

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DE CURITIBA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA ÊNFASE
ELETROTÉCNICA**

**ANDRÉ SUCHODOLAK
GUILHERME CORDEIRO DE ABREU**

**DISSEMINAÇÃO DE UMA TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA
AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR EM UMA
ESCOLA DA PERIFERIA DE CURITIBA-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2011**

**ANDRÉ SUCHODOLAK
GUILHERME CORDEIRO DE ABREU**

**DISSEMINAÇÃO DE UMA TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA
AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR EM UMA
ESCOLA DA PERIFERIA DE CURITIBA-PR**

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Metodologia aplicada ao TCC, do curso de Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador (a): Prof^a. Maria de Fátima Ribeiro Raia, Dr. Eng.

**CURITIBA
2011**

RESUMO

ABREU, Guilherme Cordeiro; SUCHODOLAK, André. **Disseminação de uma tecnologia de baixo custo para aquecimento de água utilizando energia solar em uma escola da periferia de Curitiba**. 2011. 92 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica - Eletrotécnica) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2011.

Este trabalho apresenta um estudo sobre a forma de disseminação de uma tecnologia de baixo custo para aquecimento de água utilizando energia solar, com foco em comunidades de baixa renda. Discute como o uso dos chuveiros elétricos representa um grande consumo de energia elétrica em uma residência e os custos que esta situação pode levar a economia familiar. Mostra conceitos teóricos sobre a energia solar e suas características. Apresenta as tecnologias convencionais para aquecimento de água através de energia solar, bem como os seus modelos atualmente utilizados. Apresenta as tecnologias de baixo custo para aquecimento de água através de energia solar, com enfoque no aquecedor montado com materiais descartáveis (garrafas PET e caixas de leite). Demonstra um projeto de campo realizado com a montagem e a medição de dados em um protótipo do aquecedor solar de materiais descartáveis. O trabalho é complementado por um programa de divulgação voltado a uma comunidade de baixa renda a respeito desta tecnologia de baixo custo, o estudo foi realizado através da instalação e exposição de um aquecedor solar de materiais descartáveis em uma escola da periferia de Curitiba. O estudo traz como resultado o real interesse das pessoas em conhecer o sistema e seus benefícios, com a finalidade de aplicá-lo em suas residências.

Palavras-chave: Chuveiro elétrico, aquecimento solar de água, aquecedor solar de baixo custo, materiais descartáveis, comunidades de baixa renda.

ABSTRACT

ABREU, Guilherme Cordeiro; SUCHODOLAK, André. **Dissemination of a low-cost technology for water heating using solar energy in a school on the outskirts of Curitiba**. 2011. 92 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica - Eletrotécnica) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2011.

This work presents a study how to spread a low-cost technology for water heating using solar energy, focusing on low-income communities. Discusses how the use of electric showers is a major consumer of electricity in a residence and the costs that this may lead to the household economy. Shows concepts about solar energy and its characteristics. Presents conventional technologies for water heating by solar energy, as well as its currently used models. Presents the low-cost technologies for water heating by solar energy, focusing on the heater mounted with disposable materials (plastic bottles and milk cartons). Presents a field project carried out with the assembly and the data measurement in a solar low-cost heater prototype. Complemented by an outreach program for low-income community about this low-cost technology, the study was conducted through the installation and exhibition of a solar low-cost heater made with disposable materials in a school on the outskirts of Curitiba. The study brings the real interest as a result of people learn about the system and its benefits, in order to apply it in their homes.

Keywords: Electric shower, solar water heating, solar low-cost heater, disposable materials, low-income communities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sol e suas camadas.....	16
Figura 2 - Absorção da radiação solar	18
Figura 3 - Movimentos do planeta Terra em torno do Sol	19
Figura 4 - Constante solar	20
Figura 5 - Países que mais utilizam energia solar.....	22
Figura 6 - Mercado brasileiro de aquecedores solares	23
Figura 7 - Média anual de insolação diária no Brasil.....	24
Figura 8 - Radiação solar global diária - média anual típica (MJ/m ² .dia).....	25
Figura 9 - Radiação solar global diária - média anual típica (Wh/m ² .dia)	26
Figura 10 - Curva de carga diária média no Brasil	27
Figura 11 - Oferta de energia elétrica por fonte de energia.....	29
Figura 12 - Esquema de um sistema de aquecimento solar residencial	33
Figura 13 - Sistema integrado de termossifão.....	34
Figura 14 - Sistema acoplado de termossifão	34
Figura 15 - Instalação em circulação forçada.....	35
Figura 16 - Centro comercial utilizando aquecimento de água.....	37
Figura 17 - Aquecedor solar residencial em Belo Horizonte (MG)	38
Figura 18 - Aquecedor solar em casa de alto padrão em BH (MG).....	38
Figura 19 - Aquecedor solar de baixo custo.....	41
Figura 20 - Placa de forro de PVC usada para construção dos coletores.....	42
Figura 21 - Representação de um ASBC residencial,	42
Figura 22 - Chuveiro interligado com sistema ASBC	43
Figura 23 - ASBC em uma creche de Goiânia (GO)	44
Figura 24 - ASBC em um lar assistencial de Uberlândia (MG).....	44
Figura 25 - ASBC em casa da periferia de Uberlândia (MG).....	45
Figura 26 - José Alcino Alano e o aquecedor de garrafa PET	46
Figura 27 - Funcionamento do aquecedor de garrafa PET	48

Figura 28 - Inclinação do coletor solar	49
Figura 29 - Método de corte das garrafas PET	50
Figura 30 - Método para dobrar caixas de leite	51
Figura 31 - Encaixe das embalagens de leite nas garrafas PET	51
Figura 32 - Encaixe de garrafas PET nos tubos PVC	52
Figura 33 - Painéis após encaixe das garrafas com o gargalo.....	52
Figura 34 - Painéis montados no município de Urubici (SC).....	53
Figura 35 - Painéis na Cia. do Exército Brasileiro de Palmas (PR).....	54
Figura 36 - Curso de capacitação em Pato Branco (PR)	55
Figura 37 - Painel montado na escola em Erechim (RS)	56
Figura 38 - Painel montado na escola em Passos (MG)	57
Figura 39 - Garrafas PET de Coca-Cola	58
Figura 40 - Caixas de leite Tetra Pak coletadas.....	59
Figura 41 - Caixa d'água de 500 litros usada no protótipo	60
Figura 42 - Garrafa PET em processo de corte com estilete	61
Figura 43 - Encaixe das garrafas PET nos canos de PVC	62
Figura 44 - Encaixe entre as fileiras de garrafas.....	63
Figura 45 - Protótipo do painel de garrafas PET	64
Figura 46 - Painel protótipo interligado com a caixa d'água.....	65
Figura 47 - Modelo do panfleto distribuído	69
Figura 48 - Caixa adaptada utilizada como reservatório	73
Figura 49 - Instalação do aquecedor solar na escola.....	73
Figura 50 - Garrafas PET expostas para comunidade	74
Figura 51 - Painel exposto para comunidade.....	75
Figura 52 - Presença de crianças junto ao painel solar.....	76
Figura 53 - Pais e crianças acompanhando palestra	76
Figura 54 - Comunidade interessada no sistema.....	77
Figura 55 - Crianças verificando o aquecimento da água	78
Figura 56 - Diretora da escola.....	79

Figura 57 - Alunos participando da apresentação sobre o aquecedor	80
Figura 58 - Presença de famílias durante a atividade	81
Figura 59 - Análise do manual por um dos participantes	82
Figura 60 - Participação das professoras da escola na atividade	82
Figura 61 - Distribuição dos manuais à comunidade.....	83
Figura 62 - Crianças e adultos interessados no aquecedor	83
Figura 63 - Crianças conhecendo o projeto	84
Figura 64 - Palestra aos alunos da escola	84
Figura 65 - Participação dos colegas da UTFPR na atividade	85
Figura 66 - Presença de amigos e familiares	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potência per capita de coletores solares instalada nos países	23
Tabela 2 - Classificação de uma instalação conforme o volume.....	32
Tabela 3 - Temperatura da água medida no dia 22 de abril de 2011.....	66
Tabela 4 - Temperatura da água medida no dia 03 de maio de 2011.....	67
Tabela 5 - Temperatura da água medida no dia 28 de abril de 2011.....	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA	10
1.1.1 Delimitação do Tema	10
1.2 PROBLEMA	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1 Objetivo Geral	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 JUSTIFICATIVA	13
1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA	14
1.6 ESTRUTURA DE TRABALHO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 ENERGIA SOLAR.....	16
2.1.1 O Sol e suas características.....	16
2.1.2 Energia solar no Brasil e no mundo	21
2.1.3 Energia solar e meio ambiente.....	28
2.1.4 Energia solar e sociedade	30
2.2 TECNOLOGIA CONVENCIONAL PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR	31
2.2.1 Modelos para aquecimento de água	31
2.2.2 Sistemas de aquecimento solar de água.....	32
2.2.3 Aquecimento solar de água por termossifão	33
2.2.4 Aquecimento solar de água por bombeamento.....	35
2.2.5 Tecnologia convencional no Brasil	36
2.3 TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR	39
2.3.1 Contexto histórico e social.....	39
2.3.2 Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC)	40
2.4 TECNOLOGIA UTILIZANDO GARRAFAS PET PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR	45
2.4.1 Aquecedor solar com materiais descartáveis	45
2.4.2 Funcionamento do aquecedor solar com descartáveis	48
2.4.3 Montagem do aquecedor solar com descartáveis	50
2.4.4 O projeto no Brasil e no Paraná	53
3 MONTAGEM E COLETA DE DADOS DE UM PROTÓTIPO.....	58
3.1 MATERIAIS	58

3.2 MONTAGEM	60
3.3 INSTALAÇÃO E COLETA DE DADOS	64
4 PROGRAMA DE DIVULGAÇÃO	68
4.1 SELEÇÃO DA ESCOLA	68
4.2 PANFLETOS	69
4.3 MANUAIS DE MONTAGEM E INSTALAÇÃO	70
4.4 REDES SOCIAIS	70
5 ATIVIDADE DE DISSEMINAÇÃO NA ESCOLA	72
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA

1.1.1 Delimitação do Tema

O Brasil é um país que apresenta muitos problemas sociais. O crescimento da economia brasileira ainda não tem sido suficiente para contornar todos esses problemas, fazendo com que a existência de comunidades de baixa renda seja uma constante na sociedade. Ainda existe muita desigualdade social entre algumas populações, sendo que as de classe mais baixa sofrem por não terem oportunidades para melhorar sua condição de vida, devido a inúmeros fatores, tais como a falta de melhor distribuição de renda aliada ao custo de vida alto que a sociedade atual apresenta.

Outro fator que resulta em uma qualidade de vida ruim para essas comunidades, é que a população de classe mais baixa é a que menos pratica o conceito de desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento social, econômico e cultural que atende às exigências do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras (ONU, 1987). Ou seja, as famílias de comunidades de baixa renda normalmente não utilizam recursos que ajudam em um desenvolvimento próprio e da comunidade em que vivem, deixando de melhorar, também, a sua qualidade de vida.

No entanto, a não utilização destes recursos muito se deve ao fato do pouco conhecimento dos mesmos. As pessoas dessas comunidades não têm oportunidade de acesso às inovações que visam o desenvolvimento, devido à falta de divulgação de soluções alternativas e economicamente viáveis para situações do dia-a-dia, como por exemplo, a utilização do chuveiro elétrico nas residências.

O uso de energia elétrica para aquecimento de água causa um alto impacto na economia destas famílias, pois as tarifas das concessionárias têm um preço elevado, que muitas vezes não pode ser pago por essas pessoas. Já foram criados programas governamentais que visam auxiliar a população mais carente nesta questão do recebimento de energia elétrica. No Paraná, por exemplo, o governo paga a conta de luz de famílias regularmente inscritas no cadastro social da Copel, que consomem até 100 kWh por mês (COPEL, 2008). Mas apesar da existência

destes programas, não todas as pessoas que usufruem os mesmos, devido à falta de conhecimento e acesso a estes programas.

O dinheiro que elas deixam de gastar com a conta de luz pode ser usado em outras coisas igualmente essenciais, como alimentação, saúde ou educação (COPEL, 2008). Nesse aspecto, foi desenvolvida uma nova tecnologia que apresentou resultados satisfatórios nos lugares em que foi implantada. Um inovador aquecedor solar de água utilizando energia solar feito com de garrafas PET, embalagens de leite longa vida e canos de PVC foi criado pelo Sr. José Alcino Alano, na cidade de Tubarão (SC). O aquecedor solar de garrafas PET trabalha com a utilização de energia solar da mesma forma que um aquecedor convencional, onde a radiação solar incide nos painéis solares e aquece a água, substituindo a energia elétrica em um chuveiro (ALANO, 2010).

O painel solar de garrafa PET é uma inovação tecnológica baseada no conceito de sustentabilidade, já que é uma solução de baixo custo e que ajuda na preservação ambiental, com a reutilização de materiais.

Portanto, buscando o desenvolvimento de comunidades de baixa renda, tanto na questão social, como na parte tecnológica, foi criado um projeto de disseminação desta tecnologia, através da instalação de um aquecedor solar de garrafas PET em uma escola de uma comunidade de baixa renda, para esta tecnologia chegue ao conhecimento de um grande número de pessoas. É uma forma de divulgar a sustentabilidade, que aplicada dessa forma resultará na melhora da qualidade de vida para a população.

1.2 PROBLEMA

A falta de programas de orientação e conscientização, para comunidades carentes em Curitiba, em relação ao uso de um sistema de baixo custo de aquecimento de água, utilizando a energia solar.

Um dos maiores responsáveis (23,9%) pelo consumo de energia elétrica no setor residencial é o chuveiro elétrico (PROCEL, 2008). Este consumo pode significar uma fatia elevada na renda familiar, sobretudo em comunidades de baixa renda. Existem formas alternativas e economicamente viáveis para o aquecimento de água, porém a falta de disseminação e incentivos é o maior empecilho para que ocorra a aplicação destas tecnologias alternativas. Isto faz com que as famílias continuem comprometendo boa parte da sua renda com energia elétrica.

Além disso, a alta taxa de utilização do chuveiro elétrico pode levar a problemas de sobrecarga no setor elétrico brasileiro.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Disseminar uma tecnologia de baixo custo para aquecimento de água, utilizando energia solar, em uma escola da periferia de Curitiba (PR), com a participação da comunidade local.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudar o referencial teórico a respeito de: energia solar, tecnologias convencionais e de baixo custo para aquecimento de água;
- estudar a montagem e o funcionamento do sistema de aquecimento de água, a partir da energia solar, utilizando garrafa PET;

- construir e implantar um protótipo do sistema de aquecimento de água com energia solar utilizando garrafas PET;
- realizar medições de temperatura máxima e mínima da água, tempo de aquecimento e verificar a influência da incidência solar no protótipo desenvolvido do sistema proposto;
- buscar voluntários dentro da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), assim como na comunidade, para auxílio da montagem e implantação do painel solar de garrafa PET na escola;
- realizar programa de disseminação do sistema proposto, por meio de palestras, manuais e atividades práticas com a comunidade;
- montar e implantar na Escola Municipal Professor Ulisses F. Vieira o sistema para aquecimento de água, com intuito da exposição e divulgação do sistema para a comunidade da região.

1.4 JUSTIFICATIVA

A necessidade da disseminação de uma tecnologia de baixo custo para a comunidade de baixa renda tem por razão a possibilidade de redução de custos com energia, economia que pode ser redirecionada para outros gastos como moradia, alimentação, educação, bens de consumo, etc. Justifica-se, também, a divulgação deste sistema para a reutilização de materiais que causam danos ao meio ambiente, como plásticos e embalagens *Tetra Pak*.

A instalação de aquecedores solares em habitações populares/de interesses sociais serve para mostrar que a economia na conta de luz pode ser colocada como um fator de melhoria de distribuição de renda, redução da inadimplência e regularização dos serviços elétricos.

Este projeto poderá se tornar um incentivo para execução de ações complementares e assegura a intenção da equipe em desenvolver uma proposta no âmbito social.

1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

Por meio de pesquisas em livros, manuais, vídeos e sites de internet, será estudado o referencial teórico a respeito dos principais tópicos que consistem o trabalho, como energia solar, tecnologias convencionais e tecnologias de baixo custo, em especial a com utilização de garrafa PET, para aquecimento de água.

A respeito da montagem e funcionamento do sistema de aquecimento de água a partir da energia solar utilizando garrafa PET, servirão como materiais referenciais o manual disponibilizado pelo Sr. José Alcino Alano, criador do sistema citado e o manual disponibilizado pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA). Será feito contato com o próprio (Sr. José Alcino Alano) visando maior esclarecimento de dúvidas de montagem e instalação do aquecedor solar.

Baseado nos estudos, será montado um protótipo do sistema de aquecimento de água com energia solar utilizando garrafa PET. Este modelo será implantando na residência de um dos integrantes (André Suchodolak) para medições e aplicabilidade do sistema, além do aperfeiçoamento na montagem e instalação do painel solar. Estas medições serão realizadas diariamente a cada duas horas durante um período de dias, para ser feito um levantamento de características do aquecimento de água, tais como a temperatura máxima atingida pela água, tempo de aquecimento da água e influência da incidência solar.

Um programa de disseminação do sistema proposto será realizado por meio de palestras para a comunidade, com o auxílio de manuais de montagem e montagem do sistema de garrafa PET, com intuito de evidenciar os pontos positivos na aplicação do sistema como redução de custos com energia e reutilização de materiais que poderiam causar danos ao meio ambiente.

Após a montagem e os testes no protótipo, um sistema será instalado e exposto para comunidade na Escola Municipal Professor Ulisses F. Vieira situada a Rua Eduardo Sprada, 5062, bairro CIC, cidade de Curitiba. A montagem será realizada em conjunto com voluntários e com a participação de pessoas da comunidade e de crianças da escola.

1.6 ESTRUTURA DE TRABALHO

Capítulo 1: Introdução;

Capítulo 2: Referencial teórico:

- energia solar;
- tecnologia convencional para aquecimento da água;
- tecnologia de baixo custo para aquecimento da água;
- tecnologia utilizando garrafas PET para aquecimento de água;

Capítulo 3: Montagem e coleta de dados de um protótipo;

Capítulo 4: Programa de divulgação:

Capítulo 5: Atividade de disseminação na escola;

Capítulo 6: Considerações finais;

Referências.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA SOLAR

2.1.1 O Sol e suas características

O Sol é a estrela mais próxima do planeta Terra, sendo a principal fonte de luz e, conseqüentemente, de vida para a humanidade. O Sol é uma esfera de 695.000 km de raio e massa de $1,989 \times 10^{30}$ kg, cuja distância média da Terra é de $1,5 \times 10^{11}$ metros. Sua composição química é basicamente de hidrogênio e hélio, nas proporções de 92,1 e 7,8%, respectivamente (FINEP, 2007). Por ser tão grande, sua gravidade é imensa, sendo que sua força gravitacional mantém todos os planetas do sistema solar girando em sua órbita.

O Sol está dividido em diversas camadas, como mostra a figura 1:

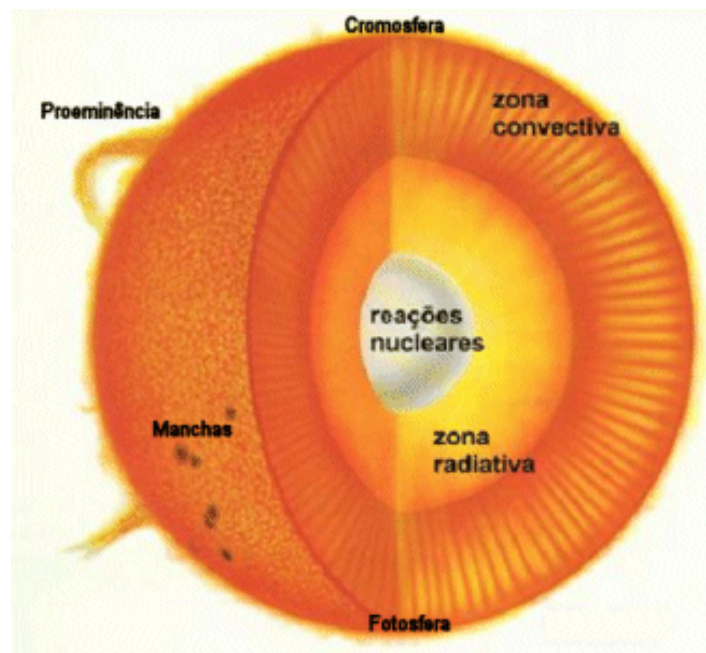


Figura 1 - Sol e suas camadas
Fonte: ABRAVA, 2008

O modelo representado mostra as principais regiões do Sol. A fotosfera, com cerca de 330 km de espessura e temperatura de 5785 K, é a camada visível do Sol. Logo abaixo da fotosfera se localiza a zona convectiva, se estendendo por cerca de 15% do raio solar. Abaixo dessa camada está a zona radiativa, onde a energia flui por radiação.

O núcleo, com temperatura de cerca de 15 milhões de graus Kelvin, é a região onde a energia é produzida, por reações termo-nucleares. A cromosfera é a camada da atmosfera solar logo acima da fotosfera. Estende-se por 10 mil km acima da fotosfera e a temperatura cresce da base para o topo, tendo um valor médio de 15 mil Kelvin. Ainda acima da cromosfera se encontra a coroa, visível durante os eclipses totais. A coroa se estende por cerca de dois raios solares (ABRAVA, 2008).

A fonte solar está disponível de forma abundante desde o surgimento da vida, mas a energia solar nunca foi aproveitada de forma eficiente quanto às outras formas de energia (SPRENGER, 2007). O Sol, além de fonte de vida, pode ser a resposta para a questão do abastecimento energético no futuro, uma vez que se aprenda a aproveitar de maneira racional a luz que esta estrela constantemente derrama sobre o planeta Terra (PALZ, 1981). Desta forma, a energia solar tem sido objeto de importantes estudos para torná-la cada vez mais eficiente, pois é uma fonte de energia limpa e renovável.

A energia solar se propaga sob a forma de ondas eletromagnéticas, isto é, a mesma forma de onda utilizada nas transmissões de rádio e televisão (FRANCO, 2009). A propagação de ondas da energia solar tem a vantagem de ter um comprimento de onda mais curto, e quanto mais curto for o comprimento de onda, mais energia tem a onda. Energia abundante que pode ser aproveitada de diversas maneiras, como no aquecimento de água.

A figura 2 mostra como a radiação solar percorre o seu caminho até a Terra sem alterar sua direção, de acordo com os princípios da propagação de ondas eletromagnéticas, até atingir a atmosfera da Terra. Como forma estatística, 30% da radiação solar entrante se reflete sem mudança na amplitude de onda; 51% é absorvida pela atmosfera e pela superfície terrestre, provoca um aumento de temperatura e, em seguida, irradia-se novamente para o espaço; e apenas os 19% restantes penetram no sistema terrestre e passam a ser a força motriz de ventos, correntes, ondas, modelam nosso clima e proporciona o ciclo da água (REQUENA, 2009).

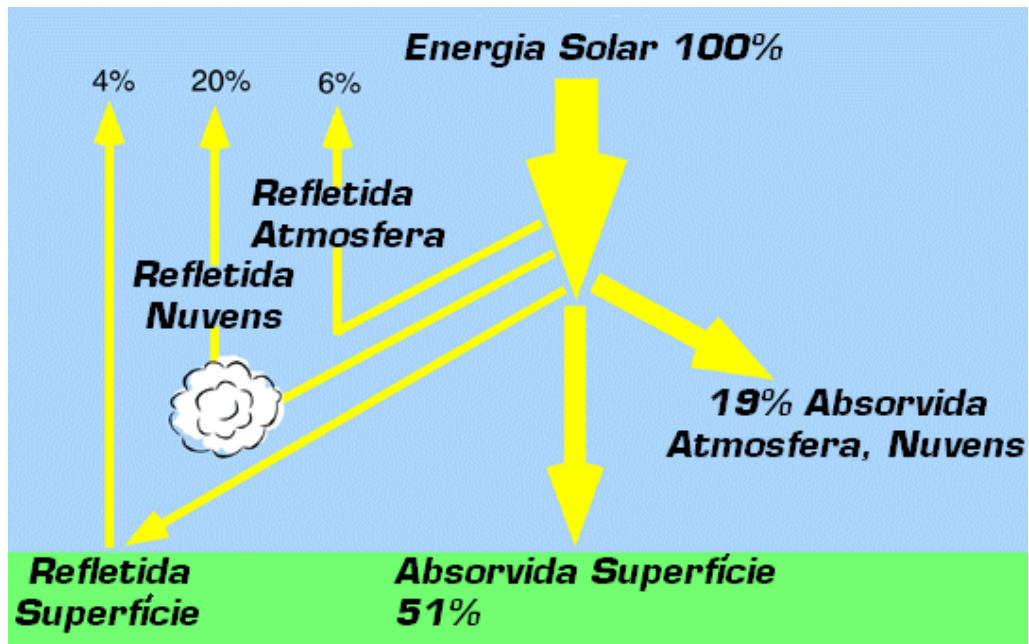


Figura 2 – Absorção da radiação solar
Fonte: ELECTRONICA, 2009

A radiação solar pode ser absorvida por coletores solares, principalmente para aquecimento de água, a temperaturas relativamente baixas, normalmente inferiores a 100°C. A disponibilidade de radiação solar depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução). Desse modo, a duração solar do dia – período de visibilidade do Sol ou de claridade – varia, em algumas regiões e períodos do ano, de zero hora (Sol abaixo da linha do horizonte durante o dia todo) há 24 horas (Sol sempre acima da linha do horizonte), como explícito na figura 3 (ANEEL, 2009).



Figura 3 - Movimentos do planeta Terra em torno do Sol
Fonte: ANEEL, 2009

A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima à linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia. Desse modo, para maximizar o aproveitamento da radiação solar, pode-se ajustar a posição do coletor ou painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia. No Hemisfério Sul, por exemplo, um sistema de aquecimento solar deve ser orientado para o norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local (ANEEL, 2009).

Outro dado importante para estudos de energia solar é a constante solar. A constante solar é o fluxo de energia por unidade de área, medida num plano normal à radiação solar, ao nível das mais altas camadas da atmosfera. Seu valor é medido pela unidade W/m^2 (Watts por metro quadrado), conforme visto na figura 4 (QUINTEROS, 2001).

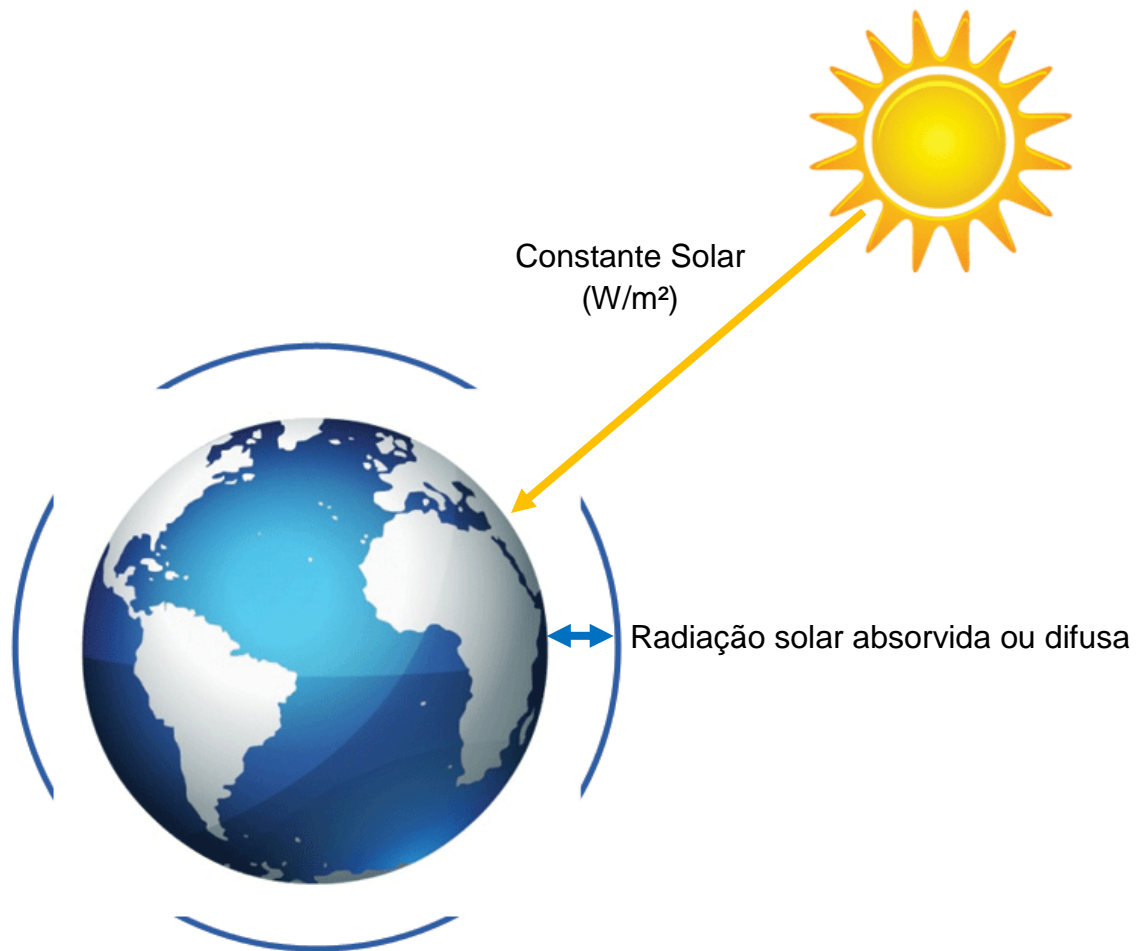


Figura 4 - Constante solar
Fonte: ABRAVA, 2008

A constante solar varia, dependendo da época no ciclo de 11 anos, de 1364,55 a 1367,86 W/m² (OLIVEIRA, 1997). Esse valor da constante solar é mensurado através de satélites acima da atmosfera terrestre, antes que ocorra qualquer tipo de alteração, como no caso de presença de nuvens, de poluição ou pela absorção dos próprios elementos que constituem a atmosfera. A medição é feita desta forma, pois a radiação que atinge um determinado ponto da superfície terrestre não é igual a constante solar, pois sofre influências na sua trajetória (LIMA, 2003).

A constante solar é importante em estudos de aplicação de coletores solares para determinar a intensidade de energia solar que chega a um ponto determinado, conforme as condições climáticas da época do ano no ponto. Para se determinar esta intensidade, é considerado também o ângulo de incidência de raios solares na região definida para utilização de aquecimento solar (REDE BRASIL, 2008).

A partir destas informações teóricas sobre o Sol e suas características, são realizados estudos, pesquisas e projetos para definir a viabilidade e o possível desempenho de um projeto que utilize energia solar para aquecimento.

2.1.2 Energia solar no Brasil e no mundo

Alternativas energéticas estão disponíveis para suprir algumas das necessidades humanas e a cada dia se tornam mais importantes dentro da matriz energética de vários países, tais como o crescente uso da biomassa, energia eólica, energia solar térmica e energia solar fotovoltaica (ABRAVA, 2008). A utilização da energia solar térmica para o aquecimento de água tem sido significativa para o contexto atual da sociedade devido a sua importância ambiental, social e econômica. Além disso, a abundância do recurso solar em todas as regiões do planeta é um fator importante para as pessoas passarem a utilizar sistemas de aquecimento solar para água (REDE BRASIL, 2008).

O desenvolvimento do uso de energia solar teve início a partir da década de 70, mas expandiu significativamente durante a década de 90 (FINEP, 2007). O crescimento da utilização de aquecimento solar ocorreu em todas as regiões do mundo, principalmente na Europa e na América do Norte, onde se encontram os países mais desenvolvidos, mostrando que a energia solar tende a ser uma das formas de utilização de energia mais importantes no presente e no futuro. Os principais utilizadores da tecnologia de energia solar são 45 países que ao todo representam aproximadamente 59% da população global e cerca de 90% do mercado de aquecimento solar mundial. Dentre estes 45 países, como Japão, Austrália, Grécia, Áustria, México, Brasil, Canadá, África do Sul, Tunísia, entre outros, como é visto na figura 5, destacam-se China, Estados Unidos, Israel e Alemanha como as nações que possuem uma grande área total de coletores solares instalados em seus territórios, (ABRAVA, 2008).



Figura 5 - Países que mais utilizam energia solar
Fonte: ABRAVA, 2008

A tecnologia solar já vem sendo usada no Brasil desde a década de 60, época em que surgiram as primeiras pesquisas. Em 1973, empresas passaram a utilizá-la comercialmente (ABRAVA, 2008). O Brasil possui uma significativa área instalada de coletores solares. O país demonstra uma grande evolução da área instalada anualmente e da área total acumulada de coletores solares no Brasil (ABRAVA, 2008). Em 2010, a produção brasileira de coletores solares cresceu 21,1% em relação ao ano anterior, conforme pesquisa realizada pelo Departamento de Aquecimento Solar (DASOL) junto às empresas associadas. A figura 6 mostra que foram produzidos 967 mil m², o maior volume anual já registrado. Com esse volume, a área acumulada de aquecedores solares no Brasil chegou a 6,24 milhões m² (DASOL, 2010).

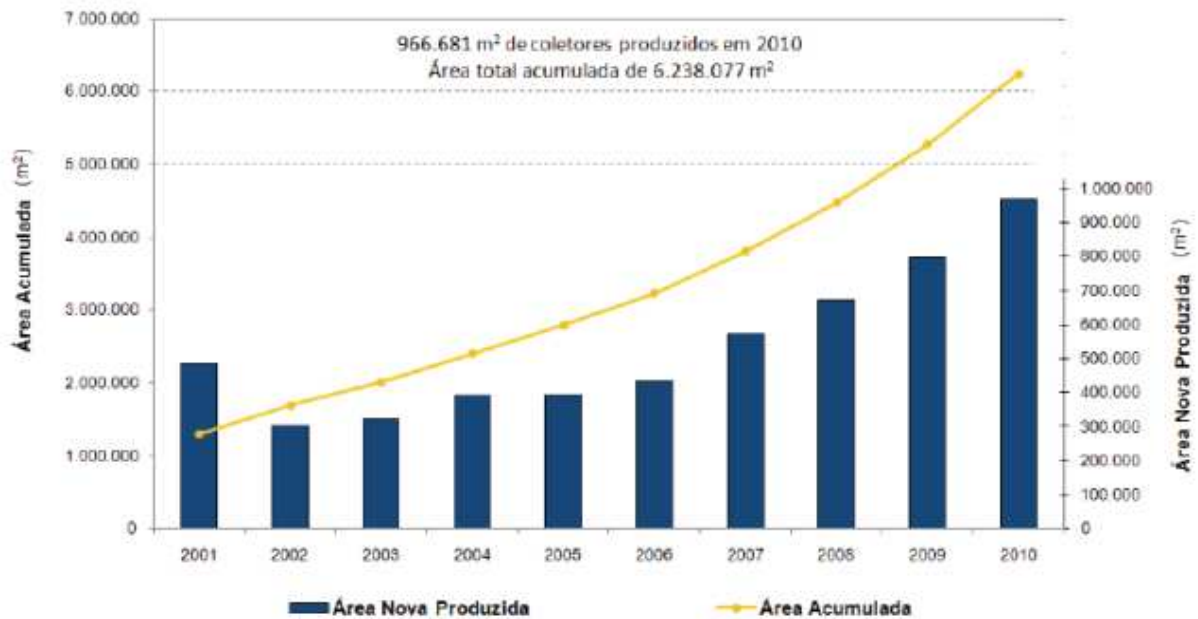


Figura 6 - Mercado brasileiro de aquecedores solares
Fonte: DASOL, 2010

No entanto, a taxa de utilização de energia solar é ainda pequena quando analisada a potência obtida através da energia solar por habitante, mostrada na tabela 1 (ABRAVA, 2008).

Tabela 1 - Potência per capita de coletores solares instalada nos países

Países	Potência Solar per capita kW por 1000 habitantes	Países	Potência Solar per capita kW por 1000 habitantes
Chipre	657,00	Portugal	19,06
Israel	498,00	Suécia	17,63
Áustria	205,36	Nova Zelândia	15,92
Barbados	200,49	Holanda	13,21
Grécia	191,82	Espanha	12,95
Turquia	86,07	Brasil	10,14
Austrália	59,15	Tunísia	9,91
Alemanha	56,30	França	9,24
Dinamarca	42,32	Eslováquia	8,32
Taiwan	41,58	Albânia	7,31
China	39,90	Itália	6,23
Japão	38,25	Estados Unidos	5,21
Eslovênia	37,83	Macedônia	5,16
Suíça	35,60	Bélgica	4,60
Malta	33,71	Rep. Tcheca	4,49
Luxemburgo	20,17	África do Sul	3,54

Fonte: ABRAVA, 2008

A tabela 1 mostra a real utilização dos aquecedores solares em diferentes países, e considera a área coletora instalada per capita. Percebe-se que a população brasileira, ainda, utiliza pouco o aquecimento solar, demonstrando que a falta de divulgação de alternativas energéticas é um problema a ser resolvido no país (ABRAVA, 2008).

O Brasil tem um enorme potencial de aproveitamento da energia solar, pois praticamente todas suas regiões recebem mais de 2200 horas por ano de insolação com um potencial equivalente a 15 trilhões de MWh, correspondente a 50 mil vezes o consumo nacional de eletricidade, conforme figura 7 (REDE BRASIL, 2008).

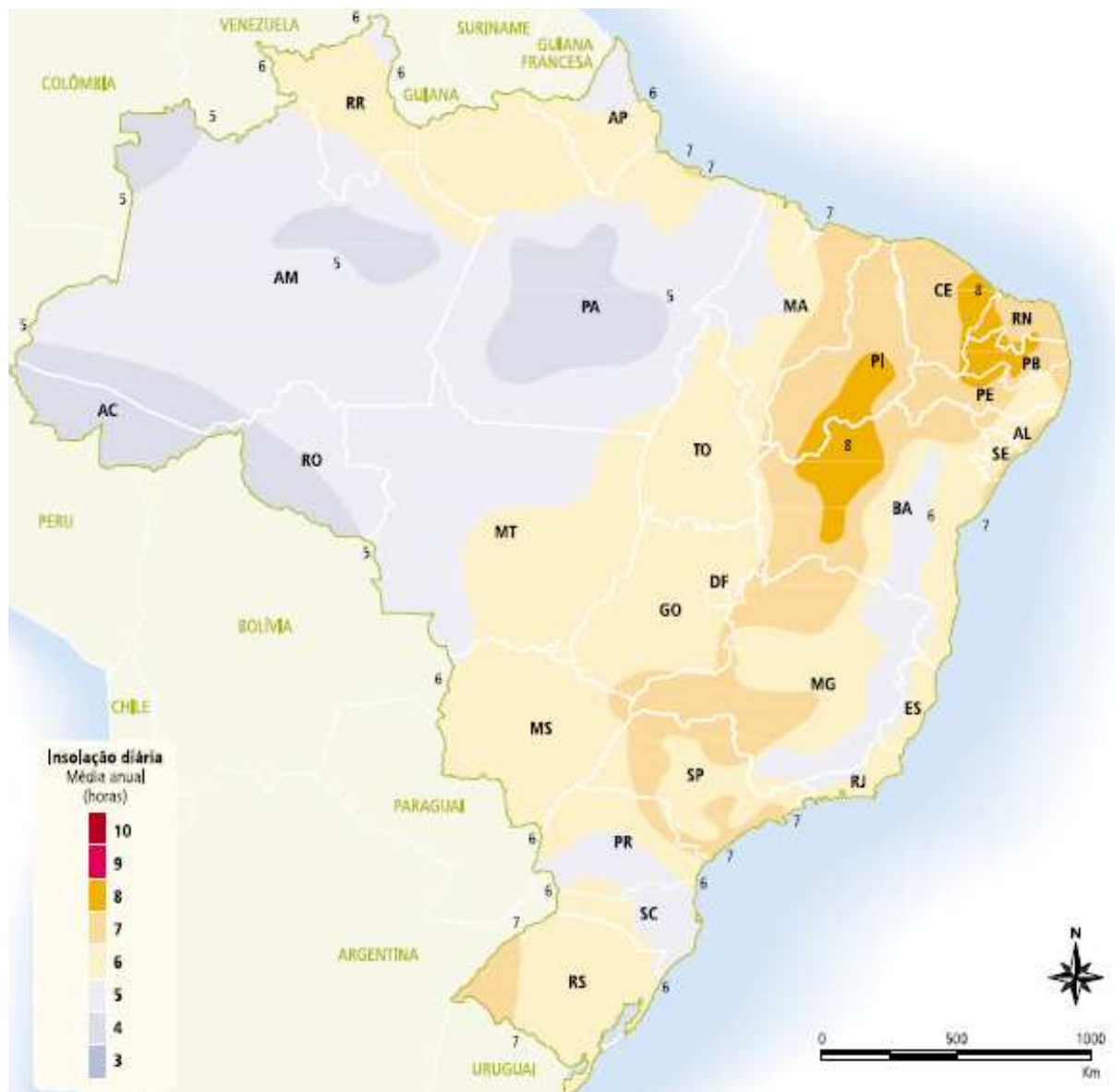


Figura 7 - Média anual de insolação diária no Brasil

Fonte: ANEEL, 2000

O Brasil, devido a sua localização predominantemente tropical, possui uma grande disponibilidade de recursos de energia solar em todo o seu território. Os maiores valores de fluxo de radiação solar são observados na região central do país durante o verão. Pesquisas realizadas mostraram que durante o verão, os valores de irradiação na região sul do país são superiores aos valores obtidos para a região norte. Esse fato ocorre em consequência do deslocamento da zona de convergência intertropical que acarreta a maior frequência de nebulosidade e alta pluviosidade observada na região amazônica durante o verão. (INPE, 2005).

As figuras 8 e 9 mostram a média anual típica de radiação solar diária no Brasil, tanto em Joules, como em Watts-hora, respectivamente.

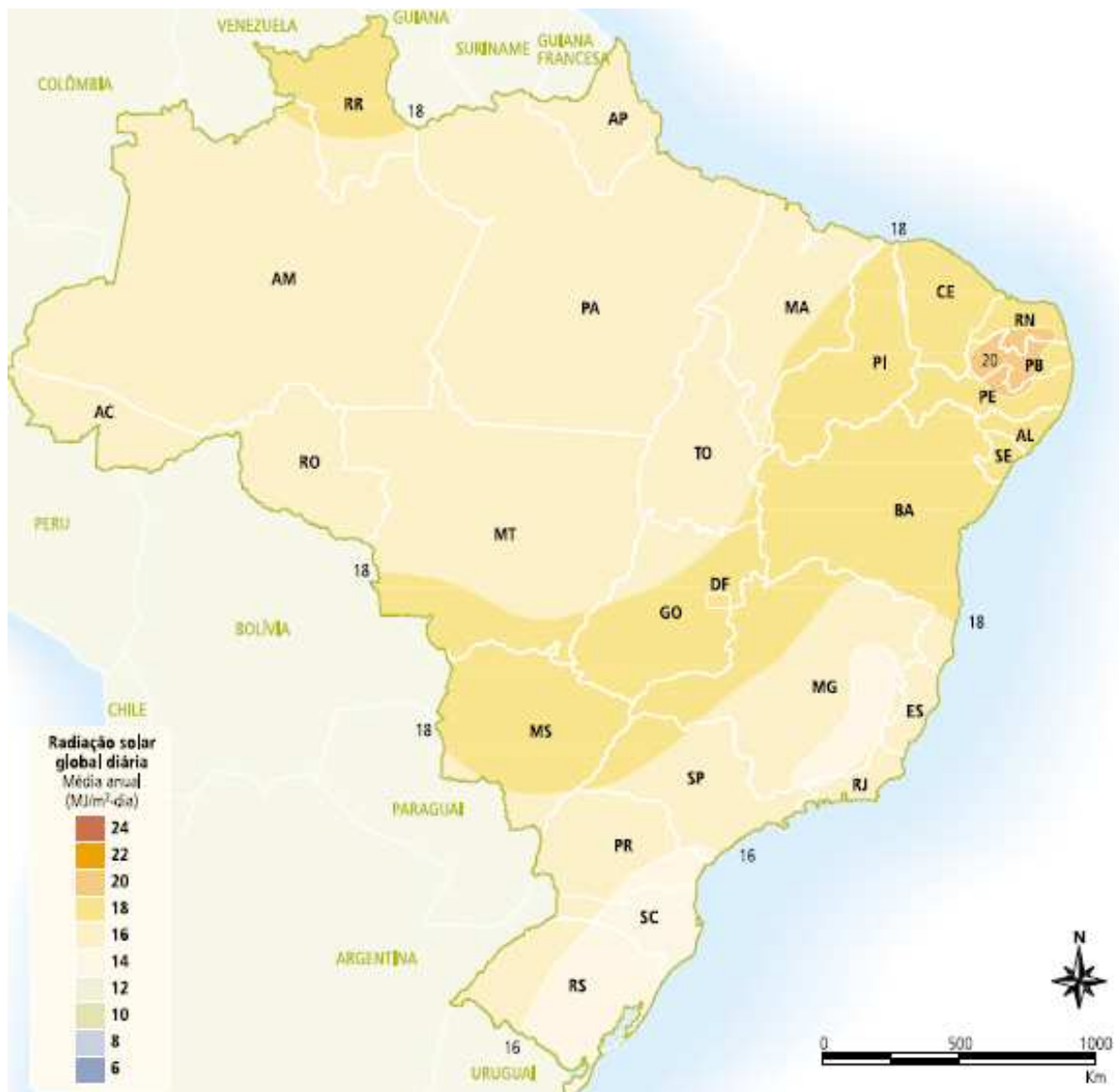


Figura 8 - Radiação solar global diária - média anual típica (MJ/m².dia)

Fonte: ANEEL, 2000

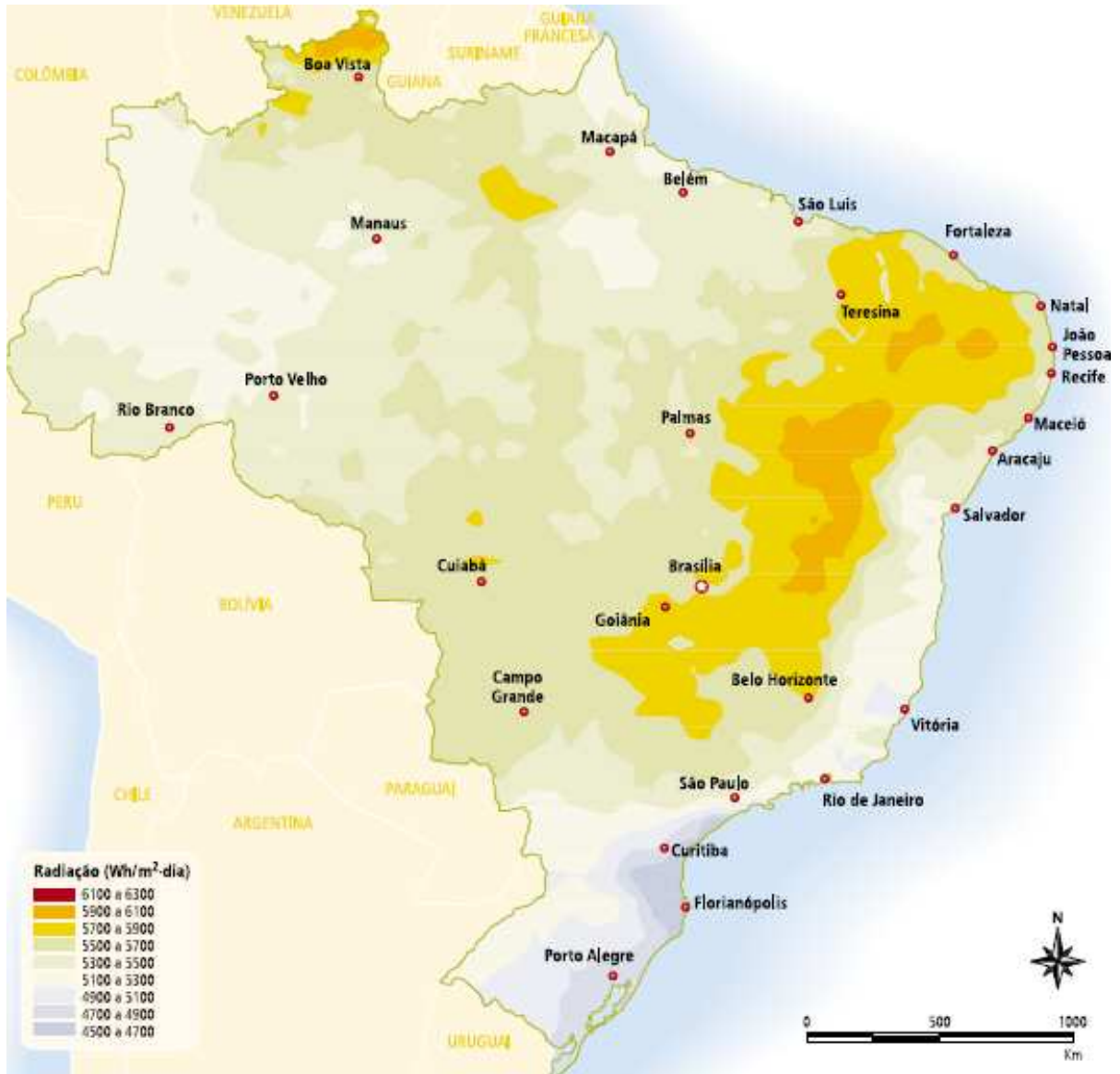


Figura 9 - Radiação solar global diária - média anual típica (Wh/m².dia)
Fonte: ANEEL, 2000

O potencial brasileiro de aproveitamento da energia solar já está direcionado para uma situação que é um problema em praticamente todas as residências do país: o uso de chuveiros elétricos. Considerando as instalações de chuveiros elétricos, estes estão presentes em cerca de 91% dos lares brasileiros (PROCEL, 2009). A excessiva utilização do chuveiro elétrico causa um aumento da demanda de potência, principalmente em horários de ponta¹, podendo levar a problemas de

¹ Período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, "Corpus Christi", dia de finados e os demais feriados definidos por lei federal, considerando as características do sistema elétrico (ANEEL, 2009).

sobrecarga no setor de energia elétrica brasileiro. O consumo médio mensal deste equipamento é estimado em 70 kWh/mês (PROCEL, 2009). A grande quantidade de chuveiros ligados ao mesmo tempo é que elevam o pico de consumo no sistema de distribuição de energia elétrica (SPRENGER, 2007). A curva de carga diária do sistema interligado abrangendo o Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, mostrada na figura 10, apresenta aumento de demanda de potência no período entre 18 e 20 horas (OLIVA, 1999).

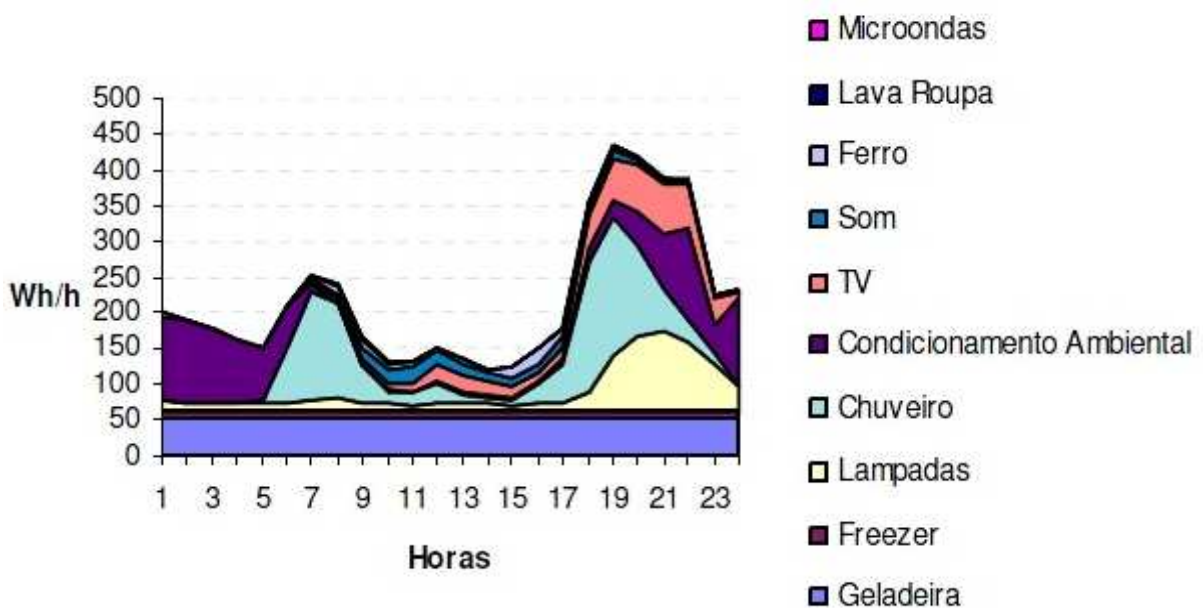


Figura 10 - Curva de carga diária média no Brasil
 Fonte: PROCEL, 2007

Cada vez mais o aquecimento solar tem impacto econômico para seus usuários, pois com os preços cada vez mais altos de eletricidade e do gás, apresenta economia de 60 a 80% com uso de energia solar. Somente no ano de 2008, foram economizados no Brasil com o aquecimento solar cerca de 620 GWh (ABRAVA, 2008).

No entanto, o uso de energia solar no Brasil ainda é muito baixo, quando comparado a outros países do mundo. Em Israel, por exemplo, o uso de aquecimento solar para água é obrigatório em residências e cerca de 90% das casas do país já possuem um sistema de aquecimento solar (ABRAVA, 2008). A situação de Israel serve de exemplo para que os governos façam programas no Brasil que divulguem e incentivem a utilização da energia solar, demonstrando os

resultados de economia com energia elétrica obtidos nos países em que utilização da energia solar já está em estágio avançado.

2.1.3 Energia solar e meio ambiente

O uso de fontes alternativas de energia está diretamente ligado à atual preocupação ambiental no mundo, sendo que o uso de aquecimento solar é uma das principais alternativas no combate às mudanças climáticas (SOCIEDADE DO SOL, 2009). O baixo impacto ambiental da energia solar no ambiente é evidente ao compará-la com outras fontes de energia.

No caso da utilização de carvão ou gás natural como combustível para obtenção de energia, sua queima provoca emissão de gases poluentes, contribuindo muito para ocorrência do aquecimento global e aumento do efeito estufa.

A obtenção de energia a partir de combustível nuclear tem alto risco de acidentes de grandes proporções, como explosões e vazamentos de material radioativo. Tem-se, por exemplo, o caso da Usina Nuclear de Chernobyl, na Ucrânia e mais recentemente na Usina Nuclear de Fukushima, no Japão.

Quanto à obtenção de energia proveniente de fontes hídricas, existem, também, sérios problemas ambientais. A energia elétrica apesar de ser considerada uma energia limpa por não provocar emissão de gases durante o seu transporte e uso, tem na sua geração os maiores problemas (SPRENGER, 2007). A utilização de usinas hidrelétricas já foi tema de discussão de conferências entre países, pois a sua construção causa forte impacto ambiental com inundação de grandes áreas para formação de represas. Os danos causados são desde a destruição de ecossistemas até desalojamento de centenas de pessoas da região atingida pela inundação (ABRAVA, 2008).

A matriz de geração elétrica brasileira é formada principalmente pela energia proveniente de usinas hidrelétricas. Pode-se observar na figura 11 que o Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, sendo que a geração interna hidráulica responde por montante superior a 76% da oferta interna (BEN, 2010).

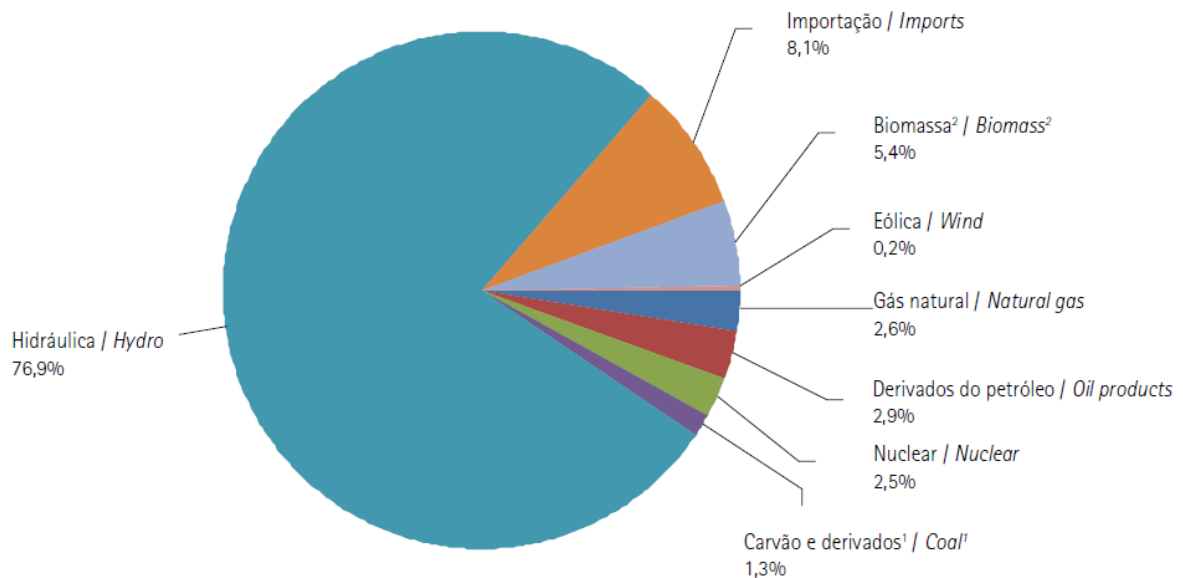


Figura 11 - Oferta de energia elétrica por fonte de energia
Fonte: BEN, 2010

No entanto, devido aos problemas ambientais citados, a expansão da hidreletricidade no Brasil, hoje, encontra diversos processos judiciais que tem dificultado a implantação de novas usinas e a expansão do sistema energético.

É nesse contexto que os aquecedores solares são uma excelente alternativa para obtenção de água quente, em substituição ao chuveiro elétrico. A tecnologia apresenta amplas vantagens ambientais por substituir hidreletricidade, carvão e outros combustíveis fósseis, já que cada instalação de aquecedores solares reduz de uma vez e para sempre o dano ambiental local associado às fontes de energia convencionais (ABRAVA, 2008).

Com estes fatores de melhoria ambiental, a crescente utilização de energia solar contribui para algumas metas globais definidas para melhorar o ambiente em que vivemos, tais como “desenvolver e incorporar tecnologias de fontes renováveis de energia, levando em consideração a disponibilidade e a necessidade regional” (ONU, 1992) e “para atingir o desenvolvimento sustentável e a mais alta qualidade de vida para todos, os Estados devem reduzir e eliminar padrões insustentáveis de produção e consumo” (ONU, 1992).

2.1.4 Energia solar e sociedade

A utilização de energia solar contribui de diversas maneiras para o desenvolvimento da sociedade.

Em termos de efeitos de localidade, o uso de energia solar é benéfico por apresentar economias significativas de energia elétrica, já que o aquecimento de água por energia solar substitui a eletricidade. Em habitações populares, nas faixas de baixa renda, apesar de existir tarifas sociais de energia elétrica, tal parcela de despesas é um item importante que não pode deixar de ser levado em consideração no orçamento total das famílias (SPRENGER, 2007). Para famílias de baixa renda, a experiência de instalação de aquecedores solares em habitações de interesse social tem mostrado que a economia na conta de luz pode ser entendida como um fator de distribuição de renda, redução da inadimplência e regularização dos serviços elétricos (ABRAVA, 2008).

Atualmente, o investimento em aquecedores solares de água tem se tornado cada vez mais viável, onde o investimento é pago no período de 3 anos ou até menos (SOLETROL, 2007). Existe, ainda, a opção de utilizar painéis solares de baixo custo, como por exemplo, o painel solar de garrafa PET, onde o custo de montagem e instalação é muito baixo, pois em sua fabricação são utilizados materiais recicláveis.

Em termos de efeitos globais, o uso de energia solar pode contribuir para reduzir os conflitos cada vez mais frequentes pelo controle das fontes de petróleo (ABRAVA, 2008). Mesmo que existam outros elementos importantes entre os motivos para alguns conflitos, o petróleo, fonte não renovável de energia, continuará sendo na sua história, uma fonte constante de guerras (UNICAMP, 2002). O controle de fontes de petróleo tende a ser uma das causas de conflitos que podem ter proporções mundiais. Por isso, o avanço nos estudos de tecnologias de conservação de energia e o emprego de fontes alternativas ao petróleo são importantes para redução da demanda internacional por este combustível.

Um benefício que não é muito mencionado como uma das vantagens da utilização de aquecedores solares é a geração de empregos para sociedade. A descentralização intrínseca nesta tecnologia também é responsável por geração de

empregos em revendas, empresas de projeto e de instalação. Ou seja, surgem empregos para realização de projetos de coletores solares, para comércio dos aquecedores solares e mão de obra de montagem e instalação, fazendo com que o balanço econômico, ainda que em taxas pequenas, cresça em benefício da sociedade (GOLDEMBERG, 2003).

2.2 TECNOLOGIA CONVENCIONAL PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR

2.2.1 Modelos para aquecimento de água

A escolha do modelo para aquecimento de água depende do tipo de energia a ser utilizada para esquentar a água: elétrica, a gás ou solar. Assim, define-se o sistema de alimentação dos equipamentos (REVISTA ARQUITETURA, 1997). Os meios de aquecimento mais comuns, encontrados nos aquecedores de água que utilizam energia elétrica e os que utilizam gás, são aquecimento de passagem e aquecimento por acumulação (KOMEKO, 2011).

No sistema de aquecimento de passagem a gás, a água é aquecida gradualmente, à medida que a água trafega pelo aparelho. O aquecimento ocorre, então, através da passagem da água por um sistema de serpentina disposta sobre uma câmara de combustão, não exigindo assim a utilização de reservatório para acumulação. Este sistema tem a vantagem de ser bastante compacto na sua instalação. O chuveiro, tanto elétrico, como a gás, é um aquecedor de passagem, isto é, aquece a água no momento de uso (REVISTA ARQUITETURA, 1997).

No sistema de aquecimento por acumulação, é necessária a utilização de um dispositivo de armazenagem. O aquecimento ocorre de forma similar ao sistema de passagem, todavia a água aquecida fica armazenada em boilers instalados, normalmente, nos forros ou em falsos armários. Este sistema tem como grande vantagem a imediata utilização de água aquecida quando demandada (REVISTA ARQUITETURA, 1997).

As instalações de aquecimento de água através de energia solar são classificadas como: circulação natural ou termossifão e circulação forçada ou

bombeada. A escolha de uma das opções está associada ao volume diário de água a ser aquecida (REDE BRASIL, 2008).

A classificação citada anteriormente é mostrada na tabela 2:

Tabela 2 – Classificação de uma instalação conforme o volume

Instalação	Volume Diário	Tipo
Pequeno Porte	Vol. < 1.500 litros	Circulação Natural
Médio Porte	1.500 < Vol. < 5.000 litros	Circulação Forçada
Grande Porte	Vol. > 5.000 litros	Circulação Forçada

Fonte: REDE BRASIL, 2008

2.2.2 Sistemas de aquecimento solar de água

Um sistema de aquecimento solar de água, para melhor entendimento, pode ser dividido basicamente em três subsistemas básicos (REDE BRASIL, 2008):

- **captação:** composto pelos coletores solares onde circula a água a ser aquecida, as tubulações de ligação entre coletores e o reservatório térmico e, no caso de instalações maiores, a bomba hidráulica;
- **acumulação:** seu componente principal é o reservatório térmico, além de uma fonte complementar de energia, como eletricidade e gás, que garantirá o aquecimento auxiliar em períodos chuvosos ou de baixa insolação;
- **consumo:** compreende toda a distribuição hidráulica entre o reservatório térmico e os pontos de consumo.

A figura 12 mostra um esquema básico de aquecimento solar de água:

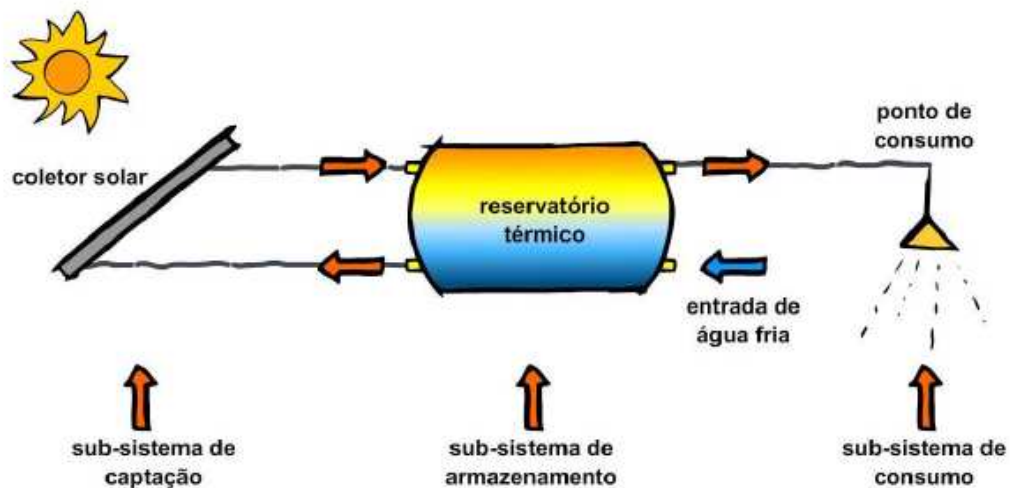


Figura 12 - Esquema de um sistema de aquecimento solar residencial
Fonte: REDE BRASIL, 2008

O coletor possui caixa externa que pode ser de alumínio ou até mesmo plástica. O isolamento térmico é feito com lã de vidro, lã de rocha ou poliuretano. Os tubos devem ser de boa condução térmica e que evitem a corrosão, como o cobre. A placa absorvedora utiliza cobre ou alumínio. A cobertura transparente pode ser de vidro, policarbonato ou acrílico. Quanto ao reservatório térmico, o cilindro deve ser de aço inox ou cobre termicamente isolado.

2.2.3 Aquecimento solar de água por termossifão

No Brasil, mais de 90% dos sistemas de aquecimento solar são sistemas termossifão de pequeno porte, que oferecem ao consumidor baixo custo, eficiência e confiabilidade.

Um sistema operando com base no princípio do termossifão pode ser do tipo integrado, acoplado (ou compacto) ou convencional. Em um sistema integrado, mostrado na figura 13, o reservatório e o coletor constituem a mesma peça. O maior problema dos sistemas integrados é que boa parte da energia captada durante o dia é perdida à noite, pois não possui reservatório isolado e a água não consegue manter sua temperatura por muitas horas (REDE BRASIL, 2008).



Figura 13 - Sistema integrado de termossifão
Fonte: SOLETROL, 2008

Devido a isso, foi desenvolvido o sistema convencional, com a separação entre coletores e reservatórios. Desde então, essa tem sido a configuração básica dos sistemas de aquecimento solar por termossifão.

Uma pequena variação desses sistemas deu origem ao que é chamado de sistemas compactos ou acoplados. Nesse caso, apesar de haver a separação física entre reservatório e coletores, os componentes ficam muito próximos, como é visto na figura 14 (REDE BRASIL, 2008).



Figura 14 - Sistema acoplado de termossifão
Fonte: SOLETROL, 2008

O princípio do termossifão é bastante simples, se iniciando através da mudança da densidade da água que ocorre quando há uma variação na sua temperatura. Para temperaturas acima de 4°C, à medida que a temperatura da água aumenta, a sua densidade diminui.

Isso quer dizer que, à medida que a água é aquecida, ela fica mais "leve" em relação à água mais fria. Por isso, em um reservatório térmico, a água quente está sempre na parte mais alta. Ou seja, flutuando sobre a água mais fria (REDE BRASIL, 2008).

2.2.4 Aquecimento solar de água por bombeamento

A circulação da água através do circuito da instalação é promovida pela ação de uma bomba hidráulica, exemplificada pela figura 15, sendo sua utilização recomendada para instalações de médio e grande porte ou quando os parâmetros exigidos para a instalação em termossifão não possam ser atendidos (REDE BRASIL, 2008).

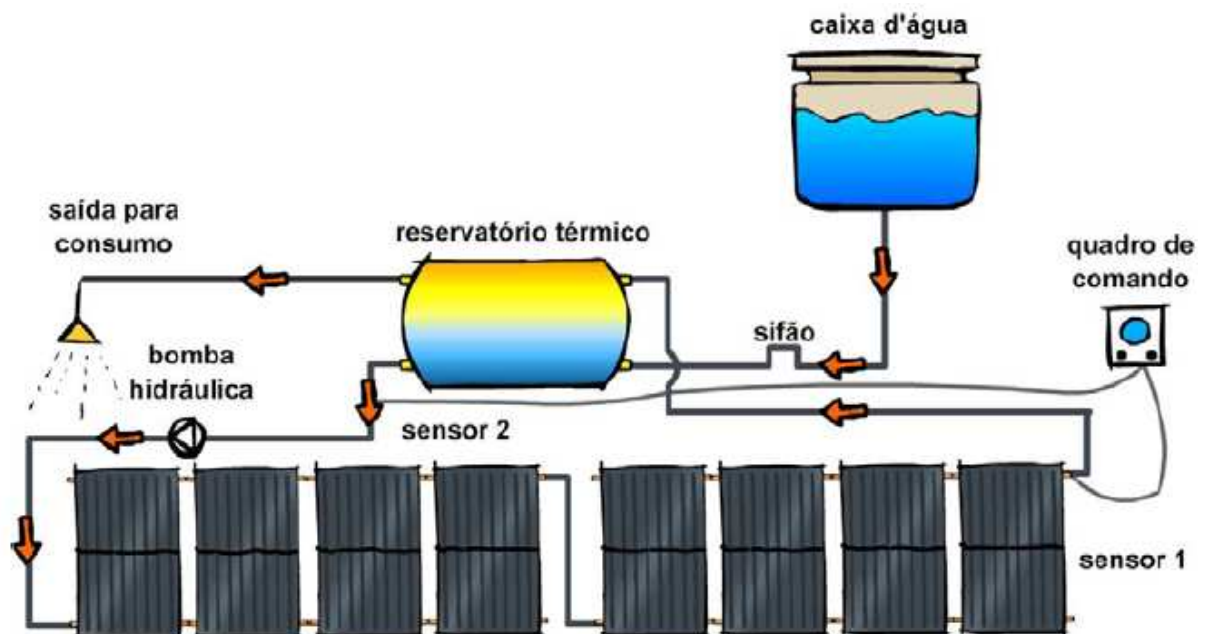


Figura 15 - Instalação em circulação forçada

Fonte: SOLETROL, 2008

A figura 15 mostra, exatamente, o sistema por circulação forçada funcionando, basicamente pela ação de dois equipamentos: bomba hidráulica e controlador diferencial de temperatura. A bomba hidráulica é dimensionada para fornecer à água uma energia capaz de eliminar as perdas impostas por tubulações, conexões e demais acessórios existentes entre reservatório e coletor. Já o controlador diferencial de temperatura, que fica no quadro de comando, tem como função comandar a bomba hidráulica permitindo seu acionamento quando a diferença de temperatura registrada entre os sensores do coletor e do reservatório for superior a 5°C; e o desacionamento quando esse diferencial for de 2°C. Cabe ressaltar que tais valores são apenas orientativos, devendo ser definidos conforme a configuração de cada sistema (REDE BRASIL, 2008).

2.2.5 Tecnologia convencional no Brasil

As tecnologias convencionais têm sido aplicadas, principalmente, em residências, hotéis, motéis, hospitais, restaurantes industriais e no aquecimento de piscinas. Em 2001, na cidade de Belo Horizonte, por exemplo, já existiam mais de 950 construções que contavam com este benefício e, em Porto Seguro, 130 hotéis e pousadas, tornando-se assim, na época cidade brasileira com o maior número de painéis solares instalados (ABRAVA, 2008).

Atualmente, a cidade de Belo Horizonte é uma referência no Brasil para uso da tecnologia de aquecimento solar. Tanto que vem sendo discutido um projeto de lei que estabelece a obrigatoriedade da instalação de sistemas de aquecimento de água por energia solar nas novas edificações do município de Belo Horizonte (CIDADES SOLARES, 2009).

A figura 16 ilustra um centro comercial em Belo Horizonte (MG) que é um exemplo de aproveitamento térmico da energia solar, o qual se tornou referência em utilização da energia solar térmica. O sistema possui área total de 804 m² de coletores solares e capacidade de armazenamento de água de 60.000 litros, utilizando tanto o meio de circulação natural quanto de circulação forçada (CRESESB, 2000).



Figura 16 – Centro comercial utilizando aquecimento de água
Fonte: ANEEL, 2009

Entre outros exemplos comerciais encontrados em Belo Horizonte, destaca-se o Centro de Operações da Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (ECT), que possui área total de 100 m² de coletores e capacidade de armazenamento de água de 10.000 litros (CRESESB, 2000).

Em Belo Horizonte destaca-se também a alta taxa de uso de aquecedores solares em residências, mostrando que disseminação desta tecnologia não se resume ao uso comercial, conforme mostrado nas figuras 17 e 18 (BHSOLAR, 2011).



Figura 17 - Aquecedor solar residencial em Belo Horizonte (MG)
FONTE: BHSolar, 2011



Figura 18 - Aquecedor solar em casa de alto padrão em BH (MG)
FONTE: BHSolar, 2011

2.3 TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR

2.3.1 Contexto histórico e social

Sistemas de baixo custo para aquecimento de água têm basicamente o mesmo princípio de funcionamento de sistemas tradicionais de aquecimento solar de água, diferenciando dos mesmos pelo tipo de material utilizado na construção e pela possibilidade de autoconstrução pelo próprio usuário do sistema (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

O custo de investimento é um dos principais fatores analisados para viabilização de qualquer instalação que envolva tecnologia de aquecimento solar. O valor do investimento inicial para instalação de aquecedores convencionais solares de água é elevado, pois na sua montagem são utilizados materiais nobres (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

O aproveitamento da energia solar em residências necessita da redução do preço dos equipamentos de montagem do sistema. O uso de aquecedores solares de água vem aumentando, mas o seu custo elevado, ainda, impede que a tecnologia seja cada vez mais difundida, principalmente em comunidades de baixa renda. A ideia de utilizar uma energia gratuita para a população mais carente, parece uma ótima alternativa para as políticas sociais, além de ser uma alternativa ambientalmente correta (SPRENGER, 2007). Por isso, estudos vêm sendo realizados há anos visando uma alternativa mais econômica para coleta e uso da energia solar em residências.

O primeiro grande projeto sobre a viabilização de aquecedores de baixo custo foi realizado pela *Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL)*, com criação do projeto Aquecedor Solar de Baixo Custo, graças às pesquisas realizadas desde 1989, visando o aproveitamento da energia solar para aquecimento de água doméstico. A razão pela redução de custos deste aquecedor solar é que ele foi fabricado com materiais mais baratos do que o aquecedor convencional (SPRENGER, 2007).

Com a preocupação da melhoria do aproveitamento da energia solar sem custos muito elevados, vários projetos surgiram neste contexto. Alguns se

destacaram, como um coletor solar alternativo usando telhas de fibrocimento como parte integrante do coletor solar, juntamente com uma geometria específica das telhas. O protótipo montado com essas características atingiu uma eficiência de quase 80% quando comparado ao aquecedor e seu custo final chegou a diminuir em 60% em relação ao aquecedor convencional. No entanto, o projeto desenvolvido por Alencar requeria um conhecimento mais avançado de engenharia, em termos do material utilizado e sua geometria de montagem, não sendo direcionado as comunidades de baixa renda, onde a população normalmente não possui estes conhecimentos (ALENCAR, 1999).

2.3.2 Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC)

Atualmente, a tecnologia de baixo custo para aquecimento de água com a utilização de energia solar é bastante difundida pela organização Sociedade do Sol, que apresentou um projeto denominado Aquecedor Solar de Baixo Custo, mais conhecido pela sigla ASBC.

O ASBC é um projeto para livre utilização da população, cuja tecnologia, por sua simplicidade, não é patenteável. Seus principais objetivos são: melhoria social, preservação ambiental, conservação de energia, possibilidade de geração de empregos, economia financeira familiar e nacional e redução de emissões do gás estufa - CO₂. As principais características do sistema ASBC são a possibilidade de manufatura em um regime de autoconstrução, ou seja, cada pessoa pode fazer seu próprio aquecedor, além do uso de materiais de baixo custo (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

Na figura 19, é possível visualizar os componentes do ASBC, como o reservatório e os coletores solares, todos construídos com materiais de baixo custo.

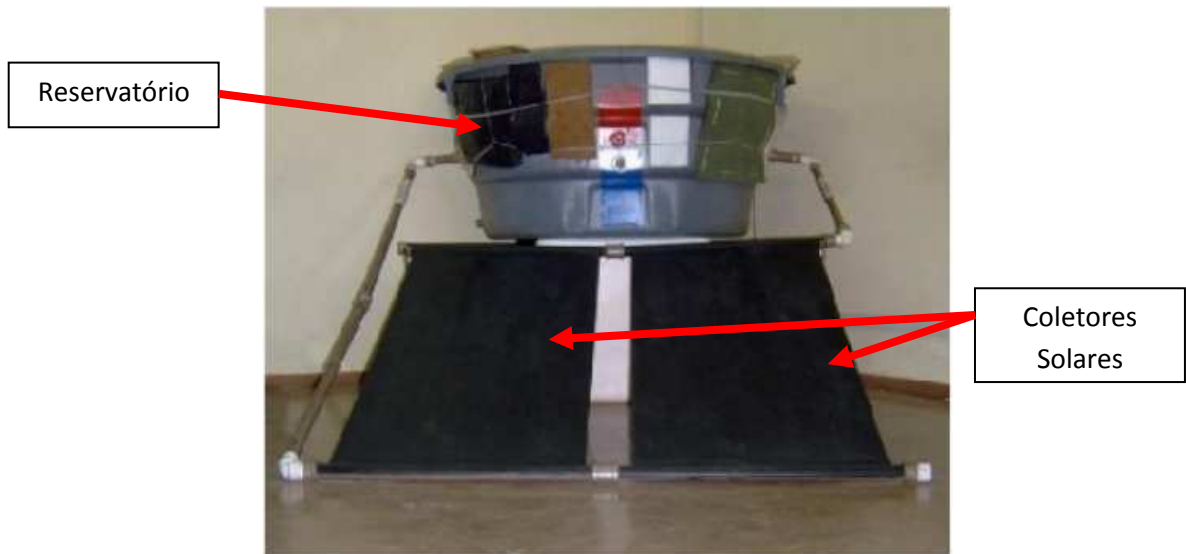


Figura 19 - Aquecedor solar de baixo custo
Fonte: SOCIEDADE DO SOL, 2009

O sistema de Aquecedor Solar de Baixo Custo possui capacidade de aquecimento de 200 litros de água, que poderá atender a demanda de água quente para banho de uma família de 4 a 6 pessoas. Com o uso do sistema, se espera que uma família reduza seus gastos com energia elétrica em pelo menos 30% dos valores atuais de consumo, além de poder produzir em sua casa grande parte da energia térmica utilizada no banho.

Para manufatura do ASBC, os materiais necessários são: chuveiro elétrico, caixa d'água, placa de forro (divisória de PVC), material que é mostrado na figura 20, componentes e tubos de PVC comuns, controladores de potência, fitas adesivas e esmaltes sintéticos.

O coletor é o principal componente do aquecedor solar, pois tem a função de aquecer a água. Os coletores do ASBC são fabricados com placas de forro modular de PVC, denominadas de alveolares, que é um tipo de forro especial. Além disso, os coletores do ASBC diferem dos coletores comerciais por não utilizarem caixa e cobertura de vidro, que são responsáveis pela obtenção do efeito estufa (aquecimento adicional). A ausência da cobertura de vidro não permite que a água aqueça demais, já que água muito quente afetaria a integridade do sistema, pois os componentes de PVC possuem um limite de temperatura suportável.

A associação dos materiais de baixo custo e o aproveitamento das instalações hidráulicas residenciais permite o retorno do investimento de 4 a 8 meses (SOCIEDADE DO SOL, 2009).



Figura 20 - Placa de forro de PVC usada para construção dos coletores
Fonte: SOCIEDADE DO SOL, 2009

O funcionamento do ASBC se inicia quando a energia solar se incide sobre a superfície preta dos coletores. A energia absorvida se transforma em calor e aquece a água que circula no interior dos coletores. A água aquecida diminui a sua densidade e começa a se movimentar em direção à caixa, dando início a um processo natural de circulação da água, conhecido como termossifão. Para esta circulação, o reservatório deve estar mais alto que os coletores. Esse processo é contínuo, enquanto houver uma boa irradiação solar ou até quando toda a água do circuito atingir a mesma temperatura. A água aquecida fica armazenada num reservatório termicamente isolado que evita perda de calor para o ambiente. A tubulação que interliga os coletores, o reservatório e o chuveiro elétrico pode ser montada com os tubos tradicionais de PVC (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

A figura 21 mostra a representação de um ASBC residencial:

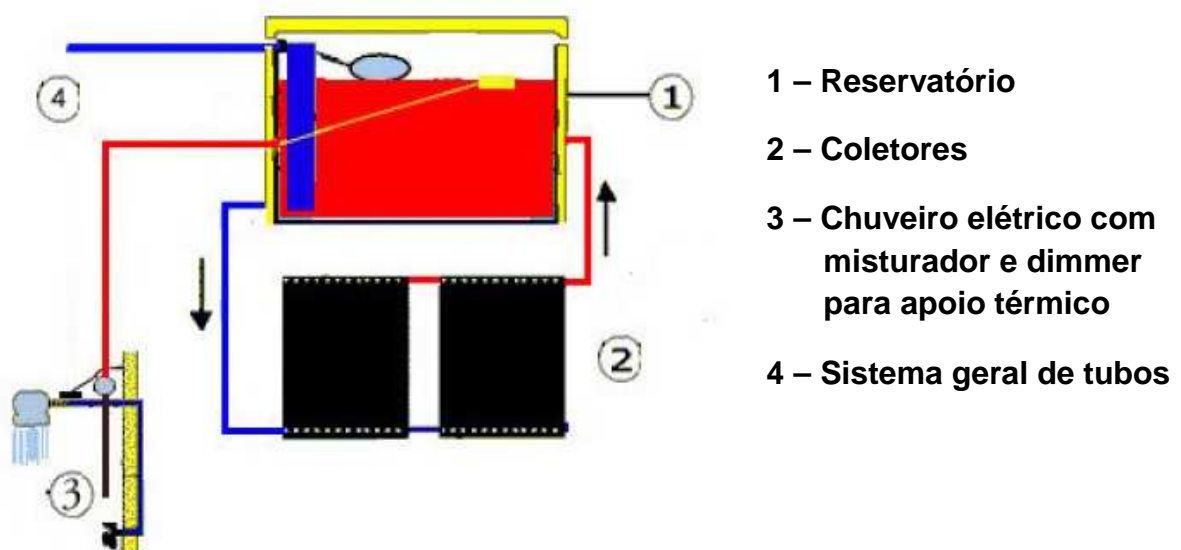


Figura 21 - Representação de um ASBC residencial
Fonte: SOCIEDADE DO SOL, 2009

No ASBC, o sistema de apoio térmico é formado por um chuveiro ligado em série com um dimmer, como mostra a figura 22, que permite um ajuste na elevação da temperatura da água do banho. (SOCIEDADE DO SOL, 2009).



Figura 22 - Chuveiro interligado com sistema ASBC
Fonte: SOCIEDADE DO SOL, 2009

Em regiões sujeitas à incidência de geadas, como é o caso da cidade de Curitiba, é possível que ocorra o congelamento da água dentro dos coletores e tubulações expostas durante as madrugadas dos dias mais frios. Com o congelamento, a água sofre uma expansão em seu volume e provoca uma pressão nas paredes internas das placas coletoras e nos tubos de PVC. Após análises em testes de laboratório, foi constatado que essa pressão é suportada pelas placas e pelos tubos de PVC, não comprometendo suas estruturas. Assim, o único problema que as geadas podem causar é o impedimento da circulação da água nas primeiras horas da manhã. Mas com o gradual aquecimento pelos primeiros raios solares da manhã, a água se descongela e volta a circular naturalmente, sem necessidade de nenhuma intervenção humana (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

A Sociedade do Sol já registrou vários casos de sucesso de implantação do ASBC no Brasil. Um desses casos foi a instalação de um ASBC com 16 coletores e capacidade de 1500 litros em uma creche de Goiânia (GO), apresentada na figura 23, que, em 2005, comportava 60 crianças e conseguiu usufruir essa tecnologia de baixo custo, tendo uma economia significativa, (SOCIEDADE DO SOL, 2006).



Figura 23 - ASBC em uma creche de Goiânia (GO)
Fonte: SOCIEDADE DO SOL, 2006

Outro caso que mostra o uso do ASBC em benefício de uma comunidade foi a instalação em um lar assistencial na cidade de Uberlândia (MG), mostrado na figura 24, que em 2006, comportava 150 crianças, com um total de 24 coletores, totalizando 2 mil litros de água quente (SOCIEDADE DO SOL, 2006).



Figura 24 - ASBC em um lar assistencial de Uberlândia (MG)
Fonte: SOCIEDADE DO SOL, 2006

Em Uberlândia (MG), também, pode ser visto a instalação do sistema ASBC em casas da periferia, melhorando a economia familiar (SOCIEDADE DO SOL, 2006). A figura 25 mostra este ASBC instalado na casa de periferia.



Figura 25 - ASBC em casa da periferia de Uberlândia (MG)
Fonte: SOCIEDADE DO SOL, 2006

Atualmente, existem centenas de sistemas ASBC instalados em diversas cidades brasileiras, e vem crescendo o grupo de monitores que prestam consultorias para as comunidades de qualquer região do Brasil, na montagem dos coletores e instalação dos sistemas. (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

2.4 TECNOLOGIA UTILIZANDO GARRAFAS PET PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA UTILIZANDO ENERGIA SOLAR

2.4.1 Aquecedor solar com materiais descartáveis

No âmbito da redução do custo de fabricação e instalação de sistemas de aquecimento solares de água, a substituição de materiais constituintes das placas coletoras é uma alternativa de sucesso. Inicialmente, uma pesquisa, visando à redução significativa de custos, foi realizada utilizando na montagem do coletor solar

materiais como latas e garrafas de plástico em substituição aos materiais convencionais. Isto foi um grande avanço, pois se trata de materiais de consumo no dia a dia das pessoas (SPRENGER, 2007).

No mesmo contexto, foi realizado o projeto de um painel solar montado com garrafas PET, embalagens de leite *Tetra Pak* e canos de PVC. O sistema, mostrado na figura 26, foi criado em 2002, pelo Sr. José Alcino Alano da cidade de Tubarão (SC) e, além de economizar energia elétrica e beneficiar diretamente o meio ambiente, o projeto tem como objetivo despertar nas pessoas a consciência de que, todas essas embalagens pós-consumo disponibilizadas no ambiente, (garrafas PET e embalagens cartonadas longa vida) podem se transformar em algo útil (SEMA, 2008).



Figura 26 - José Alcino Alano e o aquecedor de garrafa PET
Fonte: SEMA, 2008

Em consequência dos resultados obtidos, com um projeto extremamente simples e de baixo custo, foi visto que se poderia dar um destino coletivo, implantando o mesmo em residências de famílias de baixa renda e em instituições

com fins sociais (ALANO, 2004). O aquecedor de garrafa PET é praticamente ideal para ser implantado em comunidades de baixa renda, pois utiliza materiais acessíveis e o custo de montagem não é alto. O projeto inicial custou 83 reais e foi inaugurado em outubro de 2002, rendeu, na época do estudo, uma economia mensal de 120 kWh de energia, ou algo em torno de R\$ 46,80, (SUPERINTERESSANTE, 2004). Isto mostrou que, além do âmbito social e ambiental, o projeto desenvolvido por Alano contribui para redução da conta de luz, ao aproveitar essa fonte de energia gratuita e para aliviar o sistema gerador e distribuidor de energia elétrica, principalmente nos horários de ponta (ALANO, 2004).

Em 2004, o projeto ganhou o *Prêmio Super Ecologia*, oferecida pela revista SuperInteressante e com essa divulgação, deu origem a projetos sociais em diversos estados. Além disso, o uso do invento é de caráter social, podendo ser utilizado por qualquer pessoa, desde que não tenha fins comerciais (SUPERINTERESSANTE, 2008). O registro do aquecedor solar junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) se fez necessário para garantir a finalidade social, evitando que alguém tentasse usar esta invenção com interesses comerciais (SEMA, 2008).

Após seis horas de exposição ao sol, o coletor consegue elevar a temperatura da água de 16°C para 38°C no inverno; e de 23°C para 50°C no verão (SUPERINTERESSANTE, 2004). Na ausência de luz solar, por mau tempo ou durante a noite, a perda de temperatura é de 1º Celsius por hora, ou seja, até mesmo durante a noite o banho quente estará garantido (PORTAL TECNOCRACIA, 2007).

Por se tratar de um sistema desenvolvido recentemente, ainda não foi definido um exato tempo de vida útil do aquecedor de baixo custo. Eventualmente podem ocorrer problemas na instalação, como vazamentos na tubulação ou a quebra de algum componente do sistema, mas isto pode acontecer em qualquer sistema, até mesmos os convencionais. Estima-se que o sistema de aquecimento de baixo custo tem uma vida útil de, aproximadamente, 200 a 400 anos, tempo normal para os materiais utilizados no sistema se degradarem no ambiente (PORTAL TECNOCRACIA, 2007).

2.4.2 Funcionamento do aquecedor solar com descartáveis

O princípio de funcionamento por termossifão é o que melhor se adapta à sistemas simples de aquecimento solar de água (ALANO, 2004). O efeito de termossifão é o mesmo usado nos aquecedores convencionais encontrados para comercialização, sendo que a única diferença no projeto de Alano são os materiais utilizados no aquecedor solar de água de baixo custo.

Basicamente, o efeito de termossifão é notado quando o sistema de aquecimento de água absorve calor da radiação solar, fazendo com que a água es quente, subindo pelas colunas de tubulação do aquecedor e regressando para a parte superior do reservatório de água (caixa d'água). A água fria, por ser mais pesada, flui para a parte inferior do coletor mantendo o aquecedor sempre cheio de água e fechando o ciclo de aquecimento, mostrada de forma mais clara na figura 27 (SEMA, 2008).

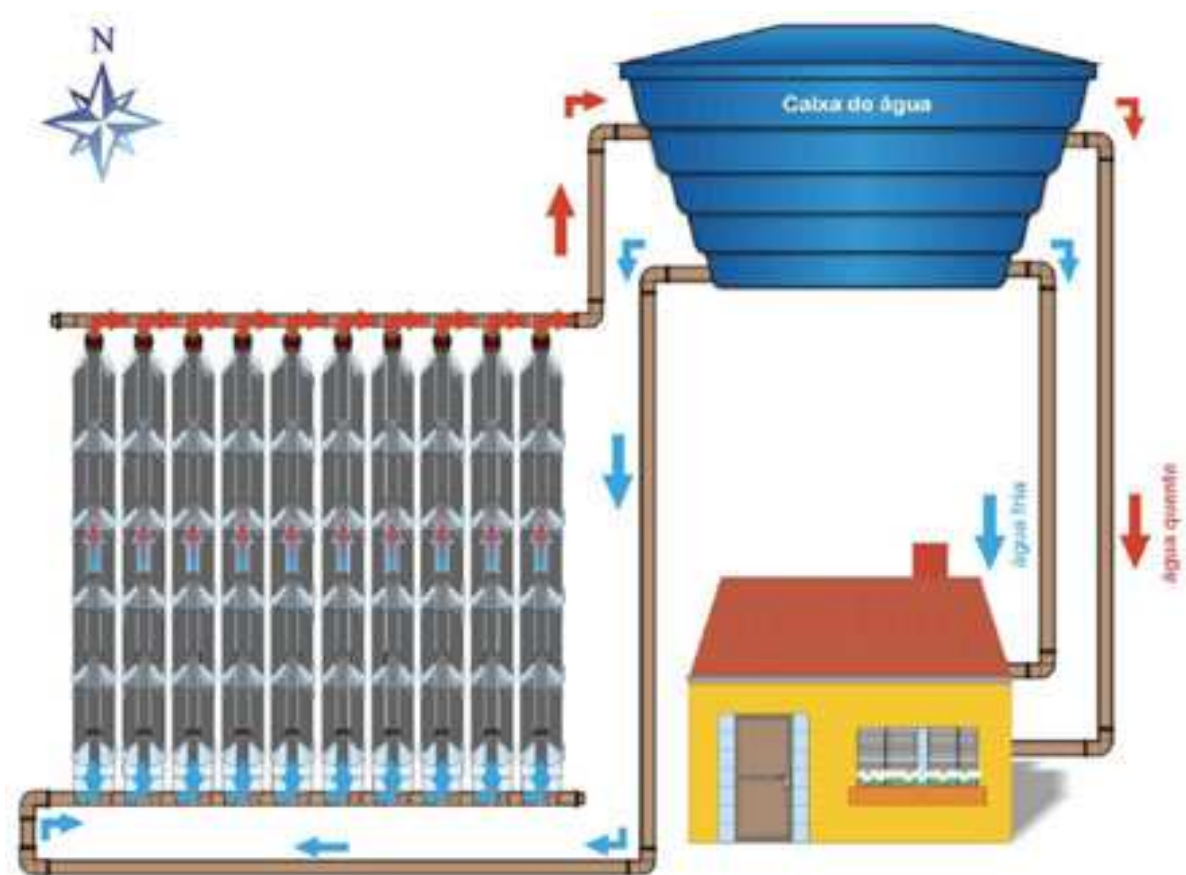


Figura 27 - Funcionamento do aquecedor de garrafa PET

Fonte: SEMA, 2008

Para se gerar o efeito corretamente, deve-se instalar o coletor solar sempre abaixo do nível inferior do reservatório. Além disso, será necessário posicionar o aquecedor de acordo com a latitude da região, para que ele absorva maior quantidade de radiação solar possível (ALANO, 2004). A latitude define o grau da inclinação que o aquecedor deve ter para captar o máximo possível de radiação solar. Este ângulo é fundamental para o aquecimento contínuo da água e o melhor aproveitamento do sistema. A inclinação é calculada tendo como base o ângulo de latitude do local adicionado de mais 10° . (SEMA, 2008).

A figura 28 mostra:

A - altura do coletor solar

B - inclinação conforme a latitude local, com mais 10°

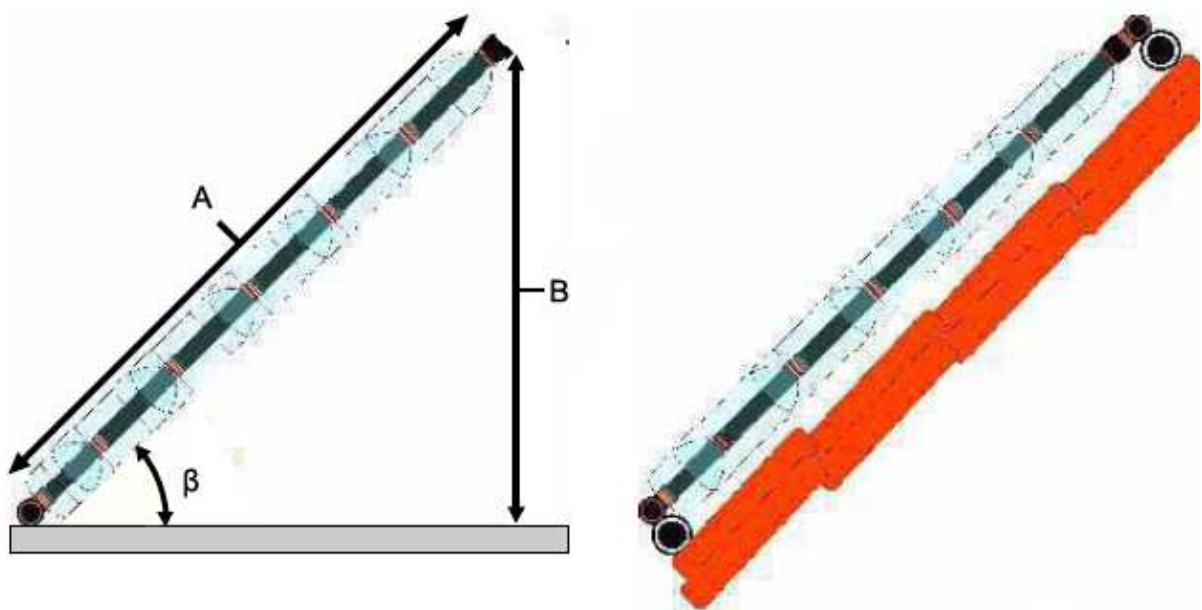


Figura 28 - Inclinação do coletor solar
FONTE: SEMA, 2008

2.4.3 Montagem do aquecedor solar com descartáveis

Com intuito de baixar custos, utilizam-se nas colunas de absorção térmica que são compostas por tubos e conexões de PVC, menos eficiente do que os tubos de cobre ou alumínio aplicados nos coletores convencionais; garrafas PET e caixas *Tetra Pak*, substituem a caixa preta metálica, o painel de absorção térmica e o vidro utilizado nos coletores convencionais (ALANO, 2004).

O aquecedor solar de água de garrafa PET é montado em placas de aproximadamente 1 m² (SEMA, 2008). As garrafas são cortadas de acordo com o gabarito fornecido no projeto, exemplificado o método na figura 29, de forma que se encaixem perfeitamente umas nas outras, em fileiras de 5 garrafas. É sugerido utilizar garrafas cinturadas, como as garrafas dos refrigerantes Pepsi e Coca-Cola, pois se nota que há fuga de calor entre as garrafas lisas, do tipo refrigerante Fanta, em razão da dilatação entre as mesmas, já que por serem lisas e totalmente retas não limitam o encaixe, o que não ocorre com o coletor feito com garrafas cinturadas de Coca-Cola e Pepsi (ALANO, 2004). Também não pode ser usada garrafa PET da cor verde, do tipo refrigerante Guaraná Antártica, pois a cor verde absorve calor, supostamente causará a degradação da garrafa mais rapidamente, comprometendo a eficiência do aquecedor, razão pela qual não é recomendada (SEMA, 2008).



Figura 29 - Método de corte das garrafas PET
Fonte: ALANO, 2004

Dentro das garrafas, encaixam-se embalagens de leite longa vida, dobradas, conforme gabarito fornecido no manual, conforme mostra a figura 30. As embalagens de leite devem ser pintadas de preto para absorver melhor o calor.

Recomenda-se não usar tinta com brilho, pois comprometerá o desempenho do coletor, uma vez que os raios solares serão em parte refletidos. As caixas de leite se localizam logo abaixo dos canos de PVC, de tamanho 1/2", que também devem ser pintados de preto para absorver o calor, pois é onde a água circula pelo sistema (SEMA, 2008).

- 1-Com a caixa de leite montada, descolar as orelhas(a) dos quatro cantos.
- 2-Em seguida pressione a caixa para que ela amasse e fique planificada, corte com 22,5cm de comprimento e dobre as laterais, nos vincos (b) existentes na caixa.
- 3-A caixa com as laterais dobradas.
- 4-Dobre as pontas(d) em diagonal para ajusta-la ao desenho da garrafa e também as duas pontas da parte inferior(e) no corte de 7cm, para o encaixe da próxima garrafa. Obs.: todas as pontas dobradas para baixo.

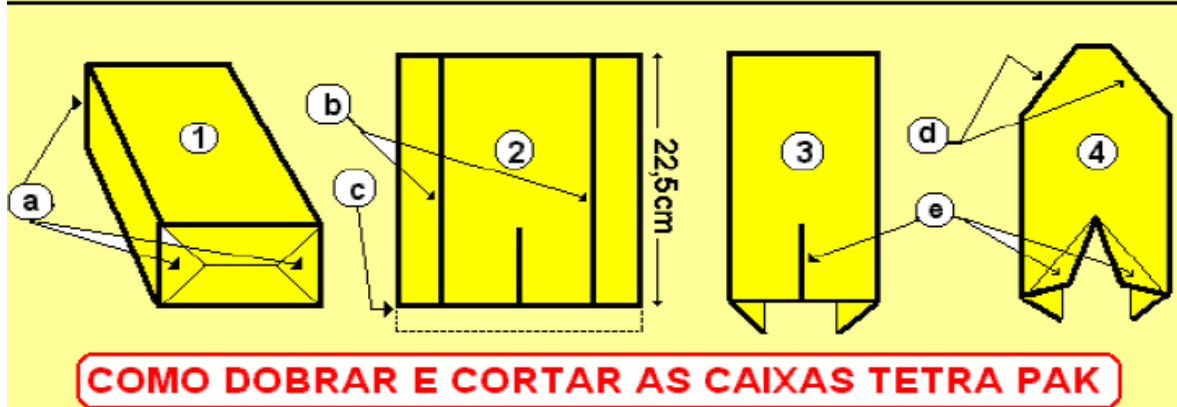


Figura 30 - Método para dobrar caixas de leite

Fonte: ALANO, 2004

A figura 31 mostra a exata forma de encaixe das embalagens de leite dentro das garrafas PET.



Figura 31 - Encaixe das embalagens de leite nas garrafas PET

Fonte: ALANO, 2004

Ao encaixar as garrafas e embalagens de leite nos tubos PVC, é notado que mesmo com as 5 garrafas PET, sobra um pequeno pedaço do tubo PVC, no qual será necessário apenas o gargalo de uma 6ª garrafa para vedar o fundo da 5ª garrafa, como mostram as figuras 32 e 33, em sequência (ALANO, 2004).

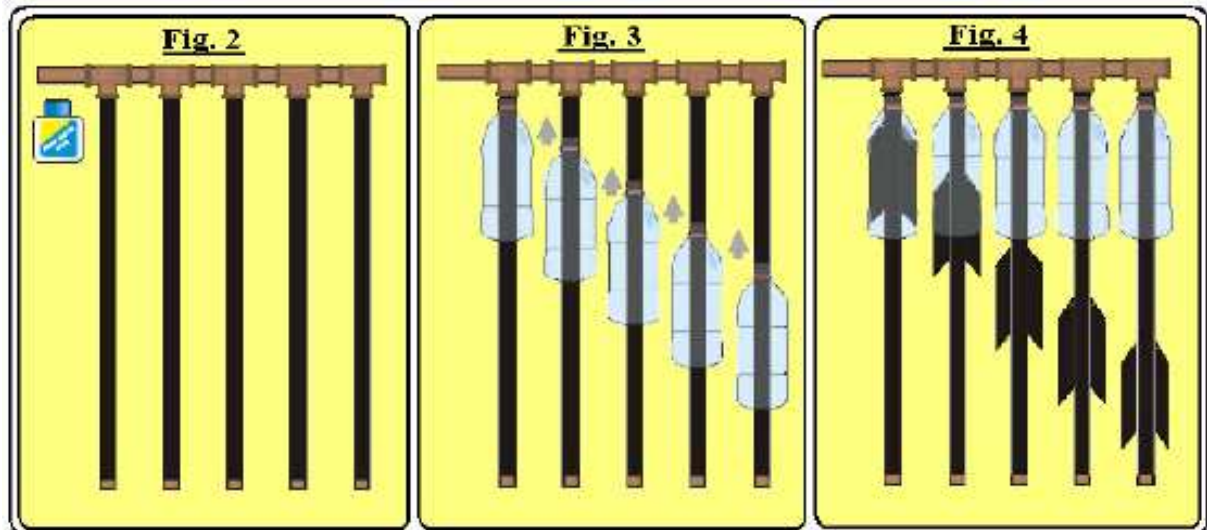


Figura 32 - Encaixe de garrafas PET nos tubos PVC

Fonte: ALANO, 2004

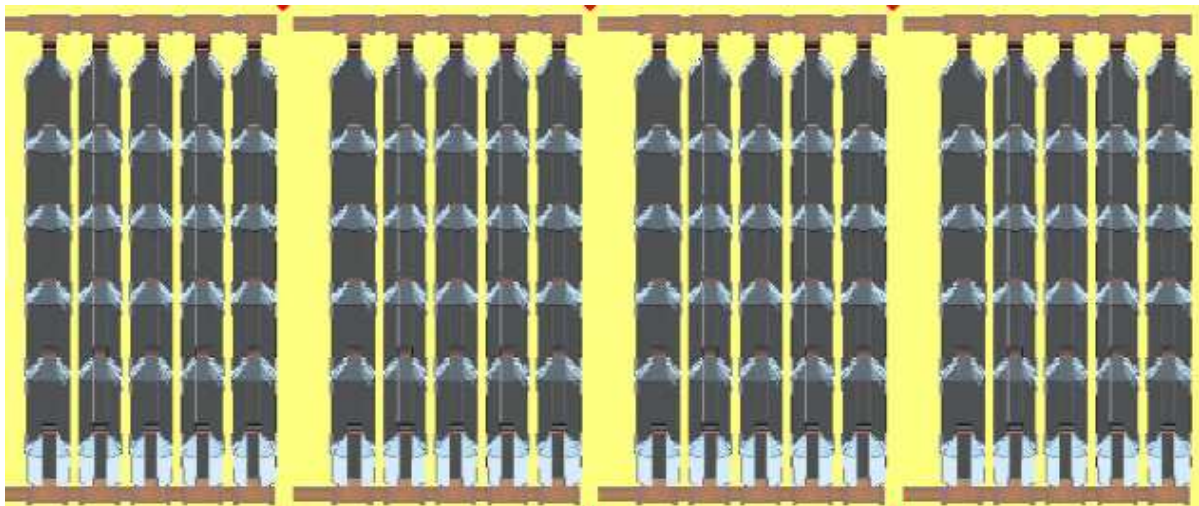


Figura 33 - Painéis após encaixe das garrafas com o gargalo

Fonte: ALANO, 2004

O aquecedor solar de baixo custo deve ser posicionado no telhado da residência, ou em uma área que receba o sol diretamente, e sem incidência de sombra de árvores, ou de prédios, casas, com a devida inclinação de acordo com a latitude do local (SEMA, 2008).

2.4.4 O projeto no Brasil e no Paraná

Muitos projetos envolvendo o aquecedor solar de garrafa PET em diferentes cidades brasileiras têm aparecido, divulgando o invento e capacitando cada vez mais pessoas.

Um dos primeiros municípios catarinenses a adotar em grande escala este sistema foi a cidade de Urubici (SC), graças a um curso patrocinado pela Celesc, que apresentou o painel de garrafa PET em locais públicos, como mostra a figura 34 (CORREIO LAGEANO, 2007)



Figura 34 - Painéis montados no município de Urubici (SC)
Fonte: CORREIO LAGEANO, 2007

No Paraná, um grande aquecedor ecológico foi construído em 2007 - com 3,3 mil embalagens: 1,8 mil garrafas PET e 1,5 mil embalagens longa vida – em Palmas, na região Sul do Estado, conforme mostra a figura 35.

Confeccionado sob a coordenação da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA), o aquecedor foi instalado no alojamento da 15.^a Companhia de Engenharia de Combate do Exército Brasileiro, ocupado por 50 soldados (SEMA, 2007).



Figura 35 - Painéis na Cia. do Exército Brasileiro de Palmas (PR)
Fonte: SEMA, 2007

Prefeituras e Secretarias Municipais também investem em cursos de capacitação para trabalhadores rurais, mostrando as vantagens da utilização de energia solar, utilizando um aquecedor ecológico.

Em 2009, essa capacitação foi ofertada pela Prefeitura de Pato Branco, em parceria com o SEBRAE, como é visto na figura 36, para agricultores integrantes da Associação de Produtores Orgânicos de Pato Branco (Aprovida), demonstrando benefícios do uso de tecnologias de baixo custo no campo (SEBRAE, 2009).



Figura 36 - Curso de capacitação em Pato Branco (PR)
Fonte: SEBRAE, 2009

Em escolas, foram realizados projetos de montagem do painel, visando à disseminação da utilização do painel solar de garrafa PET para as crianças e também para comunidade.

Em 2010, no município de Erechim (RS), a Escola Estadual de Educação Básica São Valentim fez um projeto em busca de economizar quase 90% na conta de energia da escola. Foi montado um aquecedor solar de material reciclável, construído pelos próprios alunos da escola, como é mostrado na figura 37 (CPERS, 2010).



Figura 37 - Painel montado na escola em Erechim (RS)
Fonte: CPERS, 2009

Alunos que cursam o Ensino Médio do programa Educação para Jovens e Adultos – EJA – da Escola Estadual Professora Júlia Kubitschek em Passos (MG) desenvolveram um aquecedor de água com energia solar utilizando garrafas PET, conforme mostrado na figura 38.

Os alunos que participaram do projeto informaram que pretendiam instalar um aquecedor solar em suas residências, mostrando, assim, a importância da disseminação para a comunidade (FOCO, 2008).



Figura 38 - Painel montado na escola em Passos (MG)

Fonte: FOCO, 2008

3 MONTAGEM E COLETA DE DADOS DE UM PROTÓTIPO

3.1 MATERIAIS

Para um melhor entendimento de todo o processo de montagem do aquecedor solar de garrafas PET, um protótipo do sistema foi desenvolvido pelos integrantes da equipe, com o auxílio de voluntários, tanto na coleta e separação dos materiais, como na montagem do painel. Um dos objetivos da construção do protótipo foi detectar possíveis problemas de funcionamento do sistema, ao realizar todas as etapas da montagem, devido aos materiais utilizados serem de baixo custo.

Primeiramente, houve a coleta das garrafas PET, tanto em residências, como em estabelecimentos comerciais. Durante o processo de coleta das garrafas, foi definido uma premissa que, ao separar o material para montagem, seriam utilizadas apenas garrafas de Coca-Cola na construção do painel, visto na figura 39, pois para este modelo de garrafa, já existe um padrão definido nos manuais com os detalhes da montagem, como, por exemplo, o tamanho dos canos de PVC a serem cortados e, também, por esta ser um tipo de garrafa mais resistente.



Figura 39 - Garrafas PET de Coca-Cola
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Além das garrafas PET, foram coletadas as embalagens de leite *Tetra Pak*, figura 40, com o auxílio de pessoas que fizeram a separação deste material, fornecendo-as para serem utilizadas na construção do painel.



Figura 40 - Caixas de leite Tetra Pak coletadas
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Simultaneamente à coleta dos materiais recicláveis, os outros materiais necessários para a montagem do sistema de aquecimento foram adquiridos em estabelecimentos de construção, tais como, os canos de PVC e suas conexões, tinta preta fosca para pintura das embalagens de leite e dos canos de PVC e uma caixa de água de 500 litros, figura 41, que foi utilizada como reservatório da água quente do protótipo.

A escolha de uma caixa d'água de 500 litros foi para testar o funcionamento do sistema para o aquecimento de um grande volume de água.



Figura 41 - Caixa d'água de 500 litros usada no protótipo
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

3.2 MONTAGEM

A montagem do protótipo foi baseada nos manuais já existentes, que são disponibilizados gratuitamente em sites de internet ou em secretarias de governo, como a SEMA, na cidade de Curitiba. Foram utilizados dois manuais em conjunto, em busca das melhores práticas de montagem do painel solar de garrafas PET, visando um melhor aproveitamento dos materiais disponíveis, além de uma máxima eficiência para o protótipo. Os manuais utilizados foram o Manual do Sr. José Alcino Alano e o Manual da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA).

Além dos manuais, foi disponibilizado gratuitamente pela SEMA, um DVD que contém a gravação de um projeto realizado pelo Sr. Alano no Estado do Paraná, na cidade de Curitiba, com instruções de montagem do painel solar.

Sendo assim, após a coleta de todos os materiais envolvidos no projeto e seguindo o padrão dos manuais, as garrafas PET foram cortadas com um estilete, como mostra a figura 42.



Figura 42 - Garrafa PET em processo de corte com estilete
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Ao longo do processo de corte das garrafas, as embalagens de leite, também, foram sendo cortadas, dobradas e pintadas de um dos lados com tinta preta fosca, visando a melhor absorção da radiação solar. Os canos de PVC, após serem cortados com o tamanho proposto nos manuais, receberam a mesma pintura.

Após a secagem da tinta e o encaixe das embalagens de leite dentro das garrafas PET, realizou-se o encaixe das garrafas nos canos de PVC, sendo que foram colocadas 5 garrafas e o gargalo de uma 6ª garrafa por cano, conforme é visto na figura 43.



Figura 43 - Encaixe das garrafas PET nos canos de PVC
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Ao finalizar o encaixe das garrafas PET e do gargalo de vedação em cada cano de PVC, foi realizado o encaixe entre as fileiras de garrafas, por meio das pequenas conexões de PVC, como é mostrado na figura 44.



Figura 44 - Encaixe entre as fileiras de garrafas
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Para facilitar o transporte do painel até o local de instalação, foram inicialmente realizados encaixes de 5 a 7 fileiras, sendo que apenas durante a instalação definitiva do protótipo é que foram todas encaixadas, finalizando o painel protótipo com 45 fileiras, conforme é visto na figura 45. Este encaixe de 5 a 7 fileiras, também é recomendado para que se possa fazer uma eventual manutenção no futuro, ou seja, com a troca de garrafas quando for necessário.



Figura 45 - Protótipo do painel de garrafas PET
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

3.3 INSTALAÇÃO E COLETA DE DADOS

Ao término da montagem do painel, o modelo foi instalado na residência de um dos integrantes da equipe (André Suchodolak), seguindo as orientações dos manuais de montagem e de instalação. Após realizar os ajustes necessários na caixa d'água, como os furos, a adequação da bóia e o redutor de turbulência, foi feita a interligação entre o painel e a caixa de água com os canos de PVC, finalizando a montagem do sistema de aquecimento, como é mostrado na figura 46.



Figura 46 - Painel protótipo interligado com a caixa d'água
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Como foi especificado anteriormente, um dos objetivos do protótipo foi verificar o método de montagem e os possíveis erros que podem acontecer durante a montagem e instalação do painel e de todo o sistema. Isto é importante, pois podem ocorrer vazamentos entre as conexões de PVC, comprometendo a circulação da água e, por consequência, o aquecimento da mesma.

Além desta verificação física do sistema, outro objetivo foi realizar um levantamento das características do aquecimento da água durante as horas do dia, tais como medição da temperatura máxima atingida pela água e o tempo de aquecimento da água.

Estas medições foram realizadas entre os dias 20 de abril e 9 de maio de 2011, considerando a variação máxima e mínima de temperatura durante estes dias. Foi estabelecido que a temperatura da água fosse medida em um intervalo de 2 horas, sendo a primeira medição realizada às 10 horas e a última às 20 horas, assim, tendo a possibilidade de verificar a média de variação térmica da água ao longo do dia. Para realizar estas medições, foram utilizados dois termômetros

distintos, sendo que um foi utilizado para medir a temperatura ambiente e o outro para medir a temperatura da água.

Por amostragem, são apresentados três resultados significativos conforme a proposta inicial de medição: dia com a maior média de temperatura ambiente registrada ao longo das horas, dia com a menor média de temperatura ambiente registrada ao longo das horas e dia com a maior variação entre a temperatura máxima e mínima do ambiente registrada ao longo das horas.

A tabela 3 apresenta os resultados de medição da primeira situação descrita, registrada no dia 22 de abril de 2011, em que a média de temperatura do ambiente foi a mais alta entre todos os dias do intervalo citado anteriormente

Tabela 3 - Temperatura da água medida no dia 22 de abril de 2011

Horários (h)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Água (°C)
10	25	23
12	28	30
14	30	36
16	29	40
18	25	41
20	22	40

Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

A temperatura ambiente foi alta durante este dia, apresentando média de 26°C ao longo dos horários de medição propostos. Nota-se que a temperatura do ambiente sofreu uma queda ao anoitecer, mas que a temperatura da água no reservatório, que apresentou uma elevação durante o dia, praticamente se manteve constante após o anoitecer.

A tabela 4 apresenta os resultados de medição do dia 3 de maio de 2011, em que a média de temperatura ambiente foi a mais baixa registrada durante o intervalo de dias propostos.

Tabela 4 - Temperatura da água medida no dia 03 de maio de 2011

Horários (h)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Água (°C)
10	11	14
12	17	21
14	18	27
16	17	31
18	15	32
20	10	29

Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

A média de temperatura ambiente foi de menos de 15°C, que é uma temperatura relativamente baixa. Entretanto, com a incidência solar ao longo das horas, a temperatura da água apresentou um aquecimento considerável.

Por último, a tabela 5 apresenta os resultados do terceiro caso, onde ocorreu a maior variação entre a temperatura máxima e mínima do ambiente durante o mesmo dia, registrada em 28 de abril de 2011, que foi uma diferença de 13°C.

Tabela 5 - Temperatura da água medida no dia 28 de abril de 2011

Horários (h)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Água (°C)
10	20	21
12	25	30
14	21	36
16	17	36
18	14	35
20	12	34

Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

A tabela 5 mostra que, apesar da significativa variação térmica do ambiente durante as horas de medição, a água atingiu uma temperatura elevada. Além disso, é importante salientar que mesmo após a temperatura do ambiente sofrer uma acentuada queda, a temperatura da água apresentou pouca variação.

É válido considerar que os testes de temperatura foram realizados durante o período do outono na cidade de Curitiba (PR), que normalmente já apresenta nesta época do ano temperaturas mais baixas, devido à característica típica de seu clima local. Esta informação é importante, pois, juntamente com os dados de medição, mostra que o aquecimento da água depende mais da incidência dos raios solares no painel do que da temperatura do ambiente.

As medições realizadas no protótipo, durante este período de dias e em diferentes padrões de temperatura ambiente, provam que o sistema é confiável e eficiente para aquecer a água considerando a simplicidade do sistema e a utilização de materiais de baixo custo, pois as temperaturas atingidas pela água com a utilização do painel solar de garrafas PET foram suficientemente elevadas para, por exemplo, ter água quente em um banho sem a utilização de energia elétrica.

4 PROGRAMA DE DIVULGAÇÃO

4.1 SELEÇÃO DA ESCOLA

Após serem realizados os estudos teóricos do sistema de aquecimento solar utilizando garrafas PET e os testes de montagem e coleta de dados com o protótipo desenvolvido, teve-se início a disseminação desta tecnologia de baixo custo. Como a proposta inicial foi realizar uma atividade de instalação e exposição de um painel solar de garrafas PET em uma escola, com a participação da comunidade local, para isto seria necessário que houvesse uma divulgação desta atividade a ser realizada, dentro da comunidade escolhida, para que todos os moradores da região e demais interessados tivessem conhecimento e pudessem participar.

Inicialmente, foram pesquisadas várias escolas para se realizar esta atividade, onde alguns fatores foram considerados importantes para a escolha, tais como a escola ser pública e estar localizada próxima a comunidades de baixa renda. Desta forma, dentre todas as instituições interessadas, a escola selecionada foi a Escola Municipal Professor Ulisses F. Vieira, localizada no bairro CIC e que possui muitos alunos habitantes das regiões mais pobres do bairro. Outro fator importante para a escolha desta escola é que a mesma possui mais de mil alunos matriculados, tornando o trabalho de divulgação da proposta mais amplo e eficiente.

4.2 PANFLETOS

Com a definição do local, a data escolhida para realizar a atividade foi dia 22 de outubro de 2011. Nesta data aconteceria a realização de outros eventos na escola, com a participação dos alunos e das pessoas da comunidade, e todos estes eventos contaram com o apoio do projeto da Prefeitura Municipal de Curitiba: Comunidade Escola. Sendo assim, visando uma grande divulgação da atividade de instalação e exposição do painel na escola, com duas semanas de antecedência foram distribuídos panfletos por meio da agenda dos alunos, para que pudesse chegar ao conhecimento dos seus pais e/ou responsáveis. O panfleto foi distribuído, também, nas redondezas do bairro, postadas na caixa de correio e de forma pessoal direta, para que a comunidade soubesse e divulgasse ainda mais a iniciativa. Este mesmo modelo de panfleto foi distribuído em outras escolas do bairro, com a pretensão de divulgar o trabalho que seria realizado na Escola Professor Ulisses F. Vieira e a possibilidade de apresentar o aquecedor de garrafas PET para um grande número de pessoas.

O modelo do panfleto distribuído pode ser visto na figura 47.

DEMONSTRAÇÃO DO PAINEL SOLAR DE BAIXO CUSTO

Dia 22/10/2011 será apresentado e montado um painel solar para aquecer água feito com material reciclável e de fácil acesso à toda comunidade! Venha participar e aprender como ter água quente em sua casa economizando energia elétrica.

Local:
Escola Municipal Professor Ulisses F. Vieira

Rua Eduardo Sprada, 5062 - Cic - Curitiba - Paraná



22/10/2011 | SÁBADO
9h00min às 17h00min

Figura 47 - Modelo do panfleto distribuído
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

O intuito do panfleto apresentado foi, além do convite a participação das pessoas interessadas no projeto, fornecer os dados do local em que seria realizada a atividade e difundir a ideia de que, com a utilização de materiais recicláveis e de baixo custo para a construção do painel solar, é possível reduzir a despesa com o uso de outros métodos convencionais para aquecimento da água.

4.3 MANUAIS DE MONTAGEM E INSTALAÇÃO

Além da distribuição dos panfletos, foram impressos manuais de montagem e instalação do aquecedor solar de garrafas PET, a fim de serem distribuídos para as pessoas da comunidade durante a atividade na escola. O manual impresso é disponibilizado gratuitamente na internet, através do *web site* da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA). Este manual é o mesmo utilizado na montagem no protótipo.

Também foram gravados CD-ROMS com o arquivo do manual, que seriam disponibilizados para as pessoas que possuem computador em casa ou tem acesso ao mesmo em outro local, com a finalidade destas pessoas terem um acesso rápido e fácil ao manual diretamente no computador.

A oferta deste manual é outra forma de disseminar para a comunidade a existência desta tecnologia de baixo custo e difundir a ideia da proposta, mostrando que é uma tecnologia acessível a todos, além de demonstrar os passos de montagem e instalação do aquecedor solar de garrafas PET.

4.4 REDES SOCIAIS

Com o objetivo de buscar a ajuda de voluntários e ampliar o raio de divulgação do sistema de aquecimento solar de baixo custo, a atividade de disseminação que seria realizada na escola foi divulgada nas redes sociais *Facebook* e *Twitter*, por meio de convites para qualquer pessoa interessada em

participar do projeto na escola. Estas pessoas poderiam participar como voluntários ou para conhecer e aprender sobre o sistema. Foram disponibilizadas informações para que qualquer usuário da rede entrasse em contato e tirasse dúvidas a respeito da utilização do sistema de aquecimento elaborado.

Ao todos, foram enviados mais de 800 convites, onde muitas pessoas responderam de forma positiva, com elogios pela iniciativa e demonstração de interesse pela aplicação da tecnologia de garrafas PET e por sua disseminação para a comunidade.

Os convites foram estendidos aos contatos de *e-mail* de familiares e colegas da UTFPR, juntamente com o material e manual para montagem do sistema. Da mesma forma, houve grande repercussão e retorno com mensagens de incentivo, interesse e congratulação pelo projeto desenvolvido.

5 ATIVIDADE DE DISSEMINAÇÃO NA ESCOLA

A atividade de disseminação do aquecedor solar de garrafas PET foi realizada no dia 22 de outubro de 2011, na Escola Municipal Professor Ulisses F. Vieira, situada na Rua Eduardo Sprada, 5062, no bairro CIC. Esta foi realizada no período das 9 horas da manhã até as 17 horas da tarde e o local cedido para instalação do aquecedor foi um espaço externo próximo à quadra de esportes da escola, onde houve uma grande movimentação de pessoas da comunidade durante todo o dia, que, ao passar pelo local, puderam observar o painel instalado funcionando e os materiais para montagem do aquecedor expostos. O projeto teve amplo apoio dos professores da escola e dos voluntários do projeto Comunidade Escola da Prefeitura de Curitiba, que fizeram a divulgação da atividade para as pessoas da comunidade que estavam presentes na escola participando de outros eventos.

Para realizar este evento de disseminação, foram levados até o local todos os materiais necessários para montagem do aquecedor, além de um painel já montado com 19 fileiras de 5 de garrafas PET e o gargalo de uma 6ª garrafa, que foi instalado junto a uma caixa transparente de escritório, adaptada para ser utilizada como o reservatório da água, vista na figura 48.

A ideia da utilização deste modelo de caixa foi que, por ela comportar no máximo 56 litros, não seria necessário utilizar um volume muito grande de água, evitando, assim, um custo adicional à escola com a água usada para a demonstração do aquecedor funcionando. Além disso, como a caixa era transparente, as pessoas poderiam observar melhor como era a ligação dos canos de PVC junto à caixa.

Inicialmente, o painel de 19 fileiras já montado foi interligado com a caixa, como pode ser visto na figura 49, para que se tivesse início o processo de aquecimento da água no sistema instalado.



Figura 48 - Caixa adaptada utilizada como reservatório
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011



Figura 49 - Instalação do aquecedor solar na escola
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Após a instalação, os materiais necessários para montagem do painel foram expostos para comunidade, como, por exemplo, as garrafas PET de Coca-Cola, vistas na figura 50, com o intuito de que as pessoas observassem que o custo de montagem do aquecedor é realmente baixo, por utilizar apenas materiais recicláveis e/ou de baixo custo.



Figura 50 - Garrafas PET expostas para comunidade
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Também foi montado um novo painel e exposto para comunidade, como pode ser visto na figura 51, para que as pessoas pudessem ter uma maior proximidade para verificar como cada material se encaixa no painel.



Figura 51 - Painel exposto para comunidade
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Na escola, durante o período da manhã, ocorreram atividades como aulas de judô, informática e música, com a participação de várias crianças e seus pais. Conforme é mostrado nas figuras 52 e 53, as crianças que participavam destas aulas ficaram bastante curiosas com a instalação do aquecedor de materiais descartáveis e, juntamente com seus pais e outras pessoas da comunidade, puderam conhecer melhor este sistema de baixo custo.

Um dos pontos positivos da atividade foi a grande participação de famílias, já que o uso do aquecedor em suas residências pode representar um ganho financeiro na economia familiar.



Figura 52 - Presença de crianças junto ao painel solar
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011



Figura 53 - Pais e crianças acompanhando palestra
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

A presença de pessoas da comunidade na escola aumentou no período da tarde, pois ocorreram eventos de teatro e esporte, além da continuidade das atividades iniciadas durante a manhã. Conseqüentemente, a movimentação das pessoas em torno do local em que o aquecedor estava instalado aumentou consideravelmente, conforme ilustrado na figura 54.



Figura 54 - Comunidade interessada no sistema
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Sendo assim, durante todo o dia, com a presença destas pessoas da comunidade, foi possível apresentar o aquecedor solar de garrafas PET e a sua instalação, bem como os materiais utilizados na montagem do aquecedor e a sua respectiva função. Além disso, foram apresentados outros temas referentes ao projeto, tais como a redução no gasto de energia elétrica ao utilizar o aquecedor solar, a reutilização dos materiais descartáveis e todo o caráter social que este projeto envolve.

Grande parte das pessoas da comunidade se mostrou interessada no sistema, dentre estas, algumas já tinham conhecimento sobre o aquecedor de

materiais descartáveis, mas nunca o havia visto montado e funcionando. Com o interesse demonstrado por estas pessoas por meio de apresentações do projeto e seus benefícios, também, foram distribuídos, gratuitamente, os manuais de montagem e instalação do painel, impressos e em CD-ROMS, para que todos os interessados pudessem levar até as suas residências o conhecimento da montagem e instalação deste sistema.

O interesse da comunidade foi tanto que muitas pessoas, inclusive as crianças, quiseram checar se a água estava realmente quente, como ilustra a figura 55, e todos ficaram impressionados como o sistema é eficiente para aquecer a água.



Figura 55 - Crianças verificando o aquecimento da água
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Além da participação das pessoas da comunidade, a diretora da escola esteve presente durante a atividade de disseminação, como é visto na figura 56, e demonstrou muito interesse no aquecedor solar, principalmente pelo mesmo ser montado apenas com materiais descartáveis e de baixo custo.



Figura 56 - Diretora da escola
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Neste âmbito, a diretora informou que existe um projeto de realizar a construção de uma “Casa Ecológica” dentro do próprio terreno da escola, com o objetivo de que a construção desta casa sirva de exemplo aos pais e alunos de como é possível ter, ao mesmo tempo, a tecnologia e a ecologia em conjunto a favor das pessoas. Desta forma, a diretora gostaria que o aquecedor solar de garrafas PET, também, fizesse parte deste projeto da “Casa Ecológica”, sendo montado e instalado com apoio da comunidade, por meio da coleta de materiais e do voluntariado das pessoas interessadas. Esta seria mais uma forma de divulgar o sistema de aquecimento de baixo custo.

Os professores da escola participaram da atividade, levando os seus alunos para conhecerem o aquecedor e entenderem melhor seu funcionamento e benefícios, como é ilustrado na figura 57.



Figura 57 - Alunos participando da apresentação sobre o aquecedor
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

Estes mesmos professores, quiseram conhecer mais a respeito do sistema, pois tinham interesse em instalá-lo em suas residências, com o intuito de diminuir o consumo da energia elétrica que é usada para aquecer a água. Além disso, uma das professoras informou que participa de um projeto social em outra escola do bairro e solicitou que o projeto de disseminação do aquecedor solar fosse apresentado nesta escola, a fim de ampliar ainda mais a divulgação desta tecnologia de baixo custo para comunidade.

Também estava presente na atividade de disseminação na escola uma repórter do jornal Cidade Notícias, que é um jornal impresso que circula na região do bairro Santa Felicidade há mais de 13 anos. Esta repórter se interessou muito pelo sistema e solicitou que fossem enviadas a ela maiores informações sobre o projeto do aquecedor solar de garrafas PET, pois ela gostaria de fazer uma matéria sobre esta tecnologia de baixo custo, com a finalidade de divulgar para comunidade,

através do jornal, a existência deste sistema, a sua acessibilidade a todos e os seus benefícios ecológicos e financeiros.

A atividade contou com a presença constante de voluntários, como amigos, colegas da UTFPR e familiares que, além do incentivo pelo projeto, ajudaram na preparação e durante a atividade de disseminação do sistema à comunidade.

Como informação adicional, a temperatura da água neste tempo em que o painel montado ficou exposto, não foi medida. Um dos motivos disto foi que, durante a tarde, o aquecedor foi remanejado para outro local que havia menos sombras e, desta forma, a água aquecida que estava caixa teve que ser despejada e a caixa enchida novamente. Outro motivo que fez com que não houvesse medição de temperatura da água, é que durante todo o tempo, as pessoas queriam checar o aquecimento da água com as próprias mãos e acabavam por misturar constantemente a água da caixa, fazendo com que qualquer medição que fosse realizada, não tivesse uma precisão correta. No entanto, por experiência adquirida com o protótipo, era possível notar que a temperatura da água estava atingindo mais de 40°C.

A seguir, são apresentadas mais imagens da atividade realizada, demonstrando o sucesso alcançado com a presença das pessoas da comunidade.



Figura 58 - Presença de famílias durante a atividade
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011



Figura 59 - Análise do manual por um dos participantes
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011



Figura 60 - Participação das professoras da escola na atividade
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011



Figura 61 - Distribuição dos manuais à comunidade
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011



Figura 62 - Crianças e adultos interessados no aquecedor
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011



Figura 63 - Crianças conhecendo o projeto
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011



Figura 64 - Palestra aos alunos da escola
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011



Figura 65 - Participação dos colegas da UTFPR na atividade
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

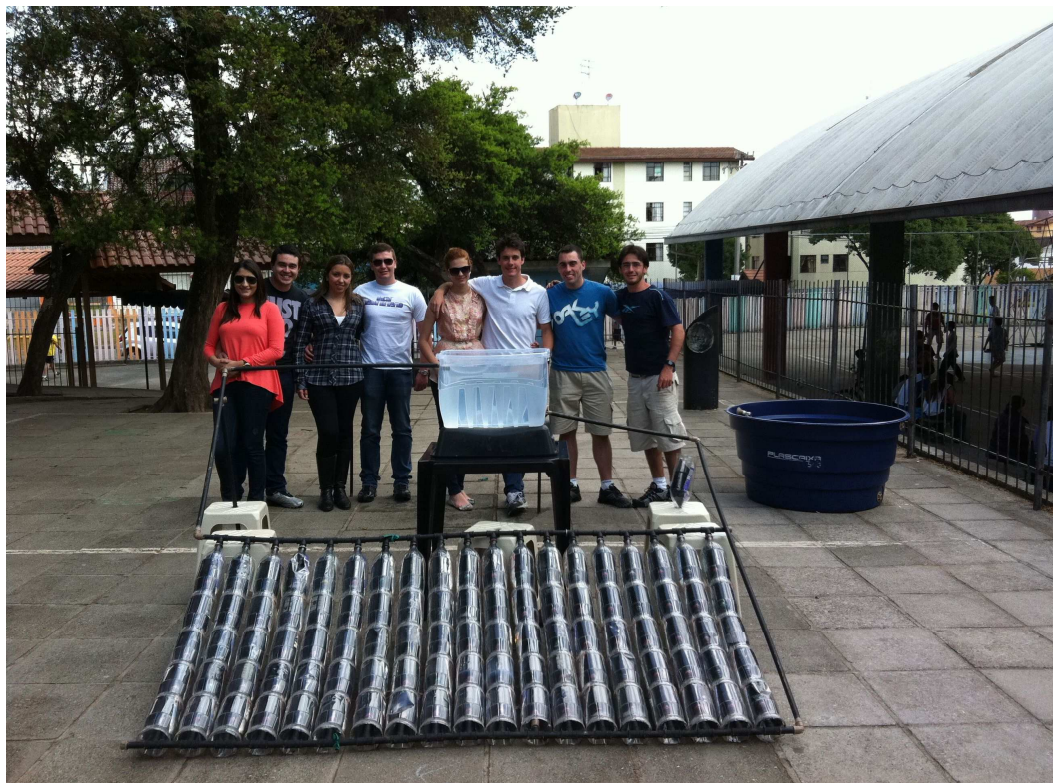


Figura 66 - Presença de amigos e familiares
Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2011

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os estudos sobre a energia solar e a partir da realização de testes no protótipo do aquecedor solar de garrafas PET, durante um período de 20 dias e com a ocorrência de dias quentes e frios, percebeu-se que o funcionamento do sistema apresenta um ganho rápido de energia nos períodos de irradiação solar, com um considerável aumento da temperatura ao longo das horas, independente da temperatura ambiente do momento. Para exemplificar, os resultados de medição do dia 3 de maio de 2011, que registrou uma média de temperatura ambiente de menos de 15°C, a mais baixa durante o intervalo de dias propostos, mostrou que a média da temperatura da água atingida foi mais de 25°C durante as horas de medição, o que é um bom resultado para um pré-aquecimento de água. No caso das medições realizadas no dia 22 de abril de 2011, em que a média de temperatura do ambiente foi a mais alta entre todos os dias do intervalo, com 26,5°C, a temperatura da água, em média, atingiu 35°C, que já é uma boa temperatura atingida pela água para ser utilizada durante um banho. Em ambos os casos, é possível notar que o uso desta tecnologia ajudaria consideravelmente na redução do consumo de energia elétrica em uma residência.

Foi verificado que, após a água atingir uma determinada temperatura, ocorre uma perda de forma lenta desta energia, propiciando o uso da água aquecida ou pré-aquecida no chuveiro elétrico, mesmo durante a noite, assim, reduzindo o consumo de energia elétrica. A perda desta energia pode se tornar ainda mais lenta se for utilizado um eficiente isolamento térmico no sistema.

Além disso, ao considerar o princípio de funcionamento básico do sistema e o uso de materiais descartáveis e de baixo custo, é evidente que as temperaturas atingidas pela água foram elevadas, a ponto do aquecedor de garrafas PET ser uma tecnologia alternativa muito eficiente, para que as pessoas possam ter água quente em suas residências sem a utilização de energia elétrica.

Como já foi comprovado anteriormente em outros estudos, o aquecedor é um projeto que colabora ao desenvolvimento sustentável das pessoas e do planeta, pois une a preservação do meio ambiente com a reutilização de materiais descartáveis, a utilização da energia solar que é uma energia limpa e renovável, além de auxiliar na

economia de uma família, pois reduz os gastos do consumo de energia elétrica e ainda melhora a qualidade de vida das pessoas.

Sobre a disseminação do aquecedor para a comunidade de baixa renda, através da atividade realizada na escola, a resposta da população foi muito positiva, com as pessoas da comunidade demonstrando bastante interesse em aprender sobre o sistema e seus benefícios. As pessoas interessadas ficaram bastante satisfeitas em conhecer a eficiência do projeto, com seu baixo custo de montagem e instalação e a redução de gastos que o mesmo pode proporcionar. Uma importante constatação foi a grande participação de crianças e famílias inteiras durante a atividade.

A disseminação do sistema atingiu outras pessoas de fora da comunidade, tais como os professores da escola, que buscaram mais informações a respeito do projeto do aquecedor, visando à instalação do mesmo em suas residências. Os professores solicitaram que a atividade realizada na escola tivesse continuidade, para que seja apresentada em outras escolas e comunidades, com o objetivo da divulgação aumentar cada vez mais.

O trabalho social que envolveu este estudo deve ser continuado, mesmo, após a finalização do trabalho, pois resultados positivos obtidos com projetos como este ocorrem a longo prazo e necessitam de continuidade efetiva por parte dos envolvidos.

Como sugestão para projetos futuros, seria indicado refazer os testes do protótipo em um maior intervalo de tempo, para que os dados de medição possam ser documentados com mais precisão em outras estações do ano. Outra sugestão é que seja feito um balanço do programa de disseminação na região da escola envolvida neste projeto, durante os próximos meses. Por último, que outros grupos dêem continuidade à atividade de disseminação em outras escolas da rede pública de ensino e também em bairros de comunidade carente da cidade de Curitiba (PR).

REFERÊNCIAS

ABRAVA – **Manual de capacitação em projetos de sistemas de aquecimento solar.** – Edição Abril de 2008.

ALANO, J.A. **Manual sobre a construção e instalação do aquecedor solar com descartáveis.** Disponível em <<http://josealcinoalano.vilabol.uol.com.br/manual.htm>> acessado em junho de 2011.

ALENCAR, F. **Projeto de uma telha coletora de energia solar para aquecimento de água.** Botucatu: UNESP, 1999.

ANEEL – **Agência Nacional de Energia Elétrica.** Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/>> acessado em maio 2011.

BARROS, R.P.; HENRIQUES, R.; MENDONÇA, R. S. **A estabilidade inaceitável.** Rio de Janeiro: IPEA, 2001 – Texto para Discussão - IPEA.

BEN – **Balanco Energético Nacional 2010.** Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2010.pdf> acessado em junho de 2011.

BHSOLAR – **Soluções aquecidas.** Disponível em <<http://www.bhsolar.com.br/>> acessado em junho de 2011.

COPEL – **Companhia Paranaense de Energia.** Disponível em <<http://www.copel.com/>> acessado em setembro 2011.

CORREIO LAGEANO. Disponível em <<http://www.clmais.com.br/index/>> acessado em junho de 2011.

CRESESB – **Centro de referência para energia solar e eólica.** Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/>> acessado em maio de 2011.

CPERS – **Sindicato dos professores do Rio Grande do Sul.** Disponível em <<http://www.cpers.org.br/>> acessado em junho de 2011.

DASOL – **Departamento Nacional de Aquecimento Solar**. Disponível em <<http://www.dasolabrava.org.br/>> acessado em junho de 2011.

ELECTRONICA – **Energia solar**. Disponível em <<http://www.electronica-pt.com/solar/energia-solar.gif>> acessado em junho de 2011.

FINEP – **Levantamento do estado da arte: energia solar**. São Paulo: 2007.

FOCO – **Foco Magazine**. – Disponível em <<http://www.focomagazine.com.br/>> acessado em junho de 2011.

FRANCO, A.M. **Apostila do curso Objetivo**. Rede Preve/Objetivo, 2009.

GOLDEMBERG, J. “**How adequate policies can push renewables**”. Energy Policy, 2003.

INPE – **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em <<http://www.inpe.br/>> acessado em maio de 2011.

KOMECO – Disponível em <<http://www.komeco.com.br/>> acessado em junho de 2011.

LIMA, J.B.A. **Otimização de sistema de aquecimento solar de água em edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa TRNSYS**. São Paulo: Dissertação de mestrado Escola Politécnica da USP, 2003.

OLIVA, G.A. **Utilização de aquecedores solares de baixo custo em programas de gerenciamento pelo lado da demanda**. Seminário Nacional de Produção de Energia Elétrica. Paraná, 1999.

OLIVEIRA, S.H.F. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos autônomos: ênfase na eletrificação de residências de baixo consumo**. São Paulo: Dissertação – Mestrado em Energia, USP, 1997.

ONU – **Relatório nosso futuro comum** – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1987.

ONU – **Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento** – ECO-92 – Rio de Janeiro, 1992.

PALZ, W. **Energia solar e fontes alternativas**. Hemus, 1981.

PORTAL TECNOCRACIA – **Estado tecnológico**. Disponível em <<http://tecnocracia.com.br/sobre/>> acessado em março de 2011.

PROCEL – **Portal da Eletrobrás**. Disponível em <<http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp>> acessado em junho de 2010.

QUINTEROS, A.R. **Aquecimento de água por energia solar**. Revista Sinergia, São Paulo, SP, 2001. Disponível em: <<http://www.cefetsp.br/edu/sinergia/andre2.html>> acessado em março de 2011.

REDE BRASIL – **Noções iniciais sobre aquecimento solar**. Rede Brasil de Capacitação em Aquecimento Solar. 2008.

REQUENA, M.B. **Células solares: fundamentos e aplicações**. São Paulo: 2009.

REVISTA ARQUITEURA – Disponível em <<http://casa.abril.com.br/>> acessado em junho de 2011.

SEBRAE – **Educação Sebrae**. – Disponível em <<http://www.ead.sebrae.com.br/hotsite/>> acessado em junho de 2011.

SEMA – **Secretaria estadual do meio ambiente e recursos hídricos**. Disponível em <<http://www.meioambiente.pr.gov.br/>> acessado em junho de 2011.

SOCIEDADE DO SOL – **Portal de energia solar sobre aquecedor solar de baixo custo**. – Disponível em: <<http://www.sociedadedosol.org.br/>> acessado em junho de 2011.

SOLETROL – **Aquecedores solares de água**. Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br/>> acessado em junho de 2011.

SPRENGER, R.L. **Aplicação do sistema fechado no aquecedor solar de água de baixo custo para reservatórios residências isolados termicamente: concepção e comissionamento de um sistema-piloto de testes** – Curitiba: Dissertação de pós-graduação em Construção Civil, UFPR, 2007.

SUPERINTERSSANTE – **Revista Online**. Disponível em <<http://super.abril.com.br/>> acessado em abril de 2011.

UNICAMP – **Labjor: Laboratório de estudos avançados em jornalismo**. Disponível em <<http://www.labjor.unicamp.br/>> acessado em março de 2011.