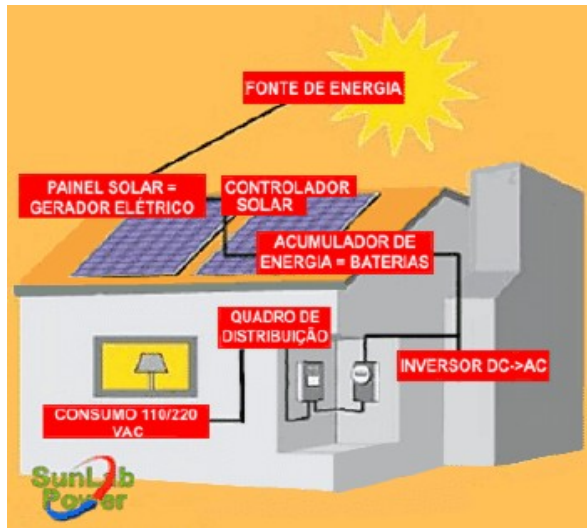


Dimensionamento de Sistema Fotovoltaico Autônomo (Off-Grid)

Sistemas de geração elétrica através da luz solar - fotovoltaicos, podem ser conectados à rede elétrica (ON-GRID) ou autônomos (OFF-GRID).

A complexidade ou não do dimensionamento de um sistema autônomo "OFF-GRID" dependerá da aplicação:

- Tensão de trabalho e número de fases;
- Quantidade de pontos de consumo;
- Período de funcionamento das cargas de consumo.



Caso sua aplicação requeira várias tensões e características diferentes, recomendamos que a análise seja feita por pessoa especializada com experiência na implantação de sistemas fotovoltaicos.

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, o conhecimento e a familiaridade de grandezas elétricas são necessários:

- Volts (V) é a grandeza usada para medir Tensões;
- Ampère (I) é a grandeza usada para medir a Corrente e
- Watt (W) é a medida da potência e também é o produto da tensão pela corrente.

Assim: $[W] \text{ Watt} = [V] \text{ Volts} \times [I] \text{ Ampère}$

Outras medidas aplicadas em sistemas fotovoltaicos são:

- Wp = Watt de pico: é a máxima potência gerada pelo painel solar em uma condição ideal.
- Wh = Watt hora: a potência gerada ou consumida por hora.
- 1 kW = 1000 Watts.
- Ap ou Ip = Ampère de pico: é a corrente máxima possível em uma determinada condição especial.
- Ah ou Ih = Ampère hora ou corrente máxima obtida ou consumida por hora.

Para iniciar um dimensionamento é preciso saber o quanto será consumido:

- 1) Para isso, faça a relação, com a quantidade de todos os equipamentos, luzes, etc., que pretende ligar ao sistema.
- 2) Verifique o consumo individual (em Watts) como mostra o *exemplo 1* abaixo. É importante que as grandezas estejam na mesma base. Se calcular em Watts, tudo deverá estar em Watt. Aplique a mesma regra se preferir trabalhar em kW. O resultado você poderá converter ora em um, ora em outro.
- 3) Faça uma estimativa de horas que cada equipamento ficará ligado por dia.
- 4) Multiplique os valores totais de consumo pelas horas de uso e;
- 5) Some os resultados, obtendo a demanda diária de energia, ou seja, o valor em Watt ou kW x dia.

Veja o exemplo na página seguinte.

Exemplo 1: Estimativa do consumo de eletricidade:

Relação de consumo em Watts					
Qt	Equipamento	Consumo W		horas de uso/ dia	Consumo W por dia
		unitário	total		
10	Lâmpadas internas	9	90	10	900
10	Lâmpadas externas	8	80	12	960
1	Televisor	100	100	6	600
1	Geladeira	120	120	8	960
Total do consumo Wp/dia					3.420

Resultado: Conclui-se que o sistema deverá gerar um mínimo de 3.420 Watt pico (Wp) por dia para sua aplicação.

Dimensionamento e Instalação do Painel Solar

Devemos dividir esse resultado pelo tempo médio de insolação do local (veja abaixo o mapa de insolação).

Por exemplo, se a sua localidade está na área amarela, terá 6 horas de insolação dia (td) média ao ano.

Logo, a potência P em Watt/pico do sistema solar exigido ($P_{th} = \text{Potencia Total} \times \text{hora}$), será correspondente à

necessidade de consumo, dividido pelas horas de insolação (td):

Exemplo 2:

$$P_{th} = 3420 / td$$

$$P_{th} = 3420 / 6$$

$$P_{th} = 570$$

$$3420 \text{ Watts} / 6 \text{ (horas)} = 570 \text{ Watts hora}$$



Fig.2: Tabela de insolação no Brasil

Obtém-se assim, o valor ideal por hora a ser gerado pelo sistema ou painel.

Será necessário um painel ou conjunto de painéis que gerem 570 Wh no mínimo.

Para se obter tal quantidade de energia combinando painéis, faz-se a interligação associando vários deles para fornecer a potência necessária.

Escolha do Painel Solar:

a) Na escolha do painel, a opção pela tecnologia (poli, mono, flex, etc...) são opções relativas a eficiência, disponibilidade de espaço, irradiação solar e custo x benefício.

b) Outro fator importante são a corrente e tensão do módulo solar. Não se misturam módulos de diferentes potências, tensões ou correntes, em um mesmo arranjo (ou *string*). É altamente recomendável que os módulos tenham características semelhantes.

c) Leve em consideração que módulos solares nos casos em que são utilizados na recarga de baterias devem ter uma característica de tensão um pouco acima da tensão de recarga (ex.: 12,24,36,48 V) e maior corrente. Isso porque, tensões muito mais altas, o controlador não permitirá que passe para a bateria.

d) Painéis com tensões maiores são recomendados para sistemas ON-GRID.

d) Para cálculo da perda, ou da potência real aproveitada do painel solar, considere a tensão de recarga da bateria (ex.: 14,5 ou 29,0 V) e a corrente gerada:

Exemplo 3:

O painel ABC possui a tensão em circuito de 17,2 Volts e corrente I de 6,89 Amp. Sua potência, neste caso é de: $17,2 \times 6,9 = 118,7$ Watts. Mas como a tensão não ultrapassa os 14,5V, seu rendimento será de fato: $14,5 \times 6,9 = 100,0$ Watts.

Portanto uma perda de 18,7%.

Supondo que optemos por 6 painéis de 100Wp (118 Wp nominal), teremos:

6 unidades x 100 Wp = 600 Watts hora

A associação entre eles deve resultar em um valor maior que a necessidade de consumo. A potência acima da necessária, será sua reserva.

Associação de Módulos Solares:

Painéis solares geram eletricidade em corrente contínua (igual ao que é gerado em automóveis) e portanto, fornecem energia polarizada, ou seja, um pólo é POSITIVO (+) e o outro pólo é NEGATIVO (-).

Em sua grande maioria, são fabricados para atender a uma tensão nominal de 12 ou 24 Volts, mas geram 17 ou 34 Volts quando ligados no sistema. Por isso o uso de controlador é imprescindível.

A associação de painéis obedece à Lei de Ohm, ou seja:

a) Se conectarmos um painel a outro em PARALELO (Fig.3) - (positivo com positivo e negativo com negativo), a cada painel adicionado, a tensão se mantém e as correntes se somam;

b) Se conectarmos um painel a outro em SÉRIE (Fig.4) - (positivo de um painel com o negativo do outro), a cada painel adicionado a corrente se mantém e as tensões se somam.

Com estas propriedades, as associações nos permitem ter sistemas em tensões múltiplas: (Ex. $12+12= 24V$, $24+24= 48V$, etc.), e da mesma forma os múltiplos de corrente.

Instalação dos Painéis Solares:

O painel deve ser instalado na direção do Norte geográfico, para localidades que estão no hemisfério sul do planeta.

O local deve ser seguro, evitando o acesso de animais e pessoas. Evite instalar onde haja sombreamento, mesmo que durante parte do dia pois isso causa perdas de eficiência e até deterioração acentuada de células.

Procure instalar os painéis o mais próximo do consumo.

Os conjuntos devem ser fixados em suportes adequados, sobretudo em telhados, lajes, postes, etc., evitando o risco de estresse dos materiais e danos com o decorrer do tempo.



Fig.3: associação em PARALELO



Fig.4: associação em SÉRIE



Fig.5: instale o painel para o NORTE

Para a inclinação, pode-se utilizar a seguinte fórmula, vinculada à latitude do local:

$$\text{Inclinação} = \text{Latitude} - (\text{Latitude} / 3)$$

A precisão não é rigorosa e pode ser aproximada. Não utilize uma inclinação inferior a 5° para não acumular sujeira no painel.

Dimensionamento do Controlador de Carga

O controlador de carga é aplicado em sistemas com baterias. Define-se pela tensão de operação dos painéis fotovoltaicos e corrente resultante. A potência deve superar à dos painéis ou à corrente de consumo, aquela que for maior. Para adequar à capacidade exigida, é usual se dividir o sistema em correntes menores através de barramentos, podendo ter um controlador para cada um deles.



Exemplo 4: No exemplo anterior, o consumo diário é de 570 Watt/hora, e a geração é de 600 Wh; Se dividirmos esse valor pela tensão do sistema (ex. abaixo), obtendo-se o valor de corrente que será necessário para escolha do controlador.

Ex. O sistema opera em 12 Vdc:

$$600 \text{ W} \div 12 \text{ V} = 50 \text{ Ampères}$$

Como já foi dito, se a corrente total superar a capacidade do controlador, divida a instalação em duas ou mais "strings" ou barramentos, balanceando e distribuindo a potência em linhas menores.

Exemplo 5: Em nosso exemplo, será necessário a divisão da carga em dois controladores de 30A + 30A = 60A que será maior que os 50A.

Caso o sistema funcionasse em 24 Volts:

$$600 \text{ W} \div 24 \text{ V} = 25 \text{ Ampères}$$

Neste caso não seria necessário a divisão da potência, e seria utilizado um controlador com capacidade de 30A.

Obs.: Não é recomendável instalar sistemas que trabalhem em alta corrente, exceto para aplicações específicas; Tais sistemas são exponencialmente mais caros, requerem muito mais cuidado e segurança. Balancear a carga, dividindo a potência total em barramentos, é uma forma recomendada, segura e racional de instalação.

Existem vários tipos de controladores, dependendo da sua aplicação. Os modelos são:

- SLC : Em 12V ou 24V ou Auto (12/24V). Aplicável em sistema fotovoltaico autônomos, em instalações compactas e simplificadas.
- LZP : Em 12V ou 24V. Aplicável em sistema fotovoltaico autônomo, em instalações para iluminação ou similares; Possuem função fotossensora: - só liberam energia se for escuro, ou vice-versa.
- CCS: Em 12V ou 24V. Aplicável em sistema fotovoltaico autônomo, em instalações mais complexas e monitoradas.
- CSH: Em 12V ou 24V. Para sistema fotovoltaico e energia da rede (híbrido), em instalações de alta confiabilidade.

Dimensionamento das Baterias

Com o total da corrente produzida pelo(s) painé(is), multiplique pelas horas medias de insolação:

Exemplo 6: Os painéis produzem 50Ah em 12 Volts. Estão operando com 6 horas de insolação, assim teremos:

$$50 \times 6 = 300 \text{ Ampères dia.}$$

Se tivéssemos uma bateria IDEAL, precisaríamos somente de 1 unidade de 300 Ah x 12 Volts. Como esse acumulador "ideal" não existe até o momento, temos que optar pelas tecnologias existentes, onde a escolha deve ter outros critérios a atender, entre eles:

- a) A bateria deve receber a recarga de corrente dimensionada (ex.: 50 Amp. x hora) sem se danificar.
- b) Ter adicionado o limite de descarga que a bateria aceita. Baterias de descarga profunda VRLA, recomendam operar com ciclos de 50% de descarga. A LiFe permite até 80% de descarga.

Se optar por descarga de 50% então seu número de baterias dobrará.

Supondo que a escolha seja de bateria VRLA, temos que ter 600 Ah em acumuladores.

Exemplo: se compormos um banco de baterias com capacidade de 100 Ah cada:

$$300 \text{ Ah/dia} \div 100 \text{ Ah} = 3 \text{ (atendendo a 50\%)}$$

$$3 = 50\% \therefore 6 = 100\%$$

Independente disso, quanto maior a quantidade ou capacidade das baterias, maior será a autonomia de seu sistema.

NÃO É RECOMENDÁVEL:

- Instalar sistema fotovoltaico com baterias automotivas. Estas não foram projetadas para a descarga típica e contínua de corrente. As baterias automotivas têm uma curva de descarga diferenciada. Alta no início e com queda rápida depois. A resistência na recarga também é mais alta e a vida útil fica comprometida numa aplicação solar.
- NUNCA INSTALE BATERIA diretamente no painel solar SEM O CONTROLADOR DE CARGA, sob o risco de perda da bateria e perigo de explosão ou incêndio.

É RECOMENDÁVEL:

- Na instalação, o uso de fusíveis, disjuntores ou diodos de proteção.
- Trabalhe com baterias de ciclo profundo, com sistema de vasos selados onde o vapor é recuperado e recirculado no acumulador.
- Baterias de LiFe PO_4 são ótimas tecnologias e opção a ser considerada.

- Sempre combine baterias da mesma marca e mesma capacidade.

Dimensionamento do Inversor

Como a energia proveniente dos painéis e baterias é em corrente direta ou contínua (CC) e muitos dos equipamentos que utilizamos são fabricados para corrente alternada (AC), temos os inversores para modificar a tensão de entrada (Ex.: 12 Volts) em tensões de saída: 110 ou 220 Volts e a corrente contínua em alternada (senoidal).

Um inversor é necessários para a alimentação de equipamentos que trabalham em AC através da energia solar. Há duas tecnologias características dos inversores, relacionados à qualidade de reprodução da senoide:

1) MODIFICADA: São inversores que geram uma forma de onda quadrática, tratada para se aproximar da senoide AC. Tem ótimo custo x benefício e permite ser aplicada na maioria dos consumos, exceto motores e equipamentos indutivos não retificados na entrada.

2) PURA: Inversores com essa característica, podem ser utilizados para o suprimento de energia AC em qualquer sistema.

O inversor é definido pela tensão de entrada e deve corresponder ao do sistema fotovoltaico e pela tensão de saída, devendo ainda ser mono, bi ou trifásico.

A potência de um inversor deve superar a do maior consumo dos equipamentos, incluindo os picos*.

*Verifique o consumo de pico e não se esqueça que motores, algumas máquinas ou equipamentos, exigem uma sobrecarga de partida, superior ao do regime de operação.

Se esse for este o seu caso, considere no dimensionamento um valor compatível com o pico de consumo.



Dicas e Informações para a Montagem do Sistema Fotovoltaico

Painel Solar: Para não ocorrer danos tanto ao painel quanto aos equipamentos, recomendamos que os painéis estejam cobertos com lona ou plástico preto durante a instalação.

Sistemas simples com poucos painéis, não geram corrente

ou tensão suficientes para causar choque à pessoa, porém sistemas maiores e "ON-GRID" só devem ser instalados por pessoal habilitado.

Controlador de Carga: Recomenda-se a instalação do controlador o mais próximo possível das baterias, evitando perdas de energia. A instalação de baterias e controlador, sempre deve ocorrer em local à sombra e ventilado.

Os controladores fazem a compensação da recarga da bateria conforme a temperatura do ambiente e se colocados ao Sol podem provocar leituras falsas. Todo cuidado deve ser tomado com possíveis inversões da ligação entre os pólos negativo e positivo, para não queimar fusíveis ou os equipamentos.

Fiação para o sistema solar

Utilize somente fiação de qualidade comprovada e dentro das normas da ABNT. Fios de baixa qualidade ou fora de especificação irão comprometer o rendimento do sistema, provocando perda de energia, aquecimento e mal contato. Veja na tabela abaixo a bitola de fio a ser utilizado aplicando-se a distância e a corrente de seu sistema. Os dados são para fio flexível, singelo com perda máxima até 5% da tensão em 12 Vdc. Para sistemas em 24 Vdc multiplique a distância por 2.

TABELA DE ESPESSURA DE FIO PARA SISTEMA SOLAR A 12 Vdc

Bitola mm ²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95
Ampères	Distância em metros										
1	32	51	81	130	205	325	517	652	822	1308	1650
2	16	26	40	64	102	163	259	326	411	654	825
4	8	13	20	33	51	81	129	163	205	327	412
6	5	8	14	22	34	54	86	109	137	218	275
8	4	6	10	16	26	41	65	82	103	164	206
10	3	5	8	13	20	33	52	65	82	131	165
15	2	3	5	8	14	22	34	43	55	87	110
20	-	2	4	6	10	16	26	33	41	65	83
25	-	-	3	5	8	13	21	26	33	52	66
30	-	-	2	4	7	11	17	22	27	44	55
35	-	-	-	3	6	9	15	19	23	37	47
40	-	-	-	-	5	8	13	16	20	33	41
45	-	-	-	-	4	7	11	14	18	29	37
50	-	-	-	-	3	6	10	13	17	26	33

Esta literatura tem como objetivo fornecer subsídios básicos para a instalação e utilização de sistemas a energia solar. Os conceitos aqui aplicados são de conhecimento público. A Lábramo Centronics através de sua divisão SunLab Power poderá alterar o seu conteúdo a qualquer momento que julgar oportuno, devido ao desenvolvimento constante de sua tecnologia.

Fonte:

http://www.sunlab.com.br/Dimensionamento_solar_fotovoltaico.htm

