

Análise da Perspectivas da Utilização do Sistema BESS em Unidades Consumidoras Atendidas em Média Tensão

Mírian Ellen Barros de Oliveira
DET/Mossoró
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido
Mossoró, RN, Brasil
mirian.oliveira@alunos.ufersa.edu.br

Ednardo Pereira da Rocha
DET/Mossoró
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido
Mossoró, Brasil
ednardo.pereira@ufersa.edu.br

Resumo— A utilização de energias alternativas tem se popularizado no Brasil, e com o incremento desse tipo de geração de energia em um curto espaço de tempo, fez com que as linhas de distribuição, que não foram projetadas a longo prazo para esse tipo de consumidores, comecem a apresentar problemas e sobrecarregamento das mesmas. A implementação do armazenamento de energia BESS, é uma opção para solucionar esse problema, também podendo ser utilizado em redes de grande escala para maior estabilidade da rede, corrigindo problemas como correção do fluxo reverso e melhoramento da energia no consumo final. As baterias já tem um tempo significativo no mercado e desenvolvimento tecnológico, podendo ser uma alternativa para o armazenamento de energia.

Palavras-chave- energias alternativas, linha de transmissão, BESS, fluxo reverso, baterias.

I. INTRODUÇÃO

A forma de geração energética tem se diversificado com o tempo, e a redução do impacto ambiental causado pela queima de combustíveis fósseis para geração de energia imediata é o principal propulsor para a diversificação e quantização de energia gerada para não ser necessário ativar as termoeletricas. Além disso, a redução na conta de energia tem sido um incentivo para o investimento na energia renovável. Atualmente no Brasil, o mercado de energia solar fotovoltaica estão em expansão e a aquisição do sistema de geração a partir dessa fonte renovável tem se tornado acessível tanto em indústrias, quanto residências. Como visto no gráfico 1, a capacidade instalada em MW de energia solar fotovoltaica teve o crescimento principalmente entre o ano de 2017 a 2021.

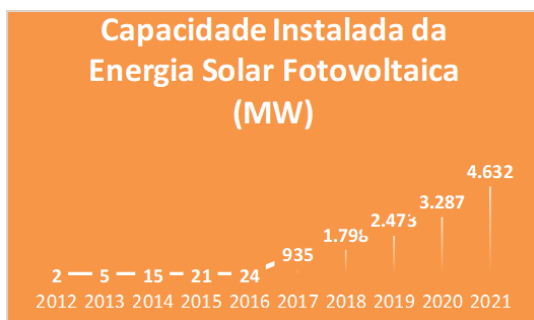


Gráfico 1-Balanco Energético Nacional 2022 (EPE,2022)

Sabe-se que essa forma de geração de eletricidade tem afetado as linhas de transmissão, causando fluxo reverso por conta da sobregeração, e consequentemente, afetando a qualidade de energia entregue ao cliente.

O sistema de armazenamento de energia está ganhando espaço e utilização devido à crescente demanda por sistemas de geração de eletricidade a partir de fontes alternativas de energia renováveis, como por exemplo, os sistemas fotovoltaicos, esse aumento tem desbalanceado as linhas de distribuição, podendo causar desvio de frequência e aumento do nível de tensão na rede (SILVA, 2022). O desenvolvimento do sistema de armazenamento de energia por baterias pode ser a solução tanto para a concessionária, quanto para o consumidor, modernizando o mercado e reduzindo as problemáticas em ambas as partes. As principais funções desse sistema são: não afetar a rede com as sobregerações que causam o fluxo reverso, arbitrar quando há o pico de geração de energia, e utilizar em horários onde a tarifa é mais alta para o consumidor (SILVA, 2022).

A utilização de baterias para o armazenamento de energia também beneficia o gerenciamento de energia, trazendo o equilíbrio de carga e estabilização da rede. As aplicações do sistema de armazenamento por baterias podem ser de forma distribuída ou centralizada. Sendo centralizada no sistema ou na rede, é gerenciada pelo operador do sistema, podendo ser da geração, transmissão ou distribuição. Já a distribuída é atrás do medidor (SILVA, 2022).

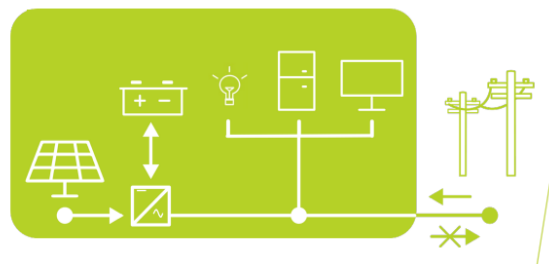


Figura1- Geração distribuída sem injeção na rede (GREENER, 2021).

Como visto na figura 1, o sistema de ligação sem a injeção na linha em um sistema híbrido, utilizando um conversor, a energia excedente é armazenada na bateria (GREENER, 2021).

A maior problemática para a utilização do sistema de armazenamento de energia é a falta de regulamentação e políticas de incentivo do uso do sistema de armazenamento

de energia, tanto para o uso em rede básica de energia, no sistema interligado nacional (SIN), como unidades consumidoras residenciais (SILVA, 2022).

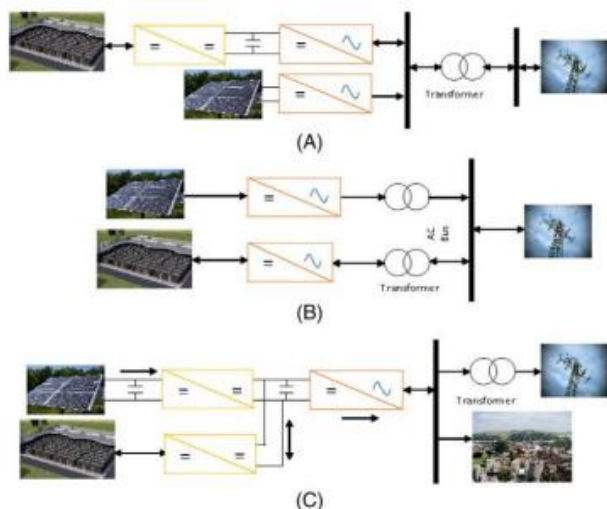


Figura 2. Ligação do sistema BESS com energia fotovoltaica (DATTA,2021).

Como visto na figura 1, é possível utilizar o BESS de diversas formas. Na figura 1A é utilizado junto com um conversor CC/CA e conectado ao PCC (ponto de acoplamento comum), o que aumenta o custo do sistema e requer um sistema de proteção, mas tem como vantagem a regulação do sistema de armazenamento separado para o serviço do mesmo. Já na figura 1B, ele pode ser conectado a vários níveis de tensão no barramento CC, permitindo que a bateria atue em alta tensão. Na figura 1C não é utilizado o conversor, que é utilizada quando a tensão da bateria é igual a tensão do barramento CC, sem ter o controle desse artifício (DATTA,2021).

O principal objetivo do estudo em análise de perspectivas da utilização do armazenamento de energia tem nuances sobre sua aplicabilidade, e sobre a necessidade do uso dela para o melhoramento nas linhas de transmissão, que tem sido tão afetada com a injeção desacerbada de energia excedente vindo da geração de energia alternativa renovável.

II. SISTEMA BESS

O sistema de armazenamento de energia por baterias (BESS) são amplamente utilizados para armazenar a energia excedente da geração de fontes alternativas de energia renováveis. A aplicabilidade dele tem maior função de reduzir a injeção de sobretensão, que com isso, está ocasionando o desbalanceamento das linhas de transmissão e distribuição. Como é observado na figura 3, o sistema BESS é composto por um banco de baterias (1), o sistema de controle (2), um sistema de conversão CC-CA (3), o quadro de transferência (4) e gestão de temperatura em caso de sobreaquecimento (5).

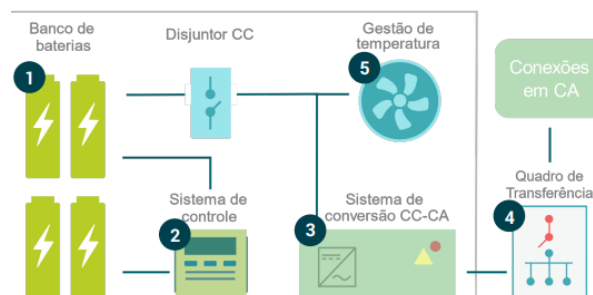


Figura 3. Sistema de armazenamento por baterias (GREENER, 2021).

A arbitragem seria para a compra da energia gerada, seja solar ou eólica, quando essa geração estiver alta e o preço baixo, e a utilizar da energia em horários de tarifa alta (horários de pico), o que viabiliza esse tipo de serviço é ter uma capacidade de armazenamento significativo. Para a utilização da arbitragem em unidades consumidoras, a bateria irá armazenar a energia quando tiver muita geração e pouca utilização, essa energia será utilizada quando o horário de tarifas forem mais alto, no caso, o consumidor iria contratar uma faixa de demanda máxima (SILVA, 2022).

Outra forma de utilização também é quando o consumidor faz o uso de energia renovável como a fotovoltaica, e quer ter o armazenamento quando há sobregeração e utilizar em períodos onde a geração não está satisfazendo sua demanda. O armazenamento de energia quando há a sobregeração de energia, e pouca demanda, é de suma importância para redução do fluxo reverso.

O BESS pode ser aplicado em diversos nichos, podendo ser um serviço ancilar disponibilizado, como também utilizado pelo consumidor final que quer ter sua autonomia em geração e utilização de energia. Na figura 4 mostra um sistema BESS utilizado ligação atrás do medidor para redução do consumo no horário de ponta na cidade de Uberlândia/MG utilizado em uma usina de geração fotovoltaica, utilizando a bateria de íon de lítio com capacidade de 1360 kWh e 1260 kVA, e dois sistemas de chumbo ácido com 100 kWh e 125 kWh.



Figura 4. Banco de baterias de íon de lítio e de chumbo ácido instalado em Uberlândia/MG (GREENER, 2021).

A. BATERIA DE ÍONS DE LÍTIO

As baterias de íons de lítio tiveram início em estudos em 1970 para seu desenvolvimento utilizando lítio metálico, mas após testes, foi observado instabilidade, principalmente no carregamento, então os estudos partiram para não metálicas, utilizando o íon de lítio. A primeira bateria de íons de lítio recarregável foi para o mercado em 1991 pela Sony. A bateria de íons de lítio tem em sua composição dois eletrodos, sendo separado por um eletrólito condutor iônico e um isolador eletrônico, esse isolador é o meio que os íons de lítio transitam entre o cátodo e o ânodo (VIAN, 2021).

O tipo de bateria mais utilizada para o armazenamento de energia tem sido a de íons de lítio, ela possui altos valores de densidade de energia e potência (VIAN, 2021) como pode ser visto na Tabela 1.1. Essas baterias são vendidas e instaladas em contêineres de 20 ou 40 pé. No contêiner também tem um sistema de refrigeração e um sistema de controle da bateria. Além disso, o projeto é dimensionado para que tenha espaço para a manutenção dos equipamentos.

Algumas características citadas:

- Alta densidade de energia: As baterias de íons de lítio possuem uma alta densidade de energia combinada com alta densidade de potência;
- Autodescarga: Esse tipo de bateria possui baixo índice de perda, por ter um baixo valor de autodescarga, assim, armazenando energia por longo período;
- Baixa manutenção: Como elas geram energia através de uma reação eletroquímica, não há necessidade que elas sejam descarregadas periodicamente, pois não tem problemas como o efeito memória (bateria viciada);
- Proteção para carga e descarga: O que difere das outras baterias, a bateria de íons de lítio precisam de proteção para que a corrente de carga e descarga estejam dentro da faixa dos limites de segurança;
- Envelhecimento: Essa é uma desvantagem desse tipo de bateria, o envelhecimento dela ocorre pelos ciclos de carga e descarga e também pelo tempo.

A bateria de íons de lítio é uma das mais antigas do mercado, e ela se adapta bem ao sistema de potência, já tendo sido instalada junto ao parque eólico na Austrália em agosto de 2019, uma bateria de 20MW/34 MWh. A maior até então é localizada também na Austrália, tendo 100 MW desenvolvida pela Tesla, também é utilizado a energia eólica como geração, como visto na figura 5.



Figura 5- Bateria desenvolvida pela Tesla na Austrália, tendo como geração energia eólica (Autor desconhecido, 2018).

Parâmetro	Chumbo-ácido	Íons de Lítio
Energia Específica (Wh/kg)	100-240	30-300
Densidade de Energia (kWh/m)	25-90	94-500
Potência Específica (W/kg)	25-415	8-2000
Densidade de Potência(kWh/m)	10-400	56,80-800
Eficiência de Round-trip (%)	50-921	80-981
Temperatura de Operação (°C)	-5-40 ³	-30-60
Tempo de vida (anos)	3-20	2-20
Ciclos durante a vida	100-2000	250-10000
Taxa de autodescarga(%dia)	0,033-1,10	0,03-0,33
Escala (MW)	0-50	0-3
Custo capital de Energia (US\$/kWh)	50-1100	200-4000
Custo capital de Potência (US\$/kW)	175-900	175-4000

Tabela 1.1 – Tabela comparativa de baterias eletroquímicas. Adaptada de (Sabihuddin, Kiprakis, & Mueller, 2015).

B. UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL EM REDES DE SISTEMAS ELÉTRICOS E SEUS DESAFIOS

O maior desafio da expansão do sistema de transmissão tem sido o impacto socioambiental e fundiários causado pela instalação de novas torres e instalação de novas subestações. A estrutura do sistema de transmissão é afetada pelo efeito estufa e a alta temperatura, radiação solar e a frequência das chuvas que consequentemente causam a descarga elétrica nas torres de transmissão.

A utilização de energia renovável tem potencial de criar dificuldades em manter o equilíbrio da rede, de carga e geração, flutuações de tensão, fluxo de energia reverso e desvio de frequências (DATTA, 2021). Também está tendo o surgimento do que é conhecido como a curva do pato, o que muda a operação da rede, causado, principalmente pela geração de energia fotovoltaica. A curva do pato, ou “*duck curve*” acontece pelos picos de geração, ocorrendo períodos de menor carga líquida como observado na figura 6 a geração durante um dia, levando a supergeração (SOUZA,2020).

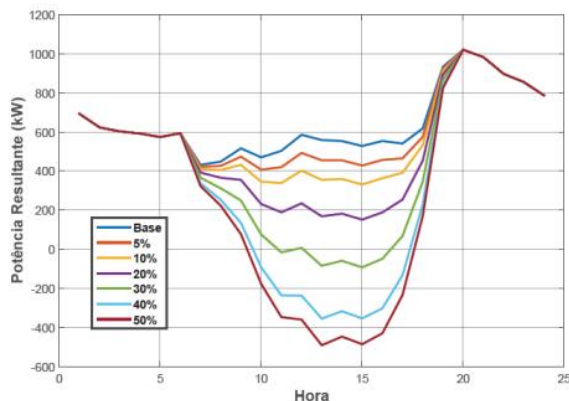


Figura 6– Supergeração e curva do pato. Adaptado de (DENHOLM, 2018).

Quando há a supergeração, falta o controle sobre o despacho de energia gerada, o que pode aumentar a oferta tendo pouca demanda, e essa energia excedente sendo injetada nas linhas de transmissão (DENHOLM, 2018).

A alta geração quando a demanda está baixa, causa o fluxo reverso na rede, que ocorre quando há uma penetração considerável da energia fotovoltaica gerada e sobretensões em pontos da rede, o que prejudica o consumidor, aumentando a curva do pato. Foi observado o comportamento na subestação sem a presença da energia solar fotovoltaica no alimentador (base), e quando há a geração de energia solar fotovoltaica, com o passar dos anos o crescimento da geração de energia solar fotovoltaica fez com que aumentasse a sobregeração medida em MW, como visto na figura 7 (TEIXEIRA, 2018).

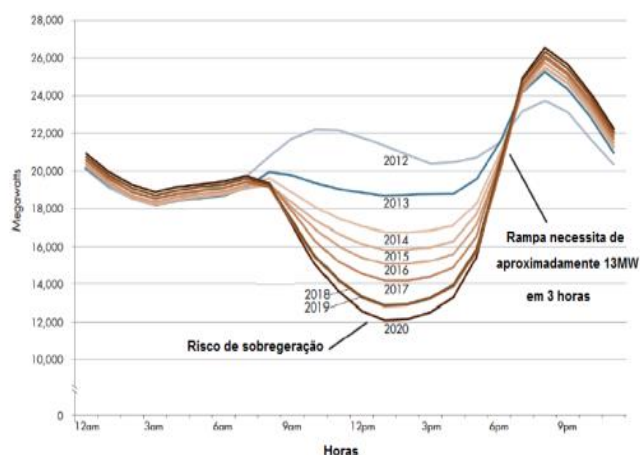


Figura 7 - Comparativo da potência resultante fornecida pela subestação em dia útil com alta geração solar. Retirado de (TEIXEIRA, 2018).

O Sistema de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS) já existe e a tecnologia utilizada são na célula de armazenamento baterias de íon-Lítio, havendo a possibilidade para média tensão, baixa tensão e micro-rede com gerador a diesel (SOUZA, 2020). Esse sistema é considerado um dos mais eficazes e eficientes e tem a possibilidade de aumentar a flexibilidade operacional do sistema de energia (DATTA, 2021).

Utilizando o BESS, além do armazenamento de energia, é possível controlar o fluxo de potência ativa e reativa de forma independente no PCC, que é o Ponto de Acoplamento Comum (DATTA, 2021). Há formas de conversão de corrente contínua para alternada na eletrônica de potência, que possibilita a utilização do BESS, conhecido

como PCS (*power converter system*), porém é utilizado apenas na energia solar fotovoltaica, a eólica não pode utilizar esse tipo de conversão. Entre os diversos tipos de PCS existentes, destacam-se: conversor de estágio único (CC para CA), conversor de dois estágios (CC/CC e CC/CA), e também o conversor multiporta de estágio único duplo que são vários conversores CC/CC ou CC/AC paralelo. Os PCS menos complexo são de estágio único, pois converte a energia armazenada CC na bateria em CA trifásica, podendo ser utilizado na geração de energia solar fotovoltaica (DATTA, 2021).

C. FUNCIONALIDADE DO SISTEMA DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA POR BATERIAS CONECTADO A REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Há quatro pontos importantes sobre a funcionalidade do sistema de armazenamento por bateria (LEITE et al, 2019): A suavização de potência de fonte solar intermitente, o suprimento de energia em situação de contingência, *peak-shaving* e suporte aos serviços ancilares.

A suavização de potência de fonte solar intermitente é sobre o BESS gerenciar a flutuação causada pela presença de nuvens, que é a taxa de rampa de energia solar, criando uma potência de saída equivalente à potência de saída média que é projetada ao longo de um dia, compensando as variações a curto prazo com a suavização. O sistema consegue a suavização realizando a absorção dos picos de produção, que é a recarga, e compensando nas quedas de energia, que são as descargas, levando à estabilidade de energia gerada.

O suprimento de energia em situação de contingência é favorável em casos de problema no alimentador ou na linha de transmissão, fornecendo energia para manter a continuidade da rede. Esse tipo de operação deve ser supervisionado e controlado pelo centro de operação da distribuição.

Peak-shaving é a operação da bateria para suprir a carga quando a rede estiver em horário de pico, e houver uma demanda baixa. Esse tipo de funcionalidade ajuda a reduzir a flutuação no carregamento do alimentador causada pelas variações de tensão.

Suporte aos serviços ancilares essa operação do sistema de armazenamento de energia visa a regulação da tensão e controle da potência reativa ao longo do alimentador, podendo ser utilizado os PCS para absorção ou injeção dessa potência reativa existente.

III. VANTAGENS DO USO DA TECNOLOGIA

Uma das vantagens da utilização do uso de baterias em sistemas de média tensão é otimizar a distribuição do fluxo de energia da rede. Como visto, a curva do pato, causada pela alta geração e baixo consumo, faz com que exista fluxo reverso de energia elétrica nas redes de distribuição, fazendo uso de baterias isso ia ser evitado. A regulação da tensão também pode ser aplicada quando houver aumento de tensão, ou carga e descarga, podendo ser gerenciado pelo armazenamento de bateria.

Outro ponto também a ser considerado é a redução na geração de pico, o sistema de baterias pode ser usado estrategicamente para armazenar o excesso de energia

gerada durante o horário de pico de geração, utilizando essa energia à noite, no caso de sistema fotovoltaicos, por exemplo (DATTA, 2021).

Além disso, o BESS pode ser utilizado para a redução de oscilações na transmissão de energia elétrica e diminuir a demanda nas linhas, trazendo confiabilidade para o sistema, pode ser utilizado o BESS em geração de energia solar fotovoltaica e eólica, o mesmo tem inúmeras vantagens, também podendo fazer parte de um sistema híbrido. Dependendo da capacidade do BESS, ele pode contribuir com a regulação da frequência e tensão da rede quando existir um sistema de interconexão (LEITE et al, 2019).

IV. DESAFIOS REGULATÓRIOS E PERSPECTIVAS

O mercado de armazenamento de energia por bateria está em expansão principalmente fora do país, o que é positivo para o melhoramento de tecnologia e redução de custos para fabricação desses sistemas. Como poder ser observado na figura 8, a previsão de capacidade cumulativa de sistemas de armazenamento diz que Potência Global ultrapassará 1000GW até 2040

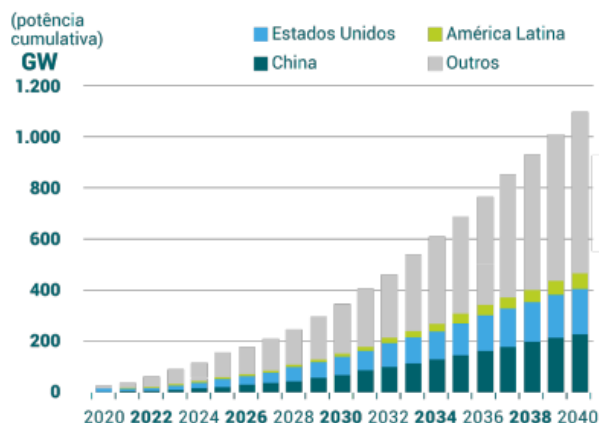


Figura 8 – Previsão de capacidade cumulativa de sistemas de armazenamento (GREENER, 2021).

O uso do sistema de armazenamento de energia por baterias tem inúmeros benefícios, e aplicações, com o crescimento da utilização de energias renováveis e alternativa no Brasil, ela se torna muito importante e indispensável. Até mesmo para fim de serviços ancilares, ainda não é possível contratar prestadores de serviço específico, tendo que ser executado por agentes de geração e transmissão contratados em leilões (SILVA, 2022).

Com o crescimento da geração de fontes alternativas em um curto espaço de tempo, principalmente a solar fotovoltaica, como visto no gráfico 1, a utilização do armazenamento por baterias é uma opção, fazendo com que as concessionárias tenham pressa para obter opções de tecnologia para operação de redes, principalmente para o controle de tensão (SILVA, 2022).

Um dos desafios é não ter padronização ou regras pré-definidas para o sistema de armazenamento de energia, isso faz com que os investidores e concessionárias não tenham algo concreto e claro, por conta da insegurança jurídica (SOUZA, 2020).

Políticas estratégicas para a viabilização da implementação do armazenamento de energia tem que ser

desenvolvidas e protocoladas para maior confiabilidade, principalmente em escala de redes. A inclusão de soluções para o armazenamento e aumento da capacidade a longo prazo é o maior fator que precisa ter ênfase hoje, pois o mercado nacional precisa disso para impulsionar o desenvolvimento da tecnologia, tornando-a acessível e ter suas diversas utilizações de forma clara e popular.

O serviço de armazenamento de energia por baterias pode ser disponibilizado, principalmente de formas auxiliares para o armazenamento, como um tipo de prestação de serviço, tendo benefícios como a redução dos custos de energia paga por consumidores tem uma forte marca para o crescimento de desenvolvimento da área, pois irá trazer interesses da utilização.

Como a utilização dos sistemas sendo empregados de forma centralizada ou distribuída, é realizado pela unidade consumidora, faz com que tenha menos barreiras de entrada, sendo assim, uma oportunidade para influenciar com a redução de custos da energia. Esse tipo de modelo de negócio já é existente em outros países para consumidores de baixa tensão do grupo B, principalmente para quem utiliza a energia fotovoltaica (SILVA, 2022).

No caso de utilização do sistema BESS em rede de distribuição, não há definições nem na ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), nem nas concessionárias. A princípio é utilizado as definições e diretivas da utilização de energia fotovoltaica interconectada

Para os projetos de conexão são necessários (LEITE et al., 2019):

- Projeto do ramal de ligação;
- Ajuste de proteção;
- Projeto da subestação de conexão;
- Projeto do sistema de medição de faturamento;
- Diagrama de operações;

Certamente os dispositivos de regulação da interconexão do BESS na rede de distribuição nesse sistema serão permeados nos pontos citados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tecnologia BESS, tem ganhado destaque no setor elétrico brasileiro como uma alternativa para a integração de fontes renováveis intermitentes, como a energia solar e eólica, ao sistema de transmissão e distribuição. No entanto, o uso dessa tecnologia enfrenta desafios regulatórios no país, principalmente em relação à definição do modelo de remuneração e incentivos para sua implantação.

Atualmente, o sistema elétrico brasileiro possui uma estrutura tarifária que não contempla o armazenamento de energia, o que dificulta a viabilidade econômica dos projetos de BESS. Além disso, a falta de regulamentação específica para essa tecnologia também gera incertezas jurídicas e insegurança para os investidores. Nesse contexto, é fundamental que haja uma revisão das regras do setor elétrico para a inclusão do BESS como uma ferramenta de gestão da rede elétrica, a fim de garantir sua viabilidade e contribuir para a transição energética no país.

Outro desafio para o uso do BESS no sistema elétrico brasileiro é a necessidade de adequação das normas

técnicas e de segurança, uma vez que essa tecnologia requer cuidados específicos de operação e manutenção. É preciso desenvolver normas e procedimentos que garantam a segurança da operação do sistema, minimizem os riscos de incidentes e aumentem a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica.

Portanto, é necessário um esforço conjunto entre órgãos reguladores, empresas e especialistas para aperfeiçoar a regulação e normatização do uso do BESS no Brasil, a fim de garantir a segurança, a eficiência e a sustentabilidade no uso desta tecnologia.

REFERÊNCIAS

- [1] DATTA, Ujjwal; KALAM, Akhtar; SHI, Juan. A review of key functionalities of Battery energy storage system in renewable energy integrated power systems. 2021. Energy Storage.
- [2] DENHOLM, P. et al. Overgeneration from Solar Energy in California: A Field Guide to the Duck Chart. [S.l.], 2018.
- [3] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2022, Rio de Janeiro. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022. Rio de Janeiro: Governo Federal de Minas e Energia, 2022.
- [4] GREENER. Estudo Estratégico Mercado de Armazenamento de Energia no Brasil 2021. São Paulo, 2021.
- [5] Pix Force. Desafios e Oportunidades na Transmissão de Energia Elétrica. 2020. Disponível em: <<https://www.pixforce.com.br/post/desafios-e-oportunidades-na-tras-transmiss%C3%A3o-de-energia-el%C3%A9trica>>. Acesso em: 18 de março de 2023.
- [6] Leite, L. H. M. et al. Impactos de um sistema de armazenamento de energia de 1 MW na rede de distribuição de 13,8 kv - desafios técnicos, econômicos e regulatórios. In: XXV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (XXV SNPTEE). [S.l.: s.n.], 2019.
- [7] Sabihuddin, S., Kiprakis, A., & Mueller, M. 2015. A numerical and graphical review of energy storage technologies. 2015. Energies.
- [8] SILVA, Rogério Diogene de Souza. Novas Tecnologias e Infraestrutura do Setor Elétrico Brasileiro – Armazenamento de Energias em Baterias. IPEA 2022. Rio de Janeiro, 2022.
- [9] SOUZA, João Paulo Assunção de. Análise de Sistema de Armazenamento de Energia Com Baterias Em Uma Rede Real de Distribuição de Energia em Média Tensão. 2020. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.
- [10] TEIXEIRA, L. de G. et al. Análise dos impactos da difusão da geração distribuída fotovoltaica nas redes reais de baixa tensão considerando estratégias de controle do inversor. In: Congresso Brasileiro de Automação 2018. [S.l.: s.n.], 2018.
- [11] VIAN, Ângelo et al. Armazenamento de Energia - Fundamentos, Tecnologia e Aplicação. [S.l.]: Blucher, 2021.