

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS LIGADOS À REDE: PORTUGAL VS FRANÇA

RESUMO

Os sistemas fotovoltaicos ligados à rede emergem como solução estratégica para atender à crescente procura energética, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e alinhando-se às metas europeias de quota renovável e eficiência energética. Este artigo caracteriza os componentes essenciais desses sistemas, analisando o impacto de fatores como irradiação solar, temperatura, orientação e inclinação na produção elétrica, e detalha o dimensionamento técnico para otimizar inversores, fileiras e módulos conforme a potência da instalação. O caso de estudo a ser analisado neste artigo tem como objetivo a comparação da variação de irradiação a que o sistema fotovoltaico está sujeito assim como a consequente variação de energia produzida pelo mesmo para dois países da Europa: Portugal e França. Através de simulações PVGIS comparando, demonstra-se as vantagens desta tecnologia para as próximas décadas.

Palavras-chave: Sistema fotovoltaico ligado à rede; Dimensionamento técnico; Irradiação solar; Simulação PVGIS; Produção energética.

1. Introdução

O crescimento exponencial da procura pela energia elétrica impulsiona a adoção de fontes renováveis, como a solar fotovoltaica, alinhando-se às metas ambiciosas da União Europeia de elevar a quota renovável para 20% e aprimorar a eficiência energética em igual proporção, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e impulsionando o desenvolvimento económico. Portugal destaca-se pela posição geográfica privilegiada, com condições ideais para converter radiação solar em eletricidade limpa. Além disso, os avanços tecnológicos nessa área têm catalisado o interesse pela integração de sistemas fotovoltaicos, democratizando o acesso à energia sustentável [1].

Este tipo de tecnologia de produção de energia proporciona vantagens para o sistema ao nível do ambiente, da qualidade de serviço e do mercado de energia, entre as quais se destacam [2]:

- A redução das emissões de gases de efeito de estufa;
- A redução da distância entre a produção e os centros de consumo;
- O aumento da qualidade de serviço;
- A redução das perdas nas redes a montante;
- A atenuação do impacto de falhas de distribuição e transmissão de energia;
- A contribuição para a redução dos preços de energia elétrica, tendo em conta que as redes de transporte e distribuição são usadas de forma menos intensiva

Nos sistemas fotovoltaicos ligados à rede existe um contador de energia, um inversor e um regulador de carga entre a rede elétrica e os vários módulos fotovoltaicos implementados no sistema. A função do gerador fotovoltaico é entregar a potência máxima à rede elétrica, perante condições de receção de energia que são impostas pela rede e a função do inversor é converter um sinal de tensão e corrente contínua (DC) produzido pelo gerador fotovoltaico num sinal de tensão e corrente alternada (AC) que será posteriormente ajustado para a tensão de alimentação e frequência nominais da rede elétrica. Este sistema é composto por um banco de baterias que armazena a energia excedente da produção. Este sistema é diretamente ligado ao barramento DC, recorrendo a um inversor bidirecional com o intuito de efetuar o trânsito de energia na instalação [3].

2. Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Neste artigo, o sistema fotovoltaico a implementar será constituído por um inversor de fileira. Este deve ser utilizado em sistemas com várias fileiras, de acordo com a Figura 1,

onde estão sujeitos a diferentes condições de sombreamento e diferentes orientações, permitindo uma melhor adaptação do ponto de potência máxima às condições de radiação e temperatura existentes no local.

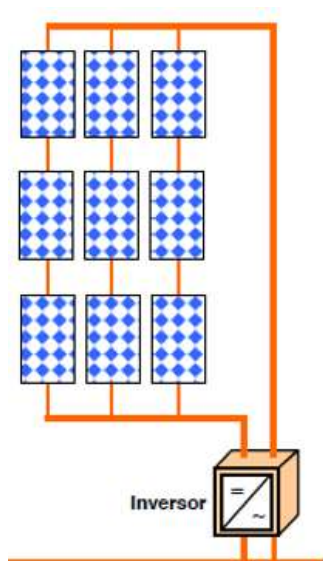


Figura 1. Inversor de fila ligado à rede [4]

A potência máxima de dimensionamento do inversor deve ser determinada em função do valor de potência que está previsto para o gerador fotovoltaico do sistema. A potência máxima deverá respeitar a seguinte condição:

$$0,7 \times P_{\max} < P_{\max \text{ inv (DC)}} < 1,2 \times P_{\max} \quad (1)$$

Onde:

$P_{\max \text{ inv (DC)}}$ - potência máxima nominal do inversor

$P_{\max}$ - potência máxima nominal do gerador fotovoltaico

O rendimento do inversor resultante do processo de conversão de energia pode ser utilizado para determinar a sua potência DC, através da seguinte expressão:

$$P_{\max \text{ inv (DC)}} = \frac{P_{\max \text{ inv (AC)}}}{\eta_{\text{inv}}} \quad (2)$$

Onde:

$P_{\max \text{ inv (DC)}}$ - potência máxima nominal do inversor

$P_{\max \text{ inv (AC)}}$ - potência máxima AC do inversor

$I_{\max \text{ DC}}$ - corrente máxima gerador fotovoltaico

$$N_{\text{módulos}} = \frac{P_{\max}}{P_{\text{módulo}}} \quad (3)$$

Onde:

$N_{\text{módulos}}$ - número de módulos do sistema

$P_{\max}$ - potência de pico do sistema fotovoltaico

$P_{\text{módulo}}$ - potência de cada módulo fotovoltaico utilizado

$$N_{\text{inv}} = \frac{P_{\max}}{P_{\max \text{ inv (AC)}}} \quad (4)$$

Onde:

N_{inv} - número de inversores do sistema

$P_{\max}$ - potência de pico do sistema fotovoltaico

$P_{\max \text{ inv (AC)}}$ - potência máxima AC do inversor

$$N_{\text{fileiras}} = \frac{I_{\max \text{ inv}}}{I_{\max \text{ fileira}}} \quad (5)$$

Onde:

N_{fileiras} - número de fileiras de módulos fotovoltaicos;

$I_{\max \text{ inv}}$ - corrente máxima gerada pelo gerador fotovoltaico, que corresponde à corrente de entrada do inversor;

$I_{\max \text{ fileira}}$ - corrente máxima que circula em cada fileira do sistema fotovoltaico [5]

3. Análise e Interpretação dos resultados do caso de estudo implementado

Este caso de estudo tem como objetivo realizar o dimensionamento de um sistema fotovoltaico para implementação numa futura instalação e, posteriormente, estudar o seu comportamento caso a sua implementação fosse realizada noutro país da Europa com condições diferentes de exposição solar, quando comparado com Portugal. Para além disso, será estimada a quantidade de energia elétrica produzida para ambas as situações de estudo

A partir dos parâmetros que caracterizam o sistema fotovoltaico e que se encontram na Tabela 1, é possível determinar as grandezas indicadas na secção anterior.

Tabela 1. Características gerais do sistema fotovoltaico

Características gerais	
Potência de pico do sistema (Wp)	15000
Potência do painel fotovoltaico (Wp)	500
Potência máxima AC do Inversor (W)	3750
Potência máxima DC do Inversor (W)	12000
Valor máximo de corrente do inversor (A)	7,2
Valor máximo DC de corrente por fileira (A)	1,8
Valor de tensão máxima DC do sistema (V)	29,9
Área de cada painel fotovoltaico (A) (m ²)	1,8

Conforme a Equação (3):

$$N_{\text{módulos}} = \frac{P_{\text{máx}}}{P_{\text{módulo}}} = \frac{15000}{500} = 30 \text{ módulos}$$

Conforme a Equação (4):

$$N_{\text{inv}} = \frac{P_{\text{máx}}}{P_{\text{máx inv (AC)}}} = \frac{15000}{3750} = 4 \text{ inversores}$$

Conforme a Equação (5):

$$N_{\text{fileiras}} = \frac{I_{\text{máx inv}}}{I_{\text{máx fileira}}} = \frac{7,2}{1,8} = 4 \text{ fileiras}$$

$$A_{\text{total}} = A \times N_{\text{módulos}} = 1,8 \times 30 = 54 \text{ m}^2$$

Conforme a Equação (2):

$$P_{\text{máx inv (DC)}} = \frac{P_{\text{máx inv (AC)}}}{\eta_{\text{inv}}} \Leftrightarrow \eta_{\text{inv}} = \frac{P_{\text{máx inv (AC)}}}{P_{\text{máx inv (DC)}}$$

$$\Leftrightarrow \eta_{\text{inv}} = \frac{3750}{12000} = 0,3125 = 31,25\%$$

Por analogia, é possível calcular o rendimento do sistema fotovoltaico, dado pela seguinte expressão:

$$\eta_{\text{sistema}} = \frac{P_{\text{painel}}}{A_{\text{painel}} \times 1000} = \frac{500}{1,8 \times 1000} = 0,28 = 28\%$$

A demonstração da veracidade da Equação (1), é realizada da seguinte forma:

$$0,7 \times P_{\text{máx}} < P_{\text{máx(DC)}}^{\text{inv}} < 1,2 \times P_{\text{máx}}$$

$$\Leftrightarrow 0,7 \times 15000 < 12000 < 1,2 \times 15000$$

$$\Leftrightarrow 10500 < 12000 < 18000$$

A localização do sistema fotovoltaico afeta a produção de energia gerada para em cada um dos países onde será efetuado o estudo, apesar dos dois sistemas apresentarem as mesmas características. A condições de irradiação solar foram obtidas pelo simulador PVGIS.

Na Tabela 2 apresenta-se a variação da irradiação solar a que o sistema fotovoltaico está exposto.

Tabela 2 - Variação da Irradiação solar ao longo do ano

Mês	Irradiação solar	
	Portugal	França
Janeiro	104	57,7
Fevereiro	122,9	81,6
Março	153,4	129,7
Abril	168	155,2
Maio	193,5	160,8
Junho	191,1	169,1
Julho	210,9	183,3
Agosto	208,8	174,8
Setembro	187,7	150,7
Outubro	143,2	105,6
Novembro	105,3	69,1
Dezembro	101,7	58,5
Total	1890,5	1 496,10

Na Figura 2 está representada a variação da mesma ao longo do ano nos dois países do estudo.



Figura 2. Representação gráfica da variação de Irradiação solar ao longo do ano

Da mesma maneira que se obteve a irradiação solar para cada país ao longo do ano, também é possível conhecer a produção estimada do sistema fotovoltaico no seu tempo de vida útil de 25 anos, como se mostra na Tabela 3, reduzindo a produção de energia em 1% relativamente ao ano anterior de forma sucessiva. Esta percentagem representa a perda de eficiência do sistema e as variações de irradiação solar ao longo dos anos.

Tabela 3. Variação da produção estimada de energia ao longo do tempo de vida útil

Produção estimada de energia elétrica		
Ano	Portugal	França
1	16683,6	13317,3
2	16516,8	13184,127
3	16351,6	13052,28573
4	16188,1	12921,76287
5	16026,2	12792,54524
6	15865,9	12664,61979
7	15707,3	12537,97359
8	15550,2	12412,59386
9	15394,7	12288,46792
10	15240,8	12165,58324
11	15088,3	12043,92741
12	14937,5	11923,48813
13	14788,1	11804,25325
14	14640,2	11686,21072
15	14493,8	11569,34861
16	14348,9	11453,65513
17	14205,4	11339,11858
18	14063,3	11225,72739
19	13922,7	11113,47012
20	13783,5	11002,33541
21	13645,6	10892,31206
22	13509,2	10783,38894
23	13374,1	10675,55505
24	13240,3	10568,7995
25	13107,9	10463,1115
Total	370674	295881,961

A variação da produção é traduzida graficamente na Figura 3.

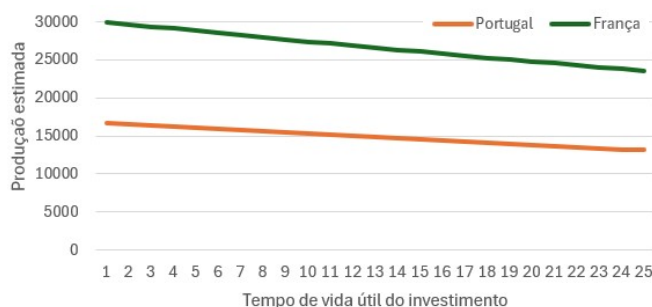


Figura 3 - Representação gráfica da variação da produção estimada de energia ao longo do tempo de vida útil

Através de uma análise comparativa aos resultados encontrados é possível afirmar que, para um mesmo sistema fotovoltaico com as mesmas características, mas com a implementação realizada em duas localizações diferentes, a capacidade de produção de energia elétrica será maior na França do que em Portugal, devido às condições mais favoráveis para a produção no primeiro país.

Assim, as condições climáticas de cada localização geográfica afetam fortemente a capacidade de produção. Além disso, a produção do sistema fotovoltaico tem tendência a diminuir ao longo dos vários anos em ambos os casos. As possíveis causas que podem justificar o sucedido são: a realização de operações de gestão e manutenção ao sistema de forma periódica e a diminuição do seu rendimento/eficiência.

Como resultado do dimensionamento do sistema fotovoltaico e das condições de irradiação solar, a determinação dos vários parâmetros foi realizada de forma adequada. Os valores dos parâmetros são essenciais para que se possa concluir sobre o bom funcionamento do sistema assim como sobre a sua integridade a curto, médio e longo prazo.

4. Conclusões

Algumas tendências futuras associadas ao tipo de tecnologia fotovoltaica correspondem ao aumento da eficiência dos painéis dólars, à expansão dos painéis solares bifaciais, ao crescimento da energia fotovoltaica integrada em edifícios, ao crescimento das soluções de armazenamento de energia solar e à proliferação de sistemas solares inteligentes. A fim de promover o aumento da procura neste tipo de tecnologia renovável para produção e energia elétrica, destacam-se algumas inovações realizadas neste tipo de tecnologia, tais como os painéis solares transparentes, os painéis solares flutuantes e os sistemas de energia com capacidade de previsão da produção e do consumo de energia elétrica,

permitindo uma gestão mais inteligente de energia. Este tipo de tendências e inovações associadas à tecnologia solar fotovoltaica asseguram uma maior acessibilidade à energia solar para as mais diversas aplicações e um mundo mais orientado para a sustentabilidade e, de um modo geral, para a integração de fontes de energia renováveis.

Referências Bibliográficas:

- [1] Vaz, Rodrigues, Miguel e João, "Dimensionamento de Sistema Fotovoltaico - Caso de Estudo Edifício Azevedo Gomes," Universidade de Lisboa, Lisboa, 2017.
- [2] G. M. J. Soares, "Integração de Produção Distribuída utilizando sistemas fotovoltaicos em redes de distribuição de baixa tensão," Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2018.
- [3] M. M. F. André, "Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos com baterias ligados à rede," Universidade Nova Lisboa, 2022.
- [4] A. S. S. Freitas, "Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos," Instituto Politécnico de Bragança- Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Bragança, 2008.
- [5] C. d. M. T. Cunha, "Cálculo do custo nivelado de energia em sistemas fotovoltaicos para diferentes localizações," Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2023.