



## **AQUECEDOR SOLAR: UM SISTEMA CONSTRUÍDO DE MODO SUSTENTÁVEL**

**Cristiano Muniz Drey** – Acadêmico do curso de engenharia civil, rallye228@pop.com.br  
Universidade de Passo Fundo

**Alcione Carvalho Becker** – Eng. Civil, professor Ms. do curso de Engenharia e  
Arquitetura, acebecker@upf.br  
Universidade de Passo Fundo

**Juliana Kurek** - Eng. Civil, professora Ms. do curso de Engenharia e Arquitetura,  
jkurek@upf.br  
Universidade de Passo Fundo

**Adalberto Pandolfo** – Eng. Civil, Dr. em Eng. de Produção, professor do Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia, pandolfo@upf.br  
Universidade de Passo Fundo

**Alcindo Neckel** – Geógrafo, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia,  
alcindoneckel@upf.br  
Universidade de Passo Fundo

**Julian Grub** – Arquiteto e Urbanista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia, jgrub@bol.com.br  
Universidade de Passo Fundo

**Resumo:** O artigo apresenta um sistema de aquecimento de água, com baixo custo de fabricação, com o objetivo de garantir a população de baixa renda um produto economicamente acessível com a redução do consumo energético de forma a contribuir na qualidade de vida socioeconômica da população preservando o meio ambiente. O aquecedor proposto é construído por materiais recicláveis, sendo seu sistema de fácil montagem e execução. Nos testes realizados, os resultados foram satisfatórios, pois, o sistema apresentou um ganho na temperatura da água, sem a necessidade do uso convencional de aquecedores elétricos contribuindo na diminuição do consumo de energia da unidade habitacional.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, Consumo energético, Sistema de aquecimento.

### **1. INTRODUÇÃO**

A preocupante questão em evidência na atualidade mundial é o crescimento das cidades e dos aglomerados urbanos, geralmente, reforçam problemas de ordem ambiental. As agressões ao meio ambiente ocorrem devido a um somatório de fatores ligados basicamente ao uso e ocupação desordenados do solo, ao crescimento da malha urbana sem o acompanhamento adequado de recursos de infra-estrutura e a expansão imobiliária (LORENSINI et al, 2008).

Entretanto, o meio urbano proporcionou o desenvolvimento econômico, ocasionando-se mudanças no estilo de vida da sociedade moderna, refletindo nos processos complexos que compartilham um denominador comum: a disponibilidade de um abastecimento adequado e confiável de energia. Porém, a preocupação com o meio ambiente instiga questões relacionadas com o aquecimento global, a chuva ácida e a disposição dos resíduos, que estão estritamente ligados à forma como é usada a energia. Conforme Hinrichs e Kleinbach (2003), a energia é um dos principais constituintes da sociedade moderna, indispensável para criar bens a partir de recursos naturais que possibilitem prestações de serviços a sociedade.

Atualmente, novas tecnologias limpas são utilizadas, adequando-se as necessidades ambientais e socioeconômicas de forma que as políticas de equidade social e ecológica serão cada vez mais pesquisadas (SOUZA, 2004). Nesse contexto, pode-se dizer que o sistema de aquecimento da água por energia solar, consiste em uma energia limpa e que não causa impactos ao meio ambiente, proporcionando assim o desenvolvimento sustentável.

Nesse sentido, a fabricação de um sistema de aquecimento solar de baixo custo torna-se pertinente e necessário. Nesse contexto o uso de materiais recicláveis, como: “garrafas pet” e “caixas de leite”, são economicamente viáveis no desenvolvimento do sistema e sua posterior construção. Nessa proposta sustentável, objetiva-se a diminuição do consumo de energia elétrica durante o processo, visando uma maior economia com baixo custo de implantação.

## **2. CONSUMO ENERGETICO E SUSTENTABILIDADE**

Apesar de estarmos e em pleno século XXI, envolvidos por grandes avanços tecnológicos e científicos, a sociedade moderna encontra-se em extrema dependência de fatores energéticos extraídos dos recursos naturais. Nessa questão, a energia elétrica torna-se um elemento de fundamental importância para a utilização de tecnologias eletrônicas, das quais o ser humano se beneficia (HINRICHS; KLEINBACH, 2003).

No entanto, “observa-se uma preocupação sobre alguns temas de ordem ambiental, como o uso da energia, aquecimento global, mecanismo de desenvolvimento limpo, créditos de carbono e forma de disposição dos resíduos sólidos buscando a sustentabilidade da sociedade”. Ainda conforme o autor, podemos dizer que a geração da energia elétrica brasileira está “estruturada em fontes hídricas, com um baixo custo de geração, é de fundamental importância à diversificação da matriz energética, haja vista, o colapso que o racionamento causou em 2001” (VANZIN, p. 64, 2006).

Ao tratar de benefícios, não podemos nos esquecer, que atualmente nos setores residenciais e comerciais, o aquecimento solar torna-se bastante utilizado, em se tratando de piscinas e para a obtenção de água quente doméstica (HINRICHS; KLEINBACH, 2003).

Segundo Branco (2008), somos conscientes das facilidades e conforto, que as embalagens proporcionam a sociedade, mas se torna preocupantes, devido o grau de impacto ambiental quando descartadas de maneira incorreta e irresponsável. Jamais foi ou

será propósito, incentivar o consumo para conseguirmos as embalagens para o projeto, mas sim, encontrarmos um destino útil às garrafas PET e caixas de leite.

A principal justificativa para a implantação de um aquecedor solar, consiste na economia gerada numa residência, pois a redução de energia elétrica pode chegar a mais de 40% através do uso desse sistema (BRANCO, 2008).

No século XVIII, o cientista suíço Nicholas de Saussure, idealizou um coletor de energia solar, que vem sendo utilizado até os dias de hoje para aquecimento de água em instalações domésticas e comerciais. O cientista em seus estudos construiu uma simples caixa de madeira, quadrangular com poucos centímetros de altura, pintada de preto na sua parte interna de forma a absorver o máximo da radiação solar, e cobriu-a com um vidro. Expondo a caixa ao sol, obtiveram temperaturas de até 85 graus Celsius no seu interior. Atualmente essas caixas, contendo uma serpentina por dentro onde circula a água, são construídas de materiais mais isolantes e colocadas em série sobre o telhado da casa, distribuídas de forma que se possa obter a máxima exposição às radiações solares. Consegue-se assim, o aquecimento de uma considerável quantidade de água, servindo para todos os usos. Esses simples equipamentos, mesmo em países frios, podem reduzir até um terço do gasto de combustíveis para aquecimento da casa e da água de banho ou de cozinha. Na nossa região tropical, com insolação muito mais intensa e durante todo o ano, a economia pode ser muito maior. (BRANCO, 2008)

Nesse sentido, o princípio de funcionamento por termo sifão é o que melhor se adapta à sistemas simples, como ao nosso projeto. Desde que, tenhamos a possibilidade de instalarmos o coletor solar com a barra superior do coletor, ligada ao retorno de água quente (9), sempre abaixo do nível inferior (fundo) da caixa ou reservatório, como indica figura 1, sendo o ideal 30 cm o mínimo e no máximo 3m essa diferença. (ALANO, 2008).

A construção do coletor solar diferencia-se dos demais, em relação aos materiais utilizados na sua construção e rendimento térmico. Com intuito de baixar custos, utilizam-se nas colunas tubos e conexões de PVC, menos eficiente do que os tubos de cobre ou alumínio aplicados nos coletores convencionais. As garrafas pet e as caixas de leite substituem a caixa metálica, o painel de absorção térmica e o vidro utilizado nos coletores convencionais, pois, o calor absorvido pelas caixas tetra pak, contendo uma pintura, preto fosco, “é retido no interior das garrafas e transferido para a água através das colunas de PVC, também pintadas em preto”. Consequentemente, “a caixa metálica com vidro ou as garrafas pet, tem como função proteger o interior do coletor das interferências externas, principalmente dos ventos e oscilações da temperatura” (ALANO, p. 8, 2008).

O aquecedor solar torna-se sustentável devido aos materiais recicláveis utilizados na sua construção. Nesse contexto, podem-se utilizar dois elementos de fundamental importância como as garrafas pet (transparentes) e caixas de leite, para a construção do aquecedor solar (ALANO, p. 8, 2008).

No que diz respeito a esse sistema alimentado pela energia solar, autores clássicos como Brasil (p. 10, 1978), evidenciam que “vivemos num mundo de ricas invenções”, pois, o desenvolvimento futuro depende da abundância e dos depósito de energia.

### **3. MÉTODOS**

#### **3.1 Instalação do sistema**

O coletor solar foi construído em agosto de 2008, utilizando garrafas pet e caixas de leite, o mesmo funcionará através do sistema de termo sifão o qual dispensa o uso de energia elétrica permitindo a circulação da água por termo sifonagem.

Após a fabricação do coletor, o mesmo será instalado sobre o telhado de uma unidade habitacional, sendo a inclinação da cobertura direcionada para norte, conforme a figura 1.

Figura 1 - Coletor solar instalado no telhado da casa.



Na instalação do reservatório de água se usou uma caixa de fibra de 250 litros, colocada no forro da casa, conforme a figura 2.

Figura 2 – Reservatório de 250 litros.



A tubulação hidráulica utilizada na construção do sistema de aquecimento de água por energia solar consiste-se de 20 mm, o qual é representado na figura 3.

Figura 3 – Tubo de 20 mm hidráulico.



As águas quentes e frias ficarão no mesmo reservatório, que será equipado com um termômetro digital para medir a temperatura da água, representado na figura 14, a fim de verificar a variação de temperatura durante o dia e determinar o ganho de energia. O reservatório será isolado com fibra de vidro numa espessura aproximada de 5cm envolta em plástico transparente para garantir um maior conforto térmico e para evitar a perda do calor. Sendo assim a água ficará aquecida por mais tempo até que a mesma se estabilize com a temperatura ambiente.

Figura 4 – Termômetro digital.



A instalação do registro de água quente ficará por fora da parede, ligada diretamente na ducha que já se encontra instalada com a água fria, será feito um furo no teto por onde passará a tubulação hidráulica, representado pela figura 6.

Figura 5 – Instalação do registro da água quente por fora da parede.



### 3.2 Medição da temperatura

A temperatura foi registrada através de um termômetro digital, representado pela figura 6, foram medidos todos os dias no final da tarde, no horário das 18h30min de setembro a outubro de 2008. Registrar-se-á cada dia que não se utilizou a energia elétrica durante o banho.

Figura 6 – Termômetro digital fixado na parede com medidas de água quente e fria.



### 3.3 Materiais e equipamentos usados na construção

Abaixo a tabela 1. Indicando os materiais consumidos durante a fabricação e instalação do aquecedor solar, e seus respectivos valores de venda ao consumidor.

Tabela 1 - Materiais e seus respectivos valores comercializados.

DISCRIMINAÇÃO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Tubo 20 mm hidráulico	18m	1,67	30,00
Garrafas pet	100	0	0
Caixinha de leite	100	0	0
Tinta esmalte 900ml Preta fosca	1	12,00	12,00
Tubo cola adesiva 75g	1	4,00	4,00
Fibra de vidro	1	10,00	10,00
Reservatório de água 250 litros	1	150,00	150,00
Rolo de espuma 5cm	1	1,50	1,50
Fita isolante de alta fusão	1	9,90	9,90
Te 20 mm hidráulico	40	0,75	30,00
Te 1/2mm hidráulico	1	1,20	1,20
Joelho 20 mm hidráulico	4	0,75	3,00
Adaptador 20x1/2	1	0,80	0,80
Luva 1/2	1	0,80	0,80
Torneira bóia 1/2	1	8,90	8,90
Manga flexível 1'pol	1	3,90	3,90
Flange 1/2	4	5,50	11,00
Fita veda rosca	1	1,50	1,50
Tampão 1/2	1	0,50	0,50
Termômetro digital	1	45,00	45,00
		VALOR TOTAL	R\$ 324,00

Necessário, também, o uso de alguns equipamentos para a fabricação e instalação do coletor solar e do reservatório. Usa-se lâmina de cerra com arco e trena para o corte e medida dos tubos hidráulicos. Furadeira com serra copo para furos do reservatório e teto do banheiro. Para a remoção de telha e fabricação do suporte para o reservatório entre o forro e o telhado da casa utiliza-se martelo, chave de boca número 10 e escada. O alicate e arame serão utilizados para a fixação do coletor.

O valor gasto na construção e instalação do aquecedor solar pode ser reduzido, pois em muitas casas já existem instalados reservatórios de água que possibilitam o uso do mesmo. O custo pode reduzir ainda mais, pois não é necessária a instalação do termômetro digital, pois neste caso, o mesmo foi instalado apenas com a finalidade de analisar a temperatura. A fita de alta fusão pode ser substituída por borrachas de câmara de pneus usada. Desta forma, o valor passa para menos de R\$ 119,00 (cento e dezenove reais).

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS COM A IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

O reservatório ainda não foi isolado com a fibra de vidro, mas está atendendo as necessidades diárias, pois a água mantém-se quente até às 24h. A redução da temperatura do banho é de apenas 5°C nesse período.

A total eliminação no uso da energia para o banho no mês de setembro foi de 59,09% em 22 dias de medição, foi utilizada energia elétrica em apenas 09 dias e nos outros 13 dias não foi utilizada energia elétrica. Nesse mesmo mês ocorreu um aumento de temperatura da água nos dias em que foi utilizada a energia elétrica em 4,4°C aumentando assim a

temperatura em mais de 24,50% reduzindo o consumo de energia elétrica para aquecimento da água nos dias em que foi utilizada a mesma. Notou-se uma redução de mais de 68% de economia durante o banho com a energia elétrica conforme a tabela 2, que se refere às medidas do mês 09.

Tabela 2 – Tabela de medidas do mês 09.

DIA	TEMPERATURA AS 18h30minh	TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA MINIMA	DIFERENÇA DE TEMPERATURA
08/09/2008	21	24	16,7	3
09/09/2008	31,4	33,6	16,8	13,4
10/09/2008	23,1	23,9	21,7	5,1
11/09/2008	20,1	20,6	20,1	2,1
12/09/2008	27,3	27,8	15,5	9,3
13/09/2008	32,8	34,4	14,8	14,8
14/09/2008	34,5	35,5	17,7	16,5
15/09/2008	30,7	34,6	18,2	12,7
16/09/2008	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.
17/09/2008	34,8	36,5	18,3	16,8
18/09/2008	34,6	35,9	19,9	16,6
19/09/2008	35,3	36,4	19,9	17,3
20/09/2008	20,6	22,6	20,6	2,6
21/09/2008	20,6	22,6	17	2,6
22/09/2008	23,5	23,6	15,3	5,5
23/09/2008	19,1	19,1	17,5	1,1
24/09/2008	35,4	37,9	15,8	17,4
25/09/2008	37,9	42,5	21,4	19,9
26/09/2008	31,8	35,2	18,2	13,8
27/09/2008	40,8	43,5	20,3	22,8
28/09/2008	39,6	43,1	20,4	21,6
29/09/2008	26,3	28,2	23,7	8,3
30/09/2008	33,3	36,1	21,2	15,3

Foram tabulados e analisados os dados da tabela 2. Nessa seqüência, os dados foram representados de uma maneira conclusiva, conforme a tabela 3.

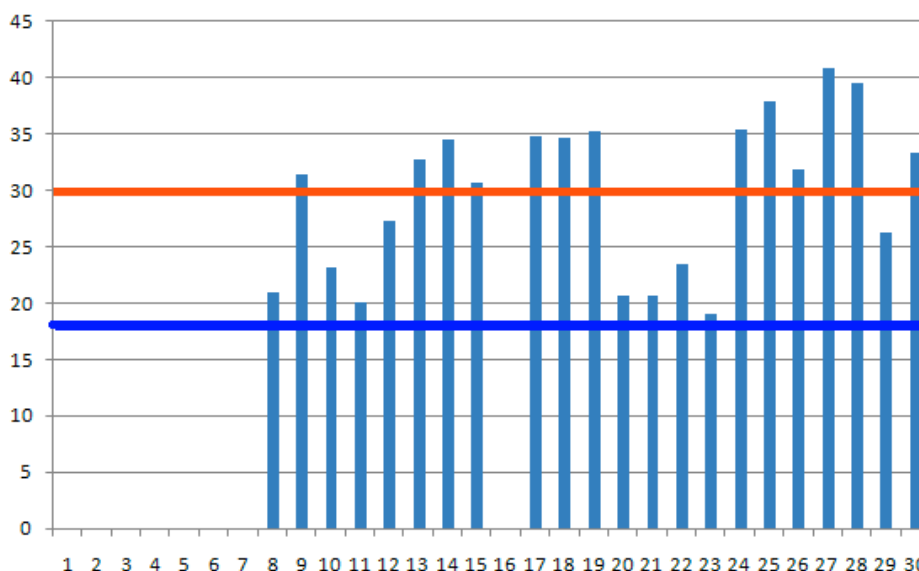


Tabela 3 – Dias de utilização de energia elétrica, economia e viabilidade do sistema.

DIAS QUE NÃO FOI USADO ENERGIA ELETTRICA	13
DIAS QUE FOI USADO ENERGIA ELETTRICA	9
TOTAL DE ECONOMIA	59,09%
AUMENTO DE TEMPERATURA	EM MEDIA DE 4,4°

As temperaturas acima da linha vermelha mostram na figura 7, que não foi preciso o uso de energia elétrica, pois as temperaturas passaram de 30° e conseguiu-se tomar banho com água quente, a linha azul mostra o valor médio de água fria a qual entrou no reservatório. Sendo assim é possível ver o aumento significativo de temperatura todos os dias.

Figura 7 – Temperaturas registradas às 18h30min no mês de outubro.



No mês de outubro foram registrados 27 dias. Em 16 dias não se utilizou energia elétrica enquanto nos 11 dias restantes, totalizando uma economia de 59,26%. Já o aumento de temperatura da água nos dias em que foi utilizada energia elétrica ficou em uma média de 5,49°C, aumentando assim a temperatura da água em 30,5% totalizando assim uma economia notável de mais de 70% na redução do consumo de energia elétrica consumida durante o banho conforme a Tabela 4, que representa as medidas do mês 10.

Tabela 4 – Dias de utilização de energia elétrica, economia e viabilidade do sistema.

DIA	TEMPERATURA AS 18h30minh	TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA MINIMA	DIFERENÇA DE TEMPERATURA
01/10/2008	28,9	35,8	22,6	10,9
02/10/2008	33,6	38,7	22,5	15,6
03/10/2008	42,7	48,1	21,7	24,7

04/10/2008	25,0	26,9	25,0	7,0
05/10/2008	30,9	31,9	20,5	12,9
06/10/2008	41,8	44,7	19,9	23,8
07/10/2008	41,8	46,2	19,9	23,8
08/10/2008	37,3	43,0	24,4	19,3
09/10/2008	34,9	41,1	23,2	16,9
10/10/2008	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.
11/10/2008	40,1	42,0	20,2	22,1
12/10/2008	25,2	25,9	25,1	7,2
13/10/2008	21,6	25,4	21,6	3,6
14/10/2008	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.
15/10/2008	20,2	20,2	20,1	2,2
16/10/2008	21,1	21,6	19,9	3,1
17/10/2008	18,8	21,6	18,8	0,8
18/10/2008	21,3	21,6	17,7	3,3
19/10/2008	37,5	43,1	18,9	19,5
20/10/2008	49,2	50,0	24,8	31,2
21/10/2008	41,8	45,2	25,8	23,8
22/10/2008	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.
23/10/2008	26,2	29,3	23,2	8,2
24/10/2008	36,4	37,8	22,4	18,4
25/10/2008	24,2	27,6	22,2	6,2
26/10/2008	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.	NÃO REG.
27/10/2008	43,0	44,7	20,9	25,0
28/10/2008	48,0	50,0	24,4	30,0
29/10/2008	25,9	28,0	25,6	7,9
30/10/2008	42,0	42,9	22,5	24,0
31/10/2008	50,0	50,0	36,0	32,0

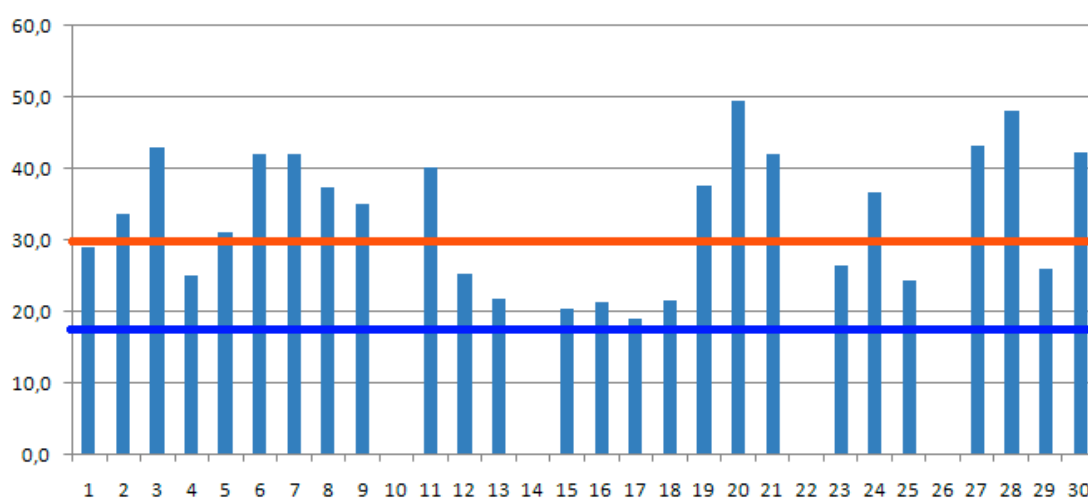
Foram tabulados e analisados os dados da tabela 4. Nessa seqüência, os dados foram representados de uma maneira conclusiva, conforme a tabela 5.

Tabela 5 – Dias de utilização de energia elétrica, economia e viabilidade do sistema.

DIAS QUE NÃO FOI USADO ENERGIA ELÉTRICA	16
DIAS QUE FOI USADO ENERGIA ELÉTRICA	11
TOTAL DE ECONOMIA	59,26%
AUMENTO DE TEMPERATURA	EM MÉDIA DE 5,49°

A figura 8, mostra a elevação da temperatura medida as 18h30min em relação a temperatura da água que entrou no reservatório numa media de 18°C, chegando a atingir picos com mais de 50°C, registrados somente até 50°C, pois o termômetro não marcava as temperaturas acima deste valor.

Figura 8 – Medida de temperatura às 18h30min.



No total das medições foi registrada a temperatura da água em 51 dias, e desses não se usou energia em 30, observa-se uma economia direta de mais de 59%. Além do mais, em todos os dias houve um aumento de temperatura que contribuiu com a diminuição do consumo de energia elétrica. Estima-se que a redução mensal da energia gasta durante o banho seja entre 60% e 70% do consumo antes da instalação do aquecedor solar.

Imaginem uma família de 04 a 05 pessoas que gaste um valor médio de R\$ 200,00 de energia elétrica em sua residência, sendo deste entorno de 35% somente com o chuveiro elétrico, o custo seria de R\$ 70,00. Se a economia do consumo de energia elétrica durante o banho reduzir na faixa de 60% a 70% se obterá uma redução de R\$ 42,00 a R\$ 49,00 por mês, sendo assim o investimento seria pago em menos de 03 meses após sua instalação. Isso significa que no final de cada ano a economia poderá chegar a mais de R\$ 500,00. Uma redução de R\$ 100,00 por pessoa, por ano.

Imaginem se este aquecedor fosse maior quando instalado em um hotel para atender o consumo de mais de 100 pessoas, quanto seria a redução de energia elétrica por ano nesse estabelecimento.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado do sistema foi satisfatório em termos de aquecimento, pois todos os dias o sistema proporcionou um aumento de temperatura da água que contribuiu com a diminuição do consumo de energia elétrica. Assim houve como consequência evidente a



redução mensal do consumo de energia gasta durante o banho, depois da instalação do aquecedor solar.

O sistema de aquecimento solar estudado torna-se de fácil aquisição pela população de baixa renda, devido ao seu baixo custo de construção e implantação, cujo valor é de R\$ 111, 10.

O Aquecedor Solar representa uma forma limpa e renovável de consumo energético. Portanto torna-se uma ferramenta fundamental para o desenvolvimento sustentável no que diz respeito às questões socioeconômicas e as políticas ambientalmente corretas.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALANO, J. A. **Aquecedor solar composto de embalagens descartáveis**. Disponível em: <<http://josealcinoalano.vilabol.uol.com.br/manual.htm>>. Acesso em: 02 de jun. 2008.

BRANCO, S. M. **Energia e meio ambiente**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. **Manual de energia solar**. Brasília: LFJ, 1978.

HINRICHS, R.A., KLEINBACH M. K. **Energia e meio ambiente**. 3a ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

LORENSINI, C, et al: **Equívocos no planejamento urbano de Santa Maria – RS**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br>>. Acesso em: 31/5/2008.

SOUZA, M. L. de. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

VANZIN, E. **Procedimento para análise da viabilidade econômica do uso do biogás de aterros sanitários para geração de energia elétrica: aplicação no aterro metropolitano Santa Tecla**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.