

Dimensionamento de um sistema de alimentação por energia solar para um medidor de nível de água no Baixo Vouga Lagunar, Aveiro

António Gonçalves Fortes*

* Departamento de Ciências Naturais e Matemática/Curso de Física – Universidade Pedagógica, Delegação de Nampula. (antoniogoncalves.fortes@yahoo.com)

Resumo

No presente trabalho é feita a uma descrição e análise dos componentes principais que constituem um sistema fotovoltaico autónomo. Foram também sistematizados, os passos que, no seu conjunto, constituem a metodologia adequada para efetuar o dimensionamento dum sistema fotovoltaico autónomo.

Palavras-chaves: energia solar, sistema fotovoltaico autónomo, dimensionamento sistema fotovoltaico.

Abstract

In this work, the main componentes of photovoltaic system both stand alone are described and analysed. It was also presented the sequence of the main tasks, which constitutes a methodology suitable to carry out the sizing procedure of both stand-alone photovoltaic system.

Keywords: solar energy, stand-alone photovoltaic systems, sizing of photovoltaic systems.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho constitui a parte do dimensionamento de um sistema de alimentação por energia solar para chamada telefónica, emissão de radio e um medidor de nível de água no Baixo Vouga Lagunar em Aveiro. Geralmente o sistema de produção fotovoltaica é utilizado em zonas afastadas da rede de distribuição elétrica, podendo trabalhar de forma independente ou combinada com sistemas de produção elétrica convencional.

Um sistema fotovoltaico autónomo é fundamentalmente concebido para alimentar um conjunto de cargas que operam isoladas da rede elétrica, durante todo o ano. Neste contexto, o dimensionamento de um sistema fotovoltaico autónomo é normalmente

efetuado através do conhecimento prévio da intensidade da radiação solar disponível, correspondente ao mês com menor número de horas solares equivalentes.

Portugal¹ é um dos países da Europa onde mais se investe na aquisição de painéis fotovoltaicos. O grande número de horas de exposição solar e a aposta declarada de sucessivos governos na energia solar, são fatores que fortaleceram a aposta neste tipo de painéis. Hoje, a aposta na energia solar é transversal na sociedade portuguesa. Desde a utilização ao nível doméstico, até à aposta de grandes empresas, é fácil encontrar exemplos de apostas bem-sucedidas na energia proveniente do sol.

2. MEMÓRIA DESCRITIVA

2.1. Objetivos do trabalho

O objetivo central é apresentar a proposta da implementação um sistema fotovoltaico autónomo com vista a alimentar, por energia solar, um medidor de nível de água da ria de Aveiro com vista a suportar as necessidades energéticas diárias para o uso de radio, telefone e sonda. Para efetivar, devemos antes:

- Encontrar a melhor inclinação e a área do conjunto dos módulos fotovoltaicos.
- Calcular o número de painéis necessários e escolher o fabricante do mesmo.
- Escolher o regulador em função da distribuição adequada.
- Calcular e escolher o tipo de bateria que melhor se enquadram à demanda energética e a distribuição da radiação solar local.
- Calcular as seções dos seguintes cabos: ramo campo de painel – regulador, regulador – bateria, ramo regulador – linha medidor, ramo regulador – linha radio e telefone.

2.2. Descrição da infraestrutura

O Baixo Vouga Lagunar (BVL) situa-se na Zona Centro Litoral de Portugal na foz do Rio Vouga e é parte integrante de um sistema lagunar denominado Ria de Aveiro. Esta tem atualmente uma extensão aproximada de 45 Km e uma largura máxima de 8,5 Km. A Ria de Aveiro é uma laguna costeira muito recente que apresenta uma evolução dinâmica. Encontra-se distribuída pelos concelhos de Aveiro, Estarreja, Ílhavo, Mira, Murtosa, Ovar e Vagos (Reis, 1993).

O Baixo Vouga Lagunar (figura 1) abrange os concelhos de Aveiro, Estarreja e Albergaria-a-Velha no distrito de Aveiro e ocupa uma superfície de cerca de 4600 ha (Leão, 2003).

¹ <http://connect2sun.pt/> acesso no dia 06/02/2016

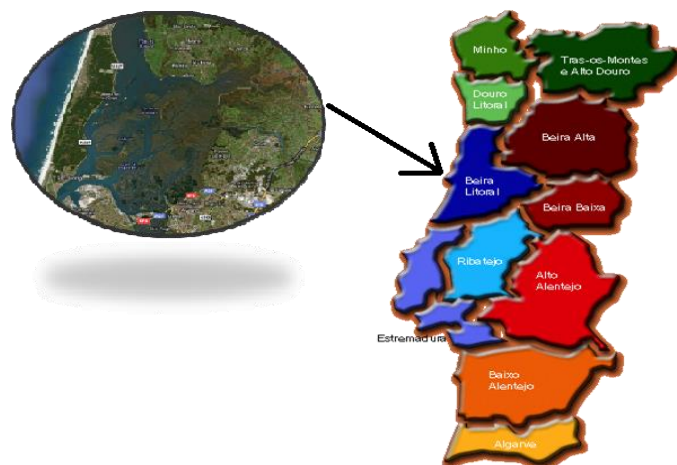


Figura 1. Localização geográfica do Baixo Vouga Lagunar.

O edifício principal é constituído por uma casa de alvenaria sem compartimentos, destinada a uma eletrificação rural para o controle das águas na região do Baixo Vouga Lagunar, no Distrito de Aveiro. O sistema irá fornecer corrente contínua de 12V e será constituído basicamente por: Painéis ou módulos de células fotovoltaicas, suportes para os Painéis, controlador de carga de baterias, as baterias, resistências (sonda, telefone e rádio) e cabos de secções variadas.

2.3.Descrição e justificativa das soluções adotadas

A conversão direta da energia solar em elétrica é realizada por dispositivos denominados de células solares. Estas são associadas eletricamente e encapsuladas para formar um módulo fotovoltaico. Um sistema fotovoltaico autónomo é constituído por um conjunto de módulos fotovoltaicos, baterias e controlador de carga e tem por finalidade proporcionar energia elétrica a uma determinada carga.

Usamos o sistema de alimentação fotovoltaica como fonte de energia que, através da utilização de células fotovoltaicas, converte a energia luminosa em elétrica. Geralmente é utilizado nas zonas afastadas da rede de distribuição elétrica, podendo trabalhar de forma independente ou combinada com o sistema de produção elétrica convencional. Ela não produz poluição nem contaminação ambiental, é silenciosa, tem muito tempo de vida útil (mais de 20 anos), requer pouca manutenção e permite aumentar a potência instalada por meio de incorporação de módulos adicionais.

Para o dimensionamento iremos usar o método de “mês pior” de modo a assegurar a nossa instalação para o pior mês de utilização dela. Assim vamos usar os valores médios diários mensais da radiação e consumo.

2.4.Caracterização geral do sistema

Um sistema fotovoltaico autônomo é concebido para alimentar um conjunto de cargas que operam isoladas da rede elétrica, durante todo o ano. Neste contexto, o dimensionamento de um sistema fotovoltaico autônomo é normalmente efetuado através do conhecimento prévio da intensidade da radiação solar disponível, correspondente aos meses com menor número de horas solares equivalentes. Este tipo de sistemas, para além de integrarem os painéis solares, deve também incluir os seguintes equipamentos:

As baterias: a sua principal função consiste em assegurar a alimentação dos consumos de energia elétrica nos períodos em que o recurso solar não está disponível (noites);

O controlador de carga: com função consiste de efetuar a gestão de carga das baterias;

O inversor: para a sua principal função consiste em converter a tensão contínua em tensão alternada, com a frequência e amplitude da rede

Os sistemas autónomos para alimentação de instalações domésticas podem ser utilizados de acordo com a figura abaixo (figura 2.):

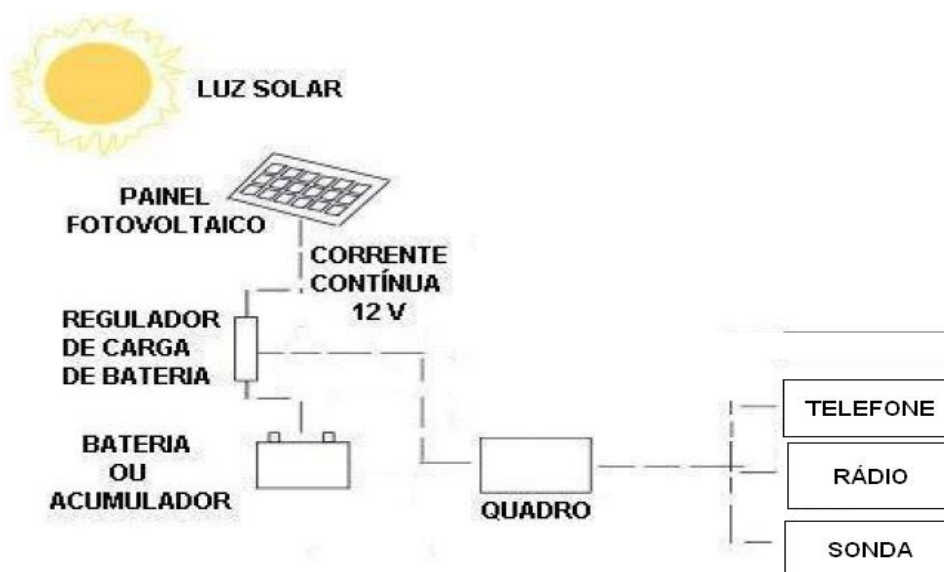


Figura 2. Esquema simplificado de uma instalação fotovoltaica domestica.

2.4.1. Sistema de energia solar fotovoltaica

Os sistemas de energia solar fotovoltaica convertem a energia proveniente da radiação solar que atinge a superfície terrestre em energia elétrica. A energia elétrica gerada é entregue a rede recetora (baixa tensão ou média tensão) ou utilizada para alimentar cargas em rede isolada. Essa é a principal razão pela qual se distinguem dois tipos de sistemas de energia solar fotovoltaica: sistemas ligados à rede e sistemas autónomos.

Estes dois tipos de sistemas de energia diferem quanto aos requisitos a satisfazer e, em consequência, quanto ao tipo de componentes que integram. Por outro lado, os procedimentos relativos ao projeto e ao dimensionamento dos componentes obedece também a requisitos diferentes.

2.4.2. Radiação solar

A quantidade de energia proveniente do sol que atinge a superfície da Terra corresponde, aproximadamente, a dez mil vezes a procura global de energia. Pelo que para satisfazer as necessidades energéticas da humanidade basta utilizar 0,01% desta energia.

A radiação solar é importante nos movimentos de circulação atmosférica (ventos) e oceânica, para a vida vegetal e para a formação de combustíveis fósseis. Os fenómenos que afetam a radiação solar no seu percurso através da atmosfera são o principal problema para se quantificar a disponibilidade energética. Quando esta energia entra na atmosfera, existem dois tipos de fenómenos que vão influenciar o seu percurso: a geometria Sol-Terra e os fatores meteorológicos. Estes serão os responsáveis por uma atenuação na quantidade de energia que poderia chegar até a superfície terrestre.

A radiação solar é reduzida ao longo da atmosfera por fenómenos de reflexão, absorção e dispersão. Apenas uma parte da quantidade total da radiação solar atinge a superfície terrestre pois a atmosfera reduz a radiação solar através da reflexão, absorção (ozono, vapor de água, oxigénio, dióxido de carbono) e dispersão (partículas de pó, poluição). O nível de radiação na superfície da Terra atinge um total aproximado de 1000 W/m^2 ao meio-dia, em boas condições climáticas no plano horizontal, independentemente da localização.

A luz solar que atinge a superfície terrestre, é composta por uma fração direta e por uma fração difusa. A radiação direta vem segundo a direção do Sol, produzindo sombras bem definidas em qualquer objeto. Por outro lado, a radiação difusa carece de direção específica.

2.4.3. Módulos fotovoltaicos

A função de uma célula solar consiste em converter diretamente a energia solar em eletricidade. A forma mais comum das células solares o fazerem é através do efeito fotovoltaico. Uma célula individual, unidade de base dum sistema fotovoltaico, produz apenas uma reduzida potência elétrica, o que tipicamente varia entre 1 e 3 W, com uma tensão menor que 1 Volt. Para disponibilizar potências mais elevadas, as células são

integradas, formando um módulo. A maioria dos módulos comercializados é composta por 36 células de silício cristalino, ligadas em série, para aplicações de 12V. Quanto maior for o módulo, maior será a potência e/ou a corrente disponível.

Dependendo do material utilizado no fabrico das células solares fotovoltaicas, estas podem ser classificadas como células monocristalinas (descrita nesse trabalho), policristalinas e amorfas.

O silício monocristalino é o material mais usado na composição das células fotovoltaicas, atingindo cerca de 60% do mercado. A uniformidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico. As células monocristalinas foram as primeiras a serem elaboradas a partir de um bloco de silício cristalizado num único cristal. Apresentam-se sob a forma de placas redondas, quadradas ou pseudo quadradas. Contudo, apresentam dois inconvenientes:

- Preço elevado;
- Elevado período de retorno do investimento.

A figura 3 apresenta o aspeto visual das células monocristalinas.

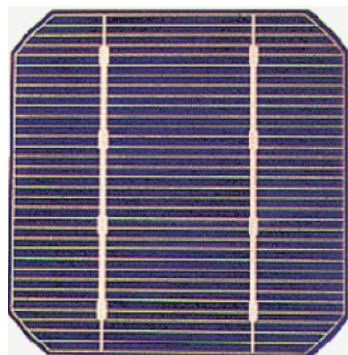


Figura 3 - Células monocristalinas. (Fonte: Freitas, 2008: 25)

2.4.3.1. Características técnicas dos módulos

A norma europeia Standard EN 50380 especifica quais as características técnicas que os fabricantes devem apresentar nas folhas descritivas das características dos módulos fotovoltaico. Nem todos os fabricantes respeitam esta norma, não fornecendo todas as características técnicas que a norma impõe, que são:

- Potência nominal de pico;
- Tensão no ponto de potência máxima e tensão em circuito aberto;
- Corrente no ponto de potência máxima e corrente em curto-circuito;
- Coeficiente de variação da tensão/corrente em função da temperatura;

Estes valores são vitais para se poderem realizar estimativas da quantidade de energia gerada, bem como verificar a compatibilidade de ligação com outros componentes do sistema fotovoltaico. Todos estes valores são obtidos em condições de teste (STC).

2.4.3.2. Aspectos a ter em conta na escolha do módulo

Existe uma enorme variedade de opções de módulos fotovoltaicos no mercado, mas tal como foi dito anteriormente nem todos respeitam as normas e por consequência nem todos estão certificados. Quando se faz a escolha de um módulo fotovoltaico é necessário ter em conta alguns fatores, como por exemplo:

- **Qualidade** - com uma inspeção visual pode-se verificar se as características construtivas do módulo são fiáveis. O carimbo de certificação do módulo por si, já deve garantir que o módulo foi construído segundo as normas. Ou o próprio fabricante dos módulos por norma já é um fator que influencia a escolha do módulo.
- **Tipo de célula solar** - o tipo de célula solar pode ser monocristalina, policristalina ou de película fina.
- **Questão da eficiência** - ao analisar a eficiência das células fotovoltaicas verifica-se que quanto maior é o valor da eficiência menor vai ser a área ocupada por kW produzido.

Os módulos a utilizar são da empresa ISOFOFÓN (figura 4), modelo I-50, com 36 células de silício monocristalino, com uma potência máxima de $50\text{ W} \pm 10\%$, cuja corrente elétrica e diferença de potencial no ponto de máxima potência são de 2,87 A e 17,4 V, respetivamente. A corrente de curto-circuito especificada é de 3,27 A e a tensão de circuito aberto é de 21,6 V. Neste sistema foram utilizados dois módulos em paralelo. A Figura 3 e anexo 1 são mostra os módulos instalados na estrutura de suporte.



Figura 4. Exemplo num módulo fotovoltaico ISOFOFÓN instalado (Cerneiro, 2009: 8).

2.4.4. Baterias

Em sistemas fotovoltaicos autónomos, dado que a produção e consumo de energia muitas vezes não coincidem, quer ao longo do dia, quer ao longo dos dias do ano, o armazenamento de energia assume um papel fundamental. Para tal são utilizadas baterias, as quais devem possuir tempos de vida útil longos em condições de carga e descarga diárias, também conhecidas como baterias de alta profundidade de carga. As baterias são uma forma de armazenamento de energia, pois são capazes de transformar diretamente energia elétrica em energia potencial química e posteriormente converter, diretamente, a energia potencial química em elétrica. Cada bateria é composta por um conjunto de células eletroquímicas ligadas em série de modo a obter a tensão elétrica desejada.

De modo a proteger as baterias contra sobrecargas são utilizados controladores de carga.

2.4.4.1. Caraterísticas da bateria de acumuladores

Devido a diferença na produção e consumo ao longo do dia, quanto ao longo do ano, o armazenamento de energia elétrica assume um vetor absolutamente incontornável. Neste contexto, as baterias representam uma via pela qual é possível efetuar o armazenamento de energia, já que são capazes de transformar diretamente a energia elétrica em energia potencial química em energia elétrica.

A escolha apropriada da bateria, assim como a sua capacidade, constitui uma tarefa essencial que visa assegurar o apropriado funcionamento do sistema solar fotovoltaico e garantir que a bateria tenha um longo tempo de vida útil.

Tabela 1. Especificações elétricas da bateria

Tensão de Entrada (Módulo)	Máx. 38 Vcc
Potência de Entrada (Módulo)	Máx. 255 W
Tensão da Bateria	12 Vcc
Corrente de Carga (Máxima)	20 A
Tensão de Flutuação	13,9±0,1 Vcc
Fusível interno tipo automotivo	30 A
Eficiência (Máxima)	95%
Eficiência (Típica)	92%

2.4.4.2. Baterias de chumbo – ácido (Pb – Ácido)

As baterias com tensão nominal igual a 12V são constituídas por um conjunto de 6 células eletroquímicas (tensão ao terminal de cada célula igual a 1,75V) associadas em série (de modo a se obter nos terminais da bateria valores de tensão igual a 10,5V), isoladas entre si e banhadas pela solução de ácido sulfúrico. No mercado existem baterias de chumbo - ácido com tensões nominais de 12, 24 e 48V (tabela 2). No entanto a tensão nos terminais da bateria depende do seu estado de carga, baixando durante o processo de descarga e subindo durante o processo de carga.

Tabela 2. Descarga para baterias estacionária Freedom DF1000 (70Ah / 60Ah) de 25 °C

Modelo	Capacidade Nominal (Ah)			Tensão (V)	Dim. Ext. (mm) Compr. X Larg. X Alt.	Peso (Kg)
	em 100 h	em 20 h	em 10 h			
DF300	30	26	24	12	175 x 175 x 175	8,80
DF500	40	36	30	12	175 x 175 x 175	9,70
DF700	50	45	41	12	210 x 175 x 175	12,50
DF1000	70	60	54	12	244 x 175 x 175	14,70
DF1500	93	80	76	12	330 x 172 x 240	23,90
DF2000	115	105	94	12	330 x 172 x 240	27,10
DF2500	165	150	130	12	511 x 213 x 230	44,60
DF3000	185	170	156	12	511 x 213 x 230	48,30
DF4001	240	220	200	12	525 x 275 x 250	60,30

A figura 5 representa graficamente a relação entre a profundidade de descarga e o ciclo de vida bateria de ácido – chumbo, fabricadas pela Freedom.

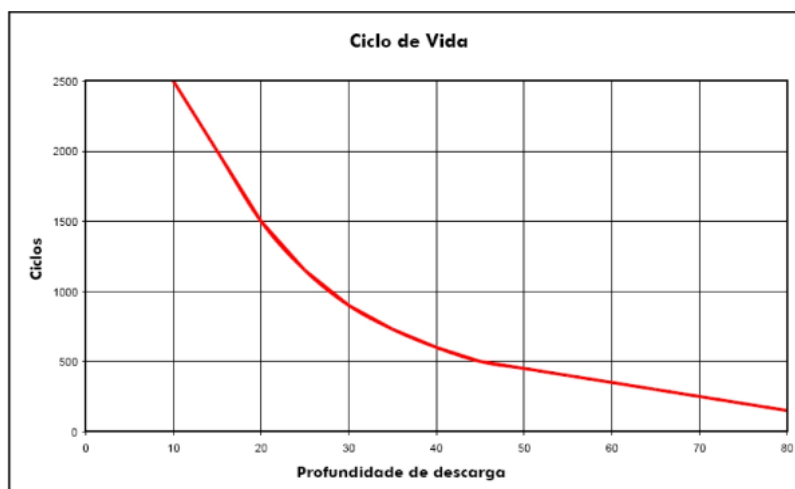


Figura 5 – Relação profundidade de descarga vs ciclo de vida da bateria de ácido – chumbo, fabricada pela Freedom.

A tabela 3 compara os valores típicos de profundidade de descarga entre as baterias estacionárias de *Pb* – ácido e as alcalinas de níquel – cádmio.

Tabela 3. – Comparação entre os valores típicos da PD referentes a baterias de *Pb*–ácido e de *NiCd*

Tipo de bateria	Profundidade de descarga (%)
Estacionária <i>Pb</i> - ácido	60 - 65
Sem manutenção <i>Pb</i> - ácido	50
Alcalina <i>NiCd</i>	100

A **Auto Descarga** corresponde à percentagem de descarga da bateria mesmo quando não está a ser utilizada (normalmente cerca de 3% ao mês). Este fenómeno ocorre devido à existência de correntes internas na bateria que provocam uma perda de carga.

2.4.5. Regulador de carga

Existem diversos tipos de reguladores de carga. A conceção mais simples é aquela que envolve uma só etapa de controlo. O controlador monitora constantemente a tensão da bateria de acumuladores. Quando a referida tensão alcança um valor para o qual se considera que a bateria se encontra carregada (aproximadamente 14.1 Volts para uma bateria de chumbo ácido de 12 Volts nominais) o controlador interrompe o processo de carga. Isto pode ser conseguido abrindo o circuito entre os módulos fotovoltaicos e a bateria (controlo tipo série) ou curto-circuitando os módulos fotovoltaicos (controlo tipo *shunt*). Quando o consumo faz com que a bateria comece a descarregar-se e, portanto, a baixar sua tensão, o controlador conecta o gerador à bateria e recomeça o ciclo.

O regulador de carga é da UNITRON, próprio para baterias de chumbo ácido de 12 V, podendo-se utilizar módulos de até 150 W e controlar correntes elétricas de até 10 A, simultaneamente. Quando atinge as características de sobre descarga, a bateria é desligada quando o valor da tensão está entre 10,5 V e 11 V (tensão de corte de sobre descarga) e é religada quando a tensão chega a 12,5 V (tensão de rearme para carga). Nas condições de sobrecarga, o controlador desconecta o módulo fotovoltaico da bateria quando a tensão desta atinge 14,2 V e volta a conectá-la quando a tensão chega a 13,4 V. Possui proteção contra curto-circuito e contra inversão da polaridade da bateria. Também possui LEDs de indicação para conexão invertida da bateria e do módulo fotovoltaico bem como para mostrar se a bateria está pronta para uso ou se está sendo carregada.

As principais funções dos reguladores de carga das baterias são as seguintes:

- Assegurar o carregamento da bateria;
- Evitar a sobrecarga da bateria;
- Bloquear a corrente inversa entre a bateria e o painel;
- Prevenir a ocorrência de descargas profundas (no caso de baterias chumbo-ácido).

2.4.6. Condutores

Para a instalação elétrica de um sistema fotovoltaico apenas devem ser usados cabos que cumpram os requisitos para este tipo de aplicações. É, também, conveniente fazer a distinção entre os cabos de módulos, cabo principal CC e cabo do ramal CA.

2.4.6.1. Condutores de ligação ao gerador

Designam-se por cabos de módulo ou cabos de fileira, os condutores que estabelecem a ligação elétrica entre os módulos individuais de um gerador solar e a caixa de junção do gerador. Estes cabos são geralmente aplicados no exterior. Com o objetivo de garantir proteção contra a ocorrência de defeitos de terra, bem como, de curto-circuitos, os condutores positivos e negativos não podem ser colocados lado a lado no mesmo cabo. Cabos mono condutores com isolamento duplo têm sido a melhor solução, oferecendo uma elevada segurança. Contudo, a versão *standard* deste tipo de cabo apenas permite temperaturas máximas de 60°C.

2.4.6.2. Condutor principal CC

O cabo correspondente ao condutor principal CC estabelece a ligação entre a caixa de junção do gerador e o inversor. Se a caixa de junção do gerador estiver localizada no exterior, estes cabos devem ser entubados, uma vez que não são resistentes aos raios ultravioletas. Sempre que houver possibilidade de opção, os cabos de policloreto de vinilo não deverão ser usados no exterior.

3. CÁLCULOS

3.1. Tipo e quantidade de bateria

Vamos partir do pressuposto que as cargas são todas de corrente contínua (cc) de 12 V e os consumos de eletricidade diárias serão:

Resistência	Quantidade	Potencia (W)	Tempo (h/dia)	Gasto (Wh/dia)
Sonda	4	100	0.25	100
Telefone	1	25	0,17	4.25
Radio	1	40	0,5	20
Consumo total diário = 124.25 Wh/dia				
Utilização Mensal = Todos dias do mês (30 dias)				
Consumo total mensal = 3727.5 W/h/mês ou 3.7251 KWh/mês				

Tabela 4. Consumos médios em função do tipo de resistência e tempo de uso

Em função das características do projeto, vamos adotar $N = 10$ como o número de dias autônomos. Os valores dos coeficientes serão:

- Coeficiente de Auto descarga - $K_a = 3\% = \frac{0.03}{30} = 0.001$ em função do tipo de bateria que iremos usar na instalação.
- Coeficiente de perdas por rendimento no acumulador. $K_b = 0.05$.
- Coeficiente de perda no inversor - $K_c = 0$. Porque não temos inversor.
- Coeficiente de outras perdas - $K_v = 0.15$.
- A profundidade de descarga PD será de 65% ou 0.65 são valores máximos para descargas numa instalação fotovoltaica autônoma, e associado a baterias estacionária de chumbo – ácido.

O fator global de rendimento da nossa instalação, será:

$$R = 1 - \left[(1 - K_b - K_c - K_v) K_a \frac{N}{PD} \right] - K_b - K_c - K_v$$

$$R = 1 - \left[(1 - 0.05 - 0 - 0.15) \times 0.001 \times \frac{10}{0.65} \right] - 0.05 - 0 - 0.15 = \mathbf{0.788}$$

A energia necessária diariamente E será:

$$E = \frac{E_T}{R} = \frac{124.25 \text{ Wh}}{0.788} = \mathbf{157.678 \text{ Wh}}$$

A capacidade útil C_u que a bateria a instalar deve ter será:

$$C_u = EN = 157.678 \text{ Wh} \times 10 = \mathbf{1576.78 \text{ Wh}}$$

Devemos converter o último valor para Ah, assim será:

$$C_u(Ah) = \frac{C_u(Wh)}{V} = \frac{1576.78 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = \mathbf{131.4 \text{ Ah}}$$

A capacidade nominal C atribuída pelo fabricante, será:

$$C = \frac{Cu}{PD} = \frac{131.4 \text{ Ah}}{0.65} = \mathbf{202.15 \text{ Ah}}$$

Vamos determinar o número de baterias de duas maneiras:

Primeira: a partir desses dados podemos determinar o número de bateria, por:

$$N = \frac{C}{C_{20}} = \frac{202.15}{220} = 0.92 \text{ baterias} = \mathbf{1 \text{ bateria}}$$

Segunda: mas podemos corrigir através do emprego do coeficiente de correção K_T visto que a temperatura de Aveiro é menor que 20°C .

Médias de temperatura do ar e precipitação para Aveiro														
	Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura Média	Média (°C)	9.9	10.2	12.8	14.4	15.6	17.5	18.2	18.4	18	16	13	10.6	14.6
	Máxima (°C)	13.4	13.6	16.3	18.1	18.9	21	21.7	21.9	21.5	19.7	16.5	13.9	18
	Mínima (°C)	6.4	6.6	9.2	10.7	12.3	14	14.7	15	14.5	12.3	9.4	7.3	11
Temperatura Absoluta	Máxima (°C)	22.8	26.3	29.7	30	33.5	35	35.5	36.4	33.1	30	26.6	21.2	36.4
	Mínima (°C)	-1.8	-2.8	0.8	3.8	3.5	7.2	7	9.5	4.7	3	0	0.4	-2.8
Humidade	Relativa (%)	86	85	84	82	84	85	84	85	84	85	85	85	85
	Total	137	85	121	65	66	32	12	16	42	82	126	132	916
Precipitação	Máxima	57	50	62	62	173	85	47	41	50	70	81	88	173
Insolação diária	Nº de dias	15	11	14	10	10	5	3	4	6	9	13	14	114
	(%)	4.4	5.5	5.9	8.4	8.5	9.6	10	9.2	7.3	6.2	5.4	3.7	7

Tabela 5. Dados meteorológicos do Distrito de Aveiro. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Aveiro> 06/12/2015

Neste caso iremos usar a temperatura mínima anual, do mês de Janeiro $T_{\min} = 6.4^\circ\text{C}$.

Sabendo que $\Delta T = 20^\circ\text{C} - 6.6^\circ\text{C} = 13.6^\circ\text{C}$

$$K_T = 1 - \frac{13.6^\circ\text{C}}{160^\circ\text{C}} = \mathbf{0.915}$$

A capacidade real as temperaturas de Aveiro, será:

$$C' = K_T C = 0.915 \times 202.15 \text{ Ah} = \mathbf{184.97 \text{ Ah}}$$

Usando capacidade nominal em 100 h (tabela 2), o número de bateria será dado por:

$$N = \frac{C'}{C_{20}} = \frac{184.97}{220} = 0.84 \text{ baterias} = \mathbf{1 \text{ bateria}}$$

Conclusão Parcial: tanto os valores da capacidade nominal como a capacidade real indicam-nos o uso de uma bateria estacionária de Freedom DF4001 na instalação.

3.2. Tipo e número de painéis

Energia que incide sobre um quadrado de superfície horizontal no dia medio do mês de dezembro (mais desfavorável) em Aveiro é de 5.9 MJ. Então:

$$H_{\text{corrigido,Dezembro}} = 1.05 \times H_{\text{Dezembro}} = 1.05 \times 5.9 \text{ MJ} = \mathbf{6.195 \text{ MJ}}$$

Aveiro localiza-se a latitude de 40°7'0"N. Então escolhemos uma inclinação de painéis fotovoltaicos de 40°. Vamos determinar o fator de correção k .

$$k = 1.77$$

Logo o H.S.P. com o H corrigido será:

$$H.S.P. = 0.2778 \times k \times H = 0.2778 \times 1.77 \times 6.195 = \mathbf{3.046 \text{ Wh}}$$

A quantidade diária de energia E_p que os painéis terão de fornecer será:

$$E_p = \frac{E}{0.9} = \frac{157.678 \text{ Wh}}{0.9} = \mathbf{175.198 \text{ Wh}}$$

Com potência nominal de 20, número de painéis a instalar será:

$$\frac{E_p}{0.9 \times P \times (H.S.P.)} = \frac{175.198}{0.9 \times 20 \times 3.046} = \frac{71.137}{54.828} = 3.195 = \mathbf{4 \text{ paineis}}$$

Conclusão parcial: escolhemos 4 painéis tipo ISOFOTÓN, ligamos dois pares em série e os pares em paralelo.

3.3. Secção dos cabos

Para condutores de cobre, a secção dos cabos para corrente contínua e para alternada monofásica calcular-se-á através da expressão:

DADOS DO PAINEL FOTOVOLTAICO	
Modelo AP – 7105/A-75	
Potência máxima (Max Power)	75 w
Corrente de curto circuito (I_{sc})	4,8 A
Tensão de curto circuito (V_{oc})	21 V
Corrente máxima de pico (I_{mp})	4,4 A
Tensão máxima de pico (V_{mp})	17 V
Tensão máxima do sistema (Max V Syst.)	600 V
Especificações: AT 1000w/m ² 25°C AM 1.5	
Fabricado na Espanha	

Tabela 6. Características do painel fotovoltaico típico.

A secção do cabo gerador (painel) – regulador (quadro) será:

$$\Delta V = \frac{\text{Queda de Tensão}}{100} \times \text{Tensão de funcionamento} \leftrightarrow \Delta V = \frac{3}{100} \times 12 \text{ V} = 0.36 \text{ V}$$

$$I = 1.25 \times I_{SC} \leftrightarrow I = 1.25 \times 4.8 \text{ A} \leftrightarrow I = 6 \text{ A}$$

$$S = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \leftrightarrow S = \frac{2 \times 20 \times 6}{56 \times 0.36} \leftrightarrow S = 11.90 \text{ mm} \leftrightarrow S = \mathbf{16 \text{ mm}}$$

A secção do cabo regulador – bateria, será:

$$\Delta V = \frac{1}{100} \times 12 \text{ V} = 0.12 \text{ V}$$

Aplicando o fator de segurança, a corrente no campo gerador será de 4.8 A é a corrente que pode circular no circuito, assim teremos

$$S = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \leftrightarrow S = \frac{2 \times 2 \times 4.8 \times 1.25}{56 \times 0.12} \leftrightarrow S = 3.57 \text{ mm} \leftrightarrow S = \mathbf{4 \text{ mm}}$$

A secção do cabo regulador – caixa de distribuição, será:

$$\Delta V = \frac{1}{100} \times 12 \text{ V} = 0.12 \text{ V}$$

Aplicando o fator de segurança, a corrente no campo gerador será de 4.8 A é a corrente que pode circular no circuito, assim teremos

$$S = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \leftrightarrow S = \frac{2 \times 10 \times 4.8 \times 1.25}{56 \times 0.12} \leftrightarrow S = 17.85 \text{ mm} \leftrightarrow S = \mathbf{25 \text{ mm}}$$

A secção do cabo regulador (quadro) – cargas (telefone, rádio e sonda) será:

$$\Delta V = \frac{3}{100} \times 12 \text{ V} = 0.36 \text{ V}$$

$$I = \frac{P}{U} \leftrightarrow I = \frac{100 \text{ W} + 40 \text{ W} + 25 \text{ W}}{12 \text{ V}} \leftrightarrow I = 13.75 \text{ A}$$

Sonda:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \leftrightarrow S = \frac{2 \times 2.5 \times 13.75 \times 1.25}{56 \times 0.36} \leftrightarrow S = 4.25 \text{ mm} \leftrightarrow S = \mathbf{6 \text{ mm}}$$

Radio/telefone:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{56 \times \Delta V} \leftrightarrow S = \frac{2 \times 5 \times 13.75 \times 1.25}{56 \times 0.36} \leftrightarrow S = 8.53 \text{ mm} \leftrightarrow S = \mathbf{10 \text{ mm}}$$

Conclusão parcial: para materialização do projeto precisamos cabos de: 20 m de 16 mm, 2 m de 4 mm, 10 m de 25 mm, 2.5 m de 6 mm e 10 m (2 x 5 m) de 10 mm, respetivamente.

4. ESQUEMAS

Um esquema é a representação de uma instalação ou parte dela, por meio de símbolos gráficos. Todos ou qualquer projeto será desenvolvido através de símbolos, e para tanto, serão utilizados os esquemas: unifilar, multifilar e funcional.

Com esta ficha queremos que percebas que para a elaboração de um desenho de uma instalação elétrica devermos ter em atenção alguns aspetos importantes a fim de interpretarmos e executarmos a instalação elétrica.

Para iniciares deverás ter o teu diagrama esquemático, um desenho representativo com todos os dados para a execução do mesmo, ou seja, será a tua representação gráfica completa do sistema.

Nas instalações o diagrama esquemático pode ser desenhado ou representado de diversas maneiras, chamaremos atenção para as duas principais:

4.1. Unifilar

Este esquema representa todo o sistema elétrico, em seus detalhes com todos os condutores, sendo que nesta representação, cada traço é um fio que será utilizado na ligação dos componentes, isto é representação do sistema elétrico de forma simplificada, indicando o número de condutores e o trajeto que estes percorrem com apenas uma linha. Pegando no exemplo anterior ficaríamos com o seguinte esquema.

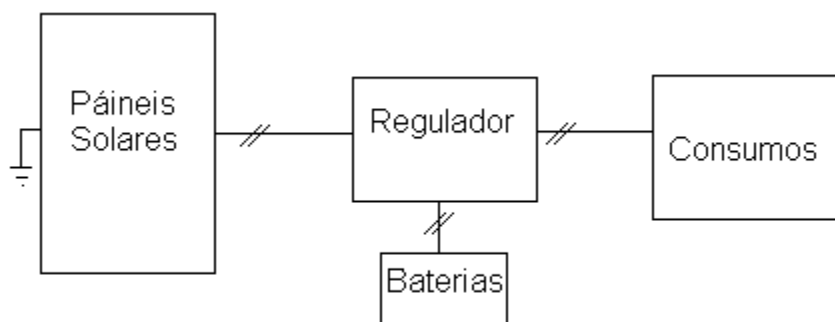


Figura 6. Esquema unifilar.

A representação unifilar tem uma simbologia própria e simplificada, mas não nos indica o modo de ligação nas montagens de forma a compreendermos o seu funcionamento. Dá-nos, contudo, indicações úteis sobre o percurso da instalação, elementos que a constituem e a sua localização.

A simplicidade desta representação, faz com que ela seja utilizada no desenho das plantas de edifícios, para a elaboração do respetivo projeto elétrico da instalação.

4.2. Multifilar

Neste esquema representamos o circuito elétrico completo e detalhado de ligações e funcionamento, representando todos os seus condutores, assim como símbolos explicativos do funcionamento.

Tratando-se de um esquema elétrico de uma instalação complexa, torna-se impossível representar o seu esquema multifilar, ou seja nem todos os esquemas tem esquema coincidente. Continuando com o nosso exemplo teremos:

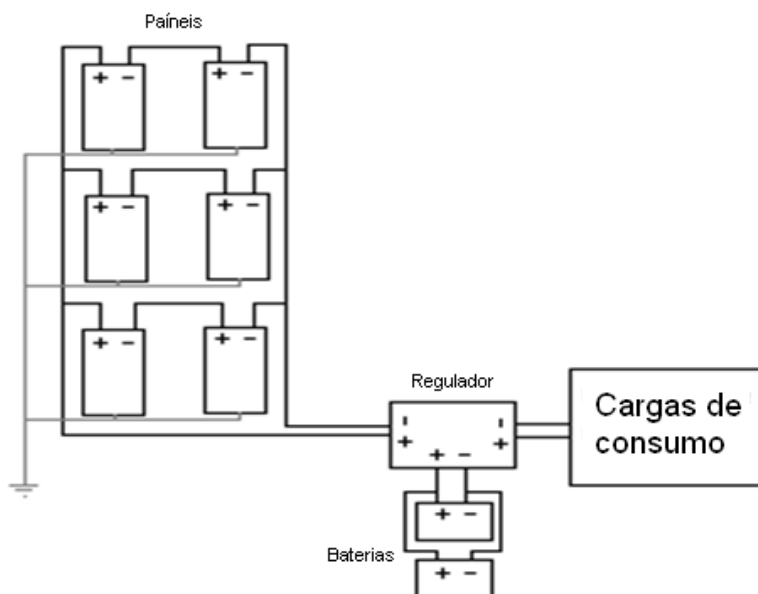


Figura 7. Esquema multifilar.

Indica-nos a forma e ligação entre os vários aparelhos e elementos do circuito, tendo também simbologia bem definida e geralmente diferente da representação unifilar.

5. SUBSÍDIOS/APOIOS

5.1. Subsídios

Desde 2013 que foram publicadas as novas Tarifas de Referência para a produção de eletricidade, por intermédio de unidades de miniprodução e de microprodução.

Foram publicadas as Portarias n.º 430/2012 e 431/2012, de 31 de dezembro, que estabelecem, respetivamente, a percentagem de redução anual da tarifa de referência para a produção de eletricidade a partir de fonte solar com utilização de tecnologia fotovoltaica (para unidades de miniprodução).

Foi também publicado como o valor de redução anual da tarifa de referência para a produção de eletricidade a partir de fonte solar com utilização de tecnologia fotovoltaica (para unidades de microprodução), com efeitos a partir de 2013.

No que respeita à miniprodução, sujeita ao regime remuneratório bonificado previsto no art.11.º, do Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março, foi fixada uma percentagem de redução anual da tarifa de referência em 30%, pelo que a tarifa para 2013 será de € 151/MWh.

Para a microprodução, sob o regime remuneratório bonificado, de acordo com o art.11, do Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 novembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 118-A/2010, de 25 de Outubro, foi estabelecido, para o primeiro período de oito anos a iniciar-se no 1.º dia do mês seguinte ao do início do fornecimento, uma redução anual da tarifa de referência de € 130/MWh, pelo que a tarifa para o ano em vigor será de € 196/MWh.

No segundo período do regime bonificado, com a duração de sete anos, a redução será de € 20/MWh, sendo a tarifa aplicável de € 165/MWh.

5.1.1. Regimes de Remuneração de microprodução

Estão previstos dois regimes de remuneração da microprodução: O regime geral e o bonificado.

No regime geral para a generalidade das instalações com potência de ligação até 5.75 kW a tarifa de venda de eletricidade é igual ao custo da energia do tarifário aplicável pelo comercializador de último recurso do fornecimento à instalação de consumo, tendo atualmente o valor de remuneração de €0,10 kWh.

No regime bonificado, com potência de ligação até 3,68 kW, a tarifa de referência para venda de eletricidade no ano de instalação e nos cinco anos seguintes correspondentes aos primeiros 10 MW de potência de ligação, cujo valor atual é de €0,65 kWh. Por cada 10 MW de potência de ligação adicionais, a tarifa é reduzida sucessivamente em 5%. No período adicional de 10 anos aplica-se a tarifa correspondente às novas instalações, após o período suplementar aplica-se a tarifa do regime geral. O acesso a este tipo de regime é condicionado pela existência de coletores solares térmicos com uma área mínima 2m², para águas quentes sanitárias.

Ao nível dos benefícios fiscais é deduzida à coleta 30% das importâncias despendidas com a aquisição de equipamentos novos para a utilização de energias renováveis e de equipamentos para a produção de energia elétrica, com potência até 100 kW e incluindo

equipamentos complementares indispensáveis ao seu funcionamento com o limite de €777.

Ao nível do IRC existe uma estipulação de um período mínimo de vida útil de quatro anos do equipamento de energia solar, para efeitos de reintegração e amortização do investimento.

Ao nível do IVA temos uma taxa de 12%, prevista para aparelhos, máquinas e outros equipamentos principalmente destinados a captação e aproveitamentos de energia solar, eólica e geotérmica.

Atualmente para instalar uma unidade de microprodução com ligação à rede elétrica, o interessado deve proceder ao seu registo no SRM, mediante o preenchimento de um formulário eletrónico, que inclui o tipo de regime remuneratório pretendido e o comercializador com o qual irá ser celebrado o contracto de compra e venda de eletricidade.

5.2. Créditos para Energias Renováveis

As energias renováveis não são contudo, uma solução barata e de fácil acesso a todos os portugueses. Por isso, foi criado um crédito especializado para a aquisição de equipamentos de energias renováveis, de forma a ajudar todos aqueles que queiram colocar estas novas fontes de energia em sua casa.

- **BANIF** – financia projetos estimados entre 3.000€ até 30.000€, com uma taxa de juro na categoria Euribor 3M, com um prazo até 90 meses incluindo 6 meses de carência de capital e uma TAEG (taxa anual efetiva global) de 5,4%.
- **Crédito Agrícola** – com um montante de financiamento entre 2.500€ até 30.000€, realiza-se pagamento em prestações mensais e um prazo de reembolso entre 24 a 84 meses.
- **Santander Totta** – atribui como montante de financiamento entre 3.000€ até 8.000€, com uma taxa de juro na categoria Euribor 12M + *spread* de 2% e um prazo de reembolso entre 24 a 96 meses. Contudo está sujeito à seguinte regra: a soma da idade do Cliente com o prazo tem de ser igual ou inferior a 72 anos.
- **Montepio** - financia os projetos a 100%, com montante de financiamento mínimo de 2.000€ e montante máximo de 10.000€, tem como prazo máximo de 120 meses e a modalidades de prestação e amortizações é constante e com possibilidade de amortizações antecipadas totais ou parciais.

CONCLUSÃO

Partindo da localização da cidade de Aveiro, a autonomia prevista, as potências e o tempo de funcionamento das cargas de corrente contínua de 100 W em 60 min/dia (para a sonda), 25 W (para o telefone e 40 W para o rádio de emissão, necessárias para alimentação da infraestrutura:

- Um regulador de carga é da marca *Steca Solsum 6.6 F*, apropriado para baterias de chumbo – ácido de 12 V, podendo-se utilizar módulos de até 150 W e controlar correntes elétricas de até 10 A, simultaneamente.
- Uma bateria estacionária de *Pb – ácido* da marca *Rolls Marine 12 FS-125* ligadas em paralelo.
- Escolhemos 4 painéis Solares do tipo *World SW-80* com 80 W de potência, ligamos dois pares em série e os pares em paralelo.
- Condutores de cobre: 20 m de secção 16 mm (painel - regulador), 2 m de secção 4 mm (regulador – bateria), 10 m de secção 25 mm (regulador – caixa de distribuição), 2.5 m de secção 6 mm (caixa de distribuição – sonda) e 10 m (2 x 5 m) de 10 mm (caixa de distribuição – rádio/telefone), respetivamente.

Na procura dos componentes do sistema fotovoltaico, preferiu-se usar produtos nacionais e espanhóis por apresentar qualidade e custo competitivo no mercado.

BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, FMP (2011) *Instalações elétricas prediais e industriais*, PRONATEC, Ceará, disponível em www.ifce.edu.br/pronatec

CARNEIRO, Joaquim, (2009) *Projeto interdisciplinar II - Dimensionamento de sistemas Fotovoltaicos. (sistemas ligados à rede e sistemas autónomos)*, Universidade de Coimbra.

Energia Fotovoltaica – Manual sobre tecnologias, projeto e instalação disponível em www.portal-energia.com

FREITAS, S.S.A. (2008) *Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos*, Instituto Politécnico de Bragança, Dissertação de Mestrado

LEÃO, F. (2003). *Percursos Pedestres no Baixo Vouga Lagunar*. Quercus, Associação Nacional de Conservação Da Natureza, Aveiro.

REIS, J. . (1993). *Memórias da Natureza*. Camara Municipal de Ovar.