

Estudo da redução do consumo de energia elétrica na implementação de sistemas de aquecimento solar residencial

Ismael de Marchi Neto (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) ismaelneto@utfpr.edu.br

André Luis da Silva (Universidade Tecnológica Federal do Paraná) andreels@utfpr.edu.br

Resumo:

O Brasil detém um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo sendo que estas correspondem por aproximadamente 68,1% da potência total instalada no país, ficando as demais fontes de toda a matriz energética distribuída em biomassa, eólica, gás natural, derivados de petróleo, nuclear, carvão e derivados. O principal problema dessa dependência do potencial hídrico é a vulnerabilidade do sistema devido às estiagens e mudanças climáticas de grande intensidade, possibilitando apagões e necessidade de racionamento de água e energia elétrica em determinadas regiões do país. Com o objetivo de aumentar a contribuição das energias renováveis na matriz energética nacional, o presente trabalho consiste no estudo da viabilidade na implementação de sistemas de aquecimento de água por meio da energia solar no setor residencial. Foram considerados dois perfis de famílias, de baixa renda e classe média, as quais representam perfis de consumo diferentes. Para cada um dos casos analisados foram realizados os dimensionamentos dos sistemas de aquecimento solar, bem como todos os custos envolvidos para a sua implementação. Os resultados mostraram que nos dois perfis analisados o tempo de retorno do investimento para implementação do sistema ocorre praticamente na metade do período de garantia dos produtos. Observou-se também que a utilização desses sistemas reduz custos significativos inerentes ao consumo de energia elétrica, por se tratar de sistemas que apresentam vida útil de aproximadamente 25 anos.

Palavras chave: Energia solar, Sistemas de aquecimento solar, Consumo de energia.

Study of the reduction of electric energy consumption in the implementation of residential solar heating systems

Abstract

Brazil has one of the largest hydropower potential in the world, which corresponds to approximately 68.1% of the total installed power in the country, with the remaining sources of the entire energy mix distributed in biomass, wind, natural gas, coal and oil derivatives. The main problem of this dependence on hydropower potential is the vulnerability of the system due to severe droughts and climatic changes, allowing blackouts and the need to ration water and electricity in some regions of the country. For increasing the contribution of renewable energies in the national energy mix, the present work consists in the study of viability in the implementation of solar water heating systems in the residential sector. Two profiles of low income and middle class families were considered, which represent different consumption profiles. For each of the cases, the dimensions of the solar heating systems were carried out, as well as all the costs involved for its implementation. The results showed that in the analyzed profiles the payback to implement the systems occurs practically in the half of the warranty period of the products. It was also observed that the implementation of these systems reduces significant costs inherent to the electric power consumption, considering the lifespan of approximately 25 years.

Key-words: Solar Energy, Solar heating systems, Energy consumption

1. Introdução

A segurança do suprimento de energia elétrica no Brasil passa, necessariamente, pela diversificação das suas fontes primárias de geração, para as quais devem ser priorizadas tecnologias que utilizem os recursos energéticos naturais disponíveis a um menor custo possível. A crise do setor de energia entre 2014 e 2015, provocada principalmente pelo desabastecimento dos reservatórios das usinas hidrelétricas, mostra que o grande desafio é promover a diversificação da matriz energética sem retroceder no aspecto de emissão de gases causadores das mudanças climáticas (CORRÊA DA SILVA et al, 2016).

Nesse sentido, nota-se que a matriz energética brasileira vem apresentando um aumento das fontes renováveis, porém com um crescimento praticamente desprezível, quando comparado com o total gerado. Segundo o BEN (Balanço Energético Nacional) de 2017 (ano base 2016) houve um avanço de 6,2% da participação de energias renováveis de 2015 para 2016, sendo que 4,1% foi devido a geração hidráulica, 1,9% relativo a geração eólica e 0,2% referente a geração por biomassa. Nota-se também que a contribuição devido a energia solar tanto em 2015 quanto em 2016 permanece em 0,0% (BEN, 2017).

Nos últimos anos com o aumento crescente da demanda por eletricidade, em conjunto com o desabastecimento das usinas hidrelétricas, foi uma das responsáveis pela última crise energética. O crescimento econômico do país, refletiu diretamente no incremento de renda da população, alterando os hábitos de consumo de energia nas residências o que torna cada vez mais evidente a necessidade do uso de energias renováveis complementares. Atualmente o setor residencial representam 28,2% de toda a energia elétrica consumida no país, totalizando um consumo de aproximadamente 138.990 GWh, segundo a nota técnica da Projeção da Demanda de Energia Elétrica (EPE, 2015). De acordo com EPE (2015), o aparelho de ar condicionado corresponde 28,7% do consumo de energia elétrica residencial, enquanto que o chuveiro elétrico representa um consumo 21,9% da energia consumida neste setor.

Atualmente a utilização de Sistemas de Aquecimento Solar (SAS) ainda é pouco explorado no Brasil, visto que apenas 5,4% dos domicílios possuem esse tipo de sistema (EPE, 2016), ainda que impulsionada pelo Programa Minha Casa Minha Vida e pelo programa de Eficiência energética (PEE) da Aneel. Entre as alternativas existentes para o aquecimento de água no setor residencial, a energia solar térmica tem-se mostrado economicamente viável, como artifício de armazenar energia na forma de calor sensível em um reservatório térmico para posterior utilização.

O desenvolvimento de tecnologias aplicadas a sistemas de aquecimento solar está alinhado com a tendência cada vez maior por construções sustentáveis, conhecidas como *green buildings*, onde as edificações deixam de ser apresentadas como grandes consumidores de energia e tornam-se uma das soluções para o problema energético. Conforme o Balanço Energético Nacional 2015 (BEN, 2016), as edificações dos segmentos industrial, comercial, serviços, residencial e público, foram responsáveis por um consumo de cerca de 50% do total de eletricidade consumido no Brasil de 522,8 TWh. O potencial de redução de consumo em edificações *green buildings* é estimada em 77,49 TWh (GBC, 2016), onde o aumento da eficiência de sistemas de aquecimento solar exerce papel fundamental para a redução desse consumo.

Com base nos fatos apresentados, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade na implementação de sistemas de aquecimento de água através da energia solar em residências. Para isso utilizou-se dois tipos de perfis de famílias de classes sociais diferentes. O primeiro perfil adotado são famílias que moram em casas populares de baixa renda e o segundo perfil é caracterizado por uma família de classe média. Com base nos perfis utilizados foi considerado

sistemas de aquecimento solar comerciais para estimar o tempo de retorno do investimento.

2. Metodologia

Com o objetivo de avaliar o consumo de energia elétrica devido à utilização de aquecedores elétricos residenciais, toma-se como exemplo dois tipos de perfis de famílias de classes sociais diferentes para analisar a viabilidade na implementação de sistemas de aquecimento de água através da energia solar.

O primeiro perfil adotado, são famílias que residem em moradias populares de baixa renda, constituída por 5 pessoas, onde o ponto de utilização da água quente será apenas no chuveiro. Já o segundo perfil, é caracterizado por uma família de classe média constituída por 4 pessoas, onde os pontos de utilização de água quente, ocorrerá no chuveiro, lavatório do banheiro e na pia da cozinha.

Para o cálculo do dimensionamento, os dados técnicos e custos dos equipamentos (placa absorvedora e reservatório térmico), bem como todas as imagens, foram fornecidos pela empresa Solis Aquecedor Solar que apresenta produtos testados e aprovados pelo Inmetro.

Para a estimativa do tempo de retorno do investimento para os dois perfis previamente definidos, utilizou-se os dados publicados referentes aos valores de R\$/kWh praticados pela empresa COPEL. Dessa forma, considerou-se para clientes do subgrupo B1 a tarifa de R\$ 0,39024/kWh (Residencial - Baixa Renda) com consumo mensal entre 31 e 100 kWh e R\$ 0,69118 (Residencial) para o perfil de classe média (COPEL, 2017).

Além disso, a partir de 2015, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu um novo critério de cobrança no consumo de energia elétrica com base em um sistema de Bandeiras Tarifárias. Nesse contexto a bandeira vermelha apresenta dois patamares I e II que representam condições de maior custo de geração R\$ 0,030 e R\$ 0,035 para cada quilowatt-hora consumidos, respectivamente. Já a bandeira amarela representa um aumento de R\$ 0,020/kWh e a verde não sofre nenhum acréscimo. Dessa forma, para o cálculo do consumo de energia elétrica dos perfis propostos, foi considerado o custo do kWh referente a bandeira tarifária amarela, a qual sofre um acréscimo de R\$ 0,020 para cada quilowatt-hora consumidos, segundo ANEEL.

3. Dimensionamento e custo

Nesta etapa serão dimensionados os sistemas de aquecimento solar para os perfis previamente citados, realizando as considerações necessárias, bem como a apresentação dos cálculos conforme norma (ABNT NBR 15569) e dados relevantes na forma de tabelas. Ao final do dimensionamento será apresentado os custos praticados comercialmente relativos aos equipamentos recomendados e o tempo estimado de retorno do capital investido considerando o preço do sistema de aquecimento solar, mão de obra e demais materiais necessários para a instalação como tubulações, conexões, registros, etc. Salienta-se que a lista de materiais apresentados são apenas uma estimativa, baseada em residências que se aproximam com os perfis considerados no presente trabalho.

3.1 Sistema de aquecimento solar para famílias de baixa renda

Para dimensionar o sistema de aquecimento solar a ser utilizado em residências de baixa renda, deve-se primeiramente obter as informações dos pontos de consumo de água quente, bem como a vazão do equipamento instalado e o tempo médio de utilização.

Considerando uma casa padrão da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU), onde o desnível entre o tubo de consumo do chuveiro e a lâmina d'água da caixa d'água é de aproximadamente 1 metro de coluna de água (m.c.a.), obtém-se a partir das

características técnicas do produto Bello Banho Ultra (LORENZETTI, 2017), a vazão de consumo de água durante o banho de aproximadamente 4 litros por minuto. A Tabela 1 ilustra os dados referentes ao perfil da família e informações de vazão obtidas.

Características	Quantidade
Número de pessoas por residência:	5
Ponto de consumo de água quente:	1 chuveiro
Vazão de consumo (chuveiro):	4,0 litros/min.
Tempo médio de banho:	12,0 min./dia/pessoa*

*Fonte: Carneiro e Chaves (2008)

Tabela 1 – Dados referentes ao perfil da família de baixa renda

Para determinar o volume adequado do reservatório térmico com a demanda especificada na Tabela 1, calcula-se o volume máximo de água quente (VMAQ), de acordo com o número de pessoas residentes na casa, a vazão estimada de consumo média e o tempo de banho médio dos moradores. Assim, ao utilizar a equação (1), determina-se o volume de armazenagem (VA) o qual especifica o reservatório térmico a ser utilizado para que atenda o perfil da família em questão, conforme ilustrado na Tabela 2. A temperatura de consumo estimada foi de 45°C, a temperatura de armazenagem de 50°C e a temperatura ambiente foi estimada baseada na temperatura média anual da cidade de Londrina - PR de 20°C, segundo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

$$VA = \frac{VMAQ \times (T_{Consumo} - T_{Ambiente})}{(T_{Armazenagem} - T_{Ambiente})} \quad (1)$$

Etapas	Cálculo	Volume
Volume Máximo de Água Quente (VMAQ)	{5 pessoas por residência x 4,0 litros/min. x 12,0 min./dia/pessoa} ¹	240 litros
Volume de armazenagem (VA)	{240 x (45°C – 20°C)/(50°C – 20°C)} ¹	200 litros
Volume do reservatório dimensionado (RT)	Volume imediatamente superior para a adequação ao produto de mercado (quando for o caso)	200 Litros

¹Norma ABNT NBR 15569

Tabela 2 – Cálculo do volume de água quente armazenado (perfil: baixa renda)

Após a análise da Tabela 2, verifica-se que o volume do reservatório térmico necessário para atender a demanda de água quente prevista é de 200 litros. Contudo, a próxima etapa a ser realizada será especificar a área coletora necessária para aquecer esse volume de água a uma temperatura de consumo de 45°C. A Tabela 3 ilustra o cálculo para a obtenção da área coletora especificando assim o número de coletores e o tipo da placa absorvedora a ser instalada de acordo com a sua eficiência térmica indicada no selo Procel do produto em questão.

De acordo com os produtos apresentados no portfólio da empresa, define-se assim duas placa absorvedoras e um reservatório, os quais possuem 10 anos de garantia. Esse produto é composto por um reservatório térmico fechado de aço inox de 200 litros (modelo Meu Sol 200) e dois coletores de 1,74 m² de área coletora (modelo Trópicos V 175), conforme ilustrado na Figura 1. Esse produto possui classificação A no Inmetro e selo Procel.

Neste sistema, a circulação de água faz-se por efeito termossifão, ou seja, este fenômeno ocorre devido à diferença de densidade entre a água quente, que é aquecida pela radiação solar, e a

água fria fazendo com que a água com maior energia térmica suba naturalmente onde a mesma irá ser armazenada no reservatório térmico.

Etapas	Cálculo	Resultado
Demanda Energética Mensal (DE)	$(RT \times Cp^* \times \Delta T^{**} \times 30 \text{ dias} \times 0,000278 \text{ Wh})^1$	174,60 kWh/mês
Produção de Energia por Coletor (PE)	Produção de energia média mensal do coletor de 1,75 metros	135,40 kWh/mês***
Nº de Coletores Dimensionados	DE/PE	1,29 Coletor
Nº de Coletores Recomendado	Coletor modelo Trópicos V 175	2 Coletores
Área Total Coletora	Nº de Coletores x Área coletora	3,5m²

¹Norma ABNT NBR 15569

*Calor específico da água a pressão constante (4,187kJ/kg.°C)

**Diferença de temperatura da água entre a temperatura de consumo e a temperatura ambiente ($\Delta T \approx 25^\circ\text{C}$)

***Produção de energia mensal do coletor solar em condições de trabalho, conforme laudo técnico fornecido pelo INMETRO

Tabela 3 – Dimensionamento da área coletora (perfil: baixa renda)

Dessa forma, os sistemas termossifão não necessitam de bomba de circulação de água, porém são sistemas que possuem menor eficiência quando comparado com sistemas com circulação forçada (bombeado).



(a) Placa absorvedora



(b) Reservatório térmico

Figura 1 – Imagem ilustrativa dos equipamentos selecionados (Fonte: empresa Solis Aquecedor Solar)

Indicado para residências que não possuem tubulação preparada para a água quente, um misturador externo é instalado junto ao chuveiro (Figura 2), sem a necessidade de quebra indesejada da parede, proporcionando a mistura de água quente e fria de acordo com a temperatura desejada do usuário.

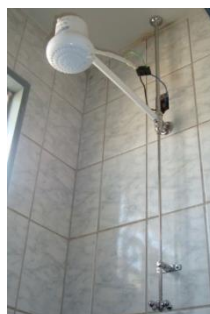


Figura 2 – Misturador externo acoplado ao chuveiro - perfil: baixa renda. (Fonte: próprio autor)

Para a instalação do sistema de aquecimento solar, previamente determinado, é necessário primeiramente fixar o produto ao telhado, instalar as tubulações de PVC para a alimentação de água fria do sistema e utilizar tubulações de cobre na saída de consumo de água quente do produto até os pontos de consumo desejados. Para isso, a Tabela 4 ilustra toda relação de materiais necessários utilizados na instalação do referido sistema.

Descrição	Unid.	Dimensão	Quant.	Preço unitário	Preço total
Conector Roscável Fêmea (bronze)	pç	15 mm x 1/2"	3	R\$ 5,53	R\$ 16,59
Cotovelo 90° (cobre/bronze)	pç	15 mm	3	R\$ 2,08	R\$ 6,24
Luva (cobre/bronze)	pç	15 mm	1	R\$ 1,16	R\$ 1,16
Tubo de Cobre (barra 5 metros)	m	15 mm	6	R\$ 11,68	R\$ 70,08
Flange de PVC	pç	20 mm x 1/2"	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Flange de PVC	pç	25 mm x 3/4"	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Boia de água fria	pç	3/4"	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Joelho Soldável 90°	pç	20 mm	1	R\$ 0,30	R\$ 0,30
Joelho Soldável 90°	pç	25 mm	2	R\$ 0,38	R\$ 0,76
Tê PVC Soldável 90°	pç	25 mm	1	R\$ 0,74	R\$ 0,74
Tubo PVC Soldável Marrom (barra 6 metros)	m	20 mm	1,5	R\$ 1,75	R\$ 2,62
Tubo PVC Soldável Marrom (barra 6 metros)	m	25 mm	1,5	R\$ 2,37	R\$ 3,55
Isolante Térmico - "Elumaflex" (barra 2 metros)	pç	15mm x 10mm	3	R\$ 2,22	R\$ 6,66
Manta Aluminizada	pç	0,05mm x 10m	1	R\$ 29,50	R\$ 29,50
Parafuso Sextavado Rosca Parcial	pç	ø3/8" x 3.1/2"	2	R\$ 0,10	R\$ 0,20
Arruela Lisa	pç	ø3/8"	2	R\$ 0,10	R\$ 0,20
Porca Leve Sextavada	pç	ø3/8"	2	R\$ 0,16	R\$ 0,32
Arame para Solda (97% Estanho, 3% Chumbo)	pç	ø2,5mm	1	R\$ 51,09	R\$ 51,09
Pasta para Solda	pç	-	1	R\$ 12,97	R\$ 12,97
Misturador externo	pç	1/2"x 3/4"	1	R\$ 51,00	R\$ 51,00
Estimativa da relação de materiais para instalação do equipamento solar					R\$ 281,98

Tabela 4 – Relação de materiais para a instalação do sistema de aquecimento solar (perfil: baixa renda)

Contudo, a Tabela 5 ilustra de forma resumida todo o custo envolvido para a aquisição, instalação e mão de obra do sistema de aquecimento solar em questão.

Descrição	Preço (R\$)
Placas absorvedoras	1218,00
Reservatório térmico	1600,00
Relação de materiais	281,98
Mão de obra para instalação	500,00*
Total	3599,98

*Valor estimado para regiões nas proximidades da cidade de Londrina-PR

Tabela 5 – Custo total para aquisição do sistema de aquecimento solar (perfil: baixa renda)

Portanto, após o levantamento de todo o custo envolvido para a aquisição e instalação do equipamento solar, conclui-se que o investimento total será de R\$ 3599,98. Porém, deve-se salientar que haverá uma redução do consumo de energia elétrica, ou seja, uma possível economia financeira por parte do proprietário através do uso de coletores solares para aquecer a água. Dessa forma, calcula-se essa economia mensal obtida, conforme ilustrado na Tabela 6.

Tempo médio diário de banho (TMD)	12 minutos/dia/pessoa = (0,2) hora/dia/pessoa
Dias do mês (DM)	30 dias
Número de moradores (NM)	5 pessoas
Energia média consumida por um chuveiro elétrico (EMC)	4,6 kWh*
Preço médio de 1 kWh + bandeira tarifária amarela (PM)	R\$ 0,41024/kWh
Economia mensal total (EMT)	R\$ 56,61

*Consumo estimado utilizando como referência 4600W do modelo Bello Banho Ultra (Lorenzetti, 2017)

Tabela 6 – Cálculo da economia média mensal obtida (perfil: baixa renda)

Com base nos dados apresentados na Tabela 5 e 6, pode-se assim estimar o tempo de retorno do capital investido, para aquisição do sistema de aquecimento solar, de aproximadamente 5 anos e 4 meses.

3.2 Sistema de aquecimento solar para famílias de classe média

De forma análoga ao Item 3.1, deve-se primeiramente obter informações iniciais para dimensionar o sistema de aquecimento solar a ser utilizado, conforme ilustrado na Tabela 7. Considerando uma casa térrea, onde o desnível entre o tubo de consumo de água do chuveiro e a lâmina d'água da caixa d'água é de aproximadamente 2,5 metros de coluna de água (m.c.a.), obtém-se a partir das características técnicas do produto Relax (LORENZETTI, 2017), a vazão de consumo de água durante o banho de aproximadamente 8 litros por minuto. Já para o aquecimento da água da torneira do lavatório e cozinha foi considerado um desnível de 4 metros de coluna de água (m.c.a.), obtendo assim, segundo o fabricante (LORENZETTI, 2017), uma vazão de 9,0 litros por minuto (produto Aquecedor Versátil), e de 6,0 litros por minuto (produto Torneira versátil), respectivamente.

Característica	Quantidade
Número de pessoas por residência:	4
Pontos de consumo de água quente:	Chuveiro, torneira do lavatório e da cozinha
Vazão de consumo (chuveiro):	8,0 litros/min
Tempo médio de banho:	12,0 minutos/dia/pessoa**
Vazão de consumo (torneira do lavatório):	9,0 litros/min*
Tempo médio de uso da torneira do lavatório:	2,0 minutos/dia/pessoa**
Vazão de consumo (torneira da cozinha):	6,0 litros/min*
Tempo médio de uso da torneira da cozinha:	15,0 minutos/dia/residência**

*Valor de referência utilizado: 4 m.c.a

**Fonte: Carneiro e Chaves (2008)

Tabela 7 – Dados referentes ao perfil da família de classe média considerado

Para determinar o volume adequado do reservatório térmico com a demanda especificada na Tabela 7, calcula-se o volume máximo de água quente (VMAQ), de acordo com o número de pessoas residentes na casa, a vazão de consumo média estimada e o tempo de consumo médio dos moradores. Assim, ao utilizar novamente a equação (1), determina-se o volume de armazenagem (VA) o qual especifica o volume do reservatório térmico a ser utilizado para que atenda o perfil da família em questão (Tabela 8).

Etapas	Cálculo	Volume
Volume Máximo de Água Quente (VMAQ)	$\{4 \text{ pessoas por residência} \times (8,0 \text{ litros/min.} \times 12 \text{ min./dia/pessoa} + 9,0 \text{ litros/min.} \times 2,0 \text{ min./dia/pessoa}) + 6,0 \text{ litros/min.} \times 15 \text{ min./dia/pessoa}\}^1$	546 litros
Volume de armazenagem (VA)	$\{546 \times (45^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) / (50^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})\}^1$	455 litros
Volume do reservatório dimensionado (RT)	Volume imediatamente superior para a adequação ao produto de mercado (quando for o caso)	500 litros

¹Norma ABNT NBR 15569

Tabela 8 – Cálculo do volume de água quente armazenado (perfil: classe média)

Após a análise da Tabela 8, verifica-se que o volume do reservatório térmico necessário para atender a demanda de água quente prevista é de 500 litros. Contudo, a próxima etapa a ser realizada será especificar a área coletora necessária para aquecer esse volume de água a temperatura de consumo de 45°C, conforme ilustrado na Tabela 9.

Etapas	Cálculo	Resultado
Demanda Energética Mensal (DE)	$(RT \times Cp^* \times \Delta T^{**} \times 30 \text{ dias} \times 0,000278 \text{ Wh})^1$	436,49 kWh/mês
Produção de Energia por Coletor (PE)	Produção de energia média mensal do coletor de 1,75 metros	135,40 kWh/mês***
Nº de Coletores Dimensionados	DE/PE	3,22 Coletor
Nº de Coletores Recomendado	4 Coletores modelo Trópicos V 175	4 Coletores
Área Coletora	Área coletora do coletor	7,0 m²

¹Norma ABNT NBR 15569

*Calor específico da água a pressão constante (4,187kJ/kg.°C)

**Diferença de temperatura da água entre a temperatura de consumo e a temperatura ambiente ($\Delta T \approx 25^\circ\text{C}$)

***Produção de energia mensal do coletor solar em condições de trabalho, conforme laudo técnico fornecido pelo INMETRO

Tabela 9 – Dimensionamento da área coletora (perfil: classe média)

Dessa forma, define-se assim um conjunto de produtos composto por um reservatório térmico fechado de aço inox de 500 litros (modelo Meu Sol 500) com 10 anos de garantia e quatro coletores modelo Trópicos V 175 com selo Procel, classificação A no Inmetro e 10 anos de garantia, semelhantes ao ilustrados na Figura 1.

De forma análoga ao item 3.1, a circulação de água faz-se por efeito termossifão, ou seja, este fenômeno ocorre devido à diferença de densidade entre a água quente, que é aquecida pela radiação solar. Para a instalação do sistema de aquecimento solar, previamente determinado, a Tabela 10 ilustra toda relação de materiais necessários utilizados na instalação do referido sistema, considerando que a residência em questão já possua tubulação de cobre e misturadores nos pontos de consumo.

Descrição	Unid.	Dimensão	Quant.	Preço unitário	Preço total
Registro de gaveta	PÇ	1"	3	R\$ 19,78	R\$ 59,34
Registro de gaveta	PÇ	3/4"	4	R\$ 13,75	R\$ 55,00
Bucha de redução cobre 600-2	PÇ	28 mm x 22 mm	3	R\$ 3,15	R\$ 9,45
Conector bronze 603	PÇ	22 mm	2	R\$ 8,19	R\$ 16,38
Conector bronze 603	PÇ	28 mm	3	R\$ 13,21	R\$ 39,63
Conector bronze 604	PÇ	22 mm	6	R\$ 6,24	R\$ 37,44
Conector bronze 604	PÇ	28 mm	7	R\$ 9,25	R\$ 64,75
Cotovelo cobre 607	PÇ	22 mm	10	R\$ 4,74	R\$ 47,40
Cotovelo cobre 607	PÇ	28 mm	9	R\$ 7,05	R\$ 63,45
Curva cobre 45° 606	PÇ	22 mm	4	R\$ 4,09	R\$ 16,36
Luva cobre 600	PÇ	22 mm	3	R\$ 2,08	R\$ 6,24
Luva cobre 600	PÇ	28 mm	1	R\$ 3,89	R\$ 3,89
Tampão cobre 617	PÇ	22 mm	1	R\$ 2,33	R\$ 2,33
TE cobre 611	PÇ	28 mm	3	R\$ 9,34	R\$ 28,02
Tubo cobre classe "E" (barra de 5 metros)	M	22 mm	20	R\$ 20,44	R\$ 408,80
Tubo cobre classe "E" (barra de 5 metros)	M	28 mm	5	R\$ 25,81	R\$ 129,05
União bronze 733	PÇ	22 mm	11	R\$ 15,15	R\$ 166,65
União bronze 733	PÇ	28 mm	2	R\$ 22,46	R\$ 44,92
Pasta p/ solda 110GR	PÇ	-	1	R\$ 12,95	R\$ 12,95
Estanho bobina 500GR	PÇ	Ø 2,5 mm	1	R\$ 51,09	R\$ 51,09
Isolamento térmico p/ tubo (barra de 2 metros)	PÇ	28 mm	6	R\$ 2,75	R\$ 16,50
Isolamento térmico p/ tubo (barra de 2 metros)	PÇ	22 mm	7	R\$ 2,75	R\$ 19,25
Estimativa da relação de materiais para instalação do equipamento solar					R\$ 1298,89

Tabela 10 – Relação de materiais para a instalação do sistema de aquecimento solar (perfil: classe média)

A Tabela 11 ilustra de forma resumida todo o custo envolvido para a aquisição, instalação e mão de obra do sistema de aquecimento solar em questão.

Descrição	Quant.	Preço Unitário	Preço Total
Reservatório térmico baixa pressão de 500 litros	1	R\$ 2230,00	R\$ 2230,00
Coletor solar Itapuã V1.7	4	R\$ 609,00	R\$ 2436,00
Relação de materiais	-	-	R\$ 1298,89
Mão de obra para instalação	-	-	R\$ 500,00*
Total			R\$ 6464,89

*Valor estimado para regiões nas proximidades da cidade de Londrina-PR

Tabela 11 – Custo total para aquisição do sistema de aquecimento solar (perfil: classe média)

Portanto, após o levantamento de todo o custo envolvido para a aquisição e instalação do equipamento solar, conclui-se que o investimento total será de R\$ 6464,89. Considerando que a residência em questão possua anteriormente sistemas de aquecimento elétricos convencionais nos mesmos pontos especificados na Tabela 7 (chuveiro, torneira do lavatório e torneira da cozinha), calcula-se a economia mensal obtida devido ao uso de coletores solares para aquecer a água, conforme ilustrado na Tabela 12.

Equipamento elétrico	Cálculo	Energia consumida
Chuveiro	$(12 \text{ min./dia / pessoa} / 60 \text{ min.} \times 4,5 \text{ kWh}^*) \times 4 \text{ pessoas} \times 30 \text{ dias}$	108 kWh/mês
Torneira do lavatório	$(2,0 \text{ min./dia/pessoa} / 60 \text{ min.} \times 4,5 \text{ kWh}^{**}) \times 4 \text{ pessoas} \times 30 \text{ dias}$	18 kWh/mês
Torneira da cozinha	$(15,0 \text{ min./dia/residência} / 60 \text{ min.} \times 5,0 \text{ kWh}^{***}) \times 30 \text{ dias}$	37,5 kWh/mês
Economia mensal total		163,5 kWh/mês

*Consumo estimado utilizando como referência a potência de 4500W do modelo Relax (Lorenzetti, 2017)

**Consumo estimado utilizando como referência a potência de 4500W do modelo Aquecedor Versátil (Lorenzetti, 2017)

***Consumo estimado utilizando como referência a potência de 5000W do modelo Torneira Versátil (Lorenzetti, 2017)

Tabela 12 – Cálculo da economia média mensal obtida (perfil: classe média)

Dessa forma, conforme a economia mensal apresentada na Tabela 12 e considerando o preço de 1 kWh de R\$ 0,71118 com a bandeira tarifária amarela já incluso, obtém-se uma economia mensal de R\$ 116,28. Assim, estima-se o tempo de retorno do capital investido de aproximadamente 4 anos e 8 meses, dividindo o valor total do investimento (Tabela 11) pela economia mensal total (Tabela 12). Portanto justifica o investimento proposto, visto que os produtos apresentados possuem garantia de 10 anos.

4. Conclusão

O presente trabalho apresenta o estudo da viabilidade na implementação de sistemas de aquecimentos solar (SAS) em residências de classe média e baixa renda, com tempo de retorno inferior a garantia apresentada pela empresa. Esse tempo de retorno se mostra viável visto que o tempo de garantia do produto em questão é de 10 anos e a vida útil do mesmo pode ser estimado em até 25 anos, se realizado a manutenção periódica segundo o fabricante. Outro fato interessante é que a implementação desse sistema representaria uma economia média mensal de no mínimo 30% do consumo de energia elétrica residencial (FERASSO et al., 2014). Isso representaria, após o período previsto do retorno do capital investido, uma economia média de aproximadamente R\$ 13.359,96 para o perfil de baixa renda e R\$ 28.372,32 relativo ao perfil de classe média, se considerado a vida útil do sistema de 25 anos.

Se compararmos os resultados presente estudo com trabalhos da literatura, pode observar que o tempo de retorno do investimento para a implementação do SAS está diminuindo devido ao custo elevado do kWh praticado, ao invés, de práticas públicas que incentive tal utilização fazendo que os preços de mercado se tornem ainda mais atrativos para os consumidores.

A utilização da energia solar para aquecimento de água em residências é uma alternativa ainda pouco explorada no Brasil, uma vez que o país apresenta um dos maiores índices de radiação solar do mundo, além de ser uma fonte de energia renovável e limpa. Entretanto, este tipo de tecnologia ainda demanda de um investimento inicial relativamente elevado, quando comparado com os sistemas de aquecimento direto, porém com custo de manutenção e operação baixos. Segundo Petolchckny e Santana (2009), se fossem instalados sistemas de aquecimento solar em todas as residências do Brasil seria possível economizar 6.950 MW (em torno de 20 bilhões de reais), além de evitar impactos ambientais inerentes a construção de novas barragens

e evitar a emissão anual de 1.300.000 toneladas de CO₂.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15569: Sistema de aquecimento de água em circuito direto – Projeto e Instalação.* Rio de Janeiro, 2008.

BEN. *Balanco Energético Nacional 2016 – Relatório Final.* Rio de Janeiro, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2016.

BEN. *Balanco Energético Nacional 2017 – Relatório Síntese.* Rio de Janeiro, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2017.

CARNEIRO, G. L.; CHAVES, J. F. C. Estudo piloto para estabelecimento da vazão de conforto para consumo residencial de água na cidade de Ponta Grossa. In: Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 4., 2008. Disponível em: <http://www.4eetcg.uepg.br/oral/58_1.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2017.

COPEL. *Taxas e Tarifas.* Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhp%2Ftarifas%2Fpagcopel2.nsf%2Fverdocatual%2F23BF37E67261209C03257488005939EB>>. Acesso em: 21 jul. 2017.

CORRÊA DA SILVA, R.; MARCHI NETO, I.; SEIFERT, S. S. *Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 59, p. 328-341, 2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. *Eficiência Energética e Geração e Distribuída.* Rio de Janeiro, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. *Projeções da Demanda de Energia Elétrica 2016-2020.* Rio de Janeiro, Brasil: Ministério de Minas e Energia (MME) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2015.

FERASSO, C. A.; MACAGNAN, M. H.; DIAS, J. B.; LAFAY, J. S. *Análise do uso de sistema de aquecimento solar na demanda e consumo de energia elétrica em residência populares.* In: Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 4., 2014, Bento Gonçalves. Disponível em: <https://siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=175&ano=_quarto>. Acesso em: 20 ago. 2017.

GBC. (Green Building Council). *O consumo de energia nas edificações no Brasil.* Disponível em <<http://www.gbcbrasil.org.br/detalhe-noticia.php?cod=119>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

LORENZETTI. *Características técnicas do produto Aquecedor Versátil.* Disponível em: <http://www.lorenzetti.com.br/pt/Detalhes_Produto.aspx?id=264>. Acesso em: 14 ago. 2017.

LORENZETTI. *Características técnicas do produto Bello Banho Ultra.* Disponível em: <http://www.lorenzetti.com.br/pt/Detalhes_Produto.aspx?id=1367>. Acesso em: 14 ago. 2017.

LORENZETTI. *Características técnicas do produto Relax.* Disponível em: <http://www.lorenzetti.com.br/pt/Detalhes_Produto.aspx?id=256>. Acesso em: 14 ago. 2017.

LORENZETTI. *Características técnicas do produto Torneira Versátil.* Disponível em: <http://www.lorenzetti.com.br/pt/Detalhes_Produto.aspx?id=259>. Acesso em: 14 ago. 2017.

PETOLCHCKNY, A. F.; SANTANA, G. C. P. *Energia Solar.* In: Seminário de recursos energéticos. Rio Claro, 2009.