

PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA UTILIZANDO MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PARA UMA UNIDADE HABITACIONAL LOCALIZADA EM PRINCESA ISABEL - PB

Laíse Ramonny Nunes de Oliveira ¹

Larissa Freitas Farias ²

Jabes Melquíades Araújo ³

Pablo Diego Pinheiro de Souza ⁴

RESUMO

Por questões de disponibilidade de água subterrânea em detrimento à grande seca que a região tem enfrentado nos últimos anos, a utilização de energia limpa se mostra como uma ótima alternativa de investimento, principalmente por apresentar uma vida útil consideravelmente grande. Assim, o presente estudo tem como objetivo propor a utilização de módulos fotovoltaicos como fonte de energia para um sistema de captação de água subterrânea para uma pequena unidade habitacional localizada na cidade de Princesa Isabel, alto sertão paraibano. O sistema proposto consegue abastecer a demanda diária da habitação e, ainda, gerar um excedente para ser armazenado para os dias que não houve irradiação, podendo manter a unidade abastecida por até dois dias sem reabastecer. O sistema mostra-se muito flexível, podendo ser empregado para uma população de até 96 habitantes.

Palavras-chave: Bombeamento de água, energia solar, captação de água.

INTRODUÇÃO

Em muitas regiões do Brasil, principalmente no Nordeste, populações inteiras vivem com uma grande carência de água, impedindo seu desenvolvimento econômico e mantendo sua condição de miséria e de doença. Na época de seca, rios e córregos secam, as fontes de água ficam distantes e essas populações têm que percorrer grandes distâncias para buscar água para o próprio consumo, muitas vezes água de baixa qualidade (ALVARENGA, 2019).

O aproveitamento das águas subterrâneas para o abastecimento público pode oferecer soluções simples e de grande viabilidade técnica e econômica, principalmente no

¹ Graduando do Curso de Engenharia de Petróleo da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, laise.ramonny@gmail.com;

² Mestrando do Curso de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, larissafreitasfarias@gmail.com;

³ Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental - PPGECA - Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campus Campina Grande, jabesmelquiades@gmail.com;

⁴ Doutor, Universidade Federal de Campina Grande - PB, pablo@uaepetro.ufcg.edu.br

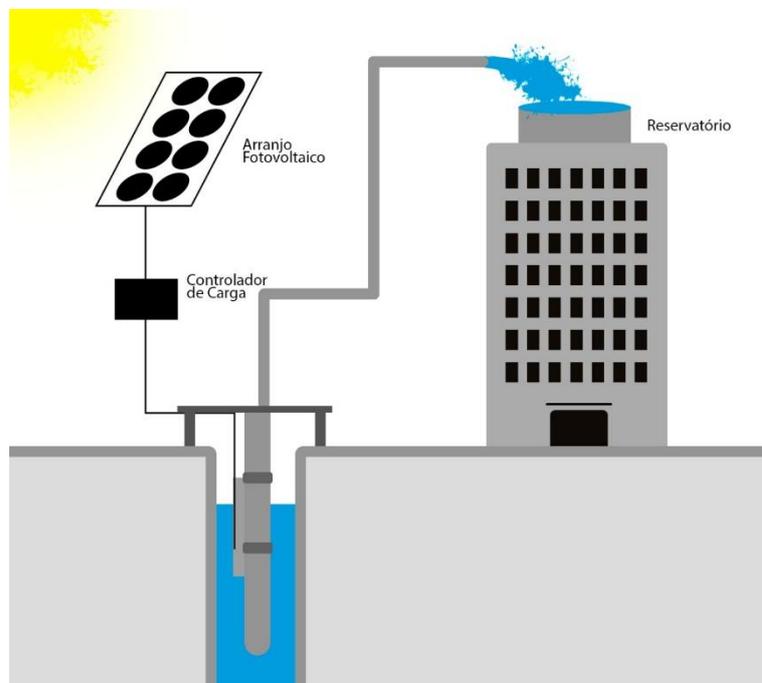
abastecimento de pequenas comunidades e núcleos populacionais de zona rural, pois a captação de água subterrânea subsuperficiais, por poços rasos, drenos e as aflorantes são de fácil implantação, operação, manutenção e baixo custo de construção (HELLER e PÁDUA, 2010).

Existem diversas alternativas de tecnologias para realizar o bombeamento de água subterrânea a partir de outras fontes de energia que não aquela gerada por hidrelétricas, entre estas, a bomba manual, a bomba acionada com motor diesel ou a gasolina e a bomba fotovoltaica (ALVARENGA, 2019)

O uso de sistemas de bombeamento acionados por módulos fotovoltaicos é, hoje, uma realidade. Esses sistemas são eficientes, confiáveis, necessitam de pouca manutenção e resolveram o problema de abastecimento de água dessas comunidades com um custo relativamente baixo (ALVARENGA, 2019)

A figura 1 mostra um esquema de como seria a implantação de um sistema de bombeamento utilizando a energia fotovoltaica como fonte de energia para um prédio residencial.

Figura 1. Desenho esquemático do sistema de bombeamento utilizando energia fotovoltaica.



Fonte: Acervo do autor.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2008), o Brasil é um dos países que apresenta uma grande intensidade de radiação solar em toda a sua

extensão, o que torna bastante importante utilizarmos esse potencial como fonte alternativa para geração de energia elétrica. Conforme Gastaldi, Souza e Mesquita (2004), os maiores índices de radiação solar são observados na Região Nordeste, com evidência no Vale do São Francisco, onde a média anual é de aproximadamente 6 kWh/m².dia.

A tecnologia fotovoltaica apresenta vantagens em vários aspectos, iniciando pelo fato de o recurso solar ocorrer em todo o globo terrestre, sendo sua utilização uma questão solucionável mediante dimensionamento. Além disso, não requer grandes gastos permanentes, bem como não emite gases poluentes ou ruídos. Trata-se de uma tecnologia consolidada tecnicamente, de alta confiabilidade e com uma vida útil do gerador de mais de 20 anos (NOGUEIRA *et al.*, 2013).

As bombas solares são preferencialmente utilizadas para atender demanda de pequenas vazões de água, tal como as requeridas por pequenas unidades habitacionais, de 100 a 1.000 habitantes, e para o atendimento de necessidades agrícolas moderadas (FRAIDENRAICH e VILELA, 1999).

Outro aspecto muito favorável dessa aplicação, refere-se à possibilidade de armazenamento da água bombeada em vez do armazenamento da eletricidade produzida pelos módulos fotovoltaicos. Isso diminui a importância de um grande fator limitante do uso da energia solar, que é sua variabilidade no tempo e a necessidade de sistemas de armazenamento para tê-la de forma contínua. Os reservatórios de água substituem as baterias elétricas a um custo muito menor (ALVARENGA, 2019).

O sistema de bombeamento interligado a um gerador solar funciona quando há radiação solar incidindo nas placas, pois, comumente, não há uso de baterias, assim como, também, não haverá bombeamento em períodos nublados ou chuvosos. A quantidade de água que é bombeada depende também da posição do sol em relação às placas, assim como o quanto de irradiação direta chega até elas, sendo esse o parâmetro de maior influência na vazão de água durante o dia. Quando o dia está claro e sem nuvens, a vazão bombeada é máxima próxima ao meio dia, quando o sol está a pino. O bombeamento na capacidade máxima só ocorre durante alguns poucos momentos do dia, por isso, normalmente, a presença de um reservatório de água com volume adequado é necessária. E é, também, por isso que se especifica a capacidade do sistema de bombeamento solar em m³/dia (ou litros/dia) e não m³/hora (ou litros/hora) como nos sistemas convencionais (ALVARENGA, 2019).

O município de Princesa Isabel, cidade de 23345 habitantes, localizada na região do alto sertão do estado Paraíba, apresenta como seu principal reservatório de água o açude

Jatobá II, com capacidade de armazenamento de cerca de 6.487.200 m³. Conforme pode ser observado na Figura 2, no ano de 2011 houve uma recarga de água no reservatório que fez com que este se aproximasse de seu limite superior, seguido, nos anos seguintes, de um esvaziamento, pois, praticamente, não houve recarga. Em meados de 2015, o reservatório foi esvaziado totalmente.

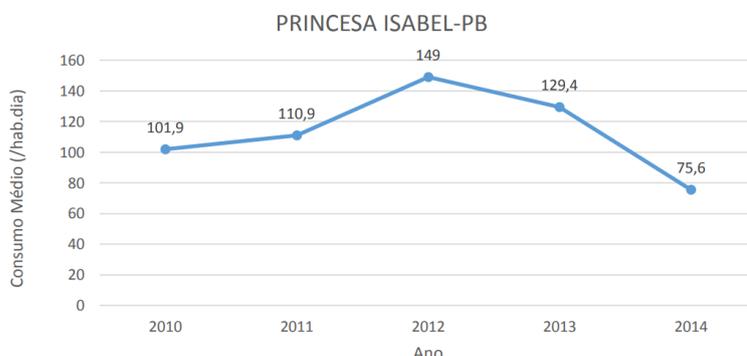
A Figura 3 apresenta o consumo de água *per capita* pela população de Princesa Isabel no período de 2010 a 2014. Percebe-se que ocorreu um pico de consumo no ano de 2012, 149 litros/hab.dia, ano que sucede a grande recarga no reservatório Jatobá II, reservatório com capacidade de 6.487.200 m³. A maior variação de consumo se deu no ano de 2014 em relação a 2013, de 129,4 para 75,6 litros/hab.dia, quando o reservatório atinge seu volume mais baixo ao longo da série de anos.

Figura 2: Evolução do volume de água armazenada no Açude Jatobá II nos anos de 2006 a 2016.



Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.

Figura 3: Consumo médio per capita do município de Princesa Isabel.



Fonte: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é propor um sistema de captação de água utilizando módulos fotovoltaicos, apresentando sua viabilidade econômica para uma pequena unidade habitacional localizada no município de Princesa Isabel - PB.

METODOLOGIA

Para se realizar o dimensionamento do sistema para a unidade habitacional selecionada, foram feitas algumas considerações. Os parâmetros utilizados para dimensionamento das vazões do sistema de abastecimento de água foram:

- A unidade habitacional é um apartamento de três andares (aprox. 10 m de altura), formado por 12 unidades residenciais, cada uma com quatro habitantes;
- Foi considerado que o consumo de água para atividades do prédio (limpeza, regar plantas, banheiros comuns, etc.) corresponde a uma unidade habitacional. Sendo assim, um total de 13 unidades foi considerada, correspondendo a uma população de 52 habitantes.
- Regime de consumo: 24 h/dia;
- Regime de produção máximo: 6 h/dia;
- Consumo *per capita*: 114 l/hab.dia (média aritmética do consumo per capita de 2010 a 2014, desprezando o maior e o menor consumo, de acordo com Andrade, 2015);
- Coeficiente do dia de maior consumo $K_1 = 1,2$ (20% a mais do consumo médio);
- Considerou-se um reservatório localizado a uma profundidade média de 45 metros opere com nível dinâmico de 30 metros e estático de 15 metros de profundidade.
- Considerou-se que o reservatório se localizado no telhado do condomínio, a uma altura de 10 metros do solo;
- Horizonte de projeto: 20 anos;
- Índice de atendimento: 100%.

Para a determinação da vazão média máxima por dia utilizou-se a Equação 1, segundo Heller e Pádua (2010):

$$Q_{DMC} = Q_{D.MED} \cdot K_1 \cdot P \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

Q_{DMC} : Vazão média do dia de maior consumo;

$Q_{D.MED}$: Vazão média por habitante;

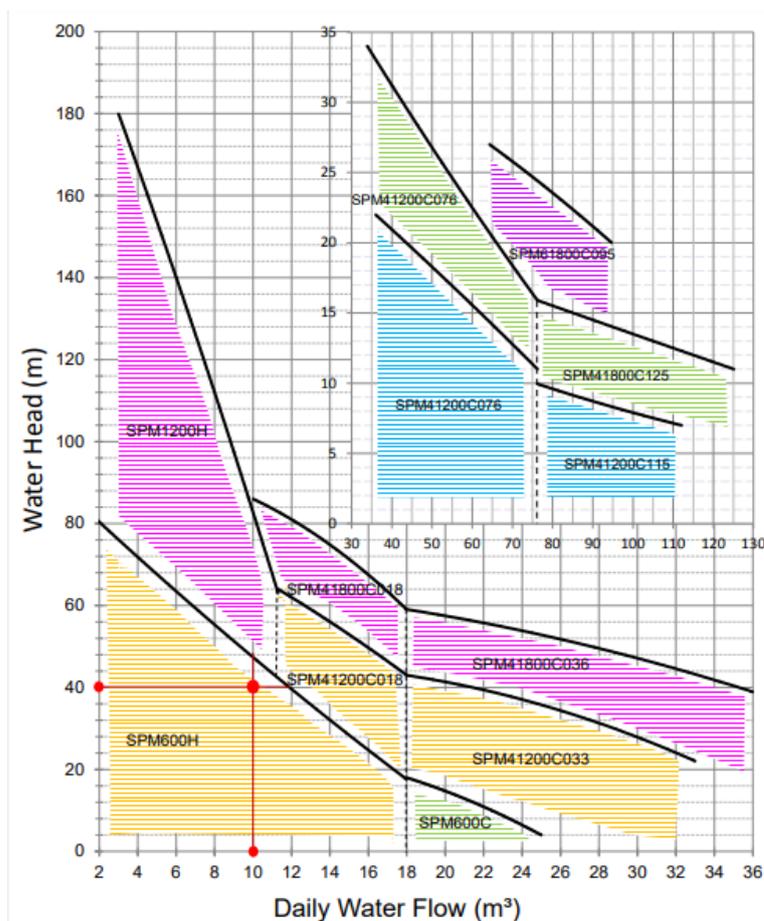
K_1 : variação máxima no consumo;

P: População no ano de interesse de abastecimento;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da Equação 1, considerando vazão média por habitante (114 l/hab.dia), variação máxima no consumo (1,2) e a população da unidade selecionada (52 habitantes), foi possível determinar a vazão total necessária para abastecer todo o condomínio em 7113,6 l/dia ou 7,113 m³/dia.

Figura 3: Relação entre bombas do fabricante de acordo com a vazão projetada e o head.



Fonte: Neo Solar

A seleção do sistema foi feita dentre aqueles fornecidos pelo fabricante Neo Solar, pois estes disponibilizam de fácil acesso os equipamentos necessários para operar, baseado na altura de elevação (*head*) e na vazão de água. A Figura 3 apresenta uma relação entre bombas do fabricante, de acordo com a vazão projetada e o *head*, as quais são geradas a partir das perdas de cargas localizadas por trecho.

A partir dos dados de vazão e de altura de elevação, selecionou-se o Kit Bomba Solar Solartech SPM600H, o qual apresenta as especificações apresentadas no Quadro 1. A Tabela 1 exibe as especificações técnicas da bomba selecionada para atender as necessidades do condomínio.

Quadro 1: Especificações do Kit Bomba Solar SPM600H.

Bomba	Painel	Head (m)	Vazão (l/dia)	Diâmetro da Bomba	Diâmetro de saída
SPM600H	3 Painéis Fotovoltaicos de 280Wp	80 – 18	2.000 - 18.000	4"	(25 mm)

Fonte: Neo Solar.

Tabela 1: Especificações da bomba

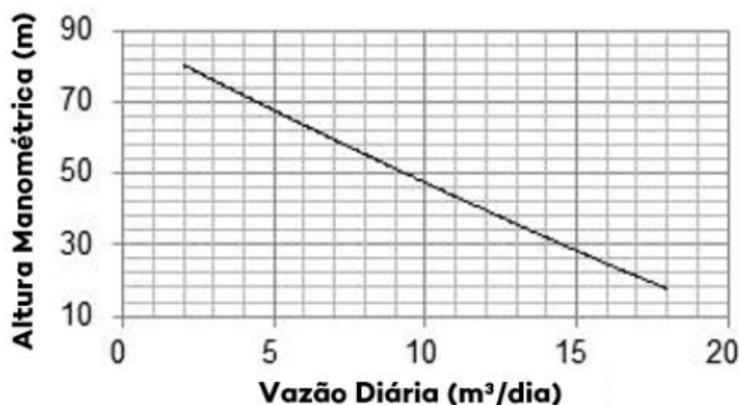
Bomba	Helicoidal 48V 110Hz
Diâmetro Saída Bomba	25 mm, 1"
Diâmetro Adaptação Poço	125 mm
Modelo da Bomba	SPM4-3-0.6H
Potência da Bomba	600 W
Temperatura Ambiente da água	1 - 35 °C
Modelo do Driver	PM600D
Potência do Driver	600 W
Tensão Entrada Max.	CC 150 V
Tensão Recomendada	MPP 60-120VDC
Temperatura Amb. Controlador	20 ~ 60 °C
Bomba Solar Peso Líquido	12 kg
Volume da Bomba Solar	0,04 m ³

Fonte: Adaptado de Neo Solar

O kit é composto por três painéis solares fotovoltaicos com potência de 280 Wp cada, que fornecem energia direta ao sistema. O sistema selecionado é um sistema isolado, uma vez que toda energia proveniente do sistema solar será transformada em energia potencial para elevar a água até o reservatório superior e não é utilizada baterias para armazenamento de energia, pois, estas, têm custos elevados e o sistema previa um funcionamento de 6 horas diárias, adotando um reservatório para atender a demanda quando o sistema fotovoltaico não estivesse em funcionamento ou em dias pouco ensolarado, onde a produção de energia fosse reduzida.

A Figura 4 mostra o comportamento da bomba selecionada relacionando a vazão e a altura manométrica de elevação, considerando uma irradiação solar de 6,0 kWh/m²/dia, ou seja, por 6 horas de funcionamento diário. Utilizando um *head* de 55 metros (45 metros do poço e 10 metros da edificação), a bomba proporcionaria uma vazão de, aproximadamente, 8 m³/d, o que seria suficiente para suprir as necessidades diárias do condomínio e, ainda, armazenar um certo volume de água para os dias sem irradiação solar.

Figura 4: Vazão de água em relação a altura de elevação da bomba SPM600H.



Fonte: Neo Solar.

Por ter optado por não adotar, durante o dimensionamento, baterias para o armazenamento de energia excedente, o que elevaria bastante o custo do projeto, o sistema somente bombearia água enquanto houvesse irradiação solar suficiente. Assim, para justificar a vazão maior, todo excedente de energia elétrica do sistema, foi armazenado em forma de energia potencial gravitacional, armazenando-se a água excedente em um reservatório elevado. A capacidade armazenada irá depender do tamanho do reservatório disponibilizado. Considerando que a capacidade de produção da bomba é de 8 m³/dia e o consumo de 7,11

m³/dia, há um excedente de 0,89 m³/dia, que será responsável por abastecer o reservatório. O reservatório proposto é uma “caixa d’água” de 15.000 litros (15 m³), que levaria, aproximadamente, 17 dias para ser completamente abastecido. Ainda, o reservatório seria suficiente para fornecer água por até 2 dias, sem necessidade de reabastecimento, para casos onde tivesse uma sequência de dias sem sol, o que é relativamente raro para aquela região.

Os custo relativos à implantação do sistema de captação de água por sistema fotovoltaico foi levantado a partir de cotações retiradas do comércio local e cotações *online*, sem considerar o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas). Na Tabela 2 está apresentada à estimativa de custos para o investimento inicial.

Tabela 2: Custo de implantação do sistema de captação de água proposto.

Descrição	Número de Unidades	Custos (R\$)
Kit Bomba Solar Solartech SPM600H	1	5.999,00
Estudo geológico	1	500,00
Perfuração de poços até 50 m	1	6000,00
Taxas AESA ⁵	1	350,00
Suporte para Paineis Fotovoltaicos de até 280Wp	3	1647,00
Despesas com mão de obra	1	2.500,00
Total	---	16.996,00
Total por unidade	---	1.416,00

Fonte: Acervo do autor.

O custo final para a implantação do sistema (R\$ 16.996,00) pode ser considerado elevado inicialmente. No entanto, ao se avaliar o seu custo-benefício levando em consideração a vida útil do sistema por um período de vinte anos, é um custo relativamente baixo de cerca de R\$ 70,00 por ano por apartamento. Considerando que o sistema seja pago em doze meses, o custo mensal seria de R\$ 118,00 por unidade habitacional.

Não previsto a realização de tratamento na água, pois o mesmo seria efetivado no sistema operacional. Vale ressaltar que, na captação subterrânea, há possibilidades do tratamento ser simplificado com custos reduzidos.

⁵Agência Executiva de gestão de Águas, vinculada à Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia do estado da Paraíba.

Por fim, foi realizada uma análise de sensibilidade considerando um poço de menor profundidade e uma edificação mais alta e com mais habitantes. Para um poço mais raso, *head* de 35 metros (25 metros do poço e 10 metros do prédio), a bomba proporcionaria uma vazão de, aproximadamente, 12 m³/d, o que geraria um excedente de 4 m³/d, podendo abastecer um reservatório de 15 m³ em menos de 4 dias sem reduzir o consumo. Se optassem por um reservatório de 25 m³, por exemplo, necessitaria de pouco mais de seis dias para abastecê-lo, passando de dois para três o número de dias que o sistema solar poderia ficar sem operar.

Caso o projeto fosse para um prédio com 4 andares (13 metros), 4 apartamentos por andar e uma média de 4 habitantes por apartamento (64 habitantes), a partir da Equação 1, considerando vazão média por habitante (114 l/hab.dia), variação máxima no consumo (1,2), foi possível determinar a vazão total necessária para abastecer todo o condomínio em 8.755 l/dia ou 8,75 m³/dia. Para não ter que selecionar um novo Kit Bomba, o poço teria que ter em torno de 35 metros de profundidade que, acrescentado a altura da edificação, proporcionaria uma vazão de 10 m³/dia. A vazão seria suficiente para suprir o consumo diário e armazenar diariamente 1,25 m³ no reservatório para os dias sem operação do sistema e o tempo de abastecimento dependeria do volume selecionado. O custo total permaneceria o mesmo, porém, seria dividido por mais quatro unidades, resultando em um investimento individual de R\$ 1062,25.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema apresentado mostra-se eficaz por conseguir suprir a demanda diária da população selecionada e, ainda, ter uma margem de reserva para os possíveis dias em que não houver incidência de radiação considerável, conseguindo manter, por até dois dias, as necessidades de todo o condomínio.

O kit de bombeamento proposto consegue adequar-se a diferentes necessidades, adaptando-se a maiores comunidades a depender das características da habitação e da profundidade do reservatório de água.

O sistema de bombeamento utilizando o sistema de geração de energia através de módulos fotovoltaicos apresenta-se totalmente viável economicamente e ambientalmente. O custo inicial é aceitável e representa uma ótima opção para abastecimento coletivo proveniente de energia limpa.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, C. A. “BOMBEAMENTO DE ÁGUA COM ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA”. Belo Horizonte- MG. 2019.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Altas de Energia Elétrica do Brasil: Parte 2 Fontes Renováveis. Brasília. 2008.

ANDRADE. V. M. “Análise da relação entre disponibilidade hídrica de reservatórios e consumo per capita urbano das cidades pertencentes a bacia do Rio Piranhas - Açu”. Trabalho de conclusão de curso, UFPB. João Pessoa- PB. 2015.

CERPCH. Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas. FONTES RENOVÁVEIS: ENERGIA SOLAR. Disponível em: <<http://www.cerpch.unifei.edu.br/solar.php>>. Acesso em 12 de Setembro de 2019.

FRAIDENRAICH, N.; VILELA, O. C. Avanços em sistemas de abastecimento de água com bombeamento fotovoltaico para comunidades rurais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 4, n. 3, p. 69-81, 1999.

GASTALDI, A. F.; SOUZA, T. M.; MESQUITA, R. P. Geração de energia elétrica com célula solar fotovoltaica para população rural de baixa renda. Centro de Energias Renováveis - UNESP – Guaratinguetá. 2004.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 2 ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 418 p.

KAWAHARA, J. Desempenho de uma motobomba acionada por um painel fotovoltaico. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agroindustriais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2003.

NEO SOLAR. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/kit-bomba-solar-solartech-spm600h.html>> Acesso em 16 de setembro de 2019.

NOGUEIRA, C.; NOGUEIRA, H. M.; GARCIA, F. T.; LOPES, L. F. Utilização de sistemas solar e eólico no bombeamento de água para uso na irrigação. *Entrevista*, v. 15, n. 2, p. 127-135, 2013.