

OTIMIZAÇÃO DE AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO (ASBC)¹

Gledson Renan SALOMÃO²
Renan Mastelari dos SANTOS³
Carlos NASCIMENTO⁴
Danilo Agostini MACHADO⁵

RESUMO

Este trabalho teve como propósito avaliar um aquecedor solar de baixo custo para que pudesse servir como método alternativo na obtenção de água quente nas torneiras e chuveiros das residências e ainda reduzir custos com energia elétrica. Diferente do aquecedor convencional de cobre e vidro, o aquecedor solar de baixo custo tem seu sistema basicamente inteiro de PVC o que o torna financeiramente mais viável e sua instalação muito mais econômica, chegando a ser até 5 vezes mais barata. Contudo, durante 1 (um) ano observou-se o comportamento deste e de vários coletores quanto à eficiência de absorção solar e geração de água quente para a Região Noroeste do Estado de São Paulo. De início, com base em estudos anteriores, foi desenvolvido um protótipo e coletada diversas medidas da temperatura da água. Assim pode-se deduzir um máximo rendimento para o material, PVC, já que em elevada temperatura poderia levá-lo a uma possível deformação, e, até não aquecer a água na temperatura adequada caso houvesse pouca absorção de radiação solar. Os dados coletados serviram para dimensionar o sistema coletor/reservatório, e assim foram coletados valores de inclinação, temperatura e armazenamento de água aproximados do rendimento máximo. Após os dimensionamentos e a coleta de novos dados, constatou-se um ótimo rendimento do sistema, que alcançou ganho médio de 14°C, com coletor operando com inclinação de 30°, concluindo sua viabilidade na região devido à alta incidência de radiação solar.

Palavras-chave: Aquecedor solar. Baixo custo. PVC. Eficiência. Residências.

INTRODUÇÃO

O Sol é a maior fonte de energia gratuita e renovável que controla a circulação da atmosfera. Ele emite energia em forma de radiação eletromagnética, da qual uma parte é interceptada pelo sistema Terra-atmosfera e convertida em outras formas de energia como energia elétrica, energia térmica, dentre outras. Qualquer tipo de energia sempre será transformada em um ou mais tipos de energia sem que haja perda. No caso dos aquecedores solares, é interessante que a maior parte da energia seja convertida em energia térmica. Alguns fatores como posição e inclinação das placas coletoras podem contribuir para que se

¹ Trabalho do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul – SP, PIBIC/FUNEC

² Graduando em Engenharia Civil, Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul – SP, FUNEC, gledson.salomao@hotmail.com

³ Graduando em Engenharia Civil, Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul – SP, FUNEC, renanmastelari@hotmail.com

⁴ Graduando em Engenharia Civil, Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul – SP, FUNEC, canascimento.si@hotmail.com

⁵ Mestre em Engenharia Mecânica, Docente das Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul – SP, FUNEC, daniloagostini@gmail.com

consiga um equipamento com maior rendimento, tendo como conseguinte uma redução de custo do produto final.

RADIAÇÃO SOLAR

Frota e Schiffer (2001) explicam que a radiação solar é uma energia eletromagnética de onda curta, que atinge a terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera. Para Dias (2004) a porcentagem de energia que chega à superfície é de cerca de 47% daquela que atinge a camada superior da atmosfera, dependendo das condições climáticas e da latitude local.

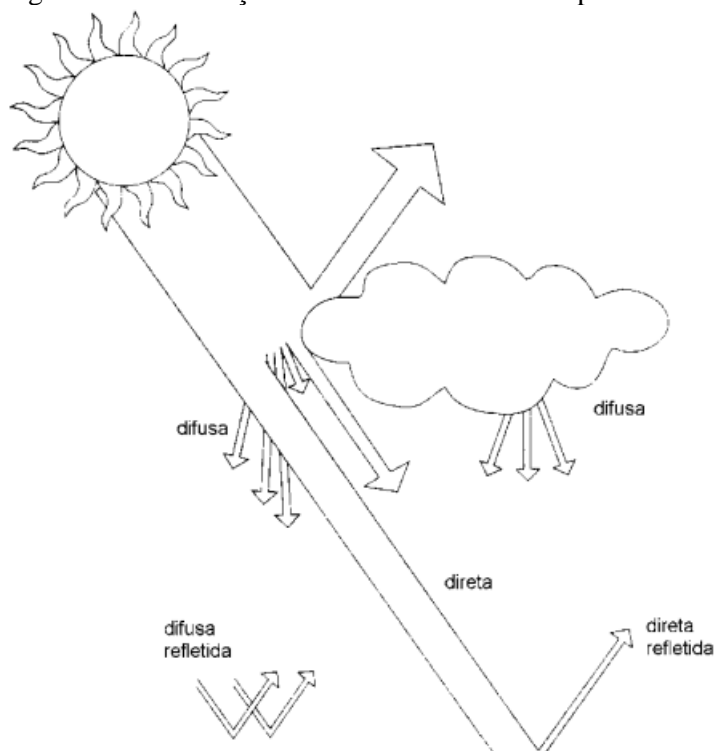
Afirma ainda Russi (2012) que a densidade de fluxo de energia solar (ou irradiância solar) que chega ao topo da atmosfera terrestre é expressa nas unidades de W/m^2 (razão da potência pela área) e que atinge o topo da atmosfera terrestre variando ao longo do ano, em virtude dos efeitos astronômicos, principalmente aqueles ligados à órbita da Terra ao redor do Sol. Ademais, a intensidade de radiação emitida pelo Sol é função do comprimento de onda e de fenômenos que ocorrem na própria fonte de energia (manchas solares, erupções solares, variações de temperatura na atmosfera solar).

A radiação solar é originada do sol numa temperatura de cerca de 6000 K e em um intervalo de comprimento de onda entre $0,3\mu m$ a $3,0\mu m$, com o pico de emissão ocorrendo em aproximadamente $0,50\mu m$. A radiação de onda longa é aquela originária em fontes que estão em temperaturas próximas à ambiente com comprimentos de onda superiores a $3,0\mu m$. Esta é a radiação emitida pela atmosfera e pela maioria das superfícies absorvedoras de energia existentes na Terra, um coletor solar ou o solo por exemplo (SIQUEIRA et al., 2013).

Nuvens, gases e partículas atmosféricas interferem na irradiação solar da superfície, pois refletem cerca de 30% da irradiância incidente no topo da atmosfera. Os 70% restantes são absorvidos produzindo aquecimento do sistema, causando evaporação de água ou convecção. A energia absorvida pelo sistema, Terra-atmosfera, é reemitida na faixa do infravermelho do espectro de radiação eletromagnética, entre 4 a $100\mu m$ sendo que 6% são provenientes da superfície e 64% têm origem em nuvens e constituintes atmosféricos segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (MARTINS; PEREIRA; ECHER, 2004).

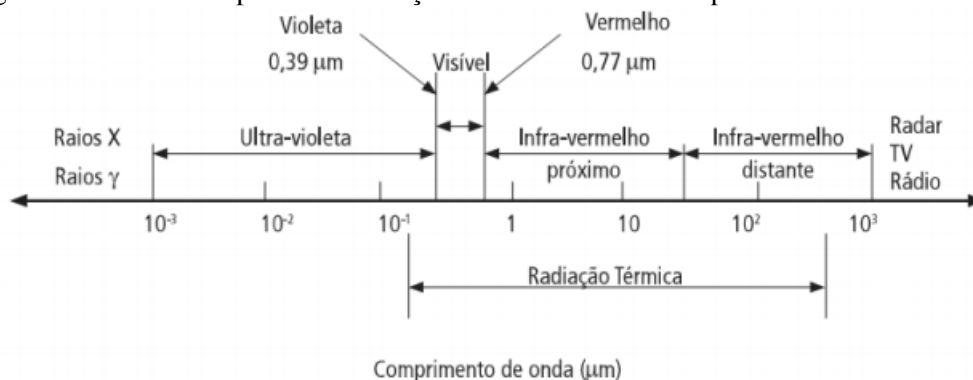
A Figura 1 representa de maneira simples as diversas formas de irradiância solar distribuídas na superfície terrestre. Já a Figura 2 apresenta as diferentes faixas do espectro de radiação de acordo com o comprimento de onda.

Figura 1 – Distribuição da irradiância solar na superfície terrestre



Fonte: YANNAS [19--?] apud RUSSI, 2012.

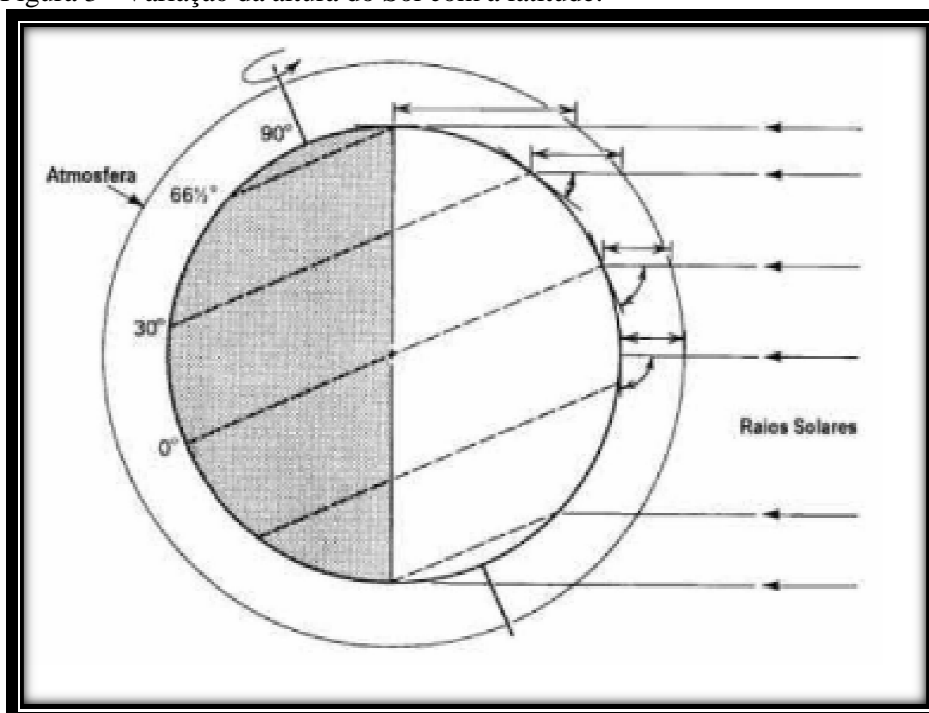
Figura 2 - Faixas do espectro de radiação de acordo com o comprimento de onda



Fonte: LAMBERTS et al., 2010.

A Figura 3 mostra a incidência da radiação solar na superfície da Terra, em seus diferentes pontos de acordo com a latitude. Estando o Sol mais próximo da superfície da Terra, os raios que a atingem percorrem distâncias menores na atmosfera também incidindo sob inclinação mais próxima de 90° .

Figura 3 - Variação da altura do Sol com a latitude.



Fonte: GRIMM, 1999.

Radiação Solar no Brasil, no Estado de São Paulo e na Região Noroeste Paulista

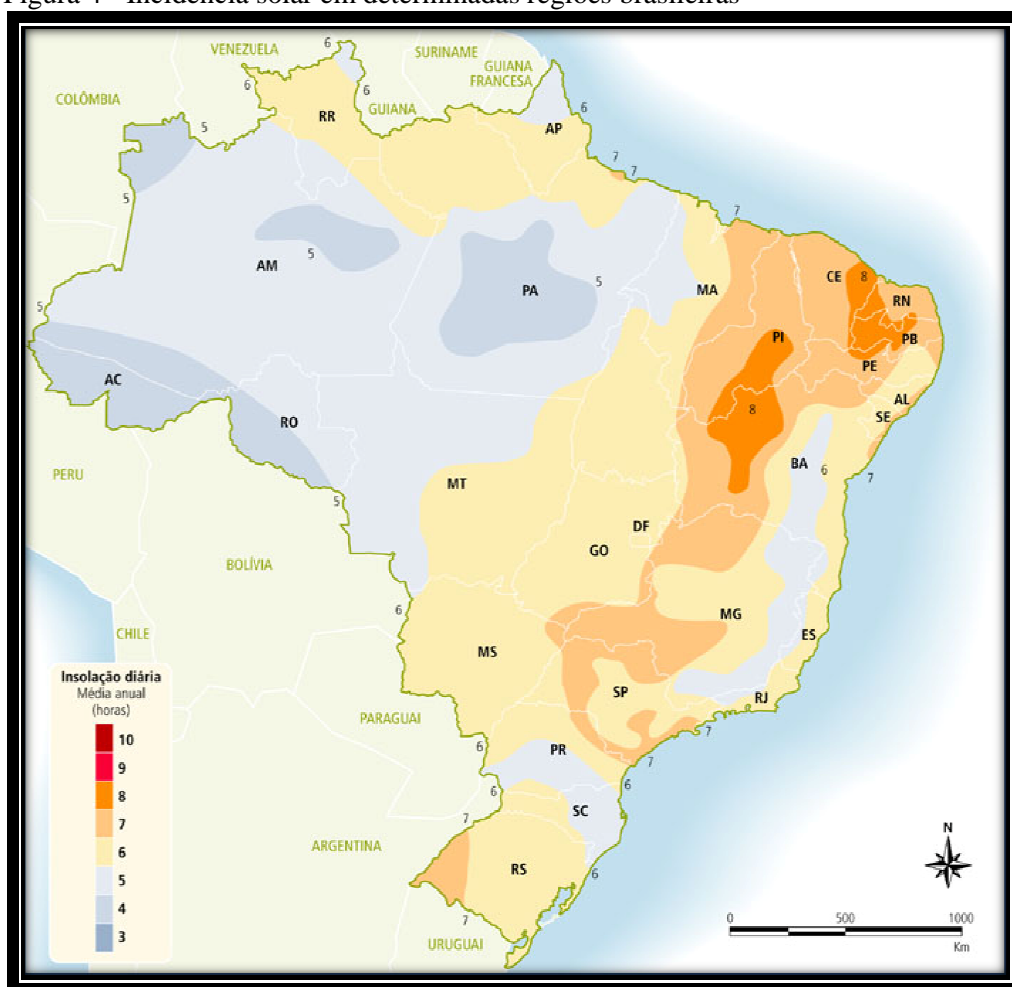
Com cerca de 8,5 milhões de quilômetros quadrados, mais de 7 mil quilômetros de litoral, o Brasil possui um dos maiores e melhores potenciais energéticos do mundo, porém apenas duas fontes energéticas – hidráulica e petróleo – têm sido extensivamente aproveitadas (SAUER, 2002).

Segundo Kastrup (2006), das fontes de energia renovável disponíveis atualmente no mundo, a que melhor se adapta ao Brasil como fonte primária é a solar, devido à situação privilegiada do país em relação à incidência de raios solares.

Sob todo o globo terrestre, 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) a 24 horas (Sol sempre acima da linha do horizonte). As variações são mais intensas nas regiões polares e nos períodos de solstício (duração do dia mais longa). O inverso ocorre próximo à linha do Equador e durante os equinócios (ocasiões em que o dias e a noites duram o mesmo tempo) (ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, 2005). O mapa da Figura 4 indica a média anual de insolação diária, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000).

A maior parte do território Nacional Brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia. Contudo, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas do País se concentra em regiões mais distantes do Equador. Em Porto Alegre, capital brasileira mais meridional (cerca de 30° S), a duração solar do dia varia de 10 horas e 13 minutos a 13 horas e 47 minutos, aproximadamente, entre 21 de junho e 22 de dezembro, respectivamente. (ANELL, [2002]). 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.

Figura 4 - Incidência solar em determinadas regiões brasileiras



Fonte: ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, 2000.

No estado de São Paulo, mais precisamente na região noroeste paulista, o tempo de incidência de raios luminosos é superior a 6 horas por dia com incidência solar superior a 5 kWh/m²/dia como descrito no mapa da Figura 5.

Figura 5 - Incidência Solar no Estado de São Paulo

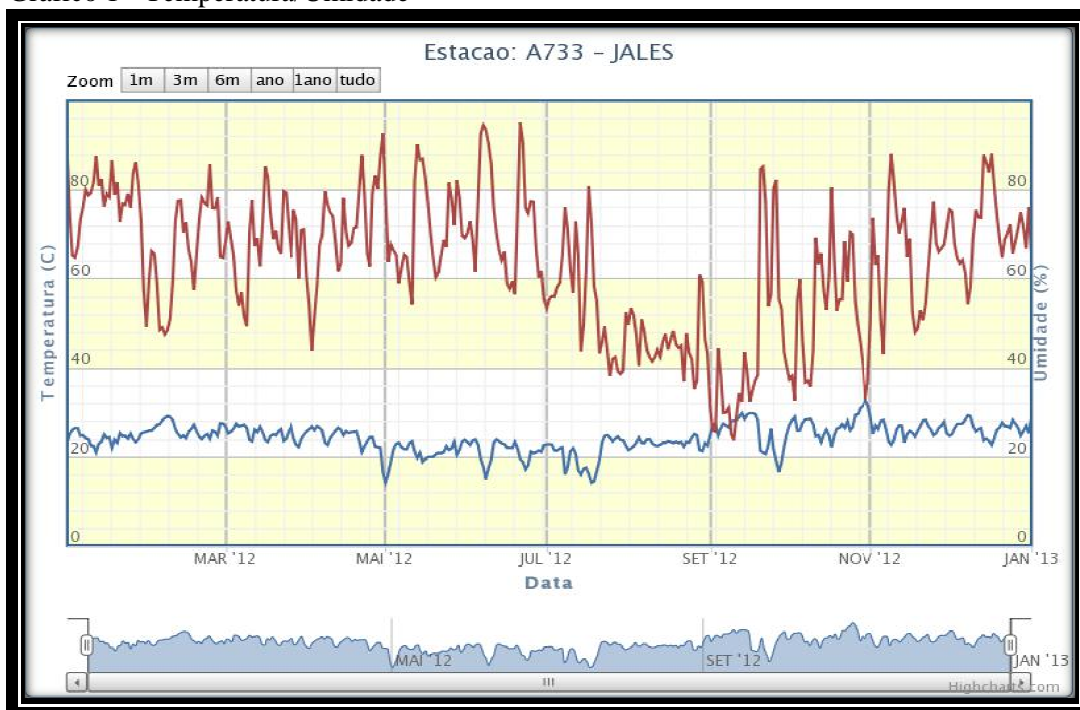


Fonte: SÃO PAULO, 2013.

Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) expressam graficamente (Gráfico1) que a temperatura na cidade de Jales sofre uma pequena variação de temperatura durante o ano e que, em média, a temperatura diária é superior a 20 °C. Segundo Unicamp/Cepagri, a temperatura máxima média anual para a cidade citada é de 30,9 °C e a temperatura mínima média é de 17,8 °C. Já o gráfico de irradiância solar (Gráfico 2), segundo INMET, revela que entre os meses de março a setembro a quantidade de energia por unidade de área é relativamente menor em relação aos outros meses. Pode-se notar uma correlação entre o Gráfico 1 e o Gráfico 2, pois no mesmo período em que a irradiância diminui, a temperatura também diminui.

Com relação às Estações do Ano, notou-se que um sistema de aquecimento solar torna-se necessário durante todas elas, porém é no inverno que os seus recursos são mais explorados. Segundo Coltri et al. (2008), no inverno, as temperaturas são climatologicamente amenas. Nas Regiões Sudeste e Centro-Oeste, este trimestre é considerado o menos chuvoso do ano no que se refere à distribuição de chuvas. Neste período, o principal sistema meteorológico é a frente fria que traz o aumento de nebulosidade. Esse sistema, geralmente, é de fraca intensidade, embora possa ocorrer a passagem de algum sistema frontal mais intenso, causando chuvas generalizadas nas Regiões Sul e Sudeste. Desse modo, durante o período de baixas temperaturas, haverá boa incidência solar no coletor, visto que o tempo de céu sem nebulosidade (tempo de sol) será maior, e o sistema operará normalmente mesmo nessas condições.

Gráfico 1 - Temperatura/Umidade



Fonte: INMET, 2012

Gráfico 2 - Irradiância Solar



Fonte: INMET, 2012

Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC)

O aquecimento de água através de aquecedores solar é destinado normalmente para o aquecimento de água à temperatura relativamente baixa (inferiores a 70°C). O uso dessa tecnologia ocorre predominantemente no setor residencial, mas há demanda significativa e aplicações em outros setores, como edifícios públicos e comerciais, hospitais, restaurantes, hotéis e similares (ANEEL, 2002).

O funcionamento do ASBC se inicia quando a energia solar irradiante, luz e infravermelho incidem sobre a superfície preta dos coletores. A energia absorvida transforma-se em calor e aquece a água que está no interior dos coletores. A água aquecida, com densidade menor, começa a se movimentar em direção à caixa, dando início a um processo natural de circulação da água, chamado de termossifão. Para tanto, o reservatório deve estar mais alto que os coletores. Esse processo é contínuo enquanto houver diferença de temperatura entre a placa e a água (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

Segundo Siqueira (2009), o sistema ASBC tem o mesmo princípio de funcionamento do sistema convencional de aquecimento solar de água, podendo funcionar em regime de termossifão (circulação natural da água pelo sistema, através da variação da densidade) ou bombeado. Este último sendo utilizado quando há um grande volume a ser aquecido ou quando o reservatório se encontra abaixo do nível dos coletores. A placa coletora, do sistema proposto é mais simples, sem cobertura de vidro e caixa retangular. A ausência de cobertura transparente no coletor diminui a atuação do coletor em dias de muito vento e também diminuir a integridade física do material, visto que os raios ultravioletas incidiram diretamente no PVC, por outro lado com a cobertura acarretaria um efeito estufa no sistema, elevando a placa coletora a altas temperaturas, ocasionando danos ao PVC.

A placa coletora é composta por um perfil de forro alveolar de PVC modular com tubos de PVC acoplados às suas extremidades e isolamento no fundo desta placa. A placa é pintada com tinta preta fosca para aumentar a absorção da energia solar. Com relação ao reservatório do sistema alternativo, poderá ser utilizada a própria caixa d'água da residência, tambores de plástico rígido ou em fibra de vidro com baixa condutividade térmica, ou caixa de EPS (isopor), sempre isolados termicamente nas laterais e na tampa superior com materiais simples e baratos como isopor, lã de vidro, poliuretano e até mesmo madeira ou jornal. (SIQUEIRA, 2013).

As tubulações e conexões podem ser feitas com materiais comerciais de PVC marrom, considerando a natural limitação térmica do coletor solar ASBC. Isto evita a utilização mais complexa e custosa dos tubos de cobre ou da tecnologia CPVC (SOCIEDADE DO SOL, 2009). A utilização e a trabalhabilidade correta dos materiais e conexões pré-estabelecidos

anteriormente, nos coletores e reservatórios, influenciarão diretamente na eficiência do sistema, de modo que, estando o sistema adequado, a temperatura da água permanecerá quente mesmo em dias chuvosos e nublados, quando a radiação estiver fraca.

JUSTIFICATIVA

O Brasil e o mundo buscam incessantemente maneiras alternativas de produção de energia, de forma que possam dispor das fontes já existentes por um longo período. Então, o trabalho justifica-se no momento em que apresenta uma proposta de, sustentavelmente, economizar energia elétrica nas residências, ou seja, reduzir substancialmente o consumo de energia, e assim disseminar a ideia de aproveitamento da energia limpa e renovável.

Entende-se que o valor consideravelmente baixo para a instalação somado ao rendimento do ASBC resulta em um ótimo custo benefício e que, no período de um ano, recupera-se o valor investido. Levando-se em conta que, segundo (PROCEL, 2005; SIQUEIRA, 2013), o setor residencial seja responsável por pouco menos de 30% do consumo total de energia elétrica no país e, dentro deste setor, tenha-se uma participação média de 26% do consumo total atribuído ao aquecimento de água.

O projeto buscou ainda melhorar o coletor solar, que atualmente passa por manutenção anualmente com a repintura do coletor e a verificação de possíveis vazamentos, devido à dilatação do PVC, que ocorre quando a água do coletor atinge temperaturas acima de 60°C (SOCIEDADE DO SOL, 2009).

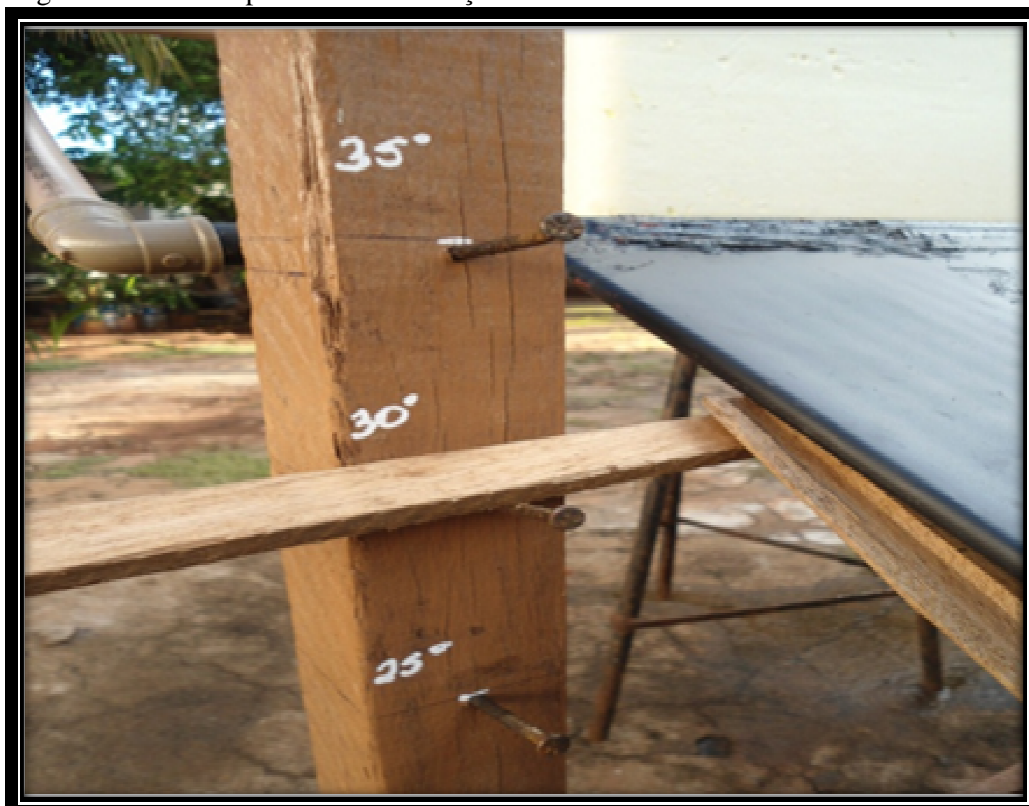
PROCEDIMENTOS

Pretendendo tangenciar ao máximo o rendimento do sistema de baixo custo com o sistema convencional, foi montado um Protótipo do Aquecedor Solar, utilizando uma placa coletora de PVC de dimensões 1,25m x 0,62m na cor Branca, a qual posteriormente foi pintada com tinta preta fosca, um reservatório de Isopor com capacidade para 36 litros, além de tubos e conexões de PVC de 20 mm.

Com o sistema coletor/reservatório testado e inteiramente vedado a vazamentos, iniciou-se a coleta de dados. Os dados foram coletados em dois estágios. Primeiramente, foi observada a inclinação do coletor solar com melhor aproveitamento na absorção de radiação solar, visto que a inclinação altera a quantidade de incidência de radiação solar na placa de PVC para melhor ou pior, interferindo assim no aquecimento da água. As inclinações

analisadas foram de 15°, 20°, 25°, 30°, 35° e 40°. A Figura 6 e Figura 7 mostram o coletor solar operando em 30° para a coleta dos dados.

Figura 6 - Coletor operando na inclinação de 30°



Fonte: Dos próprios autores

Figura 7 - Sistema em operação



Fonte: Dos próprios autores

Definida a inclinação, deu-se início à segunda fase que consistia em analisar o comportamento do coletor com relação ao aquecimento da água. Também foi estudada a capacidade do reservatório em manter a água aquecida em dias ensolarados, nublados e chuvosos.

Dados Cotados

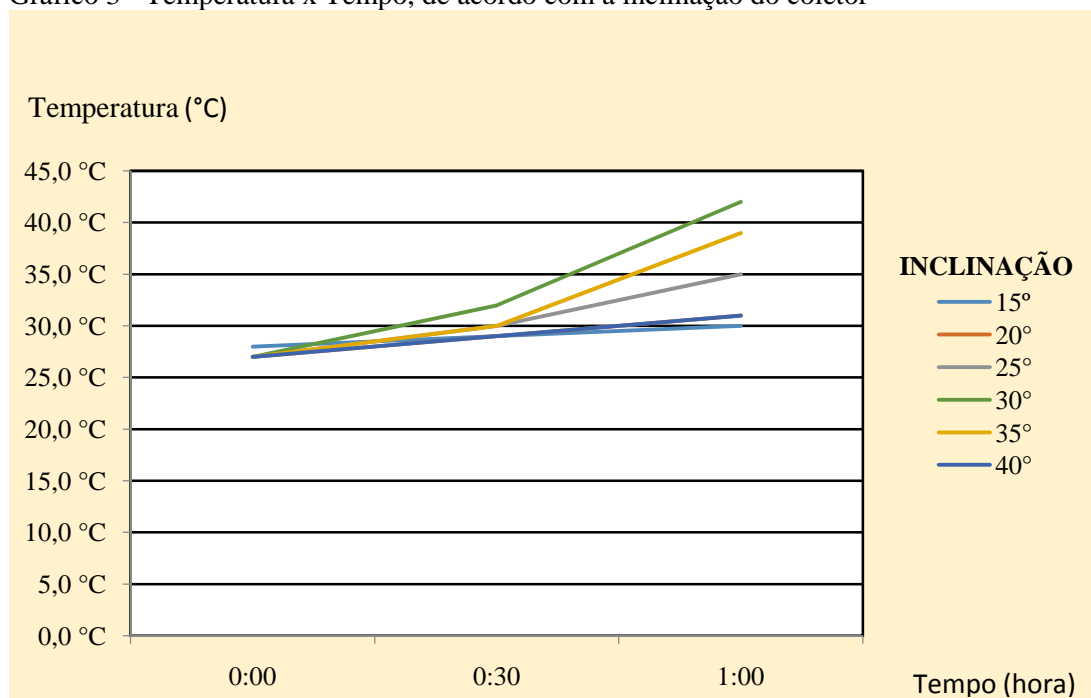
A Tabela 1 apresenta a comparação dos dados obtidos do coletor solar operando com as diversas inclinações. Os dados expostos também podem ser vistos mais claramente no gráfico de temperatura por tempo (Gráfico 3). Observa-se uma certa diferença do sistema 30° para as demais inclinações, destacando-se um melhor rendimento com o coletor inclinado a 30°, rendimento este que pode ser visualizado pela linha verde no Gráfico 3.

Tabela 1 - Temperatura de acordo com a inclinação e o tempo de análise

INCLINAÇÃO	TEMP. INICIAL	30 MIN	60 MIN	VARIAÇÃO
15°	28°C	29°C	30°C	2°C
20°	27°C	29°C	31°C	4°C
25°	27°C	30°C	35°C	8°C
30°	28°C	32°C	42°C	14°C
35°	27°C	30°C	39°C	12°C
40°	27°C	29°C	36°C	9°C

Fonte: Dos próprios autores

Gráfico 3 - Temperatura x Tempo, de acordo com a inclinação do coletor



Fonte: Dos próprios autores.

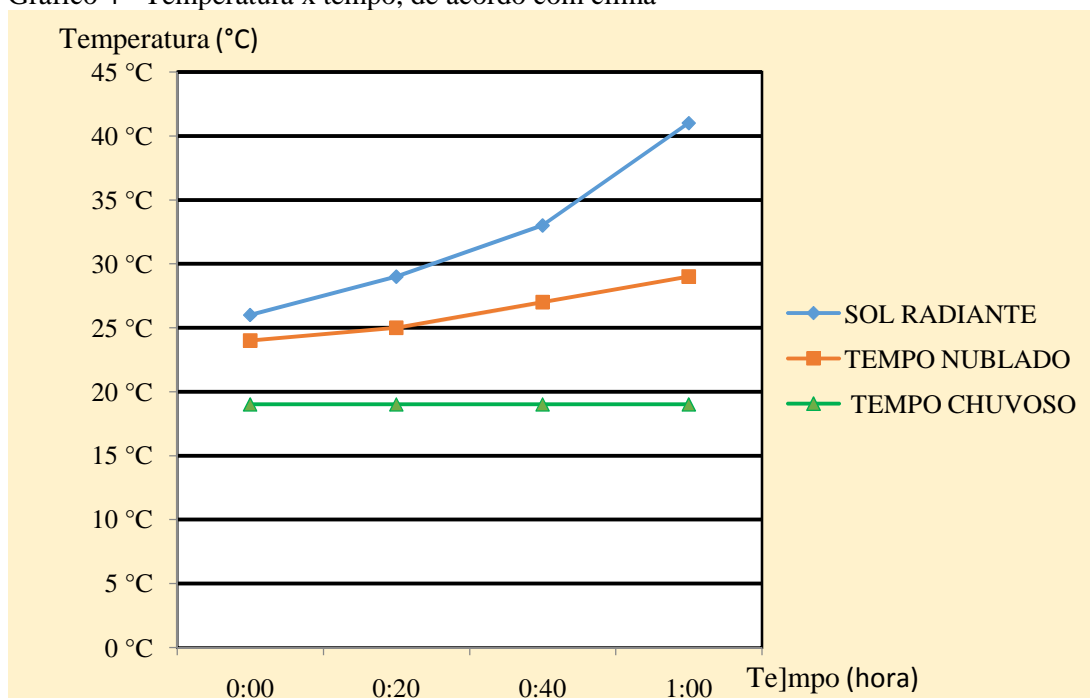
A Tabela 2 indica os dados coletados no segundo estágio do procedimento, o qual expressa os resultados obtidos com o coletor solar operando em dias chuvosos e nublados. O desempenho do sistema em dias adversos está representado graficamente no Gráfico 4.

Tabela 2 - Resultados obtidos com a inclinação de 30°, em dias variados

CLIMA	HORA	TEMP. (INL.)	HORA	TEMP. (FIN.)	HORA	TEMP. (INL.)	HORA	TEMP. (FIN.)
Nublado	12:50	25°C	13:10	26°C	13:20	27°C	13:50	29°C
Ensolarado	13:30	26°C	13:50	29°C	14:10	33°C	14:30	41°C
Chuvoso	13:00	19°C	13:20	19°C	13:40	19°C	14:00	19°C

Fonte: Dos próprios autores.

Gráfico 4 - Temperatura x tempo, de acordo com clima



Fonte: Dos próprios autores.

Com os dados de temperatura obtidos e analisados em dias adversos (chuvoso, ensolarado e nublado), descritos acima, pode-se calcular a variação de temperatura em função do tempo de exposição do coletor ao ambiente, valores que estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 - Temperatura Média por Minuto do Protótipo

CONDIÇÃO CLIMÁTICA	Instante de medição				VARIACÃO
	0 MIN	20 MIN	40 MIN	60 MIN	
Sol forte e temperatura >26°C	26°C	29°C	33°C	41°C	0,25°C/min
Nublado, 18°C < temperatura >26°C	24°C	25°C	27°C	29°C	0,08°C/min
Nublado com chuva entre 17°C e 22°C	19°C	19°C	19°C	19°C	0,00°C/min

Fonte: Dos próprios autores

DISCUSSÃO

Analisando o ASBC durante todo o ano, observou-se que em determinadas épocas, como por exemplo, no período de verão (que varia entre dezembro e março) onde a radiação é intensa, a temperatura da água nas placas coletoras atingiu valores superiores a 60°C, ultrapassando os limites suportados pelo material das placas de PVC, ocasionando uma deformação plástica em parte do equipamento, causando assim vazamentos no sistema. No protótipo de Guerra e Varela (2014) a temperatura no tubo de PVC do coletor solar também

foi ligeiramente superior a 60° e desta forma os autores sugerem que seja trocado o material de PVC por tubos de Cloreto de Polivinil Clorado (CPVC), conforme é recomendado na NBR 7198, pois este material suporta uma temperatura de até 80°C . Como proposta de solução, nesse período pode-se aumentar o volume de água do reservatório do protótipo. Assim, com o aumento de volume, o sistema passa a ter uma variação de temperatura menor sem que haja modificação na quantidade de energia que o sistema transforma por unidade de tempo. (GUERRA; VARELA, 2014).

A durabilidade do aquecedor depende das manutenções anuais que o sistema deve passar. A durabilidade mínima esperada para coletores residenciais em PVC é de 10 anos. Os resultados já obtidos com os coletores de PVC montados a partir de materiais de mercado são altamente encorajadores. Acredita-se que sua durabilidade destes chegará a cerca de 7 anos, garantindo um retorno de mais ou menos 900% sobre o valor investido (WOELZ, 2002).

Pela NBR 15569:2008, o ângulo de inclinação pré-determinado, em instalações unifamiliares, pode ser igual ao da latitude do local. Nos sistemas termossifão, qualquer que seja a latitude, não deve ser utilizada uma inclinação inferior a 10° . Recomenda-se a Sociedade do Sol (2005) que a inclinação do coletor seja a latitude do local somado de 15° , afirmando ser uma boa estimativa para aquecimento de água no período de inverno. Verificada a latitude de aproximadamente 20° para a Região estudada e comparando com os resultados de diferentes inclinações, observou-se que a inclinação com maior rendimento (30°) obtida pelo protótipo esta dentro do parâmetro.

Comparando com outros sistemas de aquecedores solares, notou-se que a eficiência adquirida pelo protótipo experimentado foi próxima à de outros analisados. Maia et al. (2013), em seu estudo, assegura que a média das temperaturas da água após percorrer o aquecedor nos horários de 7,12 e 18 horas encontraram-se os valores de $27,96^\circ\text{C}$; $39,99^\circ\text{C}$ e $36,23^\circ\text{C}$ respectivamente ao longo dos 30 dias. Foi observado que há um ganho por volta de 11°C na temperatura entre os horários de 7h e 12h. Afirmam Guerra e Varela (2014) que nos ensaios do segundo e terceiro dia de seu protótipo, obtiveram níveis de temperatura no tubo de PVC do coletor solar analisado, que ultrapassaram o valor de 60°C . Além disso, em ambos os dias o coletor em estudo manteve uma temperatura média próxima aos 50°C . A Organização Sociedade do Sol (2002) atesta que a vida do coletor não será longa, estimada em cerca de 1 a 2 anos para manutenção, e que a temperatura final da água destes ASBC, é de 6° a 18° Celsius acima da temperatura máxima do dia em questão.

O custo médio para o funcionamento do ASBC é em torno de R\$800,00, dependendo da quantidade de água a ser armazenada e do local da instalação, sendo que o custo da

aquisição e instalação do equipamento pode ser recuperado em até 12 meses de uso. Com base na tarifa cobrada pela Elektro (Empresa responsável pela distribuição de energia para a região estudada), referente ao subgrupo B1 (residencial), é em média R\$0,31 por kwh, o que faz concluir que a cada banho de 10 minutos com um chuveiro convencional de potência 4800 W, seriam gastos R\$7,44 no fim do mês. Sendo assim, uma residência com 4 pessoas e que cada uma tome no mínimo 2 banhos ao dia, no final do mês, o montante gasto seria R\$59,52, o que justifica a recuperação do valor investido em até 12 meses. Desta forma, utilizando um aquecedor solar, pode-se trabalhar em prol da sustentabilidade e reduzir o gasto familiar com energia elétrica e este ser direcionado para outros fins.

CONCLUSÃO

Os dados apresentados nas tabelas acima demonstram que o sistema ASBC adotado para a região Noroeste do Estado de São Paulo adapta-se com ganho de temperatura de 14° C, em média, nos dias ensolarados quando comparada com a água em temperatura ambiente. Obteve-se, entretanto, rendimento máximo quando as placas solares direcionavam-se ao norte geográfico assim como uma inclinação de 30°, proporcionando eficiência próxima à do sistema convencional comercializado (sistema de custo mais elevado).

Notavelmente, a localidade interiorana do Estado de São Paulo testa-se positiva à adesão desse sistema, pois o custo do ASBC pronto e em funcionamento não ultrapassa 20% do custo dos aquecedores solares convencionais, tais como: Soletrol, Komeco, Termomax, Transsen, entre outros; abrangendo o acesso de famílias de baixa renda a esse sistema alternativo.

Por fim, reafirmando (SIQUEIRA, 2013), o aquecimento de água para fins residenciais é uma aplicação prática da energia solar e é um assunto que precisa ser amplamente avaliado. Deve haver um incentivo ao uso de energia solar para que os benefícios econômicos, ambientais e sociais desta tecnologia possam cada vez mais ocupar o lugar de destaque no panorama energético brasileiro.

LOW COST SOLAR HEATER OPTIMIZATION

ABSTRACT

This work aimed to evaluate a low cost solar heater so that it could serve as an alternative method to obtain hot water from taps and showers of households, while reducing electricity costs. Unlike conventional heater copper and glass, low cost solar heater has basically your its whole system of PVC making it more financially viable and its installation much more

economical, reaching up to 5 times cheaper. However, for a year we observed the behavior of this and several collectors as the efficiency of solar absorption and generation of hot water for the Northwest Region of São Paulo State. Initially, based on previous studies, a prototype has been developed and collected several measures the water temperature. So we can deduce a maximum yield for the material, PVC, since in high temperature could take you to a possible deformation, and not even heat the water at the right temperature if there was little absorption of solar radiation. The data collected were used to scale the system collector / reservoir, and so they were collected tilt, temperatures and water approximate the maximum performance storage. After the sizing and the collection of new data, found a great system performance, which reached average gain of 14°C, with collector operating at 30° tilt, concluding its viability in the region due to high incidence of solar radiation.

Keywords: Solar heater. Low cost. PVC. Efficiency. Residential.

REFERÊNCIAS

ATLAS Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000. Disponível em:

<www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf>.

Acesso em: 12 abr. 2015.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar.** São José dos Campos:

INPE, 2006. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/atlas_solar-reduced.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em:

<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/download.htm>>. Acesso em: 20 abr. 2014.

ANEEL. **Energia solar.** Brasília: ANEEL, 2002. Disponível em:

<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_solar/3_2.htm>. Acesso em: 20 abr. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15569:** sistema de aquecimento solar de água em circuito direto. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12269:** execução de Instalações de Sistemas de Energia Solar que Utilizam Coletores Solares Planos para Aquecimento de Água. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

COLTRI, P. P. et al. **Estações do Ano.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos. 2008.

DIAS, G. F. **Educação ambiental:** princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 2003

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** 5. ed. São Paulo: Nobel, 2001.

GUERRA, M. I. S.; VARELLA, F. K. O. M. Análise do desempenho térmico de um sistema de aquecimento solar de baixo custo na cidade de Mossoró (RN). **Holos**, v. 4, n. 30. Disponível em:

<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/1266/pdf_66>. Acesso em: 12 abr. 2015.

GRIMM, A. M. **Meteorologia básica**: notas de aula. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>> Acesso em: 26 mar. 2012.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2012. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 08 ago. 2013.

KASTRUP, L. F. C. **Tecnologia de Geração de Energia Limpa a Serviço da Promoção da Saúde**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2006. Disponível em: <<file:///C:/Users/mdlima/Downloads/LuizKastrup.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente**: consumo e geração de energia. UFSC- LabEEE, Florianópolis- SC, 2010. V. 2. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_II_WEB.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2015.

MAIA, J. F. et al. Avaliação da viabilidade energética de aquecedores solares de materiais descartáveis na região de Montes Claros – MG. **Revista Intercâmbio**, v.4, 2013.

MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; ECHER, M. P. de S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geostacionário: o Projeto Swera. **Revista Brasileira do Ensino Física**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 145-159, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172004000200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 06 set. 2014.

PROCEL. **Centro Brasileiro de informação de eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acesso em: 08 ago. 2013.

RUSSI, M. **Projeto e análise da eficiência de um sistema solar misto de aquecimento de água e de condicionamento térmico de edificações para Santa Maria**. 2012. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, RS, 2012. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/Madalena_Russi_Dissertacao_Mestrado.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2014.

SOCIEDADE DO SOL. **Manual de manufatura e instalação experimental do ASBC – Aquecedor Solar de Baixo Custo**. Jul. 2009. Disponível em: <<http://www.sociedadedosol.org.br/wp-content/uploads/2013/07/manual-do-asbc-maio2010-v3-0.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

SAUER, I. L. **Um novo modelo para o setor elétrico brasileiro**. São Paulo: Universidade de São Paulo/ USP/IEE, dez. de 2002. Disponível em: <<http://professorildosauer.files.wordpress.com/2010/01/umnovomodeloparaosetoreletricodez2002.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2015

SIQUEIRA, L. B. et al. Comparação entre Aquecedores Solares com Ligações em Serpentina e Paralela - Departamento de Engenharia e Tecnologia. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., 2014, Espírito Santo. **Anais...**

Espírito Santo: Centro Universitário Norte do Espírito Santo – Universidade Federal do Espírito Santo, 2013.

WOELZ, A. T. Aquecedor solar de baixo custo (asbc): uma alternativa custoeefetiva. Encontro de energia no meio rural – AGRENER, 4, Campinas – SP 2002. Anais. Campinas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola – SBEA 2002. 1 CDROM.

YANNAS, S. **Solar Energy and Housing Design**. v.1: Principles, Objectives, Guidelines. London, Architectural Association School of Architecture, [19--?] apud RUSSI, M. **Projeto e análise da eficiência de um sistema solar misto de aquecimento de água e de condicionamento térmico de edificações para Santa Maria**. 2012. 175 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, RS, 2012. Disponível em: < http://w3.ufsm.br/ppgec/wp-content/uploads/Madalena_Russi_Dissertacao_Mestrado.pdf >. Acesso em: 20 abr. 2014.