

## VIABILIDADE TÉCNICA DA INSERÇÃO DE BANCO DE BATERIAS COM O SISTEMA FOTOVOLTAICO DO IFG – CAMPUS ITUMBIARA.

Diogo M. Souza (EG)<sup>1</sup>, José F.S. Amaral<sup>1</sup>(EG), Sergio B. Silva<sup>1</sup>(PQ) e Olívio C. N. Souto<sup>1</sup>(PQ).

<sup>1</sup>Instituto Federal de Goiás, Campus Itumbiara

**Área do Conhecimento: Engenharias/ Engenharia Elétrica/ Transmissão e distribuição de energia elétrica.**

### Resumo

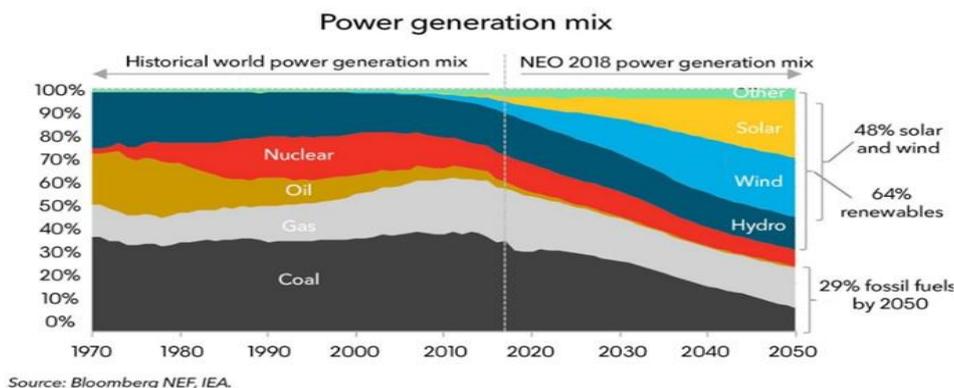
*Com o aumento no emprego de fontes renováveis como eólica e solar, em prol da redução das emissões de gases do efeito estufa (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. Surge cada vez mais esforços para a otimização destes novos sistemas. Por outro lado, estes sistemas dependem de forças da natureza, como o sol e o vento, as quais sofrem variações de intensidade de acordo com as condições climáticas, resultando em uma geração não constante. Em busca de uma melhor estabilização e aproveitamento, propõem-se a utilização de baterias. Diante disto este artigo tem o objetivo de analisar a viabilidade técnica da inserção de elementos armazenadores, em um sistema fotovoltaico on-grid no IFG Campus Itumbiara, usando o software OPENDSS.*

**Palavras-chave:** Sistemas fotovoltaico, baterias, viabilidade técnica.

### Introdução

Em 2016 a capacidade de energia solar instalada no mundo cresceu aproximadamente 50%, equivalente a 75 GW, elevando assim, a potência mundial instalada para 303 GW, sendo a China responsável por 40% desse crescimento, segundo o International Energy Agency [1]. Países como a Índia, Emirados Árabes Unidos, México e Argentina registram o menor valor de venda em leilões de energia solar desde o início da utilização da tecnologia, registrando cerca de três centavos de dólar, segundo International Energy Agency [1]. E tal redução de preço de investimento de sistemas fotovoltaicos fez com que a produção de energia solar saltasse de 19 GWh, em 1990, para 21,8 TWh em 2016, segundo o International Energy Agency [1]. O crescimento líquido das energias solar, em 2016, superou o crescimento de qualquer outra fonte de energia usada no mundo, e tal crescimento contribuiu, juntamente com outras fontes renováveis, para que o taxa de emissão de CO<sub>2</sub> oriundo dos combustíveis fósseis e da indústria mantivesse um crescimento pífio pelo terceiro ano consecutivo, crescendo cerca de 0,2% ao ano, segundo o REN21 (2017) [2].

No Brasil, a estimativa é que até o ano de 2024 o país atinja 7 GW instalados, aumentando, desta forma, a participação da energia solar na matriz energética de 0,02%, em 2014, para cerca de 4% (Ministério de Minas e Energia (2017) [3]. Este aumento exponencial se deve a inúmeros fatores, entre eles a redução de custos de um sistema e os incentivos dados pelo governo através de portarias regulamentando a forma de compensação da energia gerada pelo consumidor. Este crescimento vem ocorrendo em duas direções: sistemas fotovoltaicos instalados nos telhados de unidades consumidoras e o investimento de grandes empresas na construção de usinas solares. Estima-se também um aumento de 50% das energias eólicas e solares na geração mundial até 2050 devido à redução drástica de custos e baterias mais baratas, representado pela figura 1, permitindo assim que a eletricidade seja armazenada e descarregada para atender mudanças na demanda e no fornecimento. Segundo a BNEF (Bloomberg New Energy Finance) [4] a redução dos custos de armazenadores de energia significa um aumento em energia solar e eólica, estimando um investimento de cerca de US\$548 bilhões até 2050 em baterias.



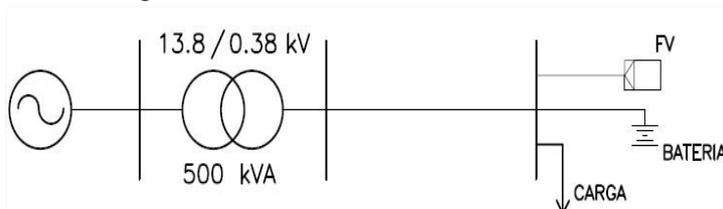
**Figura 1** - Previsão da geração de energia mundial até 2050

Fonte: Bloomberg New Energy Finance, NEF, IEA.

O comportamento da tensão em sistemas de distribuição radiais passa a depender não só da carga, mas também da geração, de tal sorte que em momentos de cargas baixa e elevada geração a tensão na carga tende a subir, e em momentos de carga alta e elevada geração a tensão não tende a cair significativamente [5]. A variação de tensão supracitada é oriunda da intermitência da produção de energia dos painéis solares devido à alta variação dos recursos solares. Para resolver tal intermitência, o uso de banco de baterias conectados em paralelo com painéis fotovoltaicos é considerado uma solução satisfatória por ser capaz de armazenar a energia excedente e evitar que esta seja injetada na rede [6].

## Material e Métodos

A fim de mensurar os impactos na tensão para altos níveis de penetração fotovoltaica (elevada geração) combinado com o uso de banco de baterias no Instituto Federal de Goiás – Câmpus Itumbiara (IFG), foi escolhido o software OpenDSS, por ter elevada flexibilidade a ponto de permitir o usuário criar situações específicas para cada caso estudado dentro dos padrões de análise fornecido pelo próprio programa [7]. O sistema a ser estudado foi modelado no OpenDSS e o diagrama unifilar é dado na Figura 2.



**Figura 2** - Diagrama unifilar do sistema simulado e foto aérea do IFG – Câmpus Itumbiara.

Fonte: Autoria própria.

A curva de carga do Câmpus IFG - Itumbiara, foi obtida através de medições locais utilizando de analisador de energia conectado no secundário do transformador da subestação conforme ilustra a figura 3. A análise da figura 3 mostra que a maior solicitação de potência do sistema supridor ocorre por volta das 16h30m e não no horário de ponta. É uma situação típica para a instalações educacionais considerando as particularidades do câmpus, já que no período vespertino o número de turmas é maior que nos períodos noturno e matutino.



**Figura 3** - Curva de carga diária obtida por medições no quadro geral de baixa tensão no IFG – Campus Itumbiara.

Fonte: Autoria própria.

### Resultados e Discussão ou Relato de Caso

Os impactos da inserção de geradores fotovoltaicos e elementos armazenadores de energia no sistema estudado são apresentados considerando diversos cenários, conforme tabela II.

**Tabela 1** – Casos Simulados no OpenDSS

Caso 01	Apenas a carga.
Caso 02	Carga e sistema fotovoltaico de 60 kWp
Caso 03	Carga, sistema fotovoltaico de 60 kWp e banco de baterias de chumbo ácido de 150 kW.

Fonte: Autoria Própria.

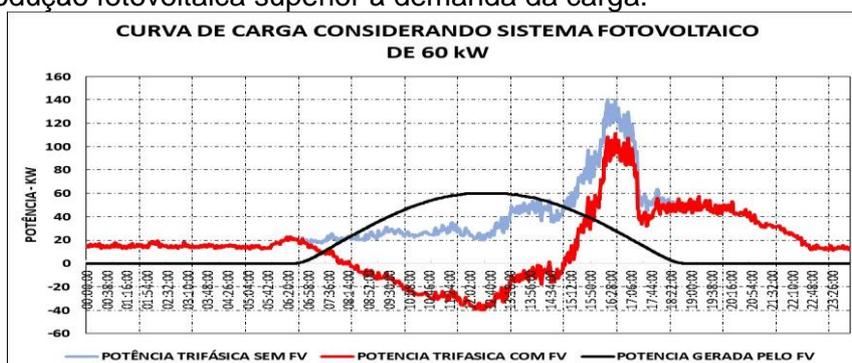
A figura 4 mostra o comportamento da tensão da fase A do barramento de baixa tensão considerando o caso 01. Observa-se que no horário em que há maior demanda do sistema elétrico ocorre uma queda de tensão.



**Figura 4** – Tensão na fase A.

Fonte: Autoria própria.

A figura 5 ilustra o comportamento da curva de carga do IFG – Campus Itumbiara considerando a geração fotovoltaica (caso 2). Observa-se o fluxo reverso de potência no período que ocorre a produção fotovoltaica superior à demanda da carga.

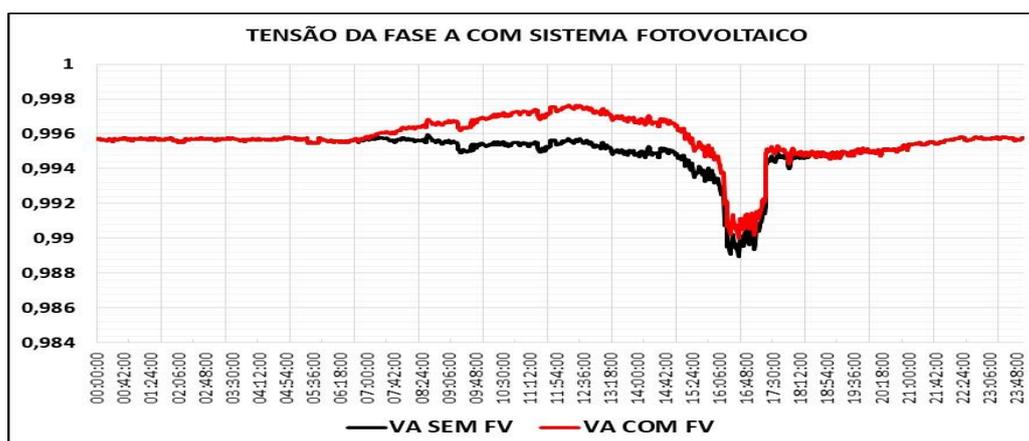


**Figura 5** – Curva de carga considerando a geração distribuída fotovoltaica.

Fonte: Autoria própria.

O fluxo reverso apresentado significa uma redução na demanda do campus, porém o mais interessante é que haja uma redução no momento de maior consumo, para assim ter uma redução da demanda máxima contratada, o que levaria a uma possível economia ao final do mês.

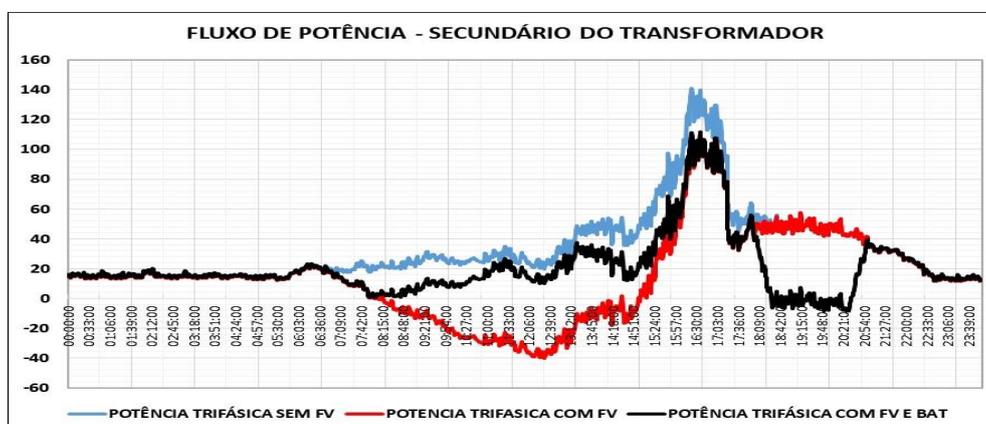
Para ilustrar o efeito da geração fotovoltaica no comportamento das tensões no barramento de baixa tensão tem-se a figura 6. Pode-se observar que ocorre uma elevação de tensão no período em que ocorre fluxo reverso de potência.



**Figura 6** – Perfil de tensão no barramento de baixa tensão considerando caso 1 e 2.  
**Fonte:** Autoria própria.

Fica evidenciado que na ocorrência de fluxo reverso de potência o principal efeito é a elevação de tensão no ponto de acoplamento do sistema de geração distribuída. Dentre as diversas formas de controle de tensão tem-se os sistemas armazenadores de energia, em especial as baterias que se carregam com energia elétrica proveniente da geração fotovoltaica no período em que a produção fotovoltaica é superior ao consumo da carga.

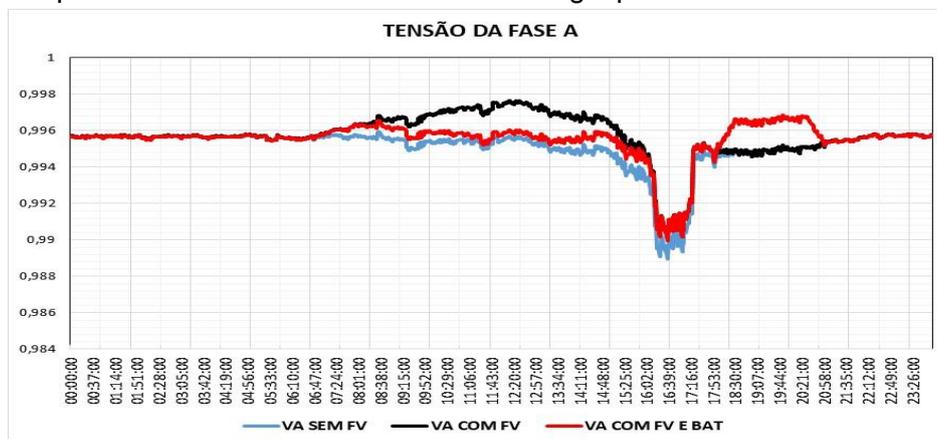
A figura 7 mostra a curva de carga para o caso 03. Pode-se observar a inexistência de fluxo reverso de potência tendo em vista que a energia produzida pelo sistema fotovoltaico durante o período em que é superior à demanda da carga, a mesma é utilizada para o carregamento das baterias. Importante destacar que o fluxo de energia da concessionária para a carga, no horário de ponta é igual a zero. Fica evidenciado, desta forma, que a energia necessária é suprida pelo sistema de baterias.



**Figura 7** – Perfil de tensão no barramento de baixa tensão considerando caso 1 e 2.  
**Fonte:** Autoria própria.

O efeito da operação da geração distribuída fotovoltaica em conjunto com sistema armazenador de energia, nas tensões do barramento de BT pode ser visualizado na Figura 8.

Observa-se que a operação de carga e descarga do banco de baterias pode ser visualizado no perfil da tensão da fase A, por exemplo. No período de produção fotovoltaica acima da energia demandada pela carga a tensão praticamente não sofre grandes alterações, enquanto que no horário de ponta por esta havendo fornecimento de energia pelas baterias a tensão sofre elevação.



**Figura 7** – Perfil de tensão no barramento de baixa tensão considerando caso 1 e 2.  
**Fonte:** Autoria própria.

## Conclusões

Do ponto de vista técnico-econômico o banco de baterias se torna viável, pois este além de evitar o fluxo reverso na rede o que pode ocasionar danos a diversos aparelhos, principalmente os eletrônicos, também evita o consumo no horário de ponta, o qual tem uma energia muito onerosa em relação ao horário de ponta. Já no que se diz respeito a redução da demanda máxima, no caso do IFG – campus Itumbiara, é inviável, pois nos três casos estudados a redução da demanda máxima foi relativamente pequena e se considerar um dia chuvoso onde a produção de energia solar é bem pequena, a redução na demanda máxima seria praticamente inexistente.

## Agradecimentos

Ao grupo de pesquisa e extensão NupSol.

## Referências Bibliográficas

- [1] International Energy Agency (2018). Solar leads the charge in another record year for renewables. Acedido 10 de junho de 2018, em: [www.iea.org/renewables](http://www.iea.org/renewables).
- [2] REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2017 Global Status Report.
- [3] Ministério de Minas e Energia Brasileiro. Fonte solar será responsável por 7 mil MW na matriz elétrica até 2024. Acedido em 11 de junho de 2018, em: [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)
- [4] Bloomberg NEF - New Energy Outlook 2018
- [5] PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. ANEEL – Agência Nacional de energia elétrica
- [6] C. H. S. Rocha, “Análise e Mitigação de Impactos da Conexão de Geração Distribuída, Microgeração Distribuída e Armazenadores em Alimentadores de Distribuição Utilizando o Software OpenDSS”. São Paulo, 2016.
- [7] Public Interest Energy Research, Program WHITE PAPER, “Electric Distribution System Simulation and Analysis Tools”. State of California, EUA, 2013.