

## ENERGIA SOLAR TÉRMICA: USO DE COLETORES SOLARES PARA UM SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA RESIDENCIAL

Suzana da Hora Macedo, Fernanda Benzaquen Braga, Moisés Duarte Filho, Evanildo dos Santos Leite, Luciana Lezira Pereira de Almeida

**Resumo:** Atualmente a energia solar térmica tem sido muito utilizada. Neste trabalho é apresentado um projeto que utiliza coletores solares para um sistema básico de aquecimento de água em residências. Nele, são abordados temas referentes à energia solar e ao sistema básico de aquecimento de água residencial, bem como a sua instalação e os benefícios da sua utilização. Detalha os equipamentos utilizados, traz informações históricas e mais relevantes sobre o sistema fotovoltaico. Também são discutidos os principais prós e contras dessa instalação, suas informações gerais e detalhes do projeto, a fim de realizar um estudo sobre o investimento com a instalação e se gera economia a longo prazo com a sua utilização. Toda a informação referente ao projeto e à instalação aqui contida está de acordo com as especificações técnicas e as pesquisas desenvolvidas em cima de livros e artigos. Ao final, é descrito se o projeto está de acordo com o esperado e se seu investimento traz um retorno e gera a economia esperada.

**Palavras chave:** Energia solar, coletores, sistema de aquecimento.

## SOLAR THERMAL ENERGY: USE OF SOLAR COLLECTORS FOR A RESIDENTIAL WATER HEATING SYSTEM

**Abstract:** Currently solar thermal energy has been widely used. This work presents a project that uses solar collectors for a basic water heating system in homes. It covers topics related to solar energy and the basic residential water heating system, as well as its installation and the benefits of its use. It has the explanation of the equipment used, the most relevant information about the photovoltaic system. Also discussed are the main pros and cons of this facility, its general information and generates long-term savings with its use. All information pertaining to the design and installation contained herein is in accordance with technical specifications and research developed over books and articles. In the end, it was described if the project is as expected and investments brings a return and generates the expected economy.

**Key-words:** Solar energy, collectors, heating system.

### 1. Introdução

No século XXI as fontes de energia renováveis têm estado com uma grande visibilidade no mundo. Um dos maiores motivos é o crescimento da demanda da utilização energética renovável, já que o petróleo é uma fonte finita de energia. Além disso, há também preocupações com as questões ambientais, tendo em vista que as energias renováveis não agredem o meio ambiente como os combustíveis fósseis e seus derivados fazem.

Uma das principais fontes de energia renovável e que está em crescente utilização é a energia solar, proveniente da radiação solar, sendo também uma energia limpa. Principalmente porque no Brasil há uma grande incidência de luz solar durante todo o ano, podendo ser aproveitada para a geração de energia elétrica ou usada para diminuir o consumo de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional – SIN – utilizando a tecnologia solar fotovoltaica. Os

maiores desafios no Brasil são os incentivos, que são poucos, não existem muitos programas e órgãos estimuladores. Porém, houve grande avanço em relação a isso.

Há muitas maneiras de conseguir produzir energia elétrica com fontes renováveis atualmente. Podem ser usadas fontes do tipo solar térmica, solar on grid e off grid, eólica, biomassa, hídrica, entre outras. Neste trabalho apenas será abordada a fonte de energia solar térmica. Sendo assim, este é um projeto que servirá para a demonstração de uma instalação de coletores solares para o aquecimento de água residencial.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 Geração de energia elétrica

Reis (2011) aponta que para a geração de energia elétrica as fontes primárias utilizadas podem ser separadas em renováveis e não renováveis. Encontram-se classificadas as fontes não renováveis aquelas suscetíveis de se esgotar por serem usadas com uma maior velocidade que os milhares de anos que são primordiais para a sua composição. Dentro da categoria das energias não renováveis estão os derivados do petróleo, os combustíveis radioativos, gás natural e a energia geotérmica. Atualmente, o uso dessas fontes para a geração de eletricidade é feito sobretudo da fonte primária em energia térmica. A produção de energia elétrica adquirida por esta forma é conhecida como geração termelétrica.

As fontes renováveis são repostas pela natureza mais rapidamente do que o seu uso energético ou cujo manuseio pelo ser humano é capaz de ser produzido de maneira conciliável com as exigências da sua aplicação energética. Essas fontes são capazes de serem utilizadas para gerar eletricidade especialmente por meio de usinas hidrelétricas.

### 2.2 Energia e desenvolvimento sustentável

Para se tornar sustentável, o setor energético precisa não somente abordar os seus problemas de desenvolvimento, inovação e tecnologia, mas também as mudanças mais significativas que vem sendo implantadas no mundo.

### 2.3 Energia solar

Conforme afirma Pacheco (2006) a energia solar é a energia que provém do sol. Podendo ser empregada diretamente para a produção de energia elétrica, aquecimento de ambientes e aquecimento de água, chega a reduzir assim em até 70% da consumação das fontes de energia convencionais. Além disso, a energia irradiante do sol pode ser usada como fonte de energia térmica, para o aquecimento de ambientes e fluidos e para gerar potência elétrica ou mecânica. Também pode ser convertida em energia elétrica, por meio da eficiência de alguns materiais, sendo os principais o fotovoltaico e termelétrico.

#### 2.3.1 Potencial fotovoltaico no Brasil

Segundo Pereira et al. (2017), o potencial de geração fotovoltaica de energia elétrica no Brasil é muito grande. No Brasil, o lugar menos ensolarado gera mais energia elétrica do que se comparado com o local com maior incidência solar da Alemanha. Se tratando de um gerador solar bem projetado e instalado com bons equipamentos e etiquetados pelo INMETRO, a taxa de desempenho médio anual aderida para deixar mais simples a análise e demonstrar o desempenho do gerador fotovoltaico é de 80%. A geração fotovoltaica de energia elétrica consegue ser máxima no verão, nos meses de dezembro a março, nos estados do Sudeste e no extremo Sul do Brasil, coincidindo com as demandas máximas para essas mesmas regiões nos registros do Operador Nacional do Sistema – NOS. Portanto, há uma grande contribuição

com a utilização da energia solar, contribuindo para a diminuição dos picos de demanda dos sistemas de transmissão do Sistema Interligado Nacional – SIN.

### 2.3.2 Efeito fotovoltaico

Conforme Brito e Silva (2006), um diodo com uma grande área consiste em uma célula fotovoltaica simples. É necessário que a radiação chegue em um átomo do semicondutor, fazendo com que libere um elétron para que possa ser conduzido pelo campo elétrico interno para os contatos, para a corrente ser produzida pela célula fotovoltaica. O silício cristalino é o material utilizado para as células fotovoltaicas. Esse material é escolhido por suas características, não tóxico, a sua abundância no planeta, matéria prima da indústria eletrônica e várias outras vantagens técnicas. O fato do silício cristalino precisar ter uma maior espessura comparando com outros tipos de materiais é a sua maior desvantagem por ter um custo mais elevado.

### 2.3.3 Tipos de instalações

Nesse trabalho será abordada a Energia Solar Térmica. Porém, há mais duas maneiras de realizar a instalação da Energia Solar Fotovoltaica, sendo ela a on grid e off grid.

#### 2.3.4.1 On grid

De acordo com a ENEL (2016), os sistemas On grid são ligados à rede elétrica. Assim, sempre que tiver algum excedente de energia gerada pela instalação de energia solar, será armazenada na rede elétrica, podendo assim gerar descontos na fatura. Porém, se a energia gerada pelo sistema não for suficiente, a falta é compensada pela rede elétrica de distribuição. Ao final de cada fatura, o usuário paga para a distribuidora somente a energia consumida da rede. Nessa instalação, como demonstrada na Figura 1, os painéis fotovoltaicos captam os raios solares e os transformam em energia elétrica de corrente contínua. Precisa ser utilizado inversores para converter corrente contínua em corrente alternada, para ter compatibilidade com a rede elétrica e com a grande maioria dos aparelhos domésticos. Precisa também de um

medidor bidirecional e monitoramento, para medir a energia injetada na rede e é usado para monitorar e medir a geração de energia solar, respectivamente.



Figura 1. Geração On grid. Fonte: ENEL (2016)

#### 2.3.5.2 Off grid

Os sistemas off grid são definidos por não serem ligados à rede elétrica. Sendo usado para utilização local e específico, abastecendo de maneira direta os equipamentos que usam energia. Nesse tipo de sistema, a energia produzida é guardada em baterias e não na rede elétrica. Assim, essas baterias asseguram o abastecimento em intervalos sem a radiação solar.

Nessa instalação, está representado da Figura 2, além de utilizar todos os equipamentos que são usados na instalação On grid, é necessário também um controlador de carga, que serve

para gerenciar e controlar o procedimento de carga e descarga do banco de baterias. Também é necessário um banco de baterias, usadas para armazenar a energia excedente.



Figura 2. Sistema Off grid. Fonte: ENEL (2016)

## 2.4 Equipamentos necessários para a instalação

Os equipamentos principais utilizados para a instalação do sistema de aquecimento de água residencial por energia solar são as células fotovoltaicas, o reservatório térmico de água, os dutos de PVC ou cobre, os misturadores de água e o chuveiro.

### 2.4.1 Características construtivas das células fotovoltaicas

A maioria das células fotovoltaicas são produzidas com lâminas de silício, mono ou multicristalina, com espessura entre 0,2 mm e 0,3 mm e com área entre 50 cm<sup>2</sup> e 150 cm<sup>2</sup>. Externamente a célula tem a aparência circular ou quadrada, com as cores preta e azul-escuro. Possuem raias de coloração cinza na parte de cima, são formadas por material condutor e tem como objetivo coletar as cargas elétricas geradas quando as células estão expostas a radiação solar, de acordo com Zilles, Macêdo, Galhardo e Oliveira (2012).

### 2.4.2 Características elétricas

Segundo Zilles, Macêdo, Galhardo e Oliveira (2012) a célula fotovoltaica é um dispositivo para gerar energia elétrica com características especiais que a diferenciam das fontes tradicionais de energia.

Uma tensão conhecida como tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ) surge em seus terminais, quando iluminada se a célula não estiver ligada a nenhuma carga. Porém, se estiver ligada a alguma carga, terá circulação de corrente no circuito construído entre a célula e a carga.

### 2.4.3 Reservatório térmico

Para a utilização do sistema básico de energia fotovoltaica para aquecimento de água é necessário possuir um reservatório térmico, podem ser fabricados em inox, cobre ou

polipropileno, porque o sol age em cima das placas solares apenas durante o dia, em um período médio diário de 5 a 7 horas. Sendo assim, somente é possível acumular a água quente, durante um período de 24 horas, com um reservatório térmico. De acordo com Mogawer e Souza (2004), o reservatório térmico é um componente importante do sistema e precisam ser bem isolados termicamente.

#### 2.4.4 Misturador de água

Conforme dito por Mogawer e Souza (2004), a água quente normalmente não fica acima da temperatura do corpo humano, porém é possível escolher entre usar a água quente ou fria. Para isso funcionar, é necessário que a água quente que passa por um duto X, seja adicionado à água fria de um certo duto Y. Assim, podendo ser controlada a temperatura da água através de um outro duto Z e do chuveiro.

#### 2.4.5 Dutos de água

De acordo com o que foi citado anteriormente, são usados dutos, geralmente de cobre com isolamento térmico. É possível também a utilização de dutos de PVC nas instalações de sistemas de energia solar, considerando que a temperatura fica muito abaixo das consideradas de risco pelos fabricantes dos dutos de PVC.

#### 2.4.6 Chuveiro

O chuveiro elétrico é utilizado na maioria das casas brasileiras ao contrário das residências em outras nações que já utilizam aquecedores a gás. Para esse tipo de projeto o chuveiro elétrico pode ser usado como um chuveiro de apoio para os dias sem sol e que não é possível aquecer a água para a utilização, de acordo com Mogawer e Souza (2004).

### 2.5 Normas

Para o modelo de instalação que será utilizado nas placas solares existem normas da ABNT NBR, a NBR 10184, a NBR 10185, e a NBR 12269 a primeira fala sobre as placas fotovoltaicas, a segunda fala sobre os reservatórios térmicos e a terceira sobre a execução de instalações.

## 3. Projeto sistema de aquecedor solar de água

O projeto consiste em uma instalação residencial de um sistema de aquecedor de água com Termossifão por energia solar térmica em Macaé, no estado do Rio de Janeiro. Principalmente no estado do Rio de Janeiro, região Sudeste do país, há uma grande incidência de sol durante todo ano, considerando assim um lugar propício para esse tipo de instalação.

Conforme SOLETROL (2017), referente a esse sistema que é composto por coletores solares, mais conhecido como placas solares e o reservatório térmico, que pode ser chamado de Boiler.

A absorção da radiação solar é realizada pelas placas coletoras. O calor do sol, absorvido pelo conjunto de placas, é transmitido para a água das tubulações. A água aquecida fica armazenada no reservatório térmico. Desse modo, se mantendo aquecida para consumo durante um maior período de tempo. O reservatório é alimentado pela caixa de água fria,



ficando-o sempre cheio. O sistema de energia solar está representado na Figura 3, como o esquema da instalação.

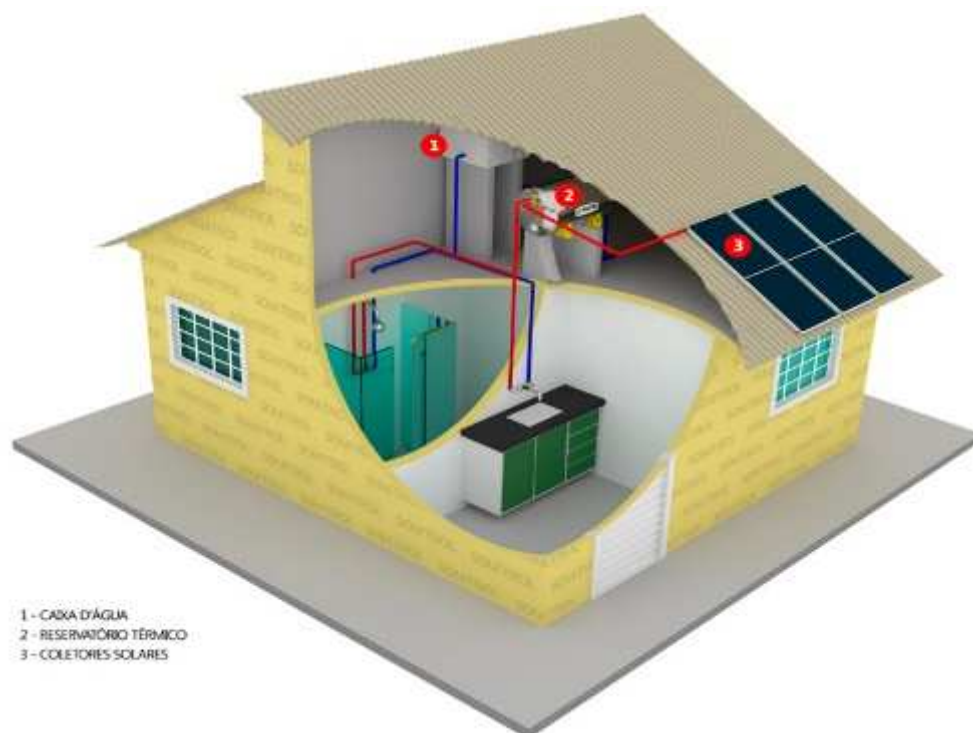


Figura 3. Instalação de um sistema de aquecimento de água por energia solar. Fonte: ENEL (2016)

### 3.1 Equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados na instalação deste projeto foram necessários três coletores solares e um reservatório térmico. Além dos outros equipamentos necessários, como os dutos, chuveiro e misturador.

#### 3.1.1 Coletores solares

No projeto foram instalados três coletores solares de 1 m<sup>2</sup>, na Figura 4 está a instalação, são da marca Jelly Fish soluções térmicas, sabendo-se que possui 30 anos de garantia.

O coletor solar deve ser instalado orientada para o Norte, com a inclinação ideal igual a latitude local acrescida de 10°. Pode ser instalada sobre o telhado ou em algum suporte específico, portanto, necessita ser fixada para não se desprender por variações climáticas e,

por consequência, não poderá ser instalada em locais que podem estar sujeito a sombras como por exemplo vizinhos, prédios, construções, árvores e entre outros.



Figura 4. Instalação dos coletores solares

### 3.1.2 Reservatório

No projeto foi instalado um reservatório térmico com o volume de 300 litros, da marca Jelly Fish soluções térmicas, com 30 anos de garantia. Seu interior é em aço inox AISI 304 ou 316L, com exterior em chapa de alumínio. O isolamento térmico feito em poliuretano expandido e as tubulações em aço inox. Sua resistência elétrica blindada, possui regulagem de temperatura no termostato de contato. O fechamento lateral é com tampa plástica em ABS com aditivo contra raios ultravioleta.

O local de instalação deve ser de fácil acesso. No caso de se necessitar manutenção, deve também ser observada a capacidade de carga do local e suas dimensões. O reservatório preferencialmente deverá ser instalado o mais próximo dos locais de consumo da água aquecida, para evitar perdas térmicas que ocorrem na tubulação, na Figura 5 está o reservatório instalado. A superfície de instalação precisa ser plana e de mesmo nível, para não



haver prejuízos na circulação de água e além disso se o local comporta o peso do reservatório cheio.



Figura 5. Reservatório instalado

### 3.2 Sistema termossifão

De acordo com a norma da ABNT NBR 12269 (1992), o sistema de Termossifão é a forma de movimentação da água pela diferença da sua densidade em locais diferentes do circuito hidráulico, estimulada por temperaturas diferentes naquelas regiões.

### 3.3 Consumo da conta de luz

Para fazer uma comparação entre o valor pago para a distribuidora de energia elétrica e o valor caso não houvesse a instalação de aquecimento solar, foi realizada uma simulação do valor que seria gasto em energia elétrica mensalmente e anualmente de acordo com a conta de luz, utilizando a conta com referência ao mês de setembro de 2017. Considerando uma residência com três moradores, que tomam dois banhos de dez minutos diariamente, um

chuveiro com a potência máxima de 5500 W e que com o sistema de energia solar instalado o valor médio da conta de luz fica em R\$ 180,00, mensal.

De acordo com Tscherne (2014), para transformar o kilowatt em kilowatt-hora é necessário dividir a potência do aparelho por 1000.

Então:

$$\text{Consumo do aparelho} = \frac{P}{1000} \quad (1)$$

$$\text{Consumo do aparelho} = \frac{5500}{1000} \quad (2)$$

$$\text{Consumo do aparelho} = 5,5 \text{ kW} \quad (3)$$

Tempo total estimado de uso do chuveiro diariamente é de 1 hora. Considerando 3 moradores que tomam banho duas vezes por dia durante 10 minutos por banho.

Cálculo do consumo diário:

$$\text{Consumo diário} = \text{Consumo do aparelho} \times \text{Tempo total} \quad (4)$$

$$\text{Consumo diário} = 5,5 \text{ kWh} \times 1 \text{ hora} \quad (5)$$

$$\text{Consumo diário} = 5,5 \text{ kWh} \quad (6)$$

Para realizar a estimativa mensal, foi considerado um mês com 30 dias. O cálculo é feito com o valor do consumo diário multiplicado pela quantidade de dias em um mês.

Cálculo do consumo mensal:

$$\text{Consumo mensal} = \text{Consumo diário} \times \text{Total de dias em um mês} \quad (7)$$

$$\text{Consumo mensal} = 5,5 \text{ kWh} \times 30 \text{ dias} \quad (8)$$

$$\text{Consumo mensal} = 165 \text{ kWh} \quad (9)$$

Para concluir a estimativa do valor mensal gasto, em reais, se houvesse o consumo de um chuveiro elétrico na residência, considerando a tarifa do mês de setembro de 2017 igual 0,71332.

Calculando:

$$\text{Consumo em reais} = \text{Consumo mensal total} \times \text{Tarifa} \quad (10)$$

$$\text{Consumo em reais} = 165 \text{ kWh} \times 0,71332 \quad (11)$$

$$\text{Consumo em reais} = \text{R\$ } 117,69 \quad (12)$$

O consumo anual total do chuveiro seria de:

$$\text{Consumo anual em reais} = \text{Consumo em reais} \times 1 \text{ ano} \quad (13)$$

$$\text{Consumo anual em reais} = \text{R\$ } 117,69 \times 12 \text{ meses} \quad (14)$$

$$\text{Consumo anual em reais} = \text{R\$ } 1.412,28 \quad (15)$$

### 3.4 Orçamento do material

O orçamento da instalação foi realizado com a empresa Terra Onshore do Brasil, em 2014, contando com todos os equipamentos necessários e a instalação com um valor total de R\$ 5.232,11.

### 3.5 Tempo estimado para a recuperação do investimento

Realizando uma estimativa de quanto tempo levaria para recuperar o investimento realizado e reduzir economicamente o consumo de energia elétrica da distribuidora, com a instalação dos equipamentos de energia solar para aquecimento de água. Para fazer essa estimativa é necessário saber o valor total do orçamento e a média econômica do consumo anual.

De acordo, com os tópicos 3.3 e 3.4 com os seus referidos temas, é possível calcular já que se sabe que o orçamento total é de R\$ 5.232,11 e o consumo anual calculado, considerando a economia obtida, com um valor total de R\$ 1.412,28.

Calculando:

$$\text{Estimativa} = \text{Orçamento total} - (n^{\text{º}} \text{ anos} \times \text{Consumo anual total}) \quad (16)$$

$$\text{Estimativa} = \text{R\$ } 5.232,11 - (4 \text{ anos} \times \text{R\$ } 1.412,28) \quad (17)$$

$$\text{Estimativa} = \text{R\$ } 5.232,11 - (5.649,12) \quad (18)$$

$$\text{Estimativa} = \text{R\$ } - 417,01 \quad (19)$$

Referindo-se a economia realizada com esta instalação, observa-se que em 4 anos, além de recuperar o dinheiro investido na instalação pela diminuição do consumo da distribuidora, a partir disso contamos também com uma economia já dentro desses 4 anos na conta de luz com um valor de R\$ 417,01. Após esses 4 anos, se tem uma economia anual nos gastos com a conta de luz com um total de R\$1.412,28, em média, de acordo com os cálculos feitos no item 3.3.

#### 4. Conclusão

Este trabalho se propôs a mostrar as vantagens e desvantagens com o uso da Energia Solar Térmica e abordou toda a instalação e equipamentos necessários. Foram feitas pesquisas referente aos sistemas de energia solar e uma comparação com e sem o uso dos coletores solares, utilizando a conta da distribuidora como base, para demonstrar economicamente o benefício do seu uso.

Atualmente, a energia solar tem estado mais presente no cenário mundial, sendo uma fonte de energia elétrica conectada à rede ou não. É uma fonte de energia alternativa que tem sido muito utilizada e muito comentada nos últimos anos, por ser um tipo de energia limpa e renovável. Sendo assim, vem se tornando uma ótima opção para substituir outros tipos de energia.

Mediante esse trabalho pode-se notar, que essa fonte de energia não apenas ajuda a evitar vários problemas ao meio ambiente, mas também que é possível gerar uma economia na conta de luz, por reduzir o consumo de energia elétrica da distribuidora.

Nesse projeto foi abordado um tipo de instalação de energia solar térmica, apenas para aquecimento de água, mostrando quais equipamentos são necessários para a sua instalação e suas especificações.

Tendo em vista que o maior problema para a realização desse projeto é a parte financeira, por ser uma instalação de alto custo. Mas que gera economia para a residência especificada, em

média, a partir do seu quarto ano de instalação. E que de acordo com a marca Jelly Fish, possui 30 anos de garantia.

Portanto, foi possível demonstrar os seus benefícios, tanto ambientalmente quanto economicamente, com a utilização do sistema de energia solar térmica.

## Referências

ALVES, G. H. **Estudo sobre a utilização de energia solar no Brasil para uso residencial.**

Universidade Estadual Paulista. Faculdade de engenharia. Dissertação de mestrado. Bauru: 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12269: **Execução de instalações de sistemas de energia solar que utilizam coletores solares planos para aquecimento de água.**

Rio de Janeiro: 1992.

BRITO, M. C., SILVA, J. A. FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA. **Revista O instalador. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade.** Portugal:

2006.

ENEL. **Tudo sobre energia solar: tipos de sistema (On grid e Off grid).** Brasil: 2016.

MOGAWER, T., SOUZA, T. M. Scielo proceedings. **Sistema solar de aquecimento de água para residências populares.** Guaratinguetá: Centro de Energias Renováveis, UNESP, 2004.

PACHECO, F. **Superintendência de estudos econômicos e sociais da Bahia. Revista conjuntura e planejamento. Energias renováveis: breves conceitos.** Volume 149. Salvador: 2006.

PEREIRA, E. B., MARTINS, F. R., GONÇALVES, A. R., COSTA, R. S., LIMA, F. J. L., RÜTHER, R., ABREU, S. L., TIEPOLO, G. M., PEREIRA, S. V., SOUZA, J. G. **Atlas brasileiro de energia solar.** 2ª edição. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, 2017.

REIS, B. L. **Geração de energia elétrica.** São Paulo: Editora Manole, 2011. 2ª edição.

SOLETROL. **Como funciona o aquecedor de água soletrol.** [s.l]: 2017.

TERRA ONSHORE DO BRASIL. Orçamento. Macaé: 2014.

TSCHERNE, N. Portal Sublimático. **5 passos para calcular o consumo de energia.** [s.l]: 2014.

VALLÊRA, A. M., BRITO, M. C. INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. **Revista gazeta de física. As Energias do Presente e do Futuro.** Volume 29. Fascículo 1-2. Portugal: 2006.

VARELLA, F. K. O. M., CAVALIERO, C. K. N., SILVA, E. P. **Revista Brasileira de Energia. Energia solar fotovoltaica no brasil: incentivos regulatórios.** Volume 14. [s.l]: 2008.

ZILLES, R., MACÊDO, W., GALHARDO, M. A., OLIVEIRA, S. H. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012.