

Energia solar como fonte de sistema de bombeamento de água

Solar energy as a source for water pumping system

DOI:10.34117/bjdv8n11-225

Recebimento dos originais: 24/10/2022

Aceitação para publicação: 22/11/2022

Fernando Carvalho Soares

Bacharel em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM, Brasil

E-mail: fernandocarvalhosoares@outlook.com

Ricardo de Lima Lira

Mestre em Engenharia de Produção

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM, Brasil

E-mail: professorricardobrazil@gmail.com

Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro

Bacharel em Engenharia Civil e Segurança do Trabalho

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM, Brasil

E-mail: erikamarquespinheiro@gmail.com

RESUMO

A energia elétrica tem fundamental importância para o desenvolvimento de diversos setores produtivos da economia de um país. Nesse sentido surge a necessidade de uma matriz energética diversificada e com capacidade de crescimento, no Brasil a origem da maior parte da energia elétrica segundo informações do site da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL é oriunda das hidrelétricas somando certa de 60% de toda geração nacional, seguida das fontes eólica 12%, biomassa 9%, gás natural 9% e demais fontes: petróleo, solar, carvão mineral e nuclear. Uma alternativa para não ser dependente apenas de uma fonte e diversificar ainda mais a matriz energética é realizar o investimento em energia solar, por se tratar de uma fonte renovável e pouco utilizada no Brasil, em relação ao resto do mundo. A forma mais comum de converter energia solar em energia elétrica é através da utilização dos módulos fotovoltaicos, geralmente constituídos a base de silício que encontramos em abundância na natureza, com propriedade de realizar o efeito fotovoltaico transformando a radiação solar em energia elétrica.

Palavras-chave: energia solar, desenvolvimento, energia elétrica.

ABSTRACT

Electric energy is of fundamental importance for the development of several productive sectors of a country's economy. In this sense, the need for a diversified energy matrix with growth capacity arises. nationally, followed by wind sources 12%, biomass 9%, natural gas 9% and other sources: oil, solar, coal and nuclear. An alternative to not being dependent on just one source and to diversify the energy matrix even more is to invest in

solar energy, as it is a renewable source and little used in Brazil, compared to the rest of the world. The most common way of converting solar energy into electrical energy is through the use of photovoltaic modules, generally made up of silicon that we find in abundance in nature, with the property of performing the photovoltaic effect, transforming solar radiation into electrical energy.

Keywords: solar energy, development, electricity.

1 INTRODUÇÃO

O uso de energia solar vem se popularizando no mundo, e no Brasil não está sendo diferente, desde 2012 o governo brasileiro por meio de leis e resoluções tem tornado o ambiente favorável, fomentando o mercado para os consumidores e usuários interessados em gerar sua própria energia elétrica com um custo mais acessível.

Para realizar o processo de conversão de energia solar em energia elétrica são utilizadas as células fotovoltaicas, geralmente compostas por silício e outros semicondutores, a união de várias células é chamado de módulo fotovoltaico, quando esse módulo é exposto a radiação solar conforme a incidência de radiação solar os elétrons contidos nos módulos se agitam e produzem a energia elétrica, através do efeito fotovoltaico.

A energia gerada através do efeito fotovoltaico, é totalmente sustentável uma vez que não emite poluentes para o meio ambiente, não emite ruídos, além da possibilidade de sua instalação ser realizada aproveitando espaços como os telhados das residências sendo essa energia oriunda de uma fonte inesgotável que é a energia solar produzida pelo sol.

Este artigo tem como objetivo apresentar um modelo de sistema de microgeração distribuída através de energia solar, sistema esse que é desconectado da rede da distribuidora, para ser utilizado como fonte de sistemas de bombeamento de água para irrigação, em locais que o consumidor não possua acesso a rede da concessionária.

Para melhor entendimento iremos descrever todos os componentes do sistema de energia fotovoltaico assim como os conceitos envolvidos. Dimensionar o sistema com base nos principais critérios utilizados. O modelo recomendado tem a proposta de ser uma aplicação para o usuário gerar sua energia de forma independente, sendo a energia gerada um insumo de produção de custo baixo ao longo do tempo, tornando o produto de sua escolha mais competitivo no mercado.

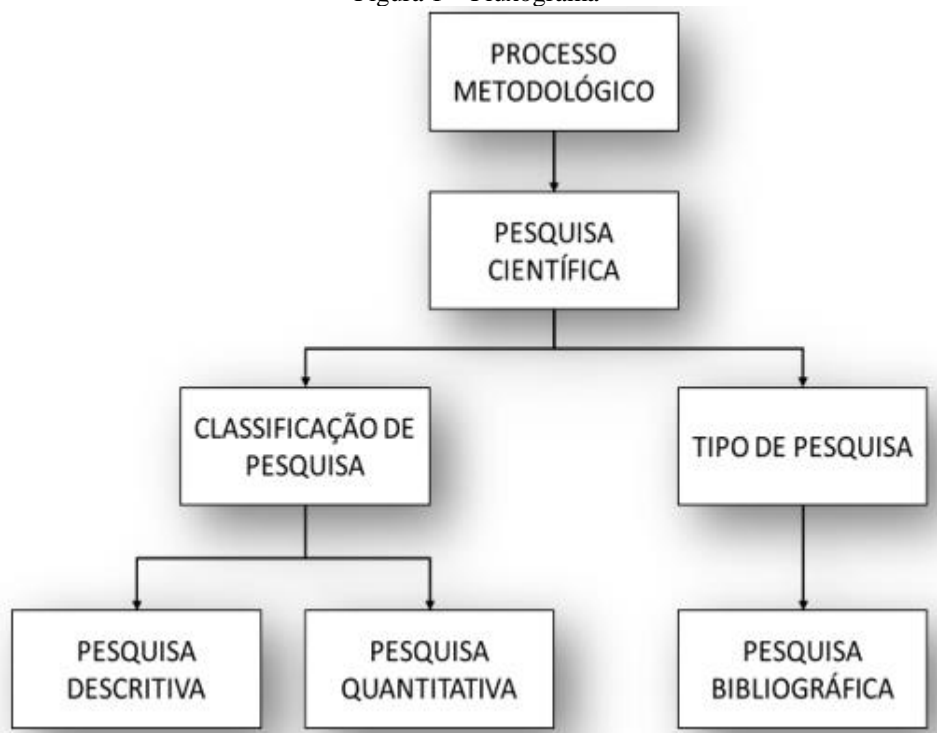
Vamos evidenciar cada etapa do processo inclusive a forma de dimensionar os sistemas no decorrer do artigo.

2 METODOLOGIA

O artigo utilizará como metodologia de pesquisa, a pesquisa quantitativa, pois serão realizados os dimensionamentos e o orçamento para custo de aquisição de todo o modelo de sistema será concebido.

Será realizado pesquisa bibliográfica, pois serão consultadas diversas literaturas que servem como base de ensino de todos os profissionais que desejam atuar na área ou obter conhecimento sobre o assunto.

Figura 1 – Fluxograma



Fonte: Autoria própria

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os sistemas fotovoltaicos podem ter diversas configurações, que variam de acordo com o objetivo de sua aplicação, entretanto alguns equipamentos são básicos para todos os sistemas, são eles os módulos fotovoltaicos, inversores e proteções. A energia gerada pelo sistema se deve a partir de um fenômeno que segundo Pereira e Oliveira (2015), é chamado de efeito fotovoltaico é um fenômeno que transforma a energia luminosa em

energia elétrica recorrendo a células fotovoltaicas. Para entender melhor o sistema é importante estudar todos os componentes dele.

3.2 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS – MÓDULO FOTOVOLTAICO

A célula fotovoltaica através do fenômeno fotovoltaico, tem a capacidade de converter a radiação solar em energia elétrica. O agrupamento de várias células fotovoltaicas, é chamado de módulo fotovoltaico que é composto por material semicondutor, na sua maioria por silício, por ser abundante na natureza e possuir maior capacidade de conversão. Apenas o silício não é o suficiente, sendo assim feita a combinação com outros elementos para criar cargas negativas e positivas para produzir um rendimento maior de conversão. O silício carregado positivamente é então acoplado com o silício carregado negativamente, transformando energia luminosa, proveniente do Sol, em energia elétrica, ou seja, a célula de silício reage com a luz solar produzindo energia elétrica (PORTAL SOLAR, 2022).

Os módulos que podem ser encontrados no mercado podem ser divididos em duas categorias em função do número de células ligadas em série e de sua faixa de potência: módulos de 60 células, com potências de pico entre 240 W e 250 W, e módulos de 36 células, com potências entre 130 W e 140 W. Os últimos são mais indicados para sistemas fotovoltaicos autônomos, por apresentar tensão de saída reduzida, sendo apropriados para sistemas fotovoltaicos de baixa tensão. Já os módulos de 60 células, por apresentarem valores de tensão mais elevados, são impróprios para aplicação em 12 V (tensão de operação de sistemas autônomos), sendo indicados para os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (VILLALVA, 2015).

As células fotovoltaicas são ligadas em série para criar um circuito de acordo com a configuração desejada, o circuito é conectado geralmente atrás do módulo onde existe uma caixa de ligação.

3.3 INVERSORES

Existem diversos tipos de inversores, no caso de sistemas fotovoltaicos o inversor utilizado é um equipamento eletrônico capaz de converter a energia contínua recebida da sua fonte de geração, os módulos fotovoltaicos, em energia alternada, tipo de energia essa que alimenta a maioria das cargas do nosso cotidiano. O inversor além da sua função principal ele possui vários sistemas de proteções e medições integrados. São diversos os

tipos de inversores disponíveis no mercado, com várias faixas de tensões de entrada, como de saída.

São utilizados basicamente dois tipos, os inversores para sistemas que são os conectados à rede da distribuidora de energia local, e os desconectados, geralmente utilizados em áreas sem acesso à energia elétrica. No início de 2022, foi autorizado no Brasil um terceiro tipo de inversor, o inversor híbrido, podendo ser utilizado em sistemas conectados à rede da distribuidora permitindo mais de um tipo de fonte de energia e na ausência da energia da distribuidora, funcionar normalmente desconectando da rede, fornecendo a energia normalmente de maneira segura, podendo haver a utilização de armazenamento de carga ou não (uso de banco de baterias).

Geralmente os inversores são instalados em locais abrigados do sol, do calor e do contato com a água para prolongar o máximo possível a sua durabilidade. A escolha do modelo de inversor deve ser baseada no mínimo nas seguintes características:

Tensão de entrada CC: relacionada à tensão nominal de entrada do inversor e consequente potência nominal fornecida por este às cargas CA.

Tensão de saída CA: é a tensão fornecida em corrente alternada, que pode ter um valor fixo ou ajustável com uma chave seletora.

Regulação de tensão: define a variação relativa, expressa em porcentagens, da amplitude da tensão de saída do inversor durante o consumo de energia.

Frequência de saída: determina a frequência da tensão de saída do inversor em forma de corrente alternada.

Forma de onda de saída: a forma da onda geralmente caracteriza o tipo de inversor e de tensão alternada que este produz.

Potência nominal: é o valor de potência que o inversor tem capacidade de prover em operação normal.

Potência máxima: define a potência que o inversor fornece em situações de sobrecarga, superior à potência nominal, por um curto período.

Eficiência: indicada em porcentagem e fornecida pelo fabricante, é a relação entre a potência de saída e de entrada do inversor e varia com o tipo de carga.

Distorção harmônica: mede a pureza da tensão alternada fornecida pelo inversor, tomando como base uma onda senoidal pura.

Taxa de utilização: número de horas que o inversor pode fornecer energia operando com potência máxima.

Proteção de curto-circuito: impede a danificação dos equipamentos receptores da energia elétrica em caso de curto-circuito.

Proteção de reversão de polaridade: presente em alguns modelos de inversor, impede a ocorrência de danos aos equipamentos no evento de uma inversão de polaridade acidental.

Os inversores de potência até 10 kW utilizados no Brasil são inspecionados ou avaliados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, órgão que certifica os equipamentos de acordo com parâmetros pré-definidos, entretanto existe o uso de inversores com potência maiores que 10 kW, para esse tipo de inversor é solicitado pelas concessionárias que estejam de acordo com as normas internacionais, para garantir a segurança do usuário e o operador da rede.

Por fim, é importante lembrar dos inversores interativos com a rede, que podem agir como controladores de carga em sistemas híbridos ou sistemas que usam a energia fotovoltaica apenas como fonte de energia de emergência, realizando o carregamento do banco de baterias no período em que o sistema atua de forma regular e alimentando os consumidores.

3.4 CONTROLADORES DE CARGA

Os controladores de carga são instalados entre os módulos fotovoltaicos e as baterias de armazenamento, são usados para controlar a voltagem de entrada evitando sobrecargas ou descargas em excesso, otimizando a vida útil da bateria, os módulos fotovoltaicos captam energia de acordo com a intensidade da radiação, provocando variações na bateria, para resolver esse problema se utiliza os controladores.

Controladores de carga, são conhecidos também como reguladores de carga, são equipamentos que estabelecem a conexão entre os módulos fotovoltaicos e as baterias empregadas no sistema, evitando assim tanto sobrecargas como afundamentos das baterias, conseqüentemente, aumentando o tempo de vida útil da bateria. O controlador de carga deve ser ajustado de acordo com os parâmetros estabelecidos pelo responsável técnicos e recomendações do fabricante.

Alguns reguladores de tensão, possuem mais tecnologias de possuir até sinais sonoros quando o sistema está fora dos parâmetros estabelecidos de modo a evitar qualquer problema ou irregularidade com o sistema. Para proteger o sistema de sobrecargas e descargas excessivas, o controlador monitora a tensão nos terminais das

baterias e desconecta os módulos do sistema, quando a bateria atinge seu nível máximo, podendo interromper o consumo do sistema quando a bateria atinge um nível crítico de carga, como citado anteriormente impedindo que a vida útil das baterias seja comprometida.

A conexão do módulo com a bateria é feita pelo próprio circuito interno do controlador, e de nenhuma forma esta deve ser conectada diretamente às placas fotovoltaicas. Da mesma forma, a conexão dos consumidores (inversor ou diretamente aos aparelhos) também deve ser feita ao controlador, permitindo o funcionamento do sistema de proteção de descargas excessivas.

Além dos controladores convencionais (com chave série ou paralela), que executam apenas as funções de ligar e desligar o módulo da bateria (quando se encontra completamente carregada) e o(s) consumidor(es) do sistema (quando o nível de carga da bateria se encontra muito baixo), os controladores também podem ser do tipo eletrônico PWM (Pulse Width Modulation – modulação de largura de pulso, com transistores e circuitos eletrônicos que permitem um controle mais preciso da abertura e fechamento das chaves, além de também possuir um microprocessador que atua de forma a carregar a bateria respeitando seu perfil de carga) e do tipo eletrônico com PWM e MPPT (Maximum Power Point Tracking – rastreamento do ponto de máxima potência, que além de apresentarem todos os recursos dos modelos comuns, também possibilita que o módulo fotovoltaico opere sempre em seu ponto de máxima potência, otimizando a geração de energia) (VILLALVA, 2015).

3.5 BATERIAS – ACUMULADORES

Para o armazenamento de energia dos sistemas fotovoltaicos, quando ocorre dias nublados, chuvosos, ou em um sistema isolado são necessários controladores de cargas e baterias, em sistemas conectados à rede elétrica o funcionamento dispensa a necessidade de baterias, salvo quando utilizam inversores híbridos com a capacidade de conexão do banco de baterias, como fonte de emergência.

A bateria é um elemento essencial para sistemas fotovoltaicos isolados. Permitindo o armazenamento de energia elétrica, quando produzida imensa energia durante o dia que não é consumida. A um conjunto de acumuladores ligados em série chamamos de bateria de acumuladores ou banco de baterias.

A bateria é um equipamento eletroquímico para se armazenar energia elétrica na forma de energia química. Uma bateria pode ser constituída por uma ou mais células, e cada uma delas é formada por duas meias células conectadas em série. Uma meia célula contém o ânodo e um eletrólito, enquanto a outra contém o cátodo e um eletrólito. Os eletrólitos podem ser sólidos ou líquidos, podendo ser comuns às duas meias células separadas por uma membrana com permeabilidade seletiva para determinados íons. Quando a bateria é recarregada átomos ativos do ânodo são ionizados e se deslocam para o cátodo através do eletrólito, e os elétrons que são liberados se movimentam em direção ao cátodo por meio de um circuito externo. No cátodo, os íons e elétrons são recombinados através das reações de oxidação-redução.

Bancos de baterias podem ser agrupados em série ou paralelo no sistema, de acordo com os objetivos pretendidos para o fornecimento de energia. Assim como já descrito anteriormente para a associação de placas fotovoltaicas, o agrupamento de baterias em série permite a obtenção de tensões maiores, já que a tensão resultante da associação é a soma das tensões individuais das baterias. Por sua vez, a associação em paralelo resulta em uma tensão final igual à tensão individual das baterias agrupadas, enquanto a corrente final é a soma das individuais, o que é adequado para sistemas em que correntes maiores são esperadas. Claramente, se o objetivo do sistema for a obtenção tanto de tensões maiores quanto de correntes maiores que aquelas fornecidas por uma bateria individual, é possível a associação conjunta em série e paralelo de baterias (VILLALVA, 2015).

Baterias eletroquímicas, também conhecidas como acumuladores eletroquímicos, podem ser classificadas em duas categorias: baterias primárias e secundárias. Enquanto as primárias são aquelas que devem ser descartadas após seu uso (e consequente esgotamento de seus reagentes), as secundárias podem ter uma corrente elétrica aplicada em seus terminais que, revertendo as reações responsáveis pela geração de energia elétrica, permitem que a bateria seja recarregada, podendo assim ser reutilizada. Sistemas fotovoltaicos se utilizam sempre de baterias secundárias (SEGUEL, 2009).

Dentre os diversos tipos de baterias existentes no mercado, as baterias de chumbo-ácido são as mais utilizadas, devido a sua melhor relação custo-benefício. Essas baterias podem ser de ácido líquido ou em gel, sendo seladas (não requerem adição de água) ou abertas (VILLALVA, 2015).

Alternativas de baterias são as de níquel-cádmio ou de níquel-metal-hidreto. As baterias de níquel-cádmio podem suportar descargas maiores e possuem maior vida-útil. Entretanto, apresentam alto custo e baixa disponibilidade no mercado, fazendo com que sejam mais recomendadas para sistemas isolados que exigem alta confiabilidade, mas possuem difícil acesso para manutenção.

Apesar de baterias do tipo chumbo ácido estacionária apresentarem semelhanças com baterias automotivas, estas últimas não devem ser utilizadas para aplicações fotovoltaicas, já que foi projetada para fornecer uma grande intensidade de corrente elétrica por curtos períodos, se descarregando rapidamente durante o acionamento do motor do automóvel. Para que seja possibilitado o fornecimento dessa alta corrente elétrica, a bateria é constituída por placas finas de chumbo mergulhadas em ácido, de forma a contar com uma grande área superficial, que permite rápidas reações químicas na descarga da bateria. A passagem da corrente por essas placas por um tempo muito prolongado acaba gerando seu deslocamento, danificando a bateria.

Por isso, para usos por longos períodos, assim como é exigido em instalações fotovoltaicas, são indicadas baterias com placas metálicas mais grossas, que fornecem correntes constantes e de intensidades mais baixas por longos períodos. Essas baterias, estacionárias, são projetadas para serem descarregadas completamente várias vezes, diferentemente das automotivas, além de possuir uma menor taxa de autodescarga, preservando a carga por mais tempo quando a bateria não está em uso (VILLALVA, 2015).

A durabilidade de bateria é determinada pelo número de ciclos de carga e descarga que ela pode realizar, sendo bastante influenciada por sua temperatura de operação e armazenamento.

4 MODELO DO SISTEMA

De acordo com as Resolução Normativa 1.000 de 2021 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, existem duas formas de aplicação de energia solar desconectado da rede, são definidas como Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica – MIGDI e Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente – SIGFI. Para este artigo iremos focar no SIGFI, pois o sistema será a base de energia renovável e irá atender apenas um único consumidor, o modelo irá atender apenas o sistema de bombeamento de água.

Para os sistemas de energia solar isolados, deve ser verificado a menor incidência de sol mensal do ano para o local, essas informações podem ser encontradas em diversas base de dados, foi escolhido a fonte de informação o site da CRESESB – Centro de Referência par as Energias Solar e Eólica de Sérgio de Salvo Brito.

4.1 LEVANTAMENTO DE CARGA

O levantamento de carga, deve ser realizado para definir as especificações dos equipamentos que serão dimensionados. Para o modelo dimensionado será para alimentar apenas uma bomba DC.

Modelo: 3TPSC4-35-24-300

Potência: 300 W;

Tensão: 24 V;

Profundidade máxima: 35 m;

Fluxo máximo: 4 m³/h;

Figura 2 - Bomba modelo 3TPSC4-35-24-300



Fonte: Catálogo Solar Water Pump

4.2 DIMENSIONAMENTO BANCO DE BATERIA

Para este dimensionamento deve ser considerado a necessidade que o sistema deve possuir de trabalhar de forma autônoma, ou seja, sem ser recarregado. No modelo sugerido irá alimentar apenas carga de corrente contínua, com a necessidade de autonomia de 3 dias por 4h/dia.

- **Consumo total (Wh/dia):** Levantamento de consumo;
- **Autonomia (dias):** Deve ser considerando um período sem insolação de 3 a 5 dias de acordo com o clima local e a confiabilidade desejada. Será considerado 3 dias;
- **Tensão da bateria:** Tensão para sistemas isolados geralmente são de 12V ou 24V. Será utilizada baterias de 12 V de forma mista, em série e paralelo.

- **Profundidade da descarga** - Descarga mais profunda significa vida útil menor para a bateria, e menos profunda um investimento inicial maior. Será considerado a descarga de até 60%.

O cálculo para dimensionamento é dado por:

$$Capacidade(Ah) = \frac{\left(Consumo\ total\ \left(\frac{Wh}{dia}\right) * Autonomia\ (dias)\right)}{(Tensão\ da\ Bateria\ (V) * Profundidade\ de\ Descarga\ (pu))}$$

$$Capacidade\ (Ah) = \frac{(1200 * 3)}{24 * 0,6}$$

$$Capacidade\ (Ah) = 250\ Ah$$

Bateria escolhida: Bateria Estacionária 220Ah Moura Clean-12MF220

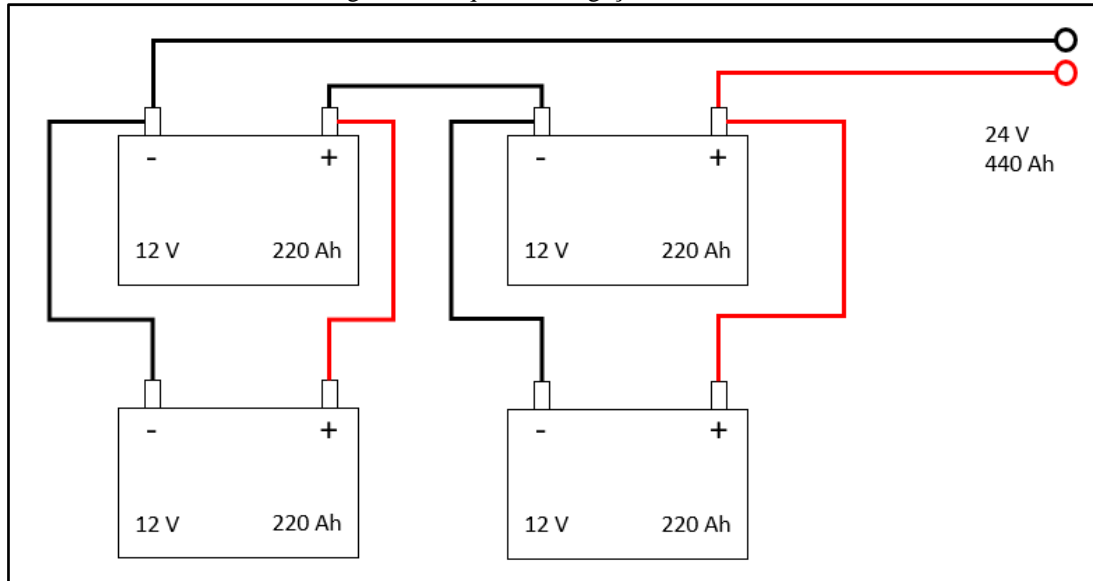
Figura 3 – Dados da bateria

Modelo	12MF36	12MF45	12MF55	12MF63	12MF80	12MF105	12MF150	12MF220
Tensão Nominal (V)	12	12	12	12	12	12	12	12
Capacidade a 25°C (Ah)	10h-1,75V/Elem	32	41	50	57	72	94	135
	20h-1,75V/Elem	36	45	55	63	80	105	150
	100h-1,75V/Elem	40	50	60	69	87	115	165
Dimensões (mm)	Comprimento	212	212	242	282	330	330	509
	Largura	175	175	175	175	172	172	211
	Altura	175	175	175	175	244	244	246
Peso (Kg)	10,5	11,5	13,5	16,4	22,0	25,5	44,0	56,2
Posição dos Terminais	-		+		+		-	
Acessórios	Parafusos, aruelas e porcas sextavadas em aço inox							
Tensão de Flutuação (V)	13,20 - 13,38 a 25°C (2,20 - 2,23 p/ elemento)							
Tensão de Equalização (V)	14,16 - 14,40 a 25°C (2,36 - 2,40 p/ elemento)							
Compensação de Temperatura	-0,33 V para cada 10°C acima de 25°C							
	+0,33 V para cada 10°C abaixo de 25°C							

Fonte: Site da fabricante Moura

Para alimentar a carga, serão utilizadas 4 baterias de 12V, 220 Ah, considerando um afundamento de 60% com esquema de conexão de forma mista, paralelo-série, conforme figura abaixo:

Figura 4 - Esquema de ligação das baterias



Fonte: Autoria própria

4.3 GERADOR FOTOVOLTAICO

Para poder gerar a quantidade de energia ativa que será consumida diariamente é necessário levantar a potência do gerador (P_{ger}) que atenderá essa demanda.

Será considerado a média de 4,32h/dia o valor de HPS, conforme consultado no banco de dados da CRESESB – Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito.

Figura 5 - Dados de HPS Manaus

Cálculo no Plano Inclinado																
Estação: Manaus Município: Manaus, AM - BRASIL Latitude: 3,101° S Longitude: 60,049° O Distância do ponto de ref. (3,134127° S; 60,019275° O): 5,0 km																
#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	3,95	4,02	4,04	3,83	3,88	4,39	4,43	4,93	4,89	4,78	4,63	4,12	4,32	1,10
✓	Ângulo igual a latitude	3° N	3,89	3,98	4,04	3,86	3,94	4,49	4,52	5,00	4,90	4,74	4,56	4,05	4,33	1,14
✓	Maior média anual	4° N	3,87	3,97	4,03	3,87	3,96	4,52	4,55	5,02	4,90	4,73	4,53	4,02	4,33	1,16
✓	Maior mínimo mensal	4° N	3,87	3,97	4,03	3,87	3,96	4,52	4,55	5,02	4,90	4,73	4,53	4,02	4,33	1,16

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Manaus–Manaus, AM–BRASIL
3,101° S; 60,049° O

Fonte: Site CRESESB

A equação que define a potência necessária ao gerador é dada por:

$$P_{ger} = \left(\frac{C}{HSP * Red1 * Red2} \right)$$

Onde:

P ger – Potência de geração;

C - Carga consumida (Wh/dia);

HPS – Horas de sol pleno;

Red1 – Rendimento do sistema (75%);

Red2 – rendimento agregado de todos os componentes (90%);

$$P_{ger} = \left(\frac{1200}{4,32 * 0,75 * 0,9} \right)$$

$$P_{ger} = \left(\frac{1200}{4,32 * 0,75 * 0,9} \right)$$

$$P_{ger} \approx 548,70 \text{ Wp}$$

O modulo escolhido foi Painel Solar Policristalino de 330 Wp modelo ODA330-30-p, fabricante OSDN.

Figura 6 – Especificações técnicas do modulo

Especificações	
* STC: Irradiação 1000 W/m2, AM 1.5, Gand Temperatura da Célula a 25°C	
Potência de Pico (Pmax)	330.00
Tensão em Potência Máxima (Vmp)	37.26
Corrente em Potência Máxima (Imp)	8.86
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	44.72
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	9.57
Eficiência da Célula (%)	18.65
Eficiência do Modulo (%)	16.97

Fonte: Datasheet do fabricante

Para atingir a potência necessária, será dimensionado 2 módulos em paralelo.

4.4 CONTROLADOR DE CARGA

Para definir o controlador de carga, necessita-se calcular a corrente do lado do gerador fotovoltaico e a corrente do lado da carga. Sendo a corrente do lado da carga é a mesma corrente da bomba d'água de 12,5 A.

Para o gerador fotovoltaico, considerando a corrente de circuito aberto (Isc), na formula a seguir:

$$\text{Corrente do painel} = I_{sc} (A) * \text{número de módulos em paralelo}$$

$$\text{Corrente do painel} = 9,57 * 2$$

$$\text{Corrente do painel} = 19,14$$

O equipamento escolhido foi o Controlador de Carga MPPT 40A 12/24/36/48V - Epever XTRA 4415N, capaz de suportar todas as especificações do gerador fotovoltaico, do banco de bateria, e da carga.

Figura 7 - Especificações técnicas do Controlador de Carga MPPT 40A 12/24/36/48V - Epever XTRA 4415N

Item	XTRA 1206N	XTRA 2206N	XTRA 1210N	XTRA 2210N	XTRA 3210N	XTRA 4210N	XTRA 3215N	XTRA 4215N	XTRA 3415N	XTRA 4415N
System nominal voltage	12/24VDC ^① Auto								12/24/36/48VDC ^① Auto	
Rated charge current	10A	20A	10A	20A	30A	40A	30A	40A	30A	40A
Rated discharge current	10A	20A	10A	20A	30A	40A	30A	40A	30A	40A
Battery voltage range	8~32V								8~68V	
Max. PV open circuit voltage	60V ^② 46V ^③		100V ^② 92V ^③				150V ^② 138V ^③			
MPP voltage range	(Battery voltage +2V)~36V		(Battery voltage +2V)~72V				(Battery voltage +2V)~108V			
Max. PV input power	130W/12V 260W/24V	260W/12V 520W/24V	130W/12V 260W/24V	260W/12V 520W/24V	390W/12V 780W/24V	520W/12V 1040W/24V	390W/12V 780W/24V	520W/12V 1040W/24V	390W/12V 780W/24V 1170W/36V 1560W/48V	520W/12V 1040W/24V 1560W/36V 2080W/48V
Max. conversion efficiency	97.9%	98.3%	98.2%	98.3%	98.6%	98.6%	98%	98.1%	98.3%	98.5%
Full load efficiency	97%	96.7%	96.2%	96.4%	96.6%	96.5%	95.9%	95.6%	97.3%	97.2%
Self-consumption	≤14mA(12V) ≤15mA(24V)		≤35mA(12V) ≤22mA(24V)				≤35mA(12V) ≤22mA(24V) ≤16mA(36V) ≤16mA(48V)			
Discharge circuit voltage drop	≤0.23V									
Temperature compensate coefficient ^④	-3mV/°C/2V (Default)									
Grounding	Common negative									

Fonte: Datasheet do fabricante

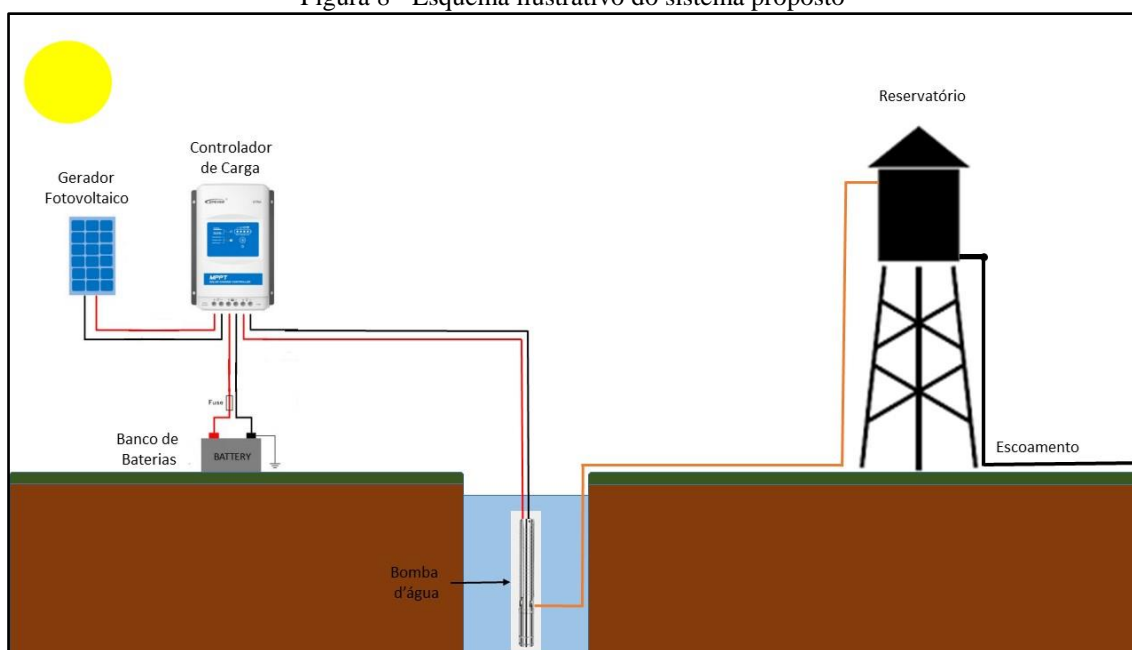
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil o incentivo para os consumidores gerarem sua própria energia através de energia solar se iniciou em 2015, apesar do crescimento estar acelerado o percentual de energia solar em relação a outras fontes de energia é pequeno.

Com o avanço da tecnologia nos equipamentos utilizados e acesso de outros consumidores, as aplicações de energia solar se tornam cada vez maiores, sendo uma delas a utilização como alternativa de fonte de energia nas áreas urbanas, onde os sistemas são instalados na superfície dos imóveis, e até mesmo onde não há o fornecimento de energia pela concessionária do estado.

Com o sistema proposto foi na contramão dos sistemas mais comuns, sendo uma aplicação que é possível abordar sobre os conceitos que envolvem a geração de energia, e dimensionar uma aplicação onde não há acesso ao fornecimento de energia, na figura abaixo é possível demonstrar um esquema do projeto dimensionado.

Figura 8 - Esquema ilustrativo do sistema proposto



Fonte: Autoria própria

Para futuros trabalhos que venham a ser desenvolvidos com base nesse artigo, sugiro a construção do protótipo, sendo possível respeitar o dimensionado realizado, ou até mesmo fazendo um sistema mais robusto.

REFERÊNCIAS

ANEEL, 2022. Resolução Normativa Nº 1.000, de 7 de Dezembro de 2021. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.pdf>>. Acessado em 25 de Setembro de 2022, às 14:45h.

ANEEL, 2022. Sistema de Geração de Informação ANEEL. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOiR9>>. Acesso em 27 de agosto de 2022, às 19:20h.

CRESESB, 2022. Centro de Referência em Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acessado em 16 de outubro de 2022, às 20:40h.

FIGUEIRA, F.F. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede para alimentar a sala de computação da Escola Municipal Tenente Antônio João. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. TCC (Curso de Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

MAUAD, F. F.; FERREIRA, L. C.; GUIMARÃES, T. C. Energia Renovável no Brasil: Análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras. São Carlos: EESC/USP, 2017.

PEREIRA, F. A. S.; OLIVEIRA, M. A. S. Curso Técnico Instalador de Energia Solar Fotovoltaica. 2ª Edição. Porto: Publindústria, 2015

PORTAL SOLAR. Como funciona o painel solar fotovoltaico. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em 11 de setembro de 2022, às 16:40h.

SEGUEL, J. I. L. Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital. Dissertação Mestrado. Belo Horizonte: UFMG, 2009.

VERA, L. H. Programa computacional para dimensionamento e simulação de sistemas fotovoltaicos autônomos. Dissertação Mestrado. Porto Alegre: UFRS, 2004.

VILLALVA, M.G. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 3.ed. São Paulo: Érica, 2015.