

## VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DA ÁGUA NA CIDADE DE GARANHUNS/PE

EDUARDO FELIPE LAURINDO VIEIRA<sup>1\*</sup>; HEVYLLA DE NORONHA SOUZA<sup>2</sup>;  
MARCUS VINICIUS FERNANDES FLORENTINO<sup>3</sup>; PEDRO HENRIQUE CAMPHELLO SANTOS<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pesquisador BIA/FACEPE, IFPE, Garanhuns-PE, edu.felipe1999@hotmail.com;

<sup>2</sup> Pesquisadora BIA/FACEPE, IFPE, Garanhuns-PE, hevyllyla1212@hotmail.com;

<sup>3</sup> Pesquisador BIA/FACEPE, IFPE, Garanhuns-PE, marcusvfflorentino@hotmail.com;

<sup>4</sup>Mestre em Engenharia dos processos, Prof. do IFPE, Garanhuns-PE, pedro.santos@garanhuns.ifpe.edu.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018  
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió -AL, Brasil

**RESUMO:** O presente trabalho teve como objetivo a construção do Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC), juntamente com o monitoramento da influência das variáveis climáticas no mesmo com a finalidade de analisar a viabilidade técnica e econômica de um ASBC para a cidade de Garanhuns/PE. Na metodologia ocorreram: a montagem do aquecedor se adaptando aos locais disponíveis; a coleta de dados climáticos por meio de um sensor; e o estudo econômico e técnico por meio de cálculos e análises de fatores. Os resultados encontrados foram organizados em tabelas e gráficos a respeito das temperaturas, balanço de energia e lucros financeiros.

**PALAVRAS-CHAVE:** ASBC, Aquecedor Solar, Viabilidade.

### TECHNICAL AND FINANCIAL FEASIBILITY OF SOLAR WATER HEATING SYSTEM IN THE CITY OF GARANHUNS/PE.

**ABSTRACT:** The objective of the present work was to construct the Low-Cost Solar Heater (LCSH), together with the monitoring of the influence of climatic variables on it, with the purpose of analyzing the technical and economic viability of an LCSH for the city of Garanhuns/PE. In the methodology occurred: the assembly of the heater adapting to the available places; the collection of climate data by means of a sensor; and the economic and technical study through calculations and factor analyzes. The results were organized in tables and graphs regarding temperatures, energy balance and financial profits.

**KEYWORDS:** LCSH, Solar Heater, Feasibility.

### INTRODUÇÃO

Foi durante a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento (ECO-92), que foi realizado no ano de 1992, na cidade do Rio de Janeiro, que nasceu a ideia e o primeiro protótipo de um aquecedor solar de baixo custo (ASBC). A organização responsável por tal apresentação hoje é conhecida como “Sociedade do Sol”. Durante a reunião dois assuntos importantes foram debatidos: a redução da emissão de gases poluentes e a utilização de tecnologias para a geração de energia limpa (SOCIEDADEDOSOL, 2013).

Estudos indicaram que o chuveiro elétrico é responsável por 26% da energia elétrica consumida nos lares brasileiros, e que somente 5% dessa energia é usada para aquecer a água, onde todo o restante é desperdiçado (NOGUEIRA, 2007). O ASBC surge nesse ambiente como uma das soluções para redução do custo da energia elétrica e um trampolim para o alcance da eficiência energética.

Segundo Woelz (2002), o Brasil tem ao seu dispor uma excelente irradiação solar e que se estende por praticamente todo o ano. E fazer uso dessa inesgotável fonte de energia para o aquecimento de água, é a proposta do ASBC.

Um aspecto de importante relevância para o projeto original era o de tornar acessível essa tecnologia a todas as classes sociais presentes no Brasil. É com esse objetivo que todo o material

utilizado para sua produção pode ser encontrado em lojas locais direcionadas a construção civil, por valores consideráveis tendo em vista a economia gerada durante toda a vida útil do equipamento.

Outro objetivo a ser alcançado era o de elaborar um aparelho de fácil instalação e manutenção. Dispensando a necessidade de um especialista para produção e conservação do equipamento. Sendo necessário apenas um guia simples para auxiliar qualquer pessoa na execução de tais trabalhos.

Sendo assim, objetivo central da presente pesquisa era o de avaliar a viabilidade técnica e econômica de um sistema semelhante de aquecimento solar de água de chuveiro, especificamente no município de Garanhuns-PE. Uma vez que, de modo diferente de boa parte das cidades da região nordestina, Garanhuns possui um clima peculiar, onde na maior parte do ano é composta por noites frias e dias quentes. Se fazendo, portanto, necessário o uso de água aquecida para o banho. E para o alcance de tal meta, fez-se a separação de três planos de trabalho, sendo eles: construção de aquecedor solar de baixo custo; monitoramento dos dados climáticos e variáveis do processo de aquecimento da água utilizando aquecedor solar de baixo custo, e por último, o estudo da viabilidade técnica e financeira de sistema de aquecimento solar de água para cidade de Garanhuns-PE.

## MATERIAL E MÉTODOS

O funcionamento do dispositivo é simples de ser compreendido. A água fria vem de uma caixa d'água para um reservatório térmico, deste reservatório a água desce por gravidade para as placas aquecedoras. Neste momento ocorre o aquecimento da água e por resultado disso o efeito termossifão, onde a água aquecida se torna menos densa e retorna de maneira natural ao reservatório, sem o uso de bombeamento. Para aumentar o aquecimento da água, a placa absorvedora é enegrecida para melhorar a absorção de calor

Para construção foi basicamente foi primeiramente feito três furos em um reservatório de isopor de 90 l, onde em um foi conectado um cano que permite a entrada de água fria da caixa de uma caixa d'água, o outro foi colocado outro cano na parte inferior do isopor para ida de água fria para a parte inferior de uma placa feita PVC que permite a entrada de água e por último um cano na parte superior foi conectado com a placa na parte superior. O encaixe dos canos na placa foi realizado um rasgo na lateral do cano PVC preto de 1,1 cm por 61 cm para o encaixe da placa alveolar modular e em seguida fixado com a cola de cuba. Então observou-se que haveria maior eficiência do ASBC se ele fosse pintado com esmalte sintético preto fosco.

Figura 1. Funcionamento de um ASBC.

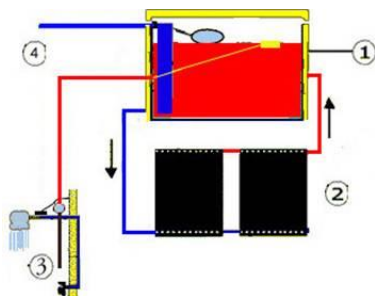


Figura 2. ASBC montado.



Então o passo seguinte foi a coleta de dados, foram utilizadas duas maneiras para a coleta de dados relacionados as variáveis climáticas, a primeira maneira utilizada para a coleta de dados foi realizada utilizando-se como fonte o site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Em sua plataforma online obteve-se tabelas com os valores referentes as seguintes variáveis climáticas: Temperatura em °C, Radiação em KJ/m<sup>2</sup>, Umidade em %, Velocidade e direção do vento em m/s e graus, respectivamente, quantidade de chuva em mm, Ponto de orvalho em °C, Pressão em HectoPascal.

Na segunda maneira de coleta foram utilizados os sensores DS18B20 e LM35, para mensurar a temperatura da água no reservatório do ASBC e mensurar a temperatura ambiente, respectivamente, juntamente com um Arduino, uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, na qual os dois sensores foram conectados através da interligação de circuitos montados à mão, em uma Protoboard que consiste em uma placa com uma matriz de contatos que permite a construção de circuitos experimentais sem a necessidade de solda. Os dados mensurados pelo sensor eram armazenados em um módulo SD, no qual, um cartão micro SD de 2GB estava inserido e o intervalo de leitura do sensor era de 30 minutos para cada mensuração. A coleta dos dados armazenados no cartão

de memória micro SD foram realizadas em um intervalo semanal e após a realização da coleta os dados eram organizados em tabelas com auxílio do Microsoft Office Excel com a finalidade de construir planilhas, para facilitar a compreensão dos dados coletados.

Os sensores também foram utilizados para mensurar a temperatura da água de um chuveiro elétrico da marca Lorenzetti 220V, com a finalidade de comparar os resultados obtidos com a temperatura da água no reservatório, para isso foi necessário um recipiente de plástico para armazenar a água do chuveiro, na qual a coleta dos dados de temperatura referentes a água do chuveiro elétrico, ocorreram no intervalo de 3h.

Fez-se necessário um cálculo do balanço energético no ASBC utilizando equações que são capazes de mostrar como acontece a variação de energia contida na água no aquecedor e por meio das coletas de dados foi possível obter o comportamento dessa energia. Segundo NONATO (2017) as equações são:

$$Ur = \frac{Qp}{Ar(TRM-Ta)} \quad (1)$$

$$Qi = I * A \quad (2)$$

$$Qu = m * c * (Ts - Te) \quad (3)$$

$$\eta = \frac{Qu}{Qi} * 100 \quad (4)$$

- *I* - Intensidade da radiação solar [kJ/m<sup>2</sup>]
- *m* - Massa da água dentro da placa [kg]
- *Ts* - Temperatura do fluido saída do coletor [°C]
- *Qi* - Incidência de radiação térmica [kJ]
- $\eta$  - Rendimento do aquecedor [%]
- *Ar* - Área do boiler [m<sup>2</sup>]
- *Ta* - Temperatura do ambiente [°C]
- *A* - Área do absorvedor [m<sup>2</sup>]
- *c* - Calor específico do fluido [J/kg.°C]
- *TRM* - Temperatura no reservatório [°C]
- *Qu* - Transferência de energia nas placas [J]
- *Qp* - Taxa de transferência de calor perdida [J]
- *Te* - Temperatura do fluido entrada do coletor [°C]
- *Ur* - Perda de energia [J/°C].

Em seguida foi realizada a viabilidade técnica de um ASBC por meio analisando as variáveis que compõem o equipamento, tais como: impacto ambiental, temperatura máxima obtida, vida útil, energia economizada comparado a um chuveiro, massa, energia armazenada pela água e perdas térmicas através do balanço energético. Esses fatores são importantes para a aquisição de um aquecedor solar. Para a finalização dos objetivos foi calculada a viabilidade econômica do projeto visando a cidade de Garanhuns através de técnicas de engenharia econômica (Henrique Hirschfeld ed. 7<sup>a</sup>, 2000); (ALEXANDRE, 2015); (SIQUEIRA, *et. al.*, 2009). O Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o payback, e o custo/benefício são métodos eficientes a respeito da viabilidade econômica. O primeiro método diz respeito à valorização do dinheiro ao decorrer dos anos, o segundo o valor percentual dessa desvalorização que deve ser maior que as que constam nos bancos, os próximos são a respeito do tempo de retorno e o lucro obtido. Também foi criado um fluxo de caixa com os capitais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela I mostra a média da variação mensal de temperatura da água no reservatório do ASBC de agosto a dezembro de 2017 na qual os dados se referem aos horários de maior radiação solar entre 12h às 16h. A tabela II é referente a média da variação mensal de temperatura da água no reservatório do ASBC de janeiro a março de 2018 e também refere-se aos horários de maior radiação solar entre 12h às 16h.

Tabela 1. Média da variação de temperatura 2017

| Média da Temperatura a Cada Mês em 2017 |          |         |          |          |
|---|----------|---------|----------|----------|
| Agosto                                  | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro |
| °C                                      | °C       | °C      | °C       | °C       |
| 29,67                                   | 29,89    | 30,51   | 31,15    | 32,23    |

Tabela 2. Média da variação de temperatura 2018.

| Média da Temperatura a Cada Mês em 2018 |           |       |
|---|-----------|-------|
| Janeiro                                 | Fevereiro | Março |
| °C                                      | °C        | °C    |
| 35,21                                   | 37,12     | 36,45 |

Com os resultados obtidos foi observado que os horários que favorecem o aquecimento da água no reservatório do aquecedor solar de baixo custo, estão no intervalo de 12h às 15h da tarde, sendo que em alguns dias durante o mês a incidência da radiação solar se estende fortemente até às 16h da tarde, além disso pode ser observado que a média da temperatura no verão varia entre 26°C e 33°C possibilitando uma alta incidência da radiação solar o que potencializa o funcionamento do aquecedor solar de baixo custo que assim terá a sua água no reservatório aquecida mais rapidamente e irá demorar mais para decair, em questão de temperatura, no decorrer que a noite chegar.

Ao comparar as médias das temperaturas da água do chuveiro elétrico e do ASBC, observadas na tabela abaixo, nota-se que no intervalo de tempo de 9h as 18h a temperatura da água no aquecedor supera a da água do chuveiro elétrico, até por que nesse intervalo de horário é mensurado o maior índice de incidência da radiação solar na região, no entanto no período das 21h às 6h a temperatura da água do chuveiro elétrico é maior mas a diferença em relação a água no aquecedor solar é no máximo 4°, claro que depende do clima do dia, no inverno essa diferença pode chegar a 7°.

Tabela 3. Referente à comparação da média dos valores da temperatura da água no chuveiro para comparar com aquecedor solar de baixo custo referente aos dias 23,24 e 25 de fevereiro de 2018

| <b>Temperatura da Água do Chuveiro Elétrico em Variados Horários</b> |           |            |            |            |            |            |
|--|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>6h</b>  | <b>9h</b> | <b>12h</b> | <b>15h</b> | <b>18h</b> | <b>21h</b> | <b>00h</b> |
| °C   | °C        | °C         | °C         | °C         | °C         | °C         |
| 30,98  | 31,32     | 31,85      | 31,79      | 31,12      | 30,89      | 30,11      |

Tabela 4. Referente à comparação da média dos valores da temperatura da temperatura no aquecedor solar de baixo custo referente aos dias 23,24 e 25 de fevereiro de 2018

| <b>Temperatura no Reservatório em Variados Horários</b> |           |            |            |            |            |            |
|---|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>6h</b>   | <b>9h</b> | <b>12h</b> | <b>15h</b> | <b>18h</b> | <b>21h</b> | <b>00h</b> |
| °C  | °C        | °C         | °C         | °C         | °C         | °C         |
| 29,76   | 31,95     | 33,12      | 34,46      | 31,62      | 30,11      | 26,69      |

Obteve-se outras tabelas como resultado, tabelas que mostram os níveis de energia nos horários na tabela obteve-se a temperatura, irradiação sobre as placas ( $Q_i$ ), transferência de energia nas placas ( $Q_u$ ), rendimento do aquecedor ( $\eta$ ) e perda de energia ( $U_r$ ).

Tabela 5. Os resultados dos cálculos de energia 03/01/18.

| <b>Resultados Referentes a Perdas, Ganhos e Rendimento de Energético</b> |                  |                         |                         |                         |                          |
|--|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <b>Horário</b>   | <b>Tem. água</b> | <b><math>Q_i</math></b> | <b><math>Q_u</math></b> | <b><math>U_r</math></b> | <b><math>\eta</math></b> |
| <b>h</b>   | °C               | KJ                      | J                       | J/°C                    | %                        |
| 9 às 12  | 25,44            | 2935,432                | 2016000                 | 17639                   | 68,6                     |
| 12 às 15   | 49,00            | 6218,96                 | 4044000                 | 58945                   | 65,05                    |
| 15 às 18   | 33,33            | 5641,02                 | 1680000                 | 62652                   | 30,40                    |

Também foi obtida uma tabela com o lucro em R\$ do ASBC levando em conta uma manutenção anual de 5% a 8% do investimento inicial, durante sua vida útil que é estimado 25 anos.

Tabela 6. Lucro do ASBC com a taxa de 5% a 8% de manutenção.

| <b>Lucratividade do ASBC Durante 25 anos Considerando a Manutenção</b> |            |            |            |            |            |            |            |            |
|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>R\$</b>   | <b>R\$</b> | <b>R\$</b> | <b>R\$</b> | <b>R\$</b> | <b>R\$</b> | <b>R\$</b> | <b>R\$</b> | <b>R\$</b> |
| -305,00  | 129,75     | 564,50     | 999,25     | 1434,00    | 1868,75    | 2303,50    | 2735,20    | 3166,90    |
| 4030,30  | 4462,00    | 4893,70    | 5325,40    | 5754,05    | 6182,70    | 6611,35    | 7040,00    | 7468,65    |
| 7897,30  | 8322,90    | 8748,50    | 9174,10    | 9599,70    | 10025,30   | 10450,90   | 10876,50   |            |

Os balanços de energéticos se mostraram com um rendimento mediano, porém suficiente para banho, havendo uma economia de energia de 20% em média por mês em uma casa de classe média e baixa, pesa 87 kg em média, uma limitação é os longos períodos de chuvas, precisando de um aquecedor auxiliar, todavia um benefício é que não causa impacto ambiental algum. Na parte econômica o VPL deu positivo com 3617,63 a TIR foi 148% sendo maior que a taxa mínima imposta pelo Banco do Brasil.

O payback é de 8 meses e 12 dias, por fim o benefício/custo foi de 14,7316 sendo maior que 1 aprovando uma viabilidade favorável.

## CONCLUSÃO

O dispositivo apresentou ser de fácil construção e manutenção. Sendo capaz, portanto, de ser elaborado por qualquer pessoa que venha a ter um conhecimento básico de ligações hidráulicas.

A cidade de Garanhuns tem um grande potencial de incidência de radiação solar e sua média de temperatura anual, de acordo com os dados coletados ao longo da pesquisa, é considerada boa, potencializando assim o funcionamento do ASBC.

O ASBC se mostrou viável nos dois âmbitos em questão, por se mostrar favorável em todos os métodos de viabilidade econômica e mostrar bons resultados no balanço de energético para Garanhuns.

## AGRADECIMENTOS

Ao BIA/FACEPE pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor. Ao professor Gerônimo Barbosa Alexandre que auxiliou na pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- Sociedade do Sol. ASBC AQUECEDOR DE ÁGUAS. 2013. Disponível em: <[www.sociedadedosol.org.br/](http://www.sociedadedosol.org.br/)> Acesso em: 22 abr. 2017.
- Hirschfeld, H. Engenharia econômica e análise de custos. 7. ed. Atlas. Contém matemática financeira básica. 2000. 252p.
- Alexandre, B. G. VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE PROJETOS FOTOVOLTAICOS (GERAÇÃO SOLAR): REVISÃO DA LITERATURA. Campina Grande, Paraíba: UFCG, 2015 jul. Dissertação (Pós-graduação em engenharia elétrica).
- Siqueira, D.A. Estudo de desempenho do aquecedor solar de baixo custo. Uberlândia. Minas Gerais: FEQUI-UFU. 2009. 143p. Dissertação (Pós-graduação em engenharia química).
- Nonato, R. A. C. VIABILIDADES TÉRMICA, ECONÔMICA E DE MATERIAIS DE UM SISTEMA SOLAR DE AQUECIMENTO DE ÁGUA A BAIXO CUSTO PARA FINS RESIDENCIAIS. Natal, Rio Grande do Norte: UFRN, 2007. Dissertação (Pós-graduação em engenharia mecânica).
- Thomaz, N. SISTEMAS ALTERNATIVOS DE AQUECIMENTO SOLAR PARA ÁGUA DO BANHO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Santa Maria, Rio Grande do Sul: UAB 2014. Dissertação (Pós-graduação em engenharia química).
- Rodrigues D, M. R. Um banho de Sol para o Brasil. São Paulo: Vitae Civilis, 2005. SOUZA HM, SILVA PC, DUTRA RM (orgs.). Coletânea de artigos energia solar e eólica. In: \_\_\_\_\_. Bombeamento Solar Fotovoltaico, Histórico, Características e Projetos. Rio de Janeiro: CRESESB, vol. 1, 2003.
- Golder J. Energia, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: EDUSP, 1998.
- ENERGIA SOLAR NO AQUECIMENTO DA ÁGUA. Universidade Federal Do Ceará Centro De Ciências Agrárias Departamento De Engenharia Agrícola. Disponível em: <[http://www.ppgea.ufc.br/imagens/diversos/Energia\\_Solar](http://www.ppgea.ufc.br/imagens/diversos/Energia_Solar)>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- Nogueira, L. A. H. Uso racional a fonte energética oculta. Revista Estudos Avançados. Vol. 21 nº.59, São Paulo:2007.
- Limpeza de caixa d'água. SANEPAR. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/informacoes/limpeza-de-caixa-de-agua>>. Acesso em 16 abr. 2018.
- Trentini, M, L. Pesquisa em Enfermagem. Uma modalidade convergente-assistencial. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.
- Woelz, A. T. Aquecedor solar de baixo custo (asbc): uma alternativa custo-efetiva. ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL – AGRENER, 4, Campinas – SP, 2002. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola – SBEA, 2002. 1 CD-ROM.
- Estação meteorológica de observação de superfície automática. Instituto Nacional De Meteorologia – INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: abril, maio, junho, julho, agosto, novembro, dezembro. 2017. janeiro, fevereiro, março. 2018.