



ANÁLISE DO SISTEMA DE GERAÇÃO HÍBRIDO NO IFMG-CAMPUS FORMIGA

Igor de Abreu Freitas⁽¹⁾, Núbia Guimarães Leal⁽²⁾, Ruan Santana Alves⁽³⁾, Renan Souza Moura⁽⁴⁾

(1), (2), (3) - Estudantes do curso Bacharelado em Engenharia Elétrica do IFMG-Campus Formiga

(4) - Professor do IFMG-Campus Formiga

RESUMO

Este projeto pretende analisar o comportamento de um sistema híbrido recém instalado no Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Formiga. Este sistema, instalado em uma estrutura do tipo carport, é composto por painéis fotovoltaicos, equipamentos para armazenamento de energia, carregador veicular, controlador de potência e inversor híbrido. A metodologia de trabalho é baseada em simulações computacionais e testes de campo. Como resultados parciais têm-se uma modelagem prévia do sistema no software OPENDSS e a aquisição de dados de geração via aplicativo. Ao final do projeto pretende-se enviar a Direção Geral do Campus Formiga sugestões de como disponibilizar a comunidade acadêmica o carregamento elétrico, os custos para ampliação e modelagem computacional do sistema. A previsão para finalizar os estudos é 31/03/2025.

Palavras-chave: Sistema geração híbrido. Estrutura do tipo carport. Carregamento veicular.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de distribuição de energia são responsáveis por fornecer energia elétrica para milhares de pessoas atualmente. Tendo uma configuração dos seus alimentadores predominantemente do tipo radial, a energia fornecida pelas subestações apresenta normalmente um fluxo de potência unidirecional, para os consumidores.

Entretanto, tal sentido de fluxo de potência se modifica com a utilização de geração distribuída. A geração distribuída é caracterizada como uma fonte próxima do ponto de consumo, podendo ser microgeração ou minigeração [1]. Embora a do tipo fotovoltaica se destaca pelo número de unidades instaladas, existem também gerações distribuídas do tipo pequenas centrais hidrelétricas, eólicas e de biomassa no Brasil [2].

O interesse da população na utilização de geração distribuída está relacionado com o fato da possibilidade de atenuar os valores pagos na fatura de energia [3]. Além disso, normalmente as fontes utilizadas são renováveis, causam pequeno impacto ambiental, apresentam custo de instalação muito baixo se comparado com o capital financeiro empregado



nas construções de grandes usinas e possibilita a postergação de obras de infraestrutura nos sistemas de distribuição de energia elétrica [4].

Entretanto, também são conhecidos os transtornos operacionais causados pelos sistemas fotovoltaicos on-grid. Os autores de [5] citam problemas como elevação de tensão, dificuldades de transferência de potência entre alimentadores, elevação de perdas, fluxo de potência reverso e operação da subestação com baixo fator de potência.

Como consequências destes transtornos operacionais, alterações e discussões no sistema de compensação de créditos têm ocorrido [6]. Esta Resolução, por exemplo, impôs uma cobrança com aumentos graduais ao longo dos próximos anos na Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) fio B. Além disso, estabelece a criação de uma nova regulamentação a partir de 2029.

É óbvio que quando a nova regulamentação for discutida, os operadores dos sistemas de distribuição de energia elétrica irão considerar equipamentos como subestações de recarga de carros elétricos [7], sistemas armazenadores de energia [8] e micro/minigeração híbrida [9]. Tais equipamentos criam uma complexidade na definição das Regras e Procedimentos de Distribuição (PRODIST) [10], o que conseqüentemente traz a necessidade futura de profissionais preparados.

Dentro deste contexto, este projeto de pesquisa pretende analisar, por meio de simulações computacionais e práticas em campo, o comportamento do sistema híbrido recém instalado no Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Formiga através do programa Huawei Power Generation [11].

O programa Huawei Power Generation foi um convênio firmado entre o IFMG-Campus Formiga e a empresa Huawei Brasil, onde foram capacitados recursos humanos para trabalhar na área de projeto, instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos. Com um investimento de quase meio milhão de reais, foram adquiridos para o IFMG-Campus Formiga diversos equipamentos e ocorreu a instalação de várias obras de infraestrutura. Uma destas obras de infraestrutura é o sistema híbrido, a qual é o interesse deste projeto de pesquisa.

2 DESENVOLVIMENTO E METODOLOGIA

Este sistema híbrido, instalado em uma estrutura do tipo carport, apresenta os seguintes equipamentos indicados pela figura 1.

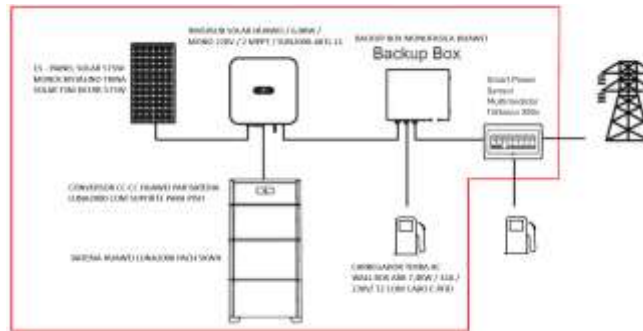


Figura 1-Equipamentos que compõem o sistema híbrido instalado no IFMG-Campus Formiga.

Com o sistema híbrido, o fornecimento de energia para rede elétrica do Campus Formiga é realizado através de painéis fotovoltaicos e/ou baterias. Além disso, é possível carregar veículos elétricos e efetuar controle de potência injetada.

A análise será realizada por meio do software Open Distribution System Simulator (OpenDSS) [12], a qual será responsável por modelar o sistema híbrido e toda a instalação elétrica do Campus Formiga; entendimento das funções existentes em cada equipamento e registro de momentos de acionamento de cada fonte ao longo do dia. Outro ponto que este projeto propõe realizar é enviar sugestões para a administração do IFMG-Campus Formiga em relação às regras para utilizar a tomada de veículos elétricos do sistema híbrido.

3 RESULTADOS

As figuras 2 e 3 indicam, respectivamente, o código desenvolvido no software OPENDSS e a visualização do sistema híbrido via aplicativo referente ao dia 18 de setembro de 2025.

```

New Circuit.CargaMistaPV buskv=0.40 pu=1.0 phases=3 bus1=SourceBus
// ----- Curva P vs Temperatura -----
New XYCurve.MjPvsT npts=4 xarray=[0 25 75 100] yarray=[1.2 1.0 0.8 0.6]
// ----- Curva de eficiência -----
New XYCurve.MjEff npts=4 xarray=[1 2 4 1.0] yarray=[.06 9 .32 .87]
// ----- Inadmissibilidade -----
New Loadshape.MjInad npts=24 interval=1 start=[0.000 0.000 0.000 0.000 0.0723 0.0996 0.6406 0.5795 0.7832 0.8047 1.0000 0.7969 0.8828 0.3496 0.2344 0.0701 0.050 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000]
// ----- Temperatura diária -----
New Tshape.MjTemp npts=24 interval=1 temp=[25. 25. 25. 25. 25. 25. 25. 35. 40. 45. 50. 60. 60. 55. 40. 35. 30. 25. 25. 25. 25. 25. 25]
// ----- Sistema Fotovoltaico -----
// Adão do dia 18/09/2025
New PVSystem.PV phases=3 bus1=pv kv=0.22 kVA=5.99 inad=98 Papp=25 temperature=25 PF=1 %cutin=1 %cutout=1 effcurve=MjEff PTCurve=MjPvsT Daily=MjInad TDaily=MjTemp
CalcV
set mode = daily
set stopsize = 1k
set number = 24 !Para ver a bateria carregada e descarregada
Solve
    
```

Figura 3-Código desenvolvido no software OPENDSS



Figura 2-Visualização via aplicativo do sistema híbrido

A próxima etapa do projeto é inserir os dados reais obtidos via aplicativo na modelagem realizada pelo software OPENDSS. Dentro deste contexto, serão simulados dois cenários: sem e com a ocorrência de carregamento veicular. Pretende-se ajustar para que apenas a bateria seja capaz de fornecer toda a carga solicitada pelo veículo elétrico. Por fim, um levantamento de custos será realizado no sentido de ampliar o sistema e sugestões de como utilizar a tomada de carro elétrico serão enviados para a Direção do Campus Formiga.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a modelagem computacional foi efetuada de maneira satisfatória nos primeiros meses do projeto, este projeto cumprirá todas as metas propostas na submissão do Edital 255/2025 até o dia 31/03/2025.

REFERÊNCIAS

[1] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Resolução Normativa Aneel Número 1000, de 7 de dezembro de 2021. Disponível em <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>.

[2] José Roberto Simões Moreira, Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética. Editora LTC, 3ª edição, ISBN-13: 978-8521638919, 17 de outubro de 2024.

[3] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Anexo XI da Resolução Normativa Aneel número 956, de 7 de dezembro de 2021. Procedimentos de Distribuição de Energia



Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), Módulo 11-Fatura de Energia Elétrica e Informações Suplementares, disponível em https://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2021956_2_10.pdf.

[4] Roberto Zilles, Wilson Negrão Macêdo, Marcos André Barros Galhardo, Sérgio Henrique Ferreira de Oliveira, Sistemas conectados à rede elétrica. Editora Oficina de Textos, 1ª edição, ISBN-13: 978-8579750526, 1 de janeiro de 2012.

[5] Ciceli Martins Luiz, Alecio Melo de Oliveira, Paulo Sérgio S. Mendes, Danilo Derick S. Alves, Bruno H. Andrade Catão, Jorge Luiz Teixeira, Avaliação do Impacto da Inserção da Geração Distribuída no Sistema Elétrico da Cemig Distribuição. XXV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (XXV SNPTEE), Grupo de Estudo de Sistemas de Distribuição, número 3559, Belo Horizonte, Minas Gerais, 10 a 13 de novembro de 2019.

[6] Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Resolução Normativa Aneel Número 1.059, de 07/02/2023. Disponível em <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.pdf>.

[7] William H. Kersting, Robert Kerestes, Distribution System Modeling and Analysis with Matlab and WindMil. CRC Press, ISBN-13: 978-1032198385, 5ª edição, 2023.

[8] Eric Fernando Boeck Daza, Maurício Sperandio, Sistemas de Armazenamento de Energia: Desafios Regulatórios e Econômicos para sua inserção em Sistemas de Potência. Editora Simplíssimo, 1ª edição, ISBN-13: 978-6580461189, 13 de dezembro de 20218.

[9] A.H. Shahirinia, S.M.M. Tafreshi, A.H. Gastaj, A. R. Moghaddomjoo, Optimal sizing of hybrid power system using genetic algorithm. 2005 International Conference on Future Power Systems, DOI: 10.1109/FPS.2005.204314, Amsterdã, Holanda, 18 de novembro de 2005.

[10] <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>, acessado em 28/04/2025.

[11] <https://formiga.ifmg.edu.br/todas-noticias/3152-ifmg-campus-formiga-fecha-acordo-de-quase-r-500-mil-com-huawei-para-capacitacao-em-sistemas-fotovoltaicos>, acessado em 29/04/2025.

[12] <https://sourceforge.net/projects/electricdss/>, acessado em 29/04/2025.