



CÁLCULO DA CAPACIDADE DE HOSPEDAGEM DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTVOLTAICA UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO

Brunelle de Sousa Costa ⁽¹⁾, Bruno Chaves Gonçalves ⁽²⁾, Pedro Oliveira Andrade ⁽³⁾, Cristian Adolfo Alvez ⁽⁴⁾, Renan Souza Moura ⁽⁵⁾

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

⁽⁴⁾ Professor, colaborador externo

⁽⁵⁾ Professor do IFMG-Campus Formiga

RESUMO

Embora ainda exista um grande mercado para sistemas de micro e mini geração fotovoltaicas no Brasil, algumas redes elétricas já operam com a capacidade máxima de hospedagem destas fontes renováveis. Conseqüentemente, recusas de novos acessos à rede de distribuição têm se tornado frequentes, assim como a busca por soluções para este tipo de problema. Dentro deste contexto, este artigo propõe a busca da capacidade de hospedagem de diversos sistemas testes do IEEE por meio da técnica do algoritmo genético. A proposta, além de determinar os valores máximos de geração distribuída que podem ser inseridos em cada sistema, também indica o melhor fator de potência. Os resultados sugerem a operação dos sistemas fotovoltaicos com um fator de potência diferente do unitário, permitindo assim que mais usuários acessem a rede de distribuição de energia elétrica.

Palavras-chave: Capacidade de Hospedagem. Geração Distribuída. Algoritmo Genético.

1 INTRODUÇÃO

É inegável o crescimento do número de usuários de sistemas fotovoltaicos conectados nas redes elétricas de concessionárias ao longo dos últimos anos. Dentre todos os estados brasileiros, Minas Gerais tem se destacado, pois apresenta a maior quantidade de unidades em operação (ANEEL, 2025).

Concomitantemente também tem ocorrido muitas recusas em pedidos de acesso para os sistemas do tipo mini geração e usina. Na grande maioria das situações, obras de infraestrutura são necessárias, sendo os custos associados repassados para os usuários interessados, o que tem inviabilizado vários empreendimentos.

Capacidade de hospedagem é definida como o valor máximo de potência de uma fonte ou carga que pode ser instalada nas redes elétricas sem violar seus limites operacionais (PAUDYAL et al., 2021). Assim, cálculos deste maior valor é algo essencial atualmente.



Como os sistemas fotovoltaicos são fontes intermitentes, pode-se utilizar, por exemplo, a simulação de Monte Carlo para criar diversos cenários e a técnica de otimização baseada no enxame de partículas para escolher o cenário que deve ser simulado quando se deseja calcular a capacidade de hospedagem (SABER et al., 2019).

Dentro deste contexto, este artigo apresenta uma metodologia para calcular a capacidade de hospedagem de geração fotovoltaica em diversos sistemas de distribuição de energia elétrica. O cálculo utilizará a técnica de busca baseada no algoritmo genético e conseguirá detectar adicionalmente o melhor fator de potência de cada rede analisada. Todos os limites operacionais são considerados (LINDEN, 2012).

Este artigo é estruturado da seguinte maneira: após a seção introdutória, conceitos básicos e a metodologia para o melhor entendimento deste artigo são indicados na seção 2. Os resultados e a conclusão são apresentados, respectivamente, nas seções 3 e 4.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inspirada na teoria de seleção natural de Charles Darwin, a função objetivo do método do algoritmo genético é definida pela Equação 1.

$$\begin{aligned} \text{função objetivo} &= \text{maximizar}(P_g, Q_g) & (1) \\ &\text{sujeito à} \\ &I_{\text{operação}} \leq 1,20 \times I_{\text{nominal}} \\ &0,90 \times V_{\text{nominal}} \leq V_{\text{operação}} \leq 1,0 \times V_{\text{nominal}} \end{aligned}$$

Onde, P_g e Q_g são, respectivamente, as potências ativas e reativas injetadas de uma geração fotovoltaica conectada no barramento crítico do sistema de distribuição analisado. As restrições consideradas foram variações máximas de corrente e tensão, respectivamente, de 20% e $\pm 10\%$ em relação aos valores nominais.

Cada cromossomo é constituído por 8 genes, conforme ilustrado pela Figura 1. Os genes são descritos através da notação binária (0 ou 1) e cada conjunto de 4 genes está relacionado com variáveis X e Y .



Bal, o melhor fator de potência não implicou na maior capacidade de hospedagem, destacando a relevância de incluir aspectos de eficiência energética em estudos futuros.

Tabela 1-Resultados para diversos sistemas testes de 4 barramentos

Sistema 4Bus-DY-Bal						
Cromossomos			Resultados			
Frequência	Binário	X e Y Decimal	X (KW)	Y(Kvar)	Potencias KVA	FP
89	1110101	X = 7	X = 12.600	Y = 9.000	15.484	0,814
		Y = 5				
8	1000011	X = 8	X = 14.400	Y = 5.400	15.379	0,936
		Y = 3				
3	1100110	X = 6	X = 10.800	Y = 10.800	15.273	0,707
		Y = 6				

Sistema 4Bus-YY-Bal						
Cromossomos			Resultados			
Frequência	Binário	X e Y Decimal	X (KW)	Y(Kvar)	Potencias KVA	FP
84	1110101	X = 7	X = 12.600		15.484	0,814
		Y = 5	Y = 9.000			
9	1100101	X = 6	X = 10.800	Y = 9.000	14.058	0,768
		Y = 5				
7	1010110	X = 5	X = 9.000	Y = 10800	14.058	0,64
		Y = 6				

Sistema 4Bus-GrdYD-Bal						
Cromossomos			Resultados			
Frequência	Binário	X e Y Decimal	X (KW)	Y(Kvar)	Potencias KVA	FP
100	1110100	X = 7	X = 12.600		14.512	0,868
		Y = 4	Y = 7.200			

Sistema 4Bus-OYOD-UNBAL						
Cromossomos			Resultados			
Frequência	Binário	X e Y Decimal	X (KW)	Y(Kvar)	Potencias KVA	FP
93	1110001	X = 7	X = 8.057		8.139	0,99
		Y = 1	Y = 1.151			
6	1100010	X = 6	X = 6.906		7.279	0,949
		Y = 2	Y = 2.302			
1	1100001	X = 6	X = 6.906		7001	0,986
		Y = 1	Y = 1.151			

Após validação em sistemas menores, a metodologia foi aplicada aos sistemas de 13, 37 e 123 barramentos, com resultados apresentados na Tabela 2. Observou-se convergência para um único cromossomo, evidenciando a robustez do método mesmo com populações iniciais randômicas.

Tabela 2-Resultados para diversos sistemas testes

Sistema 13 Barramentos						
Cromossomos			Resultados			
Frequência	Binário	X e Y Decimal	X (KW)	Y(Kvar)	Potencias KVA	FP
100	1100010	X = 6 Y = 2	X = 7.296	Y = 2.432	7.691	0,949

Sistema 37 Barramentos						
Cromossomos			Resultados			
Frequência	Binário	X e Y Decimal	X (KW)	Y(Kvar)	Potencias KVA	FP



100	1010010	X = 7	Y = 2	X = 5.586	Y = 1596	5.810	0,962
Sistema 123 Barramentos							
Cromossomos				Resultados			
Frequência	Binário	X e Y Decimal		X (KW)	Y (Kvar)	Potencias KVA	FP
100	10000011	X = 8	Y = 3	X = 7.568	Y = 2.838	8.083	0,936

Fonte: Resultados de simulação própria.

4 CONCLUSÕES

O estudo identificou que a capacidade de hospedagem é otimizada com fator de potência não unitário, o que levanta discussões sobre ajustes na conexão de gerações distribuídas à rede elétrica. Futuramente, propõe-se incluir perdas elétricas na modelagem.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Setor de Pesquisa, Extensão e Pós-Graduação do Instituto Federal de Minas Gerais pelo apoio técnico e financeiro para execução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>, acessado em 27/08/2025.

PAUDYAL, Priti; GHOSH, Shibani; VEDA, Santosh; TIWARI, Deepak; DESAI, Jal. EV hosting capacity analysis on distribution grids. In: IEEE POWER & ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING – PESGM, 2021, Washington, Estados Unidos. Anais [...]. Washington: IEEE, 2021. DOI: 10.1109/PESGM46819.2021.9638170.

SABER, Ahmed Y.; KHANDELWAL, Tanuj; SRIVASTAVA, Anurag K. Fast feeder PV hosting capacity using swarm based intelligent distribution node selection. In: IEEE POWER & ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING – PESGM, 2019, Atlanta, Estados Unidos. Anais [...]. Atlanta: IEEE, 2019. DOI: 10.1109/PESGM40551.2019.8973389.

LINDEN, Ricardo. Algoritmos genéticos. 3. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2012. ISBN 978-8539901951.

IEEE DISTRIBUTION PLANNING WORKING GROUP. Radial distribution test feeders. Transactions on Power Systems, v. 6, n. 3, ago. 1991.