



## AQUECEDOR DE ÁGUA POR ENERGIA SOLAR DE BAIXO CUSTO MAIS SUSTENTÁVEL

**Diego Boschetti Musskopf (1), Miguel Aloysio Sattler (2)**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: diego\_musskopf@yahoo.com.br

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil – e-mail: sattler@ufrgs.br

### RESUMO

O trabalho apresenta um coletor solar de baixo custo para ser utilizado em habitações de interesse social. O objetivo principal é substituir e/ou amenizar a utilização da ducha elétrica, usada por mais de 70% da população brasileira e responsável por grande parte do consumo de energia elétrica no horário de pico utilizando a energia solar - abundante e limpa. O protótipo descrito foi desenvolvido para Porto Alegre - RS, Brasil, latitude 30°S e nebulosidade média de céu 0,5 (em escala de 0 a 1). O equipamento foi construído com refugos da construção civil, sucatas e materiais reaproveitados reduzindo bastante o custo para o pesquisador (R\$135,74 em março, 2005) além de dar um destino mais nobre ao "lixo". O processo de montagem e instalação é simples e executável por pessoas com baixo nível de instrução. Ele está instalado no protótipo habitacional Alvorada e os resultados obtidos são favoráveis para o clima da região, a estimativa é que o equipamento amortize seu custo em 1 ano.

Palavras chaves: Aquecimento de água, sustentabilidade.

### ABSTRACT

The paper presents a Sustainable and Low-cost Solar Heater Water to be used in low-income housing. The main idea is to use the abundant and clean solar energy in exchange of the electric shower – actually used for 70% of Brazilian families and responsible for 50% of electric energy consumption in the peak hours. A prototype has been developed to Porto Alegre, the southernmost capital of Brazil (30°S and cloudiness 0,5). The equipment was constructed with civil construction rubbishes, scrap metal and non toxic materials incredibly reducing the cost (US\$60,00 in March, 2005) besides giving a noble destination to the "garbage". The assembly and installation are simple and executable for a non trained person. It is installed in a prototype housing and the results are favourable for the region climate, the estimate is that the equipment amortizes its cost in 1 year.

Keywords: solar energy, sustainability, solar water heater

### 1. INTRODUÇÃO

O consumo anual de energia elétrica no Brasil aumentou de 38TWh para 277TWh entre 1970 e 1997, sendo maior nos setores residencial e comercial. Dentre os fatores responsáveis pelo aumento abrupto de consumo estão:

- (a) o modelo consumista em voga que se traduz, entre outros, em uma maior aquisição de eletrodomésticos em geral de pouca eficiência energética,
- (b) um modelo de arquitetura inabitável sem o uso de climatização e iluminação artificial e de cidades construídas baseadas em interesses imobiliários deixando de lado aspectos como salubridade e economia.

Como decorrência, esse processo aliado à falta de investimentos em geração de energia (hídrica e, principalmente, alternativa) e ao longo período de estiagem, o país passou recentemente por uma forte crise energética que atinge principalmente os grande centros urbanos, que passaram sobre ameaça de “apagões” e enfrentam aumentos consecutivos de tarifas de energia elétrica e sobre os combustíveis.

Durante a crise, entre os planos para reduzir o consumo, o governo buscou a substituição de eletrodomésticos energeticamente menos eficientes por outros mais eficientes através de taxas e financiamentos. Para equipamentos de aquecimento d’água, o governo abriu uma linha de crédito favorecendo a implementação de coletores de energia solar e um aumento dos impostos sobre o chuveiro elétrico (150% e 40% para potências inferiores e superiores a 4000W, respectivamente). O uso de coletores de energia solar para o aquecimento de água tem sido crescente, no entanto, mesmo com os incentivos, as classes baixa e média baixa não têm recursos para adquirir nada além da tradicional ducha elétrica que se torna cada dia mais potente e barata. Atualmente se encontram no mercado modelos com até 6000W e custos em torno de U\$S 20,00.

A resistência da ducha elétrica está entre os responsáveis pelo alto consumo de energia elétrica doméstica, representa 13% do consumo do setor residencial e está presente em 70% das residências unifamiliares, o que acarreta grandes problemas para o fornecimento. Na cidade de São Paulo, por exemplo, o chuveiro elétrico é responsável por 50% da demanda de energia no horário de pico (entre as 18h e 21h).

Os planos emergenciais do governo não se mostraram capazes de reverter o quadro, pois visam resultados imediatos, implantam soluções pontuais para os denominados “vilões” do consumo de energia e não conscientizaram a população. De um modo geral, as soluções não atingiram 80% da população, que não possuem recursos para adquirir ou substituir seus equipamentos por outros mais eficientes.

Além da economia energética, é necessário considerar-se o fator ambiental envolvido. Podemos considerar dois fatores:

- (a) a energia solar é uma energia limpa, largamente disponível no Brasil e de fácil captação com princípios térmicos bastante simples.
- (b) anualmente são desperdiçados toneladas de resíduos sólidos (que mal administrados acabam por agredir meio ambiente) que poderiam ser reaproveitados para a produção de sistemas simples de captação de energia solar.

Surge então a idéia de desenvolver produtos energeticamente eficientes, utilizando o sol como fonte de energia, reaproveitando materiais descartados e que atendam aos setores menos favorecidos da sociedade, tema do presente trabalho.

## 2. DADOS CLIMÁTICOS E CONSUMO DE ÁGUA QUENTE CALCULADA

A tabela 1 informa os dados climáticos de Porto Alegre, cidade brasileira situada na latitude 30°S, longitude 51°11'W, altitude média 4m sobre o nível do mar e nebulosidade média do ar de 0,5 (escala de 0 a 1). A temperatura de água fria foi estimada a partir do valor da temperatura média mínima do ar, que corresponde ao valor adotado quando existem reservatórios elevados como parte do sistema de calefação.

Não há normas brasileiras que estimem o volume de água quente por pessoa para sistemas de aquecimento de água por energia solar. Sendo esse um valor é relativo aos costumes e usos da população, estimamos um consumo de água quente da mesma forma que as empresas de aquecedores de água: 40L/dia por pessoa para banho. Sendo a composição da família média no Rio Grande do Sul de 5 membros, 2 adultos e 3 crianças (dados fornecidos pela FEE-UFRGS), o consumo de água quente totaliza 200 L/dia.

Na tabela 1, também é possível observar uma estimativa de aquecimento de 200 L de água e a economia em reais para uma superfície de 1m<sup>2</sup> e eficiência de 20% entre a radiação incidente e o aquecimento de água.

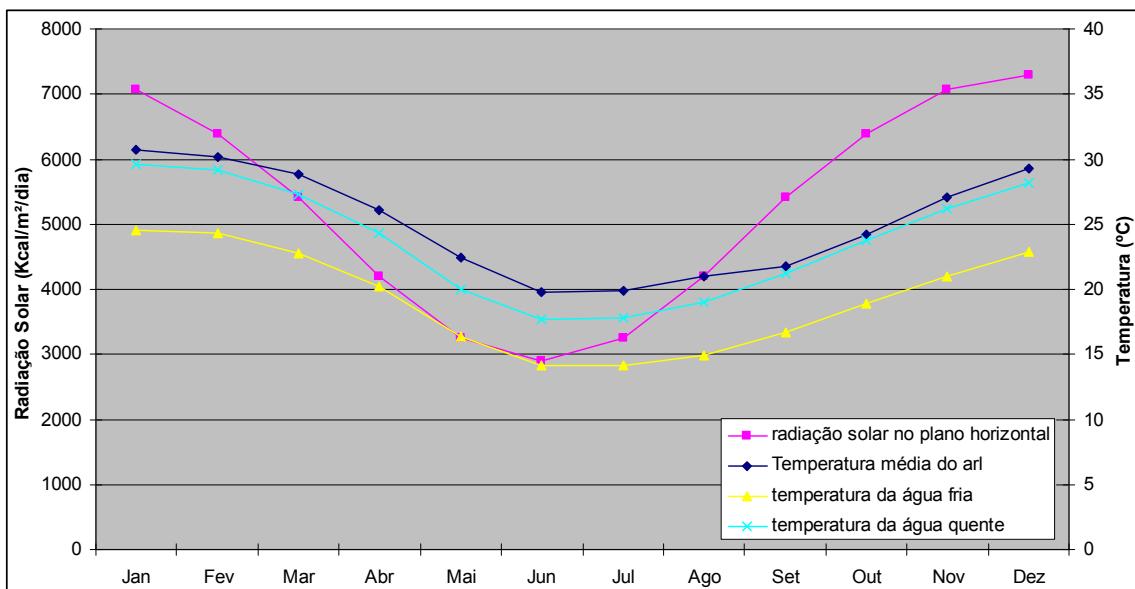
Mês	RAD [Kcal/m <sup>2</sup> dia]	RAD 45 [Kcal/m <sup>2</sup> dia]	TM [°C]	TMM [°C]	TAF [°C]	AAR [°C]	TAQ [°C]	EME
Jan	7065	5149	25,5	30,7	24,5	5,15	29,65	R\$ 11,69
Fev	6387	4838	25,5	30,2	24,3	4,84	29,14	R\$ 10,98
Mar	5410	4511	23,5	28,8	22,8	4,51	27,31	R\$ 10,24
Abr	4203	4064	20,5	26,1	20,2	4,06	24,26	R\$ 9,22
Mai	3243	3725	17,5	22,4	16,3	3,72	20,02	R\$ 8,45
Jun	2903	3579	15,7	19,8	14,1	3,58	17,68	R\$ 8,12
Jul	3243	3725	15,5	19,9	14,1	3,72	17,82	R\$ 8,45
Ago	4203	4064	15,8	21,0	14,9	4,06	18,96	R\$ 9,22
Set	5410	4511	17,5	21,8	16,7	4,51	21,21	R\$ 10,24
Out	6387	4838	19,8	24,2	18,9	4,84	23,74	R\$ 10,98
Nov	7065	5149	21,6	27,1	21,0	5,15	26,15	R\$ 11,69
Dez	7300	5242	24,3	29,3	22,9	5,24	28,14	R\$ 11,90
economia no ano								R\$ 121,20

Valores em média mensal de 10 anos:

RAD = radiação solar horizontal / RAD45 = radiação solar superfície 45° / TM = temp. média do ar / TMM = temp. média máxima do ar / TAF = temp. da água fria / AAR = Aquecimento de 200L de água pela radiação solar em 1,0m<sup>2</sup> [(RADx(1-NEB)x1,0x0,35)/200] / TAQ = temp. da água quente [TAF+AAR] / EME = estimativa de economia mensal de energia [(AARx160)/(1,163x1000)x0,29x30]/2,85]

**Tabela 1: Dados Climáticos de POA, dados de consumo e temperatura da água, estimativa de economia.**

Fonte: AZOZTEGUI, José M.; Parâmetro do conforto térmico de Porto Alegre



**Gráfico 1: Curva estimativa de Temperatura da água fria e quente e temperatura do ar**

### 3. PROTOTIPO EXPERIMENTAL

O critério (e desafio) do projeto foi de utilizar matérias reciclados, de descarte e de baixo impacto ambiental para a construção do sistema de captação de energia e de armazenamento de água. Também substituímos ou eliminamos os componentes caros dos sistemas tradicionais. A montagem do sistema foi simplificada para que não exigisse mão de obra especializada para a montagem e instalação do sistema.

### **3.1. Material, Preparo, Montagem e Instalação**

A lista de todos os produtos utilizados com suas quantidades e preços encontram-se na tabela 2. O tanque acumulador (figura 1) é um tonel de transporte de óleo metálico de 220 litros comprado em ferro velho. Após a lavagem com água e remoção de ferrugem com lixa, recebeu 3 demões de zarcão. As instalações hidráulicas são similares a de uma caixa d'água de coletor solar tradicionais. É importante observar que não há peças no mercado propícias para a construção de coletores solares, tendo assim, de ser adaptadas. A entrada de água fria provida é de torneira bóia comum de descarga, a saída de água quente na parte inferior da caixa foi executada com conexões de PVC compatíveis com dutos de polipropileno e as 2 comunicações com a placa coletora (superior e inferior) com parafusos de luminária, câmara de pneu de bicicleta e cola de silicone... Só faltaram os chicletes e os bandaids.... (figuras 4, 5, 6). Para aumentar o isolamento do tonel, ele será revestido com um cobertor (figura 7).



**Figura 1:** tanque armazenador de água



**Figura 2:** placa coletora com lona plástica



**Figura 3:** suporte para o tanque



**Figura 4:** torneira boia



**Figura 5:** Conexão de PVC



**Figura 6:** conexão com a placa coletora



**Figura 7:** isolante térmico



**Figura 8:** O Protótipo Alvorada



**Figura 9:** Fixação da mangueira

A placa coletora (figura 2) foi executada tenho como base meia chapa de compensado naval, refugo da construção civil. Sobre ela foram fixadas com pregos 2 chapas de off-set (chapas de alumínio

descartadas por gráficas) e com braçadeiras de nylon 20 m de tubo de cobre (3/8'') disposta em serpentina. Embora seja perfeitamente possível de ser executado a mão, foi utilizado curvador de canos de cobre para a execução da serpentina, pois facilita o trabalho e melhora a estética da placa que ficara exposta no Protótipo Habitacional Alvorada. As placas de off-set e os tubos de cobre foram pintados de preto com sobras de tinta esmalte. Para aumentar a eficiência do sistema, foi fixada uma lona plástica transparente de estufa cobrindo o sistema e afastada através de ripas de madeira dos componentes de baixo. As partes de madeira que ficaram expostas foram pintadas para aumentar a vida útil da placa. A placa coletora será fixada na parte externa da casa, na fachada norte (figura 8), com uma inclinação de 45°C, através de dobradiças metálicas e parafusos. O tanque armazenador deve ficar no interior da edificação, dando preferência a maior proximidade com o coletor ao invés do banheiro, uma vez que a tubulação hidráulica da casa é de material isolante. Para fixá-lo, foi construído um suporte que permite sua instalação em uma parede alta. Para a conexão da placa coletora no tanque armazenador foi utilizado mangueira para fluídos de alta pressão (facilmente, porém substituída por mangueira de jardim), que já era de posse do pesquisador. Ela foi conectada à placa coletora e ao tonel com braçadeiras.

### **3.2. Custos de montagem e instalação**

O custo de montagem e instalação do aquecedor solar de baixo custo segue na tabela 2. Como a intenção do experimento era o uso de materiais reciclados, a grande maioria resultou em reuso de materiais já de posse do pesquisador o que resultou em um custo de R\$135,74. Caso todas as peças deste mesmo coletor fossem compradas, o custo seria de R\$256,54.

O custo do coletor solar resulta na possibilidade de aquisição e montagem por uma família de baixa renda, porém o mais importante é a redução do consumo do chuveiro elétrico. Ele é responsável pelo consumo de 600Kwh/ano por família e representa um investimento médio de US\$600,00 para gerar e distribuir a energia consumida por cada nova ducha.

### **3.3. Estimativa de aquecimento**

Estimou-se de forma simplificada o aquecimento de água pelo sistema considerando a radiação solar em um plano a 45°, a área de 1m<sup>2</sup> da placa coletora e uma eficiência de 20% nas trocas térmicas. Os resultados estão expressos na tabela 1. É possível observar que mesmo quando utilizamos mos uma baixa eficiência, o sistema apresenta uma boa economia e permite sua amortização em 1 ano.

## **4. RECOMENDAÇÕES**

Algumas recomendações e sugestões simples podem ser dadas quanto a cuidados na montagem. Sugere-se o uso de tubulações rígidas para a execução da serpentina da placa coletora e um cuidado extremo com as dobras, pois há risco de rompimento. Uma dobra mal executada ou com material flexível por acarretar em problemas de bolhas o que bloquearia o fluxo do sistema.

A lona de estufa pode ser substituída com muitas vantagens por vidro. Além de apresentar pior isolamento, a lona dilata facilmente com o sol e acaba entrando em contato com os tubos perdendo o efeito de câmara de ar. A sua durabilidade também é baixa.

Não há necessita se executar outro aquecedor de água com os mesmos materiais que este. O ideal é a utilização de materiais disponíveis e que em sua maioria vão fora. Apenas para dar uma idéia, a simples colocação de caixas de água de fibrocimento (devidamente tampadas) no exterior da edificação em um local bastante ensolarado, já são suficientes para aquecer a água alguns graus.

Produto	Quantidade	Valor efetivo	valor de mercado
Geral			
Parafusos		R\$4,80	R\$4,80
Pregos		R\$5,30	R\$5,30
Rolo de pintura	1 un.	-	R\$2,20
Pincel	1 un.	-	R\$1,20
Água Raz (900ml)	900 ml	-	R\$4,10
Zarcão	1 l.	R\$13,10	R\$13,10
Tinta velha, selador ou óleo queimado	1 l.	-	-
Tinta preta brilho		R\$5,80	R\$5,80
Curvador tubo mola	1 un.	R\$10,09	R\$10,09
Cola silicone	15 ml.	-	R\$4,00
Placa Coletora			
Chapa de compensado	1 un.	-	R\$22,00
Ripa 2,5x2,5cm	1 un.	-	R\$4,20
Chapas de alumínio	2 un.	-	
Tubo de cobre	10 m	R\$42,50	R\$42,50
Braçadeiras do tubo de cobre	23 un.	R\$3,45	R\$3,45
Tubulação flexível (mangueira de jardim)	4 m	-	R\$3,60
Braçadeiras do tubo flexível	4 un.	R\$2,00	R\$2,00
Tanque armazenador			
Estrutura do tanque	5,5 m.	R\$9,10	R\$9,10
Tambor 220 litros recuperado	1 un.	R\$25,00	R\$25,00
Torneira bóia	1 un.	R\$2,80	R\$2,80
Luva 25x20	1 un.	R\$0,75	R\$0,75
Redutor de vazão (tampa refrigerante)	1 un.	-	-
Flange de PVC	1 un.	R\$5,00	R\$5,00
Flange alumínio	2 un.	R\$4,25	R\$4,25
Câmera de pneu velha	1 un.	-	-
Cobertor velho	1 un.	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 133,94</b>	<b>R\$ 175,24</b>
Hidráulica			
Fita veda rosca	10 m	R\$1,80	R\$1,80
Registro esférico polipropileno	1 un.	-	R\$35,10
joelho em polipropileno	6 un.	-	R\$21,60
Tubo de polietileno	50 m	-	R\$22,30
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 135,74</b>	<b>R\$ 256,04</b>

**Tabela 2: Lista de materiais e custos para a montagem e instalação do coletor solar**

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZOTEGUI, J. M. Parâmetros do Conforto Térmico de Porto Alegre. Porto Alegre: NORIE, UFRGS. 1997.
- BOUCIGUES, FOLLARI J. A.; TORRES M. Un Colector Solar de Polipropileno, Argentina: Actas de la 14<sup>a</sup> Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar. 1990
- GRAÇA G. Consumos Residenciais de Energia e Refrigeração. Rio Claro: CESP, CPFL, ELETROPAULO, COMGAS. 1986.
- GRAÇA G.; BORGLUINI R. Consumos Residenciais de Energia. São Paulo: Conselho Estadual de Energia de São Paulo. 1985.

- GROSSI, ATIENZA G. H.; GARCÍA M. Cartas de Radiación Solar Global para la Región Meridional de América del Sur. Argentina: Actas del II Congreso Interamericano de Meteorología, 1987
- HESS, GERALDO; PUCCINI, ALBELARDO L.; MOURA, JOSÉ L.; PAES, LUIZ C. M. da R. Engenharia Econômica (11<sup>a</sup> ed.). São Paulo: DIFEL difusão editorial S.A. 1979.
- KREIDER J. F.; KREITH F. Solar Energy Handbook. Ch.29 – Energy Conservation in Buildings. New York: Mc. Graw Hill. 1981.
- LAMBERT, ROBERTO; DUTRA, LUCIANO; PEREIRA, FERNANDO O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: PW Editores. 1997.
- MASCARÓ, LÚCIA R. Energia na Edificação: estratégias para minimizar seu consumo. Porto Alegre: Projeto Editores Associados Ltda. 1986.
- MASCARÓ, LÚCIA R. Padrões de Habitabilidade. Porto Alegre. Polígrafo do curso AROP06 – curso de Especialização em Arquitetura Habitacional ministrada no PROPAR/UFRGS
- SATTLER, M. A. Caracterização dos fatores e elementos determinantes do clima. Porto Alegre. 1990. Polígrafo da disciplina CIVP60 – Conforto Ambiental na Edificação I ministrada no CPGEU/UFRGS
- SERRANO P. Energía Solar para Todos. Chile: Artesol. 1991
- SERRANO P. Tecnologías Campesinas de Chile (2<sup>a</sup> ed.). Chile: FUGA. 1992
- UBER, LILIAN L. A Climatologia Aplicada ao Ambiente Construído: uma contribuição à caracterização climática de Porto Alegre/RS. Porto Alegre: Escola de Engenharia da UFRGS. 1992