

DIMENSIONAMENTO DE CENTRAIS FOTOVOLTAICAS PARA A MICROPRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Desde que foi publicado o Decreto-Lei nº 363/2007 de 2 de Novembro, que tem por objecto estabelecer o regime jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de unidades de microprodução, este tipo de instalações de pequena potência tem aumentado muito em Portugal. Dos diversos tipos de energia renovável previstos no referido Decreto-Lei, tem sido a energia solar a que mais tem motivado os utilizadores a instalarem centrais de microprodução. A este facto não é com certeza alheia a tarifa aplicável à energia produzida através desta fonte de energia, à qual é aplicável 100% da tarifa de referência.

A tabela 1 apresenta as instalações e as diversas potências de centrais de microprodução com origem em fontes renováveis registadas e instaladas desde a saída do Decreto-Lei.

Tabela 1 - Instalações de microprodução [Fonte: www.renovaveisnagora.pt]

Ano	Registos efectuados		Registos Pagos		Instalados	
	Qtd	kW	Qtd	kW	Qtd	kW
2008	5768	19770,84	3245	11322,88	2284	7991,06
2009	7286	25852,44	5259	18703,68	4372	15535,72
2010	3004	10691,68	2267	8057,05	247	875,04

Dos valores apresentados na tabela anterior, mais de 90% são referentes a centrais fotovoltaicas, por esse motivo o elevado número de instalações justifica a importância do correcto dimensionamento das mesmas.

No número anterior da revista Neutro à Terra foi feita uma abordagem aos equipamentos que se devem usar no dimensionamento de uma central fotovoltaica, neste artigo será feito um exemplo prático de aplicação da metodologia de dimensionamento.

2 FACTORES QUE INFLUENCIAM O RENDIMENTO DAS CENTRAIS

Quando se pretende dimensionar uma central fotovoltaica é necessário ter em consideração diversos factores que podem influenciar o rendimento das instalações.

Considerando que os painéis fotovoltaicos, por si só, já possuem rendimentos bastante baixos, a optimização do rendimento das instalações é um factor que assume uma importância extrema. Para apoio dos projectistas, existem diversos softwares de simulação que dão uma ajuda importante sobre a viabilidade técnica e económica dos projectos. No entanto é necessário também ter conhecimento sobre dois factores importantes que influenciam o rendimento dos painéis fotovoltaicos, nomeadamente a temperatura e os sombreamentos.

Nos módulos cristalinos o efeito da temperatura faz-se sentir com mais intensidade do que nos módulos de silício amorfo. A temperatura tem um efeito importante sobre a tensão do módulo, não se fazendo sentir muito sobre a corrente. Ao haver redução do valor da tensão continuando o valor da corrente quase inalterado, a potência do módulo diminui.

Como se pode ver na figura 1, a tensão baixa muito com o aumento da temperatura. O factor de variação da tensão com a temperatura é uma das características que deve ser indicada na ficha de características dos painéis fotovoltaicos e que por isso não deve ser descurada.

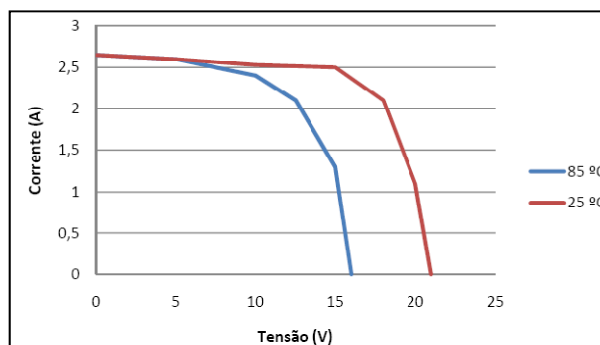


Figura 1 - Efeito da temperatura na curva I-V

O aumento da temperatura pode ser responsável também pelo aparecimento de falhas e degradação dos módulos, devido à dilatação dos materiais.

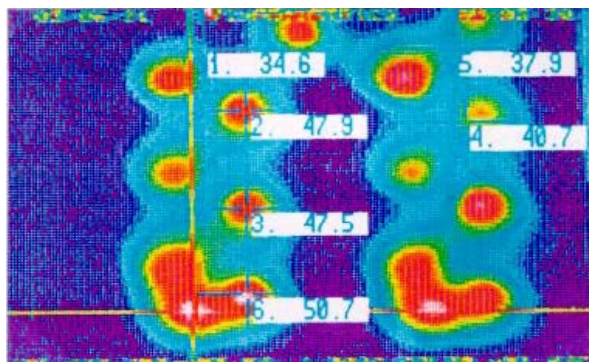


Figura 2 - Termografia de um módulo fotovoltaico

Devido à constituição física dos módulos fotovoltaicos, o sombreamento é também um problema importante. Os módulos fotovoltaicos são constituídos por um certo número de células em série, normalmente 60 ou 72. Como cada célula gera um valor de corrente de cerca de 7 A e uma tensão de 0,5 V, ao serem colocadas em série produzem-se módulos com uma corrente igual à corrente de uma célula e um valor de tensão resultante da soma da tensão de cada célula. Quando uma célula está sombreada, a fonte de corrente extingue-se e comporta-se como uma resistência que é atravessada pela corrente produzida pelas outras células, ficando sujeita a uma tensão inversa e provocando aquecimento que eleva a temperatura para valores que nalguns casos destroem a célula.



Figura 3 - Efeito da sombra nas células

Este fenómeno também acontece na interligação entre painéis, sendo a série de módulos limitada em corrente pelo módulo que tem menor valor de corrente e em tensão pelo menor valor de tensão das "strings" ligadas em paralelo. Se os terminais do módulo estiverem ligados, a potência produzida pelas células sem sombra é dissipada na célula sombreada criando "hot-spots" que podem levar à destruição do módulo.



Figura 4 - Módulo destruído

Fazendo uma simulação do efeito do sombreamento nas curvas I-V e P-V e determinando o ponto de máxima potência é possível ter uma ideia do efeito que sombreamento tem nos módulos. A figura 5 mostra as referidas curvas num painel sem sombras e a figura 6 mostra o desempenho do mesmo painel com cerca de 60% de área sombreada.

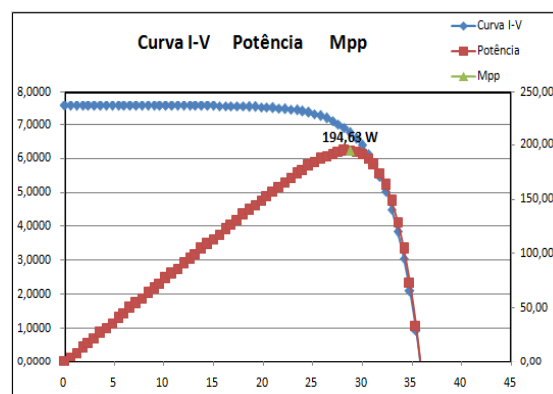


Figura 5 - Curva IV e P-V num módulo sem sombra

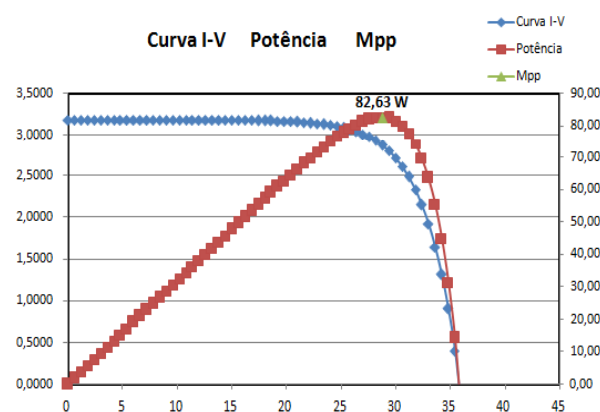


Figura 6 - Curva IV e P-V num módulo sem sombreado

3 EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO

Para se fazer um correcto dimensionamento de uma central de microprodução fotovoltaica com ligação à rede eléctrica, é necessário seguir uma série de etapas, enumeradas de seguida:

- 1- Análise das condições de terreno e de instalação;
- 2- Escolha do inversor;
- 3- Escolha dos painéis;
- 4- Determinar o número de módulos e a potência dos painéis;
- 5- Determinar o número de módulos por fileira;
- 6- Determinar o número mínimo de módulos por fileira;
- 7- Definir o número de fileiras em paralelo;
- 8- Apresentar a configuração do sistema;

A potência da central será de 3,68 kWp.

1- Análise das condições de terreno e de instalação

A visita ao local de instalação é um factor preponderante para uma correcta instalação da central. Uma análise cuidada do local de instalação permite verificar se poderão existir sombreamentos aos painéis, permite definir a estrutura de suporte mais adequada e também a configuração da central, nomeadamente em termos de número de fileiras de painéis e a sua orientação. Aquando da simulação do sistema, alguns dados necessários introduzir no simulador, são obtidos pela visita ao local, por isso é imprescindível a correcta avaliação das condições de instalação.

2- Escolha do inversor

O inversor é o equipamento que converte a energia contínua produzida pelos painéis, em energia alternada com características similares à da rede eléctrica. É um equipamento que possui, geralmente, um rendimento elevado e que desempenha um papel fundamental em todo o sistema.

Se o inversor não funcionar, a energia não é injectada na

rede e por isso o sistema fica isolado e sem possibilidade de ser utilizado.

Para instalações ligadas à rede, é necessária a instalação de um inversor de rede que esteja certificado.

No site www.renovaveisnagora.pt está disponível uma lista com mais de 160 inversores certificados, por isso aconselha-se a utilização de um desses equipamentos.

Para este exemplo vai ser usado o inversor da marca SMA, modelo SB 3800/V, com uma potência de saída AC de 3680 W e um rendimento de 95,6%.

3- Escolha dos painéis

Existem inúmeros fabricantes de painéis fotovoltaicos disponíveis no mercado, o que levou a um considerável abaixamento do preço dos mesmos. No entanto o preço não deve ser o factor principal de escolha dos painéis pois, factores que têm a ver com a qualidade de fabricação, as garantias de potência e a certificação dos painéis por entidades reconhecidas são aspectos mais importantes que o preço por Wp.

Neste caso serão usados painéis de silício monocristalino de 220 Wp ou de 230 Wp, fabricados pela empresa Goosun, que estão certificados segundo as normas europeias e internacionais IEC/EN 61215 e cumprem os requisitos da classe de protecção II.

Estes módulos garantem uma potência nominal mínima de 90% a 10 anos e 80% a 25 anos.

Se os módulos estiverem colocados num local com as condições ideais é possível obter deles a sua máxima potência, no entanto como na realidade isso não se verifica e porque também existem perdas nos equipamentos, nomeadamente no inversor (4,4%) e nos próprios painéis que têm uma tolerância de $\pm 3\%$, é aconselhável instalar uma potência superior a 3680 kW. No entanto é preciso verificar qual a máxima potência DC suportada pelo inversor. Consultando as características do inversor escolhido, o valor indicado é de 4040 W.

Entrada (DC)	
Potência DC máx.	4040 W
Tensão DC máx.	500 V
Domínio de tensão fotovoltaica, MPPT	200 V - 400 V
Corrente máx. de entrada	20 A
Número de seguidores MPP	1
Número máximo de strings (paralelo)	3

Figura 7 - Características do inversor SMA

Este é um valor a ter em atenção pois com valores de potência de entrada superiores, o inversor desligar-se-á.

4- Determinar o número de módulos e a potência dos painéis

No ponto 2 indicou-se que se iriam utilizar painéis com 220Wp ou 230Wp.

Considerando a potência máxima DC do inversor (4040 W) e fazendo a divisão dessa potência pela potência dos painéis conclui-se:

Tabela 2 - Cálculo do número de módulos

P max inv. DC (W)	4040	4040
P módulo (W)	220	230
Nº de módulos	18	17

Como se pode verificar, o número de módulos de 230Wp é 17 que é um número que não se pode distribuir equilibradamente pelas fileiras.

Como o inversor não permite ligação de fileiras com número de painéis diferentes, ou seja com valor de tensão diferentes nas fileiras, é necessário reduzir para 16 o número de painéis de 230Wp, dado que 18 painéis de 230Wp levariam a uma potência DC de entrada superior a 4040W.

Tabela 3 - Comparação entre o número de módulos

Nº de módulos	18	16
P módulo (W)	220	230
P inst DC (W)	3960	3680

Como é possível concluir a instalação de 18 módulos de 220 Wp cada é a melhor solução.

5- Determinar o número de módulos por fileira

O número de módulos fotovoltaicos a colocar em cada fileira é limitado pela tensão DC máxima admissível para a ligação de módulos em série e pela tensão máxima à entrada do inversor.

O limite máximo da tensão de circuito aberto do módulo é atingido quando a temperatura é muito baixa (-10 °C).

Nessa situação se o inversor sair de serviço, a tensão de circuito aberto será demasiado elevada para se poder voltar a ligar o sistema sem que daí advenham danos para o inversor. Esta tensão deve ser menor do que a tensão DC máxima admissível do inversor. Limitando o número de módulos por fileira consegue-se obter um valor de tensão de circuito aberto calculado pela associação em série dos diversos módulos, que não seja demasiado elevada.

A fórmula seguinte permite calcular a tensão de circuito aberto para uma temperatura de -10 °C, a partir da tensão do circuito aberto do módulo obtida nas condições de referência *STC*.

$$V_{ca(-10\text{ }^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{35\text{ }^{\circ}\text{C} \times \Delta U}{100}\right) \times V_{ca(STC)} \quad (1)$$

Verificando as especificações técnicas dos módulos escolhidos para este projecto, verifica-se que o coeficiente térmico dado pelo fabricante (ΔU) é -0,33%/°C e que $V_{ca(STC)}$ vale 35,8 V. Aplicando a equação anterior obtém-se,

$$V_{ca(-10\text{ }^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{35\text{ }^{\circ}\text{C} \times -0,33}{100}\right) \times 35,8 = 39,93\text{ V} \quad (2)$$

O número máximo de módulos por fileira (N_{Mm}) é então obtido através da relação entre a tensão máxima admitida pelo inversor (V_{Mi}) e a tensão máxima de circuito aberto (-10°C), obtendo-se:

$$N_{Mm} = \frac{V_{Mi}}{V_{ca(-10\text{ }^{\circ}\text{C})}} = \frac{400}{39,93} \approx 10\text{ módulos} \quad (3)$$

O resultado obtido informa que deveremos colocar por fileira, no máximo 10 módulos fotovoltaicos em série.

De relembrar que todos os valores necessários ao cálculo são obtidos através das especificações técnicas dadas pelos fabricantes dos equipamentos.

6- Determinar o número mínimo de módulos por fileira

No verão verificam-se elevados níveis de radiação e estima-se que os módulos colocados nos telhados podem estar sujeitos a temperaturas que poderão atingir os 70 °C.

Nessas condições o sistema fotovoltaico terá uma tensão aos seus terminais inferior àquela que se verifica nas condições de referência STC. Se a tensão do sistema fotovoltaico descer para valores abaixo da tensão MPP mínima do inversor (V_{mi}), a eficiência global do sistema ficará condicionada, podendo provocar a saída de serviço do inversor. Para evitar este problema, deve-se calcular o número mínimo de módulos ligados em série numa fileira.

Analisando as características do inversor verifica-se que $V_{mi} = 200$ V e a tensão na máxima potência dos painéis, dada pelo fabricante dos painéis, é $V_{mp} = 28,1$ V.

$$V_{mp(70\text{ }^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{45\text{ }^{\circ}\text{C} \times -0,33}{100}\right) \times 28,1 = 23,93\text{ V} \quad (4)$$

Deste modo o número mínimo de módulos (N_{mm}) por fileira é calculado pela relação entre V_{mi} e $V_{mp(70^{\circ}\text{C})}$

$$N_{mm} = \frac{V_{mi}}{V_{mp(70\text{ }^{\circ}\text{C})}} = \frac{200}{23,93} \approx 8\text{ módulos} \quad (5)$$

7- Definir o número de fileiras em paralelo

O número de fileiras em paralelo está limitado pelo número de entradas do inversor. No caso do inversor escolhido o valor é 3. No entanto é necessário verificar se a corrente máxima do sistema fotovoltaico ultrapassa o limite máximo da corrente de entrada do inversor (20 A).

O número máximo de fileiras (N_{Mf}) deverá ser calculado através da seguinte fórmula.

$$N_{Mf} = \frac{I_{Mi}}{I_{Mf}} = \frac{20}{7,85} \approx 2\text{ módulos} \quad (6)$$

8- Apresentar a configuração do sistema

Após o cálculo de todos os valores anteriormente apresentados é necessário fazer um resumo e apresentar a configuração final do sistema.

- Número máximo de módulos por fileira: 10
- Número mínimo de módulos por fileira: 8
- Número de fileiras em paralelo: 2
- Total de módulos: 18

A configuração do sistema será:

Tabela 4 - Configuração final do sistema

Configuração	
Modelo	GS 220
Potência	3960 Wp
Módulos em série	9
Número de fileiras	2

O esquema da configuração do sistema é apresentado na figura seguinte.

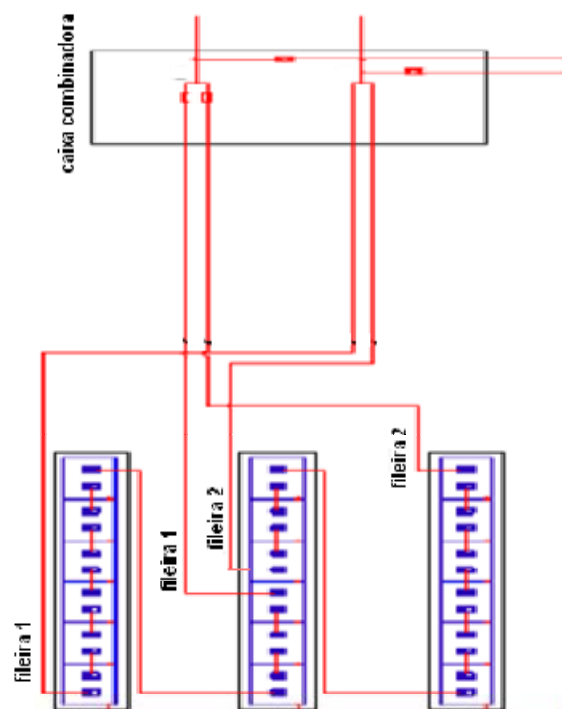


Figura 8 - Esquema de ligação

Apesar de estruturalmente existirem 3 fileiras elas estão ligadas de forma a que apenas existam 2 fileiras em paralelo. A colocação das 3 fileiras deveu-se à falta de espaço no local de instalação para colocar os 9 módulos seguidos.

4 CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentado um exemplo de dimensionamento de uma central de microprodução fotovoltaica para ligação à rede eléctrica. Falta ainda definir todo o cálculo das cablagens DC e protecções que o sistema deverá possuir, mas que não fazia parte daquilo que era pretendido neste artigo. Podendo ser abordado esse tema numa próxima edição da Revista Neutro à Terra.