

ECONOMIA DE ENERGIA ELÉTRICA PROPORCIONADA POR AQUECEDOR SOLAR INTEGRADO DE BAIXO CUSTO E FÁCIL INSTALAÇÃO: ESTUDO DE CASO E POTENCIALIDADES

Maria Lídia Romero Meira – centroecologico@fealq.org.br

Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, Centro Ecológico Flora Guimarães Guidotti.

Sergio Oliveira Moraes – somoraes@esalq.usp.br

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Departamento de Ciências Exatas

Marcelo Figueira de Mello Precoppe – mfmprecio@esalq.usp.br

University of Hohenheim

2.2 Equipamentos e sistemas de aquecimento de água

Resumo. *Desenvolveu-se um modelo integrado de aquecedor solar de água para chuveiro, construído a partir de material de baixo custo, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, visando facilidade de construção e um custo de aproximadamente R\$ 250,00 o que o tornaria acessível a uma fatia maior da população. Para estudar a contribuição do aquecedor no aquecimento de banhos e avaliar seu potencial de economia de energia elétrica, instalou-se em uma residência de Piracicaba – SP um protótipo do aquecedor solar constituído de: um tambor de ferro galvanizado pintado de preto, que funcionou tanto como coletor como reservatório de água; tubos de polietileno revestidos de garrafas PET para condução da água; refletor de manta aluminizada; plástico de estufa ao redor do coletor/reservatório para evitar perda de calor e cavalete de madeira de caixa de frutas para suporte. O experimento realizou-se durante nove meses, entre 2003 e 2004. Mediu-se, durante a utilização habitual do chuveiro, o volume de água consumido e a temperatura da água do aquecedor solar, da caixa d’água e da água do banho. Registrou-se a duração e o horário dos banhos. A partir desses dados, mensurou-se a quantidade de calor que o aquecedor solar forneceu à água do banho e contabilizou-se a quantidade de energia proporcionada à água pelo aquecimento solar. Esta variou principalmente em razão do horário do banho e da época do ano. Calculou-se a economia de energia elétrica proporcionada pela utilização do aquecedor solar em cada mês do experimento. Com essas informações, estimaram-se a economia de energia elétrica que a utilização do aquecedor solar proporcionaria ao longo de um ano e o tempo de retorno do investimento na construção do equipamento. Nas estimativas realizadas, sua utilização pode proporcionar até 50% de economia na energia elétrica utilizada em banhos.*

Palavras-chave: Aquecedor solar, água, baixo custo.

1. INTRODUÇÃO

A crise energética enfrentada pela humanidade nas últimas décadas incentiva cada vez mais pesquisas sobre fontes de energia substitutas ou complementares às fontes convencionais que atualmente sofrem sobrecarga na sua produção e distribuição e questionamentos quanto ao seu impacto ambiental e social (Goldemberg, 1998).

No Brasil, há mais de 1,4 milhões de domicílios sem energia elétrica (IBGE, 2003). O sistema elétrico nacional ainda sofre um pico de demanda diário entre as 18 e 21 horas que sobrecarrega as linhas de distribuição de energia. O uso do chuveiro elétrico, por ser geralmente o eletrodoméstico de maior potência encontrado numa residência, é apontado como uma das principais causas desta

sobrecarga na demanda de energia e é responsável por 25 % a 35% do consumo de energia elétrica total de uma residência (CPFL, 2005).

O setor residencial é o segundo em consumo de energia elétrica do país, respondendo por 26% do consumo nacional, e a demanda do setor segue uma tendência crescente. As restrições financeiras, socioeconômicas e ambientais que o sistema elétrico nacional sofre para sua expansão indicam que uma maior participação de fontes alternativas na matriz energética do país é necessária para o suprimento adequado das necessidades da sua população (ANEEL, 2002).

A utilização direta e local da energia solar, devido à própria característica difusa da energia do sol, é uma das alternativas ambientalmente mais adequadas e economicamente viáveis à energia elétrica (Luiz, 1985). O aquecimento solar de água mostra-se apropriado para oferecer água quente para residências, prédios públicos e comerciais, porém o grande potencial de aproveitamento da energia solar que incide sobre o território nacional é subutilizado devido, principalmente, ao custo proibitivo dos aquecedores de água para a maioria da população (ANEEL, 2002).

Diante disso, pesquisas têm sido realizadas no intuito de desenvolver aquecedores solares autoconstruídos de preço acessível - obtendo resultados positivos (Muto, 2004; Monteiro, 2003; Sociedade do Sol, 2005). Parte importante dessas pesquisas refere-se a aquecedores solares de sistema distribuído, que possuem um coletor e um reservatório para a água, sendo menos frequentes as pesquisas que utilizam aquecedores solares integrais que, por sua vez, também apresentam desempenho satisfatório (Tripanagnostopoulos & Souliotis, 2004).

Um modelo de aquecedor de água para chuveiros construídos a partir de material reutilizado e de baixo custo, com coletor e reservatório integrados na mesma peça, foi desenvolvido na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” visando diminuição de custos e facilidade de construção, o que o tornaria acessível a uma fatia maior da população. Um protótipo do aquecedor, instalado numa residência de Piracicaba - SP, foi estudado de abril de 2003 a maio 2004 e a avaliação preliminar da economia de energia proporcionada por sua utilização demonstrou que o aquecedor solar forneceu a maior parte da energia utilizada em banhos nos meses de maior incidência da radiação global no município e colaborou para o aquecimento da água nos meses de menor insolação (Meira *et al*, 2003).

Este trabalho traz os resultados do estudo da contribuição do protótipo para o aquecimento dos banhos durante o experimento realizado e discute o potencial de economia de energia elétrica da utilização do aquecedor solar em uma residência de quatro pessoas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar a economia de energia elétrica proporcionada pela utilização de um modelo de aquecedor solar de água integrado, de baixo custo e fácil instalação.

2.1 Objetivos específicos

Determinar a economia de energia elétrica resultante da utilização do protótipo do aquecedor solar;

Estimar a economia e energia elétrica proporcionada pelo uso do aquecedor solar em uma residência de quatro pessoas;

Estimar o tempo de amortização da construção do equipamento de custo R\$ 250,00.

3. METODOLOGIA

O protótipo do aquecedor solar, ilustrado pela Fig. 1, foi instalado em uma residência da cidade de Piracicaba, São Paulo. Constituiu-se, basicamente, de um tambor de ferro galvanizado pintado de preto - que funcionou tanto como coletor quanto como reservatório de água, de um cavalete de

madeira de caixa de frutas para suporte e tubos de polietileno revestidos de garrafas PET para condução de água.



Figura 1: Aquecedor solar de baixo custo sendo instalado na laje da residência. São visíveis o tambor, a malha de alumínio e o plástico de estufa que cobrirá o aquecedor

O experimento realizou-se a partir de medições de temperatura e volume de água consumida durante a utilização do aquecedor solar em banhos que ocorreram aleatoriamente ao longo do tempo. Registrou-se também a duração e o horário dos banhos. No monitoramento foram utilizados um cronômetro digital, um termômetro digital, instalado diretamente no interior do chuveiro e um hidrômetro instalado no cano do chuveiro. Os três sensores eram facilmente visíveis aos usuários.

As medições de temperatura foram diferenciadas em: (a) temperatura da água da caixa d'água da residência, (b) temperatura da água utilizada no banho em seu momento de maior conforto e (c) temperatura da água proveniente do aquecedor solar. Tomou-se o cuidado de medir esta última ao final de cada banho, evitando-se a medição da temperatura da água mais próxima da saída do tambor – e mais quente, o que poderia superestimá-la.

A utilização da água proveniente do aquecedor solar deu-se de três formas, dependentes do conforto térmico do usuário:

- 1) Uso exclusivo da água do aquecedor solar, com o chuveiro elétrico desligado – quando a temperatura da água do aquecedor estava compatível com a desejada pelo usuário;
- 2) Com aquecimento complementar pelo chuveiro elétrico – quando a água do aquecedor solar não estava quente o suficiente;
- 3) Mistura da água do aquecedor solar com a água (a menor temperatura) proveniente da caixa d'água convencional, com o chuveiro elétrico desligado – utilização da água do aquecedor como misturador de água quente.

Os dados foram coletados durante os meses de junho, julho, outubro, novembro e dezembro de 2003 e fevereiro, março, abril e maio e 2004. A coleta acompanhou a utilização habitual do aquecedor solar. Obteve-se, desse modo, uma amostragem ampla e diversificada, além de dados reais de utilização do chuveiro para o estudo da economia de energia elétrica proporcionada pelo protótipo.

Trabalhando-se os dados coletados, obteve-se a quantidade de calor que o aquecedor solar forneceu à água do banho. Transformando a unidade desta informação em kWh, contabilizou-se a quantidade de energia proporcionada à água pelo aquecimento solar em relação à que seria proporcionada caso o aquecimento fosse exclusivamente elétrico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo de caso

Coleta de dados. Os dados coletados abrangeram meses característicos de inverno e verão e os horários de banho foram extremamente variados, abrangendo significativamente os períodos matutino, vespertino e noturno, o anoitecer e a madrugada, evitando-se qualquer tendência nas medições. Apesar da ausência de medições em agosto/2003, setembro/2003, janeiro/2004 e da aleatoriedade da coleta, obteve-se certo equilíbrio na quantidade de dados nas estações de outono e inverno – 55 dados, e de primavera e verão – 69 dados.

Energia utilizada e contribuição do aquecedor solar ao aquecimento da água. Os banhos analisados consumiram um total de energia de 63,53 kWh. A Tab. 1 mostra qual proporção desta energia foi fornecida pelo aquecedor solar, mensalmente e ao término das medições.

Tabela 1: Proporção da energia total utilizada nos banhos fornecida pelo aquecedor solar.

	meses										total	média
	jun	jul	out	nov	dez	fev	mar	abr	mai			
Energia fornecida pelo aquecedor	22%	31%	52%	67%	65%	66%	57%	60%	40%	45%	51%	

O aquecedor Solar proporcionou 45% da energia (kWh) total utilizada nos banhos analisados, uma contribuição que pode ser considerada significativa face ao seu custo e facilidade de construção. A menor e a maior contribuições do aquecedor solar para o aquecimento da água ocorreram nos meses de junho e novembro/2003, respectivamente, quando o aquecedor forneceu 22% e 67% da energia utilizada nos banhos. Este máximo e mínimo acompanharam a incidência da radiação global no município, cuja média é em julho uma das menores em novembro uma das maiores, segundo a estação meteorológica da Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, localizada a aproximadamente 5 km da residência onde foi realizado o experimento. A média mensal de energia fornecida pelo aquecimento solar à água foi de 51%.

A Fig. 2, obtida a partir dos dados do experimento, ilustra a variação na contribuição do aquecedor e do chuveiro elétrico para o aquecimento de água.

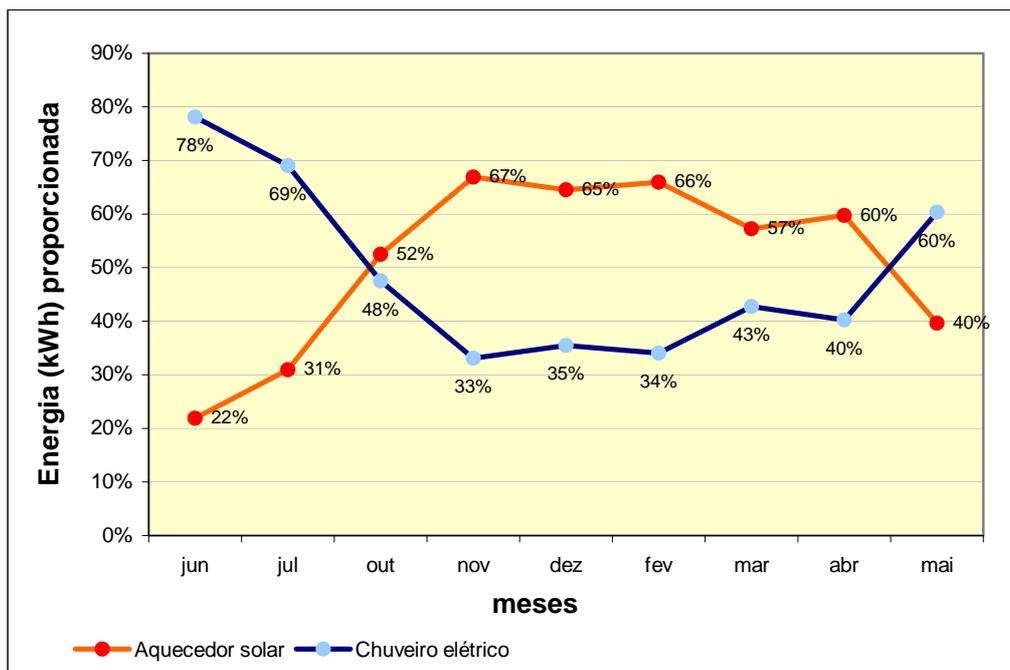


Figura 2: Energia kWh proporcionada à água pelo aquecedor solar e pelo chuveiro elétrico.

Temperatura da água do aquecedor e conforto térmico. A contribuição do aquecedor solar para o aquecimento de água se dá pelo aumento da temperatura da água no aquecedor solar já que, quanto mais quente esta água, menor a necessidade de utilização do aquecimento elétrico.

A intensidade da radiação solar incidente na superfície do tambor e a duração desta radiação, entre outros fatores, determinaram a variação no aquecimento que o sistema proporcionou à água. Assim, a temperatura da água no tambor foi diferente não apenas conforme a época do ano, mas também conforme a hora do dia.

Esta variação está exemplificada na Fig. 3, que ilustra a temperatura da água do aquecedor solar em diversos horários durante o mês de junho de 2003.

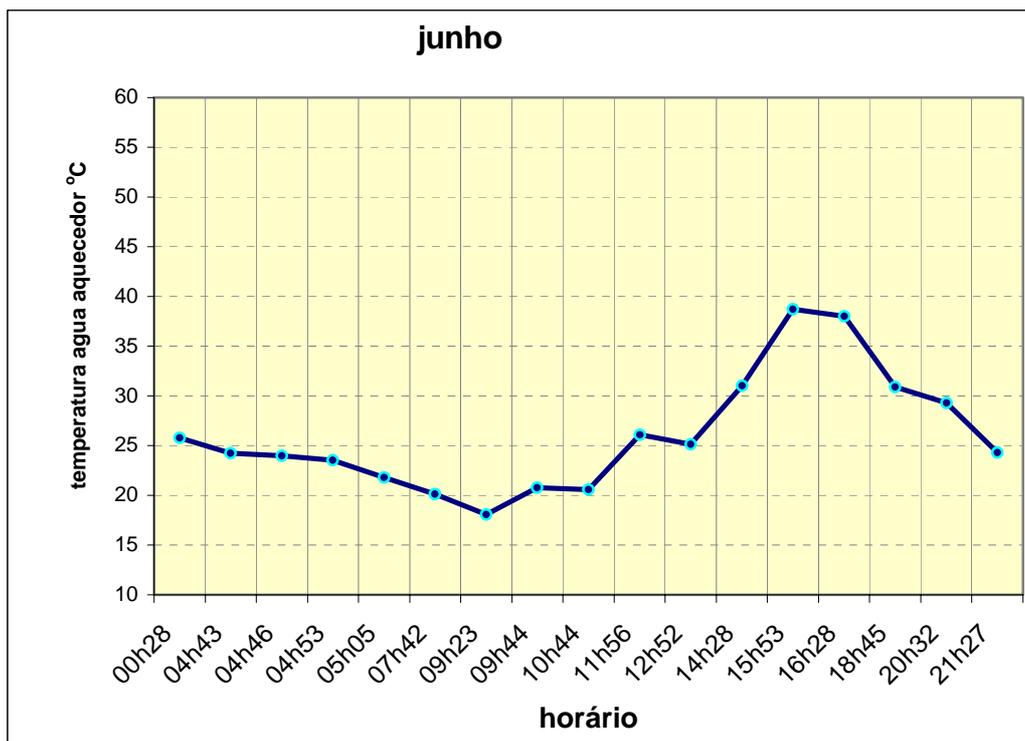


Figura 3: Variação da temperatura da água do aquecedor solar ao longo do dia, no mês de junho/2003.

Os dados de temperatura que compõe este gráfico foram coletados em dias diversos, de modo que a sua ordenação não corresponde a uma mesma data. Pode-se observar a tendência à diminuição da temperatura com as primeiras horas da noite e sua recuperação no meio da manhã seguinte. O aquecedor contribuiu mais significativamente para o aquecimento da água no período da tarde.

A variação da temperatura da água do aquecedor durante o dia também pode ser observada na Fig. 4, porém, com uma média de temperatura ao longo do dia sensivelmente mais elevada, por se tratar de um mês mais quente, fevereiro. Os mesmos comentários sobre a cronologia da Fig. 3 aplicam-se à Fig. 4.

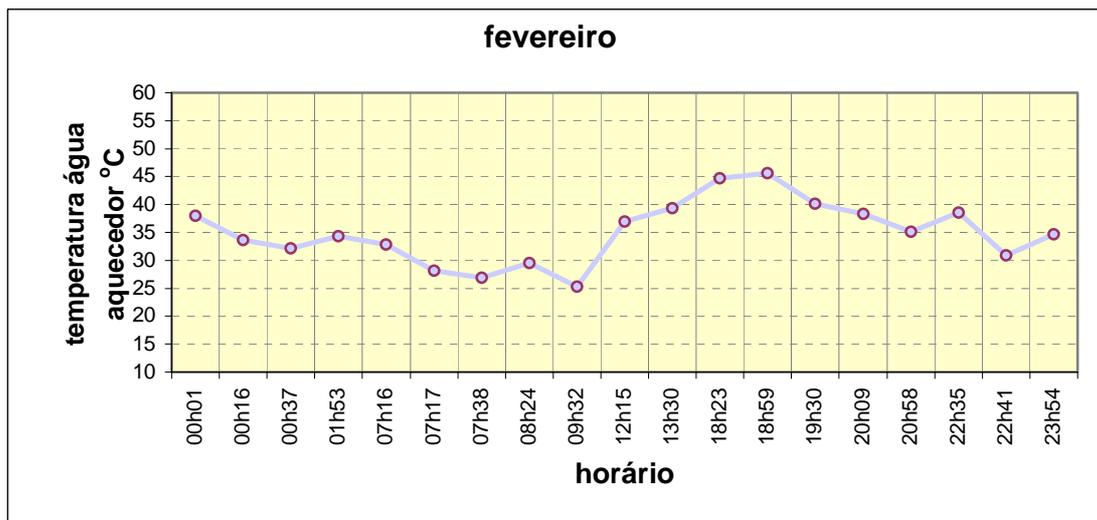


Figura 4: Variação da temperatura ao longo do dia, em fevereiro/2003.

As Fig. 5 e 6 mostram comparações horárias e mensais, respectivamente, entre as temperaturas da água do aquecedor solar e da caixa d'água da residência. Compõem-se de todos os dados coletados.

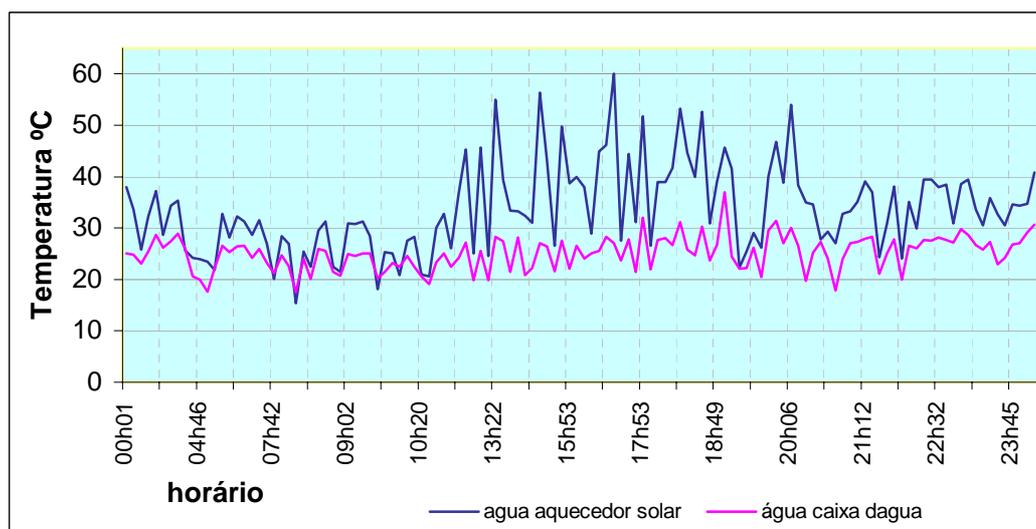


Figura 5: Comparação entre a temperatura da água proveniente da caixa d'água e do aquecedor solar – hora.

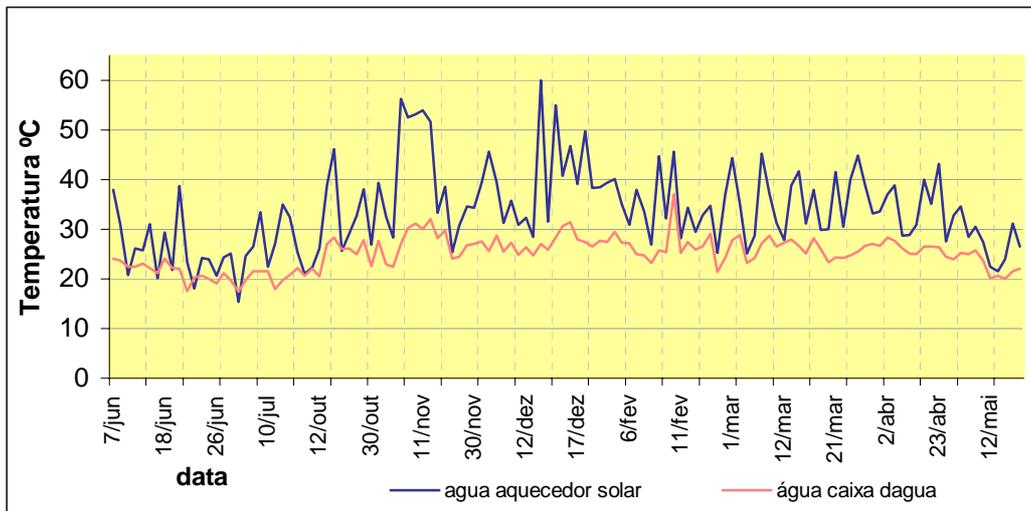


Figura 6: Comparação entre a temperatura da água proveniente da caixa d'água e do aquecedor solar – data

Com poucas exceções, pode-se observar que nas situações horárias e mensais a temperatura da água no aquecedor esteve acima da temperatura da água da caixa d'água.

Assim, de acordo com a temperatura da água do aquecedor e com o conforto térmico do usuário, o aquecimento da água do aquecedor pôde ser complementado pelo chuveiro elétrico na posição “verão” ou “morno”, ao invés da posição “inverno” ou “quente”, que gasta 30% mais energia que a primeira, segundo a Companhia Paulista de Força e Luz (2005).

4.2 Potencialidades

Para avaliar o potencial de economia de energia elétrica do aquecedor solar, consideraram-se diferentes faixas de consumo residencial para as quais extrapolaram-se os resultados obtidos com o protótipo estudado. Admitiu-se que o chuveiro elétrico consumiria mensalmente 30% da energia elétrica total utilizada na residência. O mês de referência para o custo do kWh foi outubro de 2005.

Avaliaram-se os seguintes cenários de consumo residencial mensal de energia elétrica, exibidos na Tab. 2:

175 kWh: média brasileira de consumo residencial (SIESE, 2002).

220 kWh: Consumo utilizado na elaboração de uma cesta básica energética para uma residência de cinco pessoas com eletrodomésticos básicos (PBSD, 2003) e média de consumo residencial do estado de São Paulo no ano 2000 (SIESE, 2002);

200 kWh: valor intermediário entre os dois apontados.

O consumo mensal de 220 kWh ainda foi escolhido como cenário pois a utilização do aquecedor solar poderia proporcionar economia de energia elétrica suficiente para mudar a faixa de consumo da residência e diminuir o custo do kWh.

Tabela 2: Cenários de consumo e economia de energia elétrica

Sem aquecedor solar			Com aquecedor solar			Amortização do investimento inicial
Consumo mensal original	Despesa anual		Economia mensal		Economia média anual	
kWh	R\$	R\$	kWh	R\$	R\$	
175	50	596	de 6% a 20%	de 3 a 10	89	3 anos
200	57	681		de 3 a 11	102	2 anos e meio
220	69	832		de 4 a 19	125	2 anos

A variação da economia mensal obtida com a utilização do aquecedor refere-se à variação entre a menor e a maior contribuição mensal do protótipo estudado para o aquecimento dos banhos. Para o cálculo da economia monetária média anual, considerou-se que ao fim de 12 meses o aquecedor teria fornecido 50% da energia utilizada em banhos, ou 15% do consumo de energia elétrica total da residência. O valor 50% é próximo à contribuição anual do aquecedor obtida com a extrapolação dos dados de 9 meses do experimento para 12 meses, a qual foi de 51%.

Destaca-se que uma economia de 50% da energia elétrica no aquecimento dos banhos resultaria em uma economia de energia elétrica de 15% ao fim de um ano. Porém, no caso de mudança da faixa de consumo devido à utilização do aquecedor solar, a economia monetária será maior que 15%.

A amortização do investimento inicial se daria, no melhor cenário, em 24 meses. Porém, após um ano de experimento foi necessária pequena manutenção no aquecedor solar (troca da manta refletora), o que gerou uma despesa de R\$15,00.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

O aquecedor solar desenvolvido proporcionou conforto térmico nos banhos, com e sem aquecimento complementar pelo chuveiro elétrico, gerando economia de energia elétrica. Nas estimativas realizadas, sua utilização diminuiu o valor da conta de luz, que será menor se houver mudança de faixa de consumo, o que determina o custo do kWh. A contribuição do aquecedor solar para o aquecimento da água poderá ser maior com aprimoramentos técnicos que melhorem o seu desempenho nos meses mais frios e no tocante à conservação do calor no período noturno.

Avalia-se que o aquecedor solar pode contribuir para a utilização da fonte de energia renovável e praticamente inesgotável, que é o sol, e pode gerar economia no orçamento doméstico. A sua utilização em grande escala contribuiria para diminuir a sobrecarga no sistema elétrico nos horários de pico de demanda e também poderia proporcionar banhos quentes em localidades não atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica.

Agradecimentos

Muito obrigada a Sergio Oliveira Moraes e Marcelo Figueira de Mello Precoppe pela grande receptividade com que fui aceita na equipe deste trabalho, pelo companheirismo e orientação durante toda a sua realização. Muito brigada a Thomaz Borges, do LABSOLAR da Universidade Federal de Santa Catarina por suas valiosas contribuições. Agradeço ainda às moradoras da residência onde foi instalado o protótipo do aquecedor solar por permitirem a realização da pesquisa no local.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2002. 153 p.
- Companhia Paulista de Força e Luz. Disponível em <<http://www.cpfl.com.br/new/servicos>> Acesso em 10 junho 2005
- Goldemberg, J. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. 234p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. Rio de Janeiro, 2003. 24v. 120p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2002-2003**. Rio de Janeiro, maio 2004
- Luiz, M. A. **Como aproveitar a energia solar**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1985. 191p.

- Meira, M. L. R.; Precoppe, M. F. M.; MORAES, S. O. Aquecedor solar de água de baixo custo e fácil instalação: estudo da economia de energia elétrica. In: Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo, 11o, Piracicaba, 2003. Anais. Piracicaba, 2003, CD-ROM.
- Monteiro, G. A esperança de uma alternativa sustentável. **Revista CREA –SP**, ano 3, n. 8, p.14-17, mar/abr 2003.
- Muto, E. Aquecimento solar doméstico. **Scientific American Brasil**, ano 2, n.20, p.14-15, jan 2004.
- Projeto Brasil Sustentável e Democrático. **Indicadores de sustentabilidade energética**. Disponível em <<http://www.brasilsustentavel.org.br>>. Acesso em 4 agosto 2003
- Sistema de informações empresariais do setor de energia elétrica. **Boletim síntese 2002**. Disponível em <http://www.eletrobras.gov.br/IN_Informe_SIESE/default.asp> acesso em 10 junho/2005
- Sociedade do Sol. Disponível em <<http://www.sociedadedosol.org.br>>. acesso em 10 junho 2005.
- Tripanagnostopoulos Y, Souliotis M. ICS solar systems with horizontal (E–W) and vertical (N–S) cylindrical water storage tank. **Renewable Energy**, n. 29, p. 73-96, abr. 2004.