

ARMAZENADORES DE ENERGIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA BATERIA

Humberto Hasselein ¹

Artur Henrique Rodrigues ²

Mateus Camargo Franco ³

João Alberto Machiavelli ⁴

Marcel Stalter ⁵

Ana Paula Carboni de Mello ⁶

Resumo:

No atual cenário mundial, o setor energético está sobre intensa transformação, assim os estudos sobre o sistema energético estão sendo intensificados. A metodologia proposta neste artigo tem como objetivo armazenar energia na rede de distribuição, bem como prezar pela conservação do ciclo de vida das baterias. Para a realização das simulações foi utilizado um sistema de 34 barras disponibilizado pela IEEE, juntamente com uma interface entre o software OpenDSS e Matlab. Em um segundo momento, estabeleceu-se os limites mínimo e máximo de operação. Logo após, foi estipulado os horários de carga e descarga do Sistema de Armazenamento de Energia (SAE), em horários definidos de acordo com a curva de carga e com perfil de consumo, residencial e industrial. Com isso, foi verificado a curva de carga da subestação, onde foi feito um comparativo, sem e com a implementação do SAE. Além disso, averiguou-se o perfil de tensão de uma barra, na qual foi inserido um armazenador de energia, com um perfil trifásico, de forma a realizar uma análise comparativa entre o perfil de tensão sem, e com, o SAE. Os resultados obtidos foram satisfatórios, visto que a subestação teve um desafio de ativos em seus horários de maior demanda, e uma significativa melhora nos perfis de tensão, tanto da subestação quanto na barra que o SAE faz o seu despacho de ativos.

Palavras-chave: Sistema de Armazenamento de Energia, ciclo de vida

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ARMAZENADORES DE ENERGIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA BATERIA

¹ Aluno de graduação. beto-sps@hotmail.com. Autor principal

² Aluno de graduação. artur.ar.10@gmail.com. Co-autor

³ Aluno de graduação. mateuscfranco1998@gmail.com. Co-autor

⁴ Graduado em Engenharia elétrica. machiavelli.joao@gmail.com. Co-autor

⁵ Aluno de pós graduação. marcelstalter@gmail.com. Co-autor

⁶ Docente. anamello@unipampa.edu.br. Orientador

ARMAZENADORES DE ENERGIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA BATERIA

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, o setor energético brasileiro está sob intensa transformação, devido a mudanças que tentam aliar a redução nos custos de tecnologias promissoras e também a redução de gases de efeito estufa por fontes renováveis menos poluentes. A utilização de energias não renováveis apresenta como desvantagens as variações de preços de combustíveis, dificuldade no transporte, degradação ambiental e até mesmo um elevado custo operacional (SANTOS et al., 2017).

No cenário brasileiro, a expansão territorial e o clima tropical são dois fatores que auxiliam no potencial de energia renovável que pode complementar a matriz energética. Toda via existe a imprevisibilidade na geração de energia de fontes intermitentes, como a solar e a eólica, as quais dependem das condições climáticas de cada região.

Perante este cenário, tem-se como referência a Austrália que na atualidade é o país com a maior produção de energias renováveis. Isso devido a alguns fatores como incentivos governamentais, também devido a ocorrência de um desastre com gás natural (GLN), e a um projeto bem-sucedido de grande capacidade da empresa Tesla, na qual foi desenvolvida uma bateria de grande capacidade de íon-lítio e instalada em um parque eólico, desta forma dando a confiabilidade necessária para o sistema elétrico de potência. O produto desenvolvido tem a capacidade de armazenar 100 MW, sendo o suficiente para suprir as necessidades de 30 mil famílias, deste modo mostrando que uma solução de energia sustentável pode ser possível e efetiva.

Os BESSs (do inglês: *Battery Energy Storage Systems*), o armazenamento de energia através de baterias surge como uma alternativa para contornar várias situações como a regulação de frequência do sistema, minimização das perdas e regulação de tensão, ou seja, melhorando o perfil de tensão tanto da subestação quanto do ponto onde o SAE é despachado. Outra importante aplicação de energia distribuída por meio de estocagem do excedente, é a injeção no sistema em momento de déficits energéticos ou de custos elevados da geração convencional. Isto resulta na redução de custos de operação, deslocamento em horários de pico entre outras diversas utilidades. Isso deve acarretar em um grande crescimento na geração e distribuição (GD)(GOMES; OGAWA, 2011; PEREIRA, 2016).

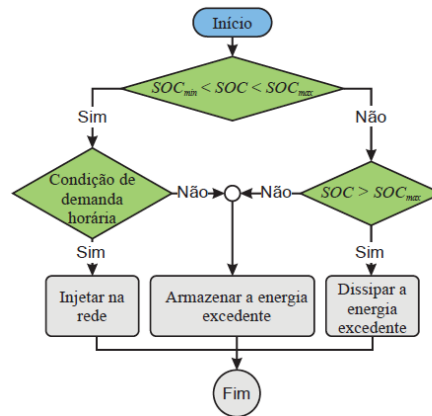
2 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida neste trabalho tem como premissa a aplicação dos sistemas de armazenamento de energia (SAEs) para o gerenciamento da curva de carga da rede de distribuição.

2.1 Arquitetura proposta

Neste processo foram estipulados os horários de carga e descarga dos SAEs, onde os horários de armazenamento são definidos conforme as características de cada região. Já a potência injetada na rede é definida para os períodos de um maior consumo de energia elétrica, essa técnica é conhecida como *time-shifting*. A Figura 2 demonstra o fluxograma da metodologia proposta.

Figura 2 - Fluxograma da metodologia proposta.



Fonte: (MACHIARELLI, 2018).

Se o sistema em estudo está em horários fora dos chamados horários de ponta, os SAEs passam a armazenar energia provenientes dos recursos energéticos renováveis. Já quando o sistema estiver em períodos de consumo elevado, ou seja, das 18h até 21h o sistema passa a injetar a energia armazenada na rede de distribuição, deste modo acredita-se em benefícios a todo o sistema elétrico de potência, pois a rede receberá um grande contingente de energia quando a demanda estiver no seu ápice(MACHIARELLI, 2018).

Retornando para a primeira etapa, caso o SOC não esteja nos limites definidos na Equação (1), o sistema é capaz de verificar novas condições, para o sistema localizar se o estado de carga está abaixo do limite mínimo, ou acima do limite máximo(MACHIARELLI, 2018).

- Se $SOC < SOC_{min}$: o sistema busca armazenar a energia proveniente das fontes naturais, para que o SOC retorne para a condição de operação segura.
- Se $SOC > SOC_{max}$: o sistema passa a dissipar a energia excedente em resistores acoplados ao inversor(MACHIARELLI, 2018).

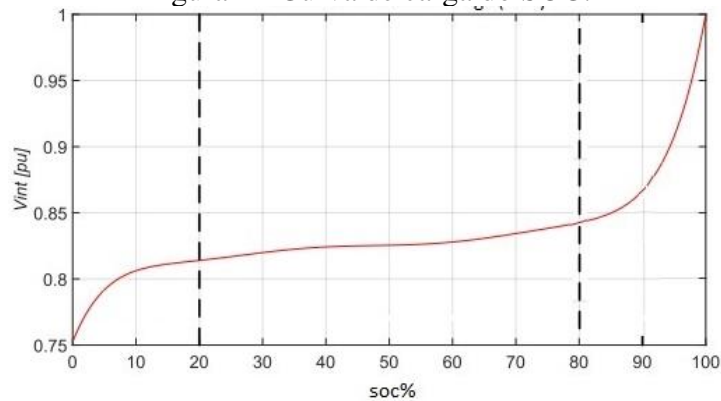
2.2 Especificações do perfil de trabalho dos SAEs

A bateria é um equipamento que pode ser utilizada para armazenar ou fornecer energia elétrica, sendo que sua capacidade de armazenamento é dada em kWh. Quanto mais eficiente for a bateria, maior será a energia armazenada, isso implica em uma melhor operação do sistema elétrico de potência (OLIVEIRA et al., 2018).

Os SAEs apresentam uma variação no seu estado de carregamento, definido como SOC, onde para a eficiência máxima do SOC da bateria apresentando um elevado ciclo de vida, deve-se pré-estabelecer faixas de carregamento com limites máximos e mínimos bem definidos. O estado de carregamento mínimo é definido como SOC_{min} de 20% e o estado de carregamento máximo SOC_{max} de 80% a Equação 1 descreve comportamento do SOC. Desta forma torna-se possível a minimização dos danos de seus componentes e um aumento do seu ciclo de vida útil (DE OLIVEIRA, 2016; OLIVEIRA et al., 2018).

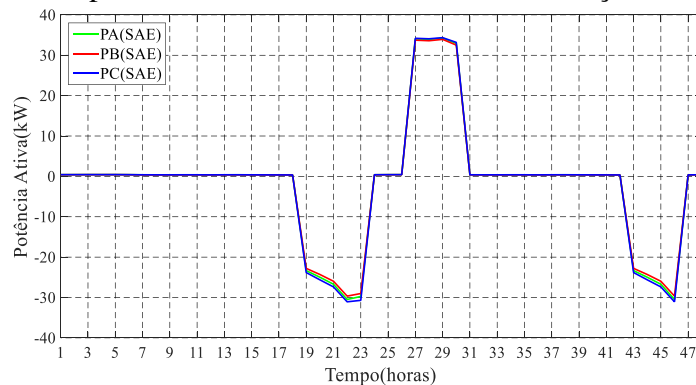
$$SOC_{min} < SOC < SOC_{max} \quad (1)$$

Figura 2 - Curva de carga do SOC.



Fonte: Adaptado de Oliveira et al., 2018.

Figura 3 - Comportamento do SAE na rede de distribuição 34 barras.



Fonte: do autor, 2018.

A Figura 3 demonstra o modo de operação de trabalho, as análises foram realizadas através da interface dos softwares MATLAB e OpenDSS (Open Distribution System Simulator), o qual realiza o cálculo de fluxo de potência em sistemas desequilibrados. O sistema de distribuição utilizado foi baseado em uma rede teste do Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) de 34 barras modificado, onde foram inseridas 8 unidades de SAEs em pontos críticos do alimentador.

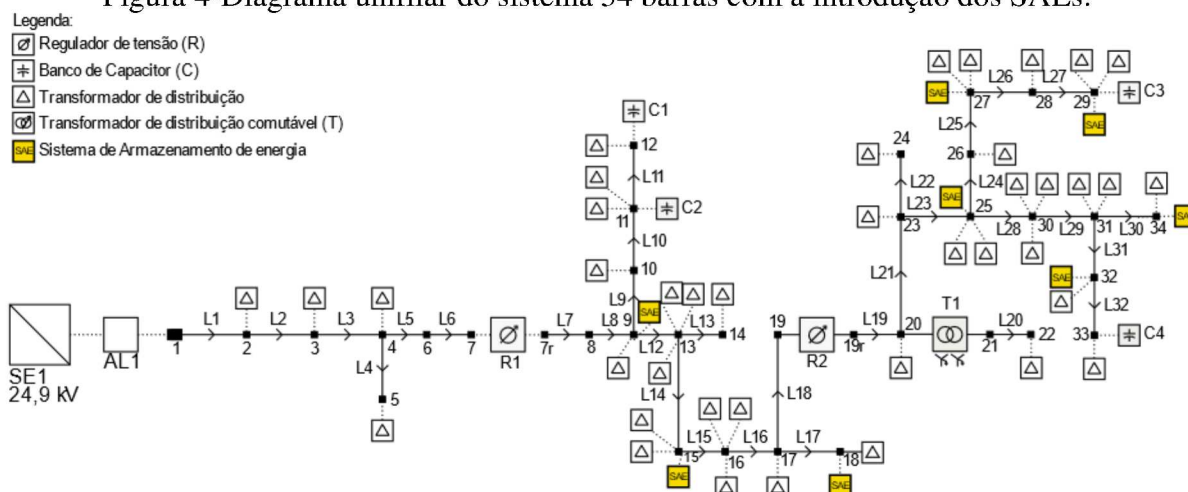
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 demonstra o circuito de 34 barras utilizado para os testes desenvolvidos nesse trabalho. Os SAEs estão inseridos nas barras 9, 15, 25, 27, 29, 32 e 34. O módulo de armazenamento utilizado para o desenvolvimento dos resultados, tem como características um perfil de tensão trifásico com ligação em Δ , e modo de despacho que segue uma curva pré-estabelecida (follow). A capacidade inicial de trabalho do SOC é de 250 kWh, em uma tensão de 24,9 kV e 50 kW de potência de saída.

3.1 Curvas de carga da subestação

A Figura 5 amostra os níveis de potência ativa da subestação, antes e após a implementação do SAE na rede de distribuição. Essa curva de carga demonstra o perfil de consumo residencial e industrial.

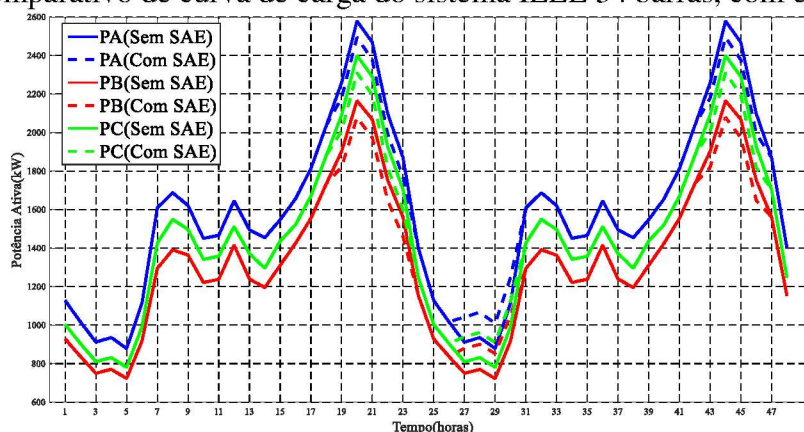
Figura 4-Diagrama unifilar do sistema 34 barras com a introdução dos SAEs.



Fonte: Adaptado de MELLO, 2018.

Pode ser observado no comparativo entre as figuras, que quando SAE não desenvolve o despacho, os horários de pico tem a curva de carga sobre carregada, já nos horários de pouca demanda a subestação trabalha com níveis de ativos bem baixos, comparado com horários de ponta, e com a introdução do SAE na rede de distribuição, pode-se observar uma melhora na curva de carga, pois quando a demanda é baixa o armazenador está carregando, desta forma consome ativos, já nos períodos de ponta a bateria despacha ativos na rede, Ou seja, desloca a energia no tempo.

Figura 5 - Comparativo de curva de carga do sistema IEEE 34 barras, com e sem os SAEs.



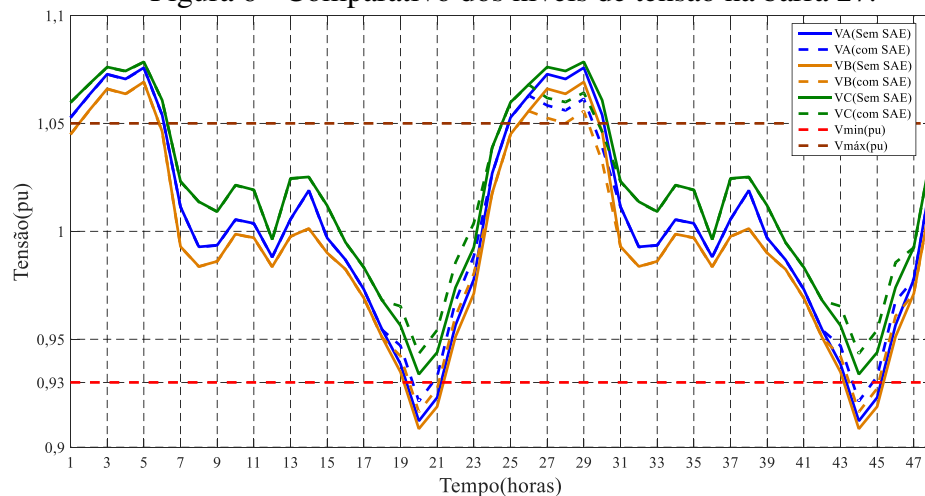
Fonte: do autor.

3.2 Perfil de tensão

Um dos benefícios da adição dos SAEs em redes de distribuição, é a melhora do perfil de tensão, tanto da subestação como nos pontos aonde as baterias são inseridas.

A Figura 6 demonstra os níveis de tensão na barra 27. Desta maneira desenvolveu-se um comparativo com e sem os SAEs, pode-se perceber que os níveis melhoraram, porem os mesmos ficaram fora dos limites de tensão desejados. Tal fato ocorreu devido as cargas utilizadas na rede, para cargas menores o sistema deve operar nos níveis desejados.

Figura 6 - Comparativo dos níveis de tensão na barra 27.



Fonte: do autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos realizados sobre a introdução dos SAEs nas redes de distribuição, pode-se identificar os potenciais benefícios, como a melhoria dos níveis de tensão, tanto nas barras onde foram inseridas as baterias como na própria subestação. Observa-se que ocorre a redução da potência ativa da subestação devido a inserção de potência dos SAEs além da melhoria no perfil de tensão.

Esse trabalho está em andamento e a próxima etapa consiste na realização do controle de reativos a partir dos SAEs existentes nas redes de distribuição.

REFERÊNCIAS

- DE OLIVEIRA. **Modelagem , Parametrização e Otimização de Baterias Chumbo-Ácido em Aplicações Ferroviárias via Análise de Big Data** Modelagem , Parametrização e Otimização de Baterias Chumbo-Ácido em Aplicações Ferroviárias via Análise de Big Data. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA, 2016.
- GOMES, V.; OGAWA, C. **Proposta De Identificação Dos Parâmetros Do Modelo Partida De Veículos Automotivos**. [s.l: s.n.].
- MACHIAVELLI. **SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO PARA O GERENCIAMENTO DA CURVA DE CARGA**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA, 2018.
- OLIVEIRA, T. T. et al. Optimal Allocation and Battery Operations for Voltage Constraint and Loss Reduction. **IEEE Latin America Transactions**, v. 16, n. 7, p. 1985–1992, 2018.
- PEREIRA, N. M. C. **Simulação de Regimes de Carga e Descarga em Baterias**. [s.l.] INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA, 2016.
- SANTOS, A. L. M. et al. Otimização da Operação de Baterias em. p. 1–7, 2017.