estudos cada vez mais precisos e refinados para construir, manter e operar esses sistemas. Além disso, os SEP estão expostos a condições adversas e imprevisíveis, que podem levar a situações de falha ou má operação, causando transtornos e problemas a todos que dependem do suprimento de energia elétrica.

3480

O SEP é um conjunto de equipamentos com função de converter a energia de alguma fonte natural em eletricidade e transportá-la aos pontos de consumo, objetivando continuidade, níveis de tensão adequado e frequência constantes, tendo como vantagem a possibilidade de transporte por longas distâncias com facilidade de convertê-la em outras formas de energia (calor, luz ou energia mecânica (STEVENSON, 1986), (KUNDUR, 1993).

Um SEP, ilustrado na Figura 1, é composto por três principais setores: geração, transmissão e distribuição. A geração é responsável por transformar uma fonte de energia natural (cinética, térmica ou potencial) em energia elétrica; a transmissão tem por objetivo transportar a energia elétrica gerada para próximo dos pontos de consumo, e a distribuição adequa a tensão para níveis definidos e conecta os pontos de consumo ao sistema elétrico (KUNDUR, 1993).

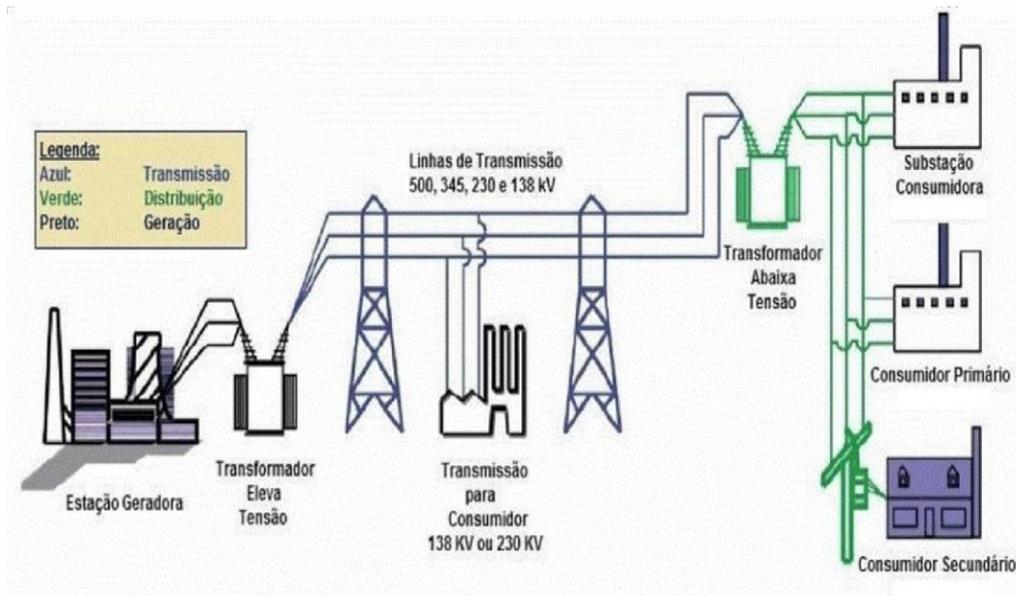


Figura 1 - Exemplo de sistema elétrico de potência. Editado de: (RENDEIRO; LIRA, 2013).

Atualmente o método de transmissão mais utilizado no mundo é o de Corrente Alternada (CA). A padronização CA como método de geração e transmissão teve início no século XX; esta padronização surgiu devido à flexibilidade da conversão de níveis de tensão CA, visto que, diferentes níveis de tensão são usados para a geração, transmissão e distribuição (KUNDUR, 1993).

3481

Em 1917 nos Estados Unidos da América os sistemas elétricos ainda funcionavam como unidades individuais, ou seja, não havia uma interligação de sistemas elétricos. Porém com a inserção de grandes cargas e a necessidade de maior confiabilidade na continuidade de fornecimento de energia elétrica conduziram a interligações a sistemas vizinhos. Um dos motivos que torna a interligação vantajosa é a redução na quantidade de máquinas em reserva de operação, o que supre a demanda em picos de carga. Tal economia é proveniente da possibilidade de trabalho em conjunto para suprir a demanda de todo o sistema, já que tais necessidades são intermitentes. Porém tais interligações trouxeram novos problemas como o aumento do nível de corrente de curto-circuito no sistema, a necessidade de sincronizar as frequências dos sistemas, a manutenção da fase entre todos os geradores e havendo uma falha isolada em um dos sistemas poderá afetar diretamente todos os sistemas interligados (STEVENSON, 1986).

1- O ONS

O ONS é a sigla para Operador Nacional do Sistema Elétrico. Trata-se de uma entidade responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Brasil. O ONS desempenha um papel crucial na garantia da segurança e confiabilidade do sistema elétrico nacional.

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Instituído como uma pessoa jurídica de direito privado, sob a forma de associação civil sem fins lucrativos, o ONS foi criado em 26 de agosto de 1998, pela Lei nº 9.648, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/2004 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/2004.

Para o exercício de suas atribuições legais e o cumprimento de sua missão institucional, o ONS desenvolve uma série de estudos e ações exercidas sobre o sistema e seus agentes proprietários para gerenciar as diferentes fontes de energia e a rede de transmissão, de forma a garantir a segurança do suprimento contínuo em todo o país, com os objetivos de:

- (a) promover a otimização da operação do sistema eletroenergético, visando ao menor custo para o sistema, observados os padrões técnicos e os critérios de confiabilidade estabelecidos nos Procedimentos de Rede aprovados pela Aneel;
- (b) garantir que todos os agentes do setor elétrico tenham acesso à rede de transmissão de forma não discriminatória; e
- (c) contribuir, de acordo com a natureza de suas atividades, para que a expansão do SIN se faça ao menor custo e vise às melhores condições operacionais futuras.

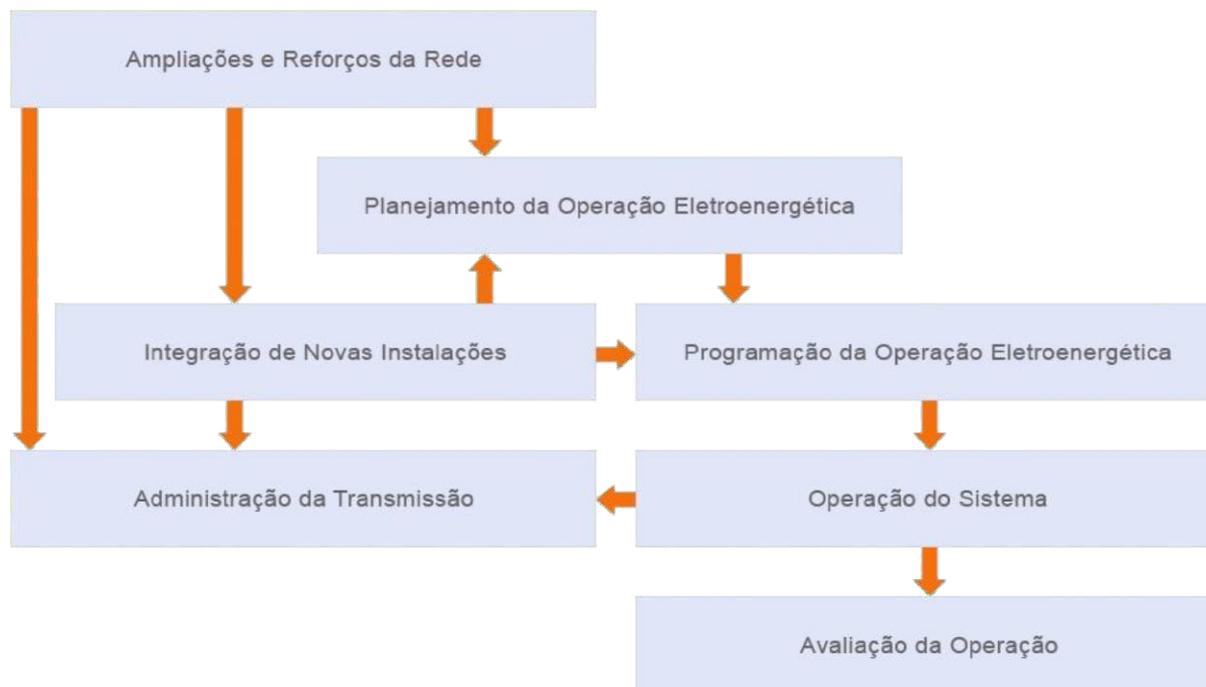
O ONS é composto por membros associados e membros participantes, que são as empresas de geração, transmissão, distribuição, consumidores livres, importadores e exportadores de energia. Também participam o Ministério de Minas e Energia (MME) e representantes dos Conselhos de Consumidores. (ONS, 2024)

2- Como o ONS Atua

O ONS atua coordenando e controlando a operação do sistema elétrico brasileiro em tempo real, garantindo o equilíbrio entre geração e consumo de energia elétrica. Suas principais responsabilidades incluem o despacho das usinas geradoras, o monitoramento da operação das linhas de transmissão e ações para prevenir e corrigir desequilíbrios no sistema, como quedas de energia e sobrecargas. Além disso, o ONS também elabora estudos e planejamentos para o

desenvolvimento do sistema elétrico nacional a médio e longo prazo.

2.1- AMPLIAÇÕES E REFORÇOS DA REDE



A definição das condições que garantem a segurança operativa do SIN inicia-se com a elaboração do Plano da Operação Elétrica de Médio Prazo do SIN - PAR/PEL, que tem o objetivo de determinar as ampliações da Rede Básica e reforços em instalações de transmissoras e distribuidoras que causem impacto sistêmico. Essas instalações são consideradas no planejamento da expansão da geração e do sistema de transmissão, na avaliação do desempenho das interligações inter-regionais e internacionais, e no dimensionamento de compensação de potência reativa.

O PAR/PEL também tem como objetivo avaliar as melhorias relacionadas à substituição de equipamentos por obsolescência, esgotamento de vida útil, falta de peças de reposição, risco de danos a instalações, desgastes prematuros ou restrições operativas intrínsecas, bem como em função da análise de superação de equipamentos.

2.1.1- INTEGRAÇÃO DE NOVAS INSTALAÇÕES

O processo de Integração de Novas Instalações à operação do SIN envolve atividades sob responsabilidade do ONS e dos agentes de operação responsáveis pelas instalações que

fazem parte do SIN. Esse processo requer interações com praticamente todas as áreas do ONS, considerando a adequação física, operacional e legal da instalação.

O livre acesso, instituído pelas Leis nº 9.074/1995 e nº 9.648/1998, assegura o direito de qualquer acessante a conectar-se e fazer uso do sistema elétrico. Os acessantes devem formalizar a solicitação de acesso ao ONS antes de estabelecer nova conexão à Rede Básica ou às demais instalações de transmissão (DITs), sempre obedecendo aos requisitos e critérios definidos pelo Operador. No caso de acesso a instalações de distribuição, a solicitação deve ser feita diretamente à concessionária de distribuição.

No processo de integração, o ONS verifica o atendimento aos requisitos técnicos e condições definidas nos estudos e avaliações realizadas a partir da solicitação de acesso. Também faz parte do processo de integração ao SIN, a implantação de sistemas de medição para faturamento, de supervisão e controle, de transmissão de dados e de comunicação de voz.

2.1.2- PLANEJAMENTO DA OPERAÇÃO ELETROENERGÉTICA

Os estudos elétricos e energéticos de planejamento da operação fazem a avaliação das condições futuras de suprimento e são baseados em critérios de otimização, estudos de recomposição, reserva e segurança operativa e análises da continuidade do suprimento eletroenergético. Abrangem horizontes plurianual e anual, com detalhamento em base mensal, e têm como principais insumos cenários de carga e condições hidrológicas. Seus resultados incluem estratégias de utilização dos recursos energéticos disponíveis e subsidiam a programação da operação eletroenergética e a pré-operação para a elaboração de despachos de geração que permitam utilizar esses recursos para atender ao mercado com segurança e ao menor custo de operação possível.

3484

2.1.3- PROGRAMAÇÃO DA OPERAÇÃO ELETROENERGÉTICA

No âmbito da Programação da Operação Eletroenergética é desenvolvida a avaliação de curto prazo das condições de suprimento. São estabelecidas diretrizes para a operação elétrica nos horizontes quadrimestral e mensal, e definido o Programa Mensal de Operação (PMO) e suas revisões semanais, com as diretrizes para a operação energética: intercâmbios de energia inter-regionais, geração térmica e metas de níveis de armazenamento dos reservatórios, em função das condições previstas de carga e afluências.

Na programação diária da operação, são estabelecidos os despachos de geração,

intercâmbios e intervenções previstas nos equipamentos do sistema para o dia seguinte.

A Programação da Operação Eletroenergética e a Operação do Sistema são fortemente relacionadas, uma vez que a programação da operação para o dia seguinte é um importante dado de entrada para a pré-operação, realizada num período de tempo imediatamente anterior à operação em tempo real.

No âmbito da análise da segurança operacional, os estudos de proteção e controle têm como objetivo identificar a capacidade de superação de interrupção dos disjuntores da Rede Básica e DITs, a avaliação de suportabilidade de equipamentos, a implantação e adequação das proteções de caráter sistêmico, e a análise estatística do desempenho dos sistemas de proteção, entre outros.

2.1.3- OPERAÇÃO DO SISTEMA

A Operação do Sistema pode ser subdividida em: pré-operação, operação em tempo real e pós- operação, em função de seu encadeamento temporal. A normatização da operação, que cuida da formatação de normas e instruções operativas, é realizada sem vínculo temporal definido.

A pré-operação visa consolidar a programação eletroenergética diária com a inclusão de modificações no programa de intervenções, nas restrições operativas das instalações de geração e transmissão, na previsão de carga, nas condições previstas para a operação dos reservatórios e na programação do Controle Automático de Geração – CAG.

A operação em tempo real tem por objetivo coordenar, supervisionar e controlar o funcionamento operacional da Rede de Operação, a operação normal do sistema de transmissão e em situações de contingência na rede, e o funcionamento das instalações do SIN.

As atividades de pós-operação completam a cadeia da Operação do Sistema com a apuração dos dados da operação realizada, a análise das ocorrências e perturbações, assim como a divulgação dos resultados para os agentes do setor, os órgãos governamentais, normativos, fiscalizadores e para a sociedade.

2.1.4- AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO

Na Avaliação da Operação são identificadas as causas de eventos indesejáveis e de desempenhos insatisfatórios de sistemas e equipamentos, bem como são definidas ações que levem ao restabelecimento do desempenho adequado do SIN. A partir dos resultados da

operação, são elaboradas avaliações do sistema e recomendações de medidas corretivas e preventivas a serem adotadas pelo ONS e pelos agentes. Esses resultados servem de insumo para outras funções executadas pelo ONS.

O acompanhamento do desempenho da manutenção dos equipamentos e linhas de transmissão integrantes da Rede Básica e das usinas despachadas centralizadamente pelo ONS é feito por meio da análise de indicadores de desempenho. Os resultados dos processos de acompanhamento da operação, de cálculo de indicadores de desempenho e de análise estatística são monitorados por meio de parâmetros estabelecidos em submódulos específicos dos Procedimentos de Rede.

2.1.5- ADMINISTRAÇÃO DA TRANSMISSÃO

O macroprocesso de Administração da Transmissão é composto pela Administração de Contratos e Serviços Ancilares, e Apuração de Serviços e Encargos de Transmissão.

A Administração de Contratos garante o fluxo monetário entre as empresas que atuam no setor. Além disso, a gestão dos contratos dá uma base concreta aos novos agentes que queiram participar das licitações dos novos empreendimentos de transmissão.

A Apuração de Serviços e Encargos de Transmissão objetiva determinar os valores mensais das receitas a serem pagas aos prestadores do serviço de transmissão, bem como os encargos de uso do sistema de transmissão a serem cobrados de cada usuário da rede. O produto final da apuração dos serviços e encargos de transmissão é a discriminação detalhada de todas as parcelas que compõem as receitas ou encargos de cada agente, para apresentação a cada usuário da Rede Básica de todos os valores faturados mensalmente por cada concessionário de transmissão e pelo ONS.

3486

Os serviços ancilares contribuem para a garantia de operacionalidade do SIN e, segundo a regulamentação vigente, são constituídos pelos controles primário e secundário de frequência das unidades geradoras; pelo suporte de potência reativa; pelo autorrestabelecimento integral das unidades geradoras e pelos Sistemas Especiais de Proteção (SEP). A administração e apuração desses serviços é realizada pelo ONS. (ONS, 2024)

3- O SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL

O SIN é a sigla para Sistema Interligado Nacional. Ele consiste na interconexão das instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil, permitindo que

diferentes regiões do país compartilhem recursos energéticos e aumentem a segurança e confiabilidade do sistema elétrico como um todo. O SIN possibilita a troca de energia entre diversas áreas geográficas, otimizando a utilização dos recursos disponíveis e garantindo o abastecimento de eletricidade em todo o território nacional.

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidrotermo- eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte.

A interconexão dos sistemas elétricos, por meio da malha de transmissão, propicia a transferência de energia entre subsistemas, permite a obtenção de ganhos sinérgicos e explora a diversidade entre os regimes hidrológicos das bacias. A integração dos recursos de geração e transmissão permite o atendimento ao mercado com segurança e economicidade.

A capacidade instalada de geração do SIN é composta, principalmente, por usinas hidrelétricas distribuídas em dezesseis bacias hidrográficas nas diferentes regiões do país. Nos últimos anos, a instalação de usinas eólicas, principalmente nas regiões Nordeste e Sul, apresentou um forte crescimento, aumentando a importância dessa geração para o atendimento do mercado. As usinas térmicas, em geral localizadas nas proximidades dos principais centros de carga, desempenham papel estratégico relevante, pois contribuem para a segurança do SIN. Essas usinas são despachadas em função das condições hidrológicas vigentes, permitindo a gestão dos estoques de água armazenada nos reservatórios das usinas hidrelétricas, para assegurar o atendimento futuro. Os sistemas de transmissão integram as diferentes fontes de produção de energia e possibilitam o suprimento do mercado consumidor. (ONS, 2024)

4- Como As novas fontes de energia, como solar e eólica, podem impactar o gerenciamento realizado pelo ONS

O impacto das novas fontes de energia no gerenciamento realizado pela ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) tem sido tema de estudo e discussão, principalmente devido à crescente inserção de fontes renováveis, como solar e eólica, na matriz elétrica brasileira.

4.1- Variabilidade

A geração das usinas de energia renováveis intermitentes flutua de acordo com a disponibilidade de recursos. A geração eólica varia ao longo do tempo devido às flutuações da

velocidade do vento. Ela pode variar de 0% a 100% ao longo do dia. Esta flutuação é suavizada quando se considera uma ampla área geográfica ao invés da geração de uma única usina. De fato, a geração de várias usinas em diferentes regiões varia menos que a de uma usina isolada (Perez-Arriaga, 2011).

A geração fotovoltaica, por sua vez, varia em função da posição do sol ao longo do dia, da estação do ano, e da ocorrência ou não de nuvens. Contudo, a geração destas plantas flutua de uma maneira mais regular que a energia eólica. A sua produção não cai para zero em dias nublados, pois ela opera tanto com a luz solar difusa quanto com a direta. Além disto, as usinas fotovoltaicas não geram à noite, de forma que as demais plantas podem se preparar para gerar neste período. A diversidade espacial e a agregação de um conjunto de usinas fotovoltaicas, da mesma forma que os parques eólicos, podem mitigar algumas destas flutuações.

A variabilidade não é algo novo na operação dos sistemas elétricos: a demanda flutua para cima e para baixo e o operador do sistema elétrico sempre teve que lidar com isto, já que a geração e o consumo de eletricidade devem estar equilibrados instantaneamente, a qualquer momento. A operação do sistema elétrico, para garantir este equilíbrio, leva em consideração, sempre que possível, as limitações dos equipamentos; incluindo falhas, assim como flutuações normais da oferta e da demanda. Numa escala de tempo de segundos a minutos, o operador do sistema deve lidar com flutuações na frequência e na voltagem do sistema elétrico, decorrentes de flutuações na carga; que caso não sejam controladas, podem danificar o sistema assim como os equipamentos ligados a ele.

Apesar do planejamento da demanda ser bastante acurado, sempre há uma flutuação residual imprevisível da demanda em tempo real, sendo que nos lugares em que a demanda é particularmente sensível às condições climáticas, a incerteza sobre a carga pode ser considerável. Da mesma forma, a oferta também eventualmente varia, já que falhas imprevisíveis podem impedir que as usinas convencionais despacháveis operem conforme planejado. Portanto, a geração eólica e a solar não introduzem um problema novo para o setor. Contudo, altas participações destas fontes na matriz elétrica amplificam enormemente o desafio do operador do sistema (IEC, 2012).

Essas flutuações das fontes renováveis variáveis fazem com que a geração de outras fontes e a carga tenham que ser modificadas mais rapidamente e/ou mais frequentemente do que o que já é requerido de forma a manter o equilíbrio entre oferta e demanda.

A variabilidade da geração das energias renováveis intermitentes não deve ser vista

separadamente da variabilidade da carga. Os aumentos ou decréscimos na carga líquida, assim como a taxa e a frequência em que elas ocorrem, é o grande desafio para o equilíbrio do sistema. Ou seja, o sistema precisa responder rápido o suficiente para acomodar estas rápidas e relevantes mudanças. Esse problema decorre não apenas do forte crescimento ou redução da produção das fontes renováveis em algumas poucas horas; mas como dito acima, também de um eventual desencontro da geração com as flutuações da demanda (IEA, 2011).

3.1.2- Incerteza

A incerteza está relacionada com o grau de previsibilidade da geração de eletricidade. Não é possível de se prever completamente a velocidade do vento e a irradiação solar. Portanto, o nível de geração que uma usina eólica ou solar fotovoltaica pode produzir, em um momento determinado de tempo, não pode ser determinado com certeza. De maneira geral, a geração solar é mais previsível que a geração eólica; visto que os fatores que afetam a geração solar, como as nuvens e o pôr do sol, são mais previsíveis do que a disponibilidade de vento.

Da mesma forma que no caso da variabilidade, a incerteza não é fator novo para o operador do sistema. A previsão de demanda para o dia seguinte geralmente inclui uma estimativa de erro; que pode ser maior quando o consumidor responde a estímulos inesperados, como uma frente fria. Contudo, a variação da demanda é consideravelmente mais regular e previsível que a geração das fontes renováveis intermitentes.

Todos os sistemas elétricos mantêm reservas disponíveis para prover eletricidade em caso de um evento inesperado, como falhas na transmissão ou na planta geradora e erros de previsão da demanda. Uma maior introdução de fontes intermitentes de energia tende a levar a um aumento dos requisitos de reserva, devido ao risco de erros de previsão da oferta. O custo relacionado ao aumento da reserva é, em última instância, arcado pelo consumidor.

O operador do sistema gerencia grande parte da energia do grid por meio do comprometimento antecipado das unidades que gerarão a energia necessária para atender a carga. Atualmente, o comprometimento das unidades geradoras é amplamente determinístico, significando que o operador, ao programar um gerador para operar, espera que ele esteja completamente disponível. A prática reflete o fato das tradicionais usinas termelétricas e hidrelétricas serem relativamente previsíveis e controláveis. Mas, o processo de cálculo da reserva necessária para garantir a confiabilidade do sistema se torna mais complexo quando lida com uma geração incerta (IEC, 2012).

4.1.3- Dependência Locacional

Recursos intermitentes de geração de energia renovável (disponibilidade de vento e irradiação solar) não são igualmente distribuídos geograficamente. A qualidade do recurso solar, por exemplo, é em grande parte função da latitude. Desta forma, potenciais locais de geração com elevada quantidade de recursos intermitentes de energia renovável podem não coincidir com as áreas com maior demanda de eletricidade. Este é o caso das fontes solar e eólica, que estão frequentemente localizadas em regiões remotas, longe dos centros de carga, e muitas vezes distantes da rede existente. Além disso, as fontes renováveis intermitentes são intensivas no uso de terra; de tal forma que quanto mais perto do centro de carga maior o custo da terra.

Há, portanto, um trade-off entre construir as usinas nos melhores sítios e minimizar os custos de transmissão. Ou seja, acessar recursos de alta qualidade geralmente reduz o custo do quilowatt-hora das usinas de geração intermitente. Contudo, conectar usinas distantes na rede pode ser custoso. Como resultado, existe frequentemente a escolha entre acessar recursos de alta qualidade e aumentar o custo por conectar usinas distantes (IEA, 2014; Henriot, 2014). Isso é amplificado pelo baixo fator de capacidade de uma usina eólica ou solar típica, o qual pode indicar ser ineficiente construir transmissão suficiente para atender à capacidade instalada total de cada uma das usinas eólicas e solares.

Além disso, o planejamento da transmissão tem que enfrentar um círculo vicioso: tanto a nova geração só é disponível para ser construída se as linhas de transmissão estão disponíveis, quanto a transmissão só pode ser construída se houver geração prevista. A dependência locacional das fontes intermitentes renováveis de energia é um desafio ainda maior se considerarmos que a linha de transmissão pode prover capacidade para a produção de energia em um país ou estado, passar por outro, e ser consumida ainda em um terceiro. Estas disparidades na capacidade de geração, localização da transmissão e tamanho da carga em localidades diferentes pode tornar o planejamento da transmissão para a conexão das fontes energéticas renováveis contencioso e complexo; sobretudo no que diz respeito à alocação de custos (IEC, 2012).

5- Geração Distribuída

A Geração distribuída refere-se à produção de energia elétrica em pequena escala, próxima aos locais de consumo, em contraste com a geração centralizada em grandes usinas de

energia. Isso pode incluir sistemas solares fotovoltaicos instalados em telhados de residências, edifícios comerciais ou em pequenas áreas urbanas, bem como turbinas eólicas em fazendas ou comunidades rurais.

5.1- A geração distribuída oferece vários benefícios, incluindo:

1. **Redução de Perdas de Transmissão e Distribuição:** Ao produzir eletricidade mais próxima dos locais de consumo, a geração distribuída reduz as perdas de energia associadas à transmissão de longa distância.
2. **Resiliência do Sistema:** Os sistemas de geração distribuída podem aumentar a resiliência do sistema elétrico, fornecendo energia localmente em caso de falhas na rede principal.
3. **Redução da Demanda de Pico:** A geração distribuída pode reduzir a demanda de pico na rede Elétrica, especialmente durante períodos de alta demanda, como dias quentes de verão.
4. **Integração de Fontes Renováveis:** A geração distribuída facilita a integração de fontes renováveis, como energia solar e eólica, na matriz energética, ajudando a Diversificar a oferta de energia e reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

3491

No entanto, a geração distribuída também apresenta desafios, como a necessidade de atualizações na infraestrutura de distribuição para acomodar fluxos bidirecionais de energia e questões relacionadas à regulação e tarifação da energia produzida localmente.

No Brasil, a forma de implementação da geração distribuída é feita por meio do sistema de compensação de energia.

O sistema de compensação de energia tem como base o “prosumidor”, ou seja, um consumidor-gerador. Nesse caso, as suas unidades geradoras produzem a energia, e o excedente é injetado na rede de energia elétrica para ser abatido no consumo central de energia elétrica.

Assim, se toda a eletricidade que o seu sistema fotovoltaico gerou não for utilizada, você a “empresta” automaticamente para a concessionária da sua região e ganha assim um crédito para descontar em alguma eventual conta de luz.



No exemplo acima, a energia é gerada no sistema solar e vai para o quadro de distribuição da casa. Se no momento que a energia está sendo gerada há consumo no local (luzes acesas, chuveiro, televisão, etc) essa energia é direcionada para essas cargas, é o chamado Autoconsumo. Se a geração excede o autoconsumo local, a energia é exportada para a rede, onde posteriormente será utilizada para abater o consumo na conta de luz. Quando a energia exigida pela residência é superior ao que o gerador solar está produzindo, esse complemento será importado da rede, consumindo os créditos que foram gerados em excesso.

5.1.2- A Geração Distribuída de energia no Brasil

Segundo o Governo Federal, até o final de 2018, havia 88 mil unidades consumidoras beneficiadas pela Geração Distribuída que tinha a potência de 680 MW. Atualmente, existem mais de 1 milhão de unidades consumidoras beneficiadas pela GD, que prioriza fontes renováveis de energia (eólica, solar e biomassa), sendo que 98% da GD no Brasil é solar.

A Geração Distribuída com sistemas fotovoltaicos tem sido muito utilizada no país desde 2012, ano em que a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou a resolução normativa nº 482.

A REN nº 482 criou a modalidade de Geração Distribuída permitindo que empresas e pessoas físicas possam gerar a sua própria energia e se conectar ao sistema elétrico facilmente e com menos burocracia.

O cenário é otimista para os próximos anos, e espera-se crescer ainda mais no número

de unidades consumidoras que utilizam a Geração Distribuída. (weg, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como podemos ver a inserção crescente de fontes renováveis, como solar e eólica, na matriz elétrica brasileira tem desafiado o gerenciamento realizado pelo ONS. Com os dados apresentados, podemos ver que a variabilidade dessas fontes, sujeitas às condições climáticas, requer que o sistema elétrico se adapte rapidamente para manter o equilíbrio. Embora a variabilidade não seja nova para os sistemas elétricos, a alta participação dessas fontes amplifica o desafio para os operadores, exigindo modificações rápidas na geração de outras fontes para manter a estabilidade do sistema. Com isso trouxe-se à tona uma série de desafios operacionais, tecnológicos e regulatórios para o ONS. A intermitência dessas fontes exige uma maior flexibilidade e agilidade na operação do sistema, enquanto a expansão da infraestrutura de transmissão e o aprimoramento das previsões se tornaram essenciais para garantir a estabilidade e a segurança do SIN. Além disso, as mudanças econômicas e regulatórias associadas à integração dessas fontes demandam uma adaptação contínua por parte do ONS, a fim de manter a eficiência e a sustentabilidade do sistema elétrico nacional.

3493

REFERÊNCIAS

- [1] F. M. Barbosa, “Estabilidade de Sistemas Elétricos de Energia”, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2013
- [2] P. Kundur et al., "Definition and classification of power system stability IEEE/CIGRE joint task force on stability terms and definitions," in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 19, no. 3, pp. 1387-1401, Aug. 2004.
- [3] P. Kundur, “Power System Stability and Control”, Electrical Power Research Institute, 1994.
- [4] - <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>
- [5] - <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/atuacao>
- [6] - <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>
- [7] - PEREZ-ARRIAGA, I. J., 2011. General Framework, Managing Large scale penetration of intermittent renewables, MIT. Available at: <https://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2012/03/MITEI-RP-2011-001.pdf>
- [8] IEC, INTERNATIONAL ELETROTECHNICAL COMMISSION (2012). Grid integration of large-capacity renewable energy sources and use of large-capacity electrical

energy storage, Geneva, Switzerland.

- [9] IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2011. Harnessing variable renewables: a guide to the balancing challenge, OECD/IEA, Paris. Available at: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Harnessing_Variable_Renewables2011.pdf
- [10] IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2014. The Power of Transformation. Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems, OECD/IEA, Paris. Available at: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/the-power-of-transformation---windsun-and-the-economics-of-flexible-power-systems.html>
- [11] Mauricio T. Tolmasquim, “INTEGRAÇÃO DAS FONTES RENOVÁVEIS INTERMITENTES NA AMÉRICA LATINA”, Reporte Dirección de Análisis y Estrategias de Energía Vicepresidencia de Infraestructura. (2017) https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1222/20170831_2017%2008%2002%20%20Relat%C3%B3rio%20Final2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [12] <https://www.weg.net/solar/blog/o-que-e-uma-geracao-distribuida-de-energia-e-quaissao-as-suas-vantagens/>