

REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DO CHUVEIRO COM A UTILIZAÇÃO DE AQUECEDOR SOLAR DE BAIXO CUSTO

Abel Caspers¹

Mirdes Fabiana Hengen²

Rafael Alvise Alberti³

Submetido em 29-04-2019

Aprovado em 22-07-2019

Revista Infinity

Revista dos Cursos de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia Civil e Engenharia de Produção.
Uceff – Campus Itapiranga

Vol. 4, nº 2, 2019

ISSN 2525-3204

¹ Graduado em Engenharia Civil pela Uceff Itapiranga

² Docente dos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Uceff Itapiranga

³ Docente do Curso de Engenharia de Produção da Uceff Itapiranga

Resumo

Diante da importância em reduzir o consumo de energia elétrica em uma residência nos dias atuais, essa pesquisa aborda o tema aquecimento solar de água para banho. Enfatiza sistemas alternativos, que podem ser fabricados com poucos recursos financeiros, que tem como objetivo reduzir o consumo de energia elétrica consumida pelo chuveiro, que é um dos maiores consumidores de energia elétrica residencial. Foi montado um sistema de aquecimento solar de baixo custo em uma residência da cidade de Itapiranga-SC para comprovar o seu funcionamento. Por meio deste trabalho foi possível comprovar a viabilidade da utilização desse tipo de sistema alternativo, devido aos materiais utilizados e o custo de fabricação. Estes sistemas, apesar de sua simplicidade, são uma boa alternativa para racionalizar o uso da energia elétrica e com um curto período para retorno do capital investido. O estudo foi elaborado com base em banho de 10 minutos por pessoa, considerando-se uma residência com seis pessoas e apresentando retorno financeiro investido em aproximadamente 11 meses.

Palavras-chave: Água de banho. Eficiência energética. Retorno Financeiro.

Abstract

Given the importance in reducing the electricity consumption in a residence in the present day, this research addresses the topic solar hot water for bathing. Emphasizes alternative systems, which can be made with few financial resources, which aims to reduce the consumption of electrical energy consumed by the shower, which is one of the biggest consumers of electricity. Was mounted a solar heating system of low cost at a residence in the city of Itapiranga-SC to prove your operation. Through this work it was possible to prove the feasibility of using this kind of alternative system, due to the materials used and the cost of manufacture. These systems, although your simplicity, are a good alternative to rationalize the use of electrical energy and with a short period for return on capital invested. The study was based on 10 minute bath per person considering a residence with six people and presenting financial return invested in about 11 months.

Keywords: bath water. energy efficiency. financial return.

Introdução

Em um futuro não muito distante, o custo da energia tende a ser gradativamente maior devido a escassez que deverá ocorrer de alguns combustíveis fósseis e de biomassa florestal. As tecnologias e fontes energéticas utilizadas nos dias atuais influenciam significativamente no amanhã, pela evidência de que a maioria das tecnologias utilizadas não são ecologicamente corretas. Esta forma de utilização pode provocar mudanças climáticas e ecológicas irreversíveis, evidenciando, assim, a utilização de fontes renováveis de energia. Pode-se citar a energia eólica e solar e a biomassa, de grande abundância, ecologicamente atrativas e não tão poluentes à atmosfera (LORENCO, 2001).

Atualmente vivemos em um mundo onde buscamos a cada dia aprimorarmos nossos lares para que sejam o mais sustentável possível. Um dos parâmetros levados em consideração é o consumo energético que, segundo Balanço Energético Nacional (EPE, 2018), foi de 467 TWh no Brasil em 2017.

No Brasil, o consumo de energia elétrica nas edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas correspondem a 47% do total da eletricidade consumida no país. Sendo o setor residencial responsável pelo consumo de 24% de toda energia produzida no Brasil e o chuveiro, um dos vilões do consumo energético de uma residência, poder chegar a consumir algo em torno de 25% desse montante (LAMBERTS et al., 2013).

Para a Sociedade do Sol, pelo menos 75% da energia que o chuveiro elétrico consome pode ser substituída pela energia solar, considerada a melhor fonte energética existente, totalmente renovável e 100% limpa. No entanto, o sistema de aquecimento solar para água tem alto custo no mercado, dificultando a sua instalação nas residências das famílias de menor poder aquisitivo.

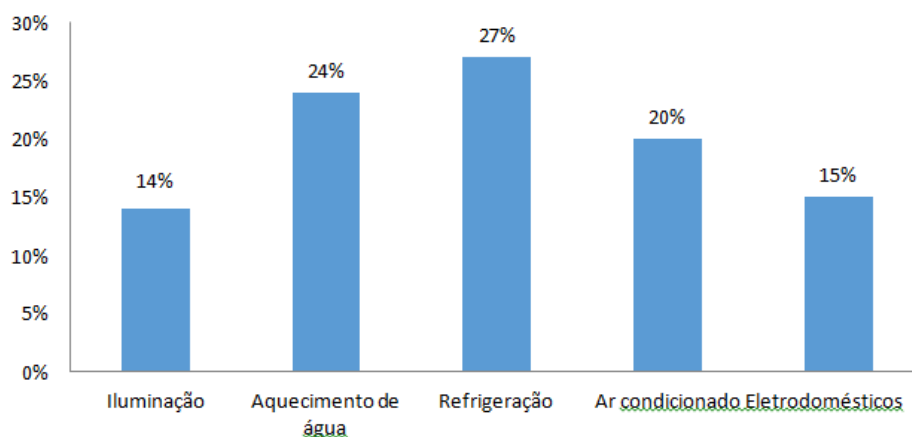
Baseando-se nestas afirmações, tem-se o objetivo de avaliar o potencial de aquecimento de um sistema de aquecimento solar de baixo custo para residência unifamiliar.

Energia Elétrica

A principal função da energia elétrica é originar outros tipos de energia, como a energia cinética, a energia mecânica e a energia térmica (CAVALCANTE, 2017).

A busca por novas fontes energéticas menos poluentes se dá devido ao fato de que as edificações do setor não industrial consumirem cerca de 47% de toda a energia produzida. O consumo do setor residencial é destinado a iluminação, refrigeração, com a utilização de freezers e geladeiras, e aquecimento de água, sendo quase que na totalidade pelo chuveiro, e outros eletrodomésticos (LAMBERTS et al., 2013). Segundo a ANEEL (2011), o consumo médio de um chuveiro é de 6.500 kWh, sendo ele um dos equipamentos de maior consumo residencial, atingindo a marca dos 24% de todo montante consumido (Gráfico 1).

Gráfico 1: Consumo de energia elétrica no setor residencial.



Fonte: adaptado de Lamberts et al. (2013).

No Brasil, a maior parte da energia é produzida por usinas hidrelétricas, devido ao enorme recurso hídrico existente. Este modelo de geração de energia pode ser definida como um conjunto de obras e equipamentos pelo aproveitamento do potencial hidráulico existente num rio (ARAÚJO, 2016).

Energia Solar

A história da energia elétrica solar começou no ano de 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, que observou pela primeira vez o paramagnetismo do oxigênio líquido. Em 1877, foi desenvolvido o primeiro dispositivo sólido de foto produção de eletricidade, que tinha eficiência de apenas 0,5% de produção de energia. Alguns anos após a

descoberta, foram construídas as primeiras células solares, utilizando selênio e ouro, formando um sanduíche dos dois materiais em chapas bem finas (UNIVERSIDADE DE LISBOA, 2004)

Segundo o site Portal de Energias Renováveis, atualmente os painéis fotovoltaicos podem alcançar cerca de 46% de eficiência. Porém, são de alto valor e utilizados somente pela NASA nos satélites e estações espaciais. Já as placas fotovoltaicas para fins de produção de energia residencial ficam na faixa de 40% de eficiência, mas igualmente com um alto valor de mercado.

Conforme a Agência Internacional de Energia - IEA, o constante crescimento da utilização de aquecimento solar ocorre em várias regiões do mundo (Figura 1) . Mas, pode-se destacar principalmente a Europa, onde se encontram países mais desenvolvidos, e a América do Norte. Assim, fica claro que a utilização da energia solar tende a ser uma das formas de energia mais importantes no presente e no futuro do planeta (MAUTHNER et al., 2013)

Figura 1: Principais utilizadores da tecnologia de energia solar.

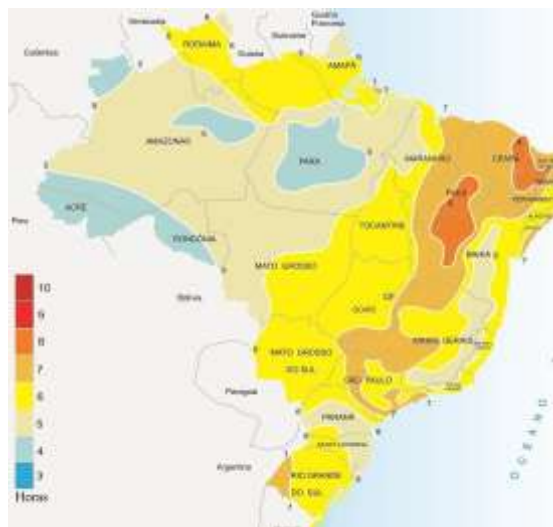


Fonte: Agencia Internacional de Energia.

Segundo dados da IEA, divulgados por meio do relatório “Aquecimento Solar no Mundo”, o Brasil é o 5º colocado mundial no ranking dos países em capacidade instaladas de coletores solares para aquecimento de água (MAUTHNER et. al., 2013).

O Brasil é um país favorecido pela incidência de raios solares, por estar situado próximo da linha do Equador, nas regiões Norte e Nordeste, conforme pode ser visto na Figura 2:

Figura 2: Média anual de incidência solar no Brasil.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil, 2000.

Diante dessa oportunidade e face à situação energética nacional, a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento – ABRAVA lançou no início de 2014 o Programa “Um Solar em Cada Casa”, que tem como objetivo conscientizar a sociedade dos benefícios sociais, econômicos, ambientais e energéticos da energia solar térmica.

Cabe salientar que de acordo com uma pesquisa de mercado de 2014, realizada pelo Departamento Nacional de Aquecimento Solar – DASOL, da ABRAVA, a indústria brasileira acumula em seu histórico uma produção de 9,8 milhões de metros quadrados de coletores, que equivalem ao potencial de geração de 7,867 mil MWth (Megawatt thermal), praticamente 50% da capacidade instalada da usina de Itaipu, que é de 14 mil MW.

O nordeste brasileiro, em comparação as áreas desérticas ao redor do mundo, possui valores de radiação solar diárias e médias anuais muito próximos, tornando tecnicamente e economicamente vantajosa a instalação de sistemas de aquecimento solar nesta região. Já no Sul brasileiro, onde são encontrados os menores dados de radiação solar, devido aos meses de inverno que costumam ser rigorosos, encontram-se médias de aproximadamente 6 horas de radiação solar por dia.

A partir destas afirmações, é possível apontar que a energia solar se apresenta como um grande potencial para aproveitamento como fonte de aquecimento de água. Neste caso, em

países de clima tropical, a exemplo do Brasil, o uso de aquecedores solares poderia ser mais difundido, trazendo uma economia de energia e outras fontes energéticas consideráveis, além de diminuir a poluição atmosférica (OURO FINO, 2010).

Aquecimento de água por energia solar.

As instalações de aquecimento de água através de energia solar são classificadas como: circulação natural/termossifão e circulação forçada/bombeada (Tabela 1). A escolha de uma das opções está associada ao volume diário de água a ser aquecida (REDE BRASIL, 2008).

Tabela 1: Capacidade de aquecedores solares e tipos de circulação.

Instalação	Volume Diário	Tipo
Pequeno porte	$V < 1500$ litros	Termossifão
Médio porte	$1500 < V < 5000$ litros	Circulação Forçada
Grande porte	$V > 5000$ litros	Circulação Forçada

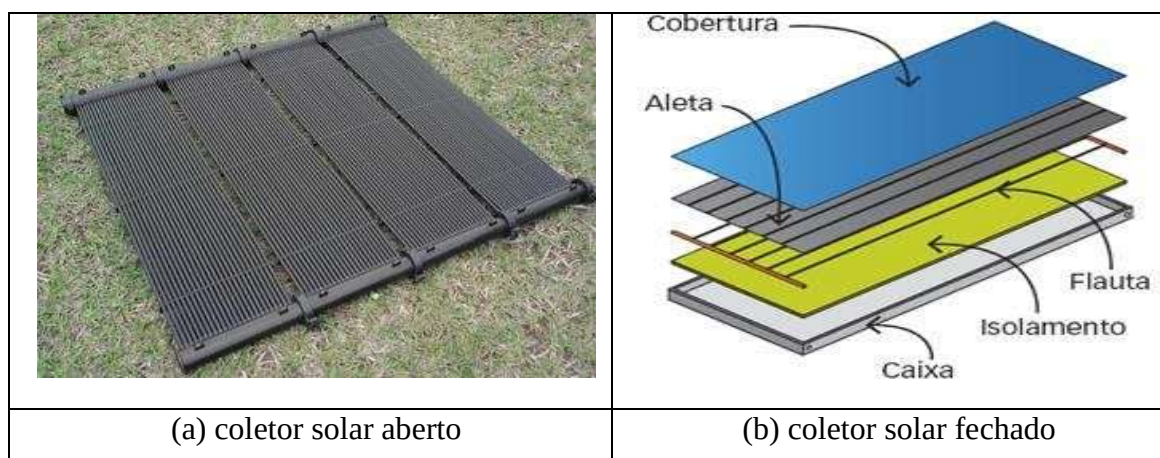
Fonte: Adaptada de Rede Brasil, 2008.

Um sistema de aquecimento solar de água pode ser dividido em três partes, que compreendem a subsistemas básicos (REDE BRASIL, 2008):

a) Captação: composto pelos coletores ou painéis solares, onde a água circula e é aquecida; as respectivas tubulações para a ligação com o reservatório e; no caso de instalações de maiores volumes, a necessidade de uma bomba hidráulica para circulação forçada;

O coletor é o responsável por coletar a radiação solar e converte-la em energia térmica, transferindo-a para a água que está situada em seu interior (SOUZA; MIRANDA; SILVA, 2010). Geralmente é construído de tubos e chapas metálicas de material condutor, pintados de preto fosco para dar melhor desempenho ao sistema. Na Figura 3 são demonstrados os tipos de coletores.

Figura 3: Exemplos de coletores solares.



Fonte: Técnica (2011).

b) Acumulação: o reservatório de acumulação ou reservatório térmico é o responsável por manter a temperatura da água obtida pelo coletor. Sua utilização é de total importância, pois ele garantirá a água em temperatura ideal a qualquer horário do dia e mesmo durante vários dias (MACINTYRE, 2012).

Lafay (2005) salienta que os reservatórios térmicos são muito negligenciados quando instalados em sistemas de aquecimento solar e recomenda a sua utilização na vertical, pois, assim, ocorre uma melhor estratificação térmica (divisão natural das temperaturas dentro do reservatório, pela diferença de densidade da água nas diferentes faixas de temperatura).

c) Consumo: o consumo compreende toda a parte de tubulação hidráulica de um sistema de aquecimento solar. Compreende a ducha ou chuveiro e toda a distribuição hidráulica entre o reservatório térmico e os pontos de consumo. (MACINTYRE, 2012).

Aquecedor Solar De Baixo Custo

De acordo com a Sociedade do Sol, uma organização não governamental e sem fins lucrativos, criada no ano de 2011, o aquecedor solar de baixo custo (ASBC) é um sistema que a própria família, utilizando materiais de baixo custo, fáceis de serem encontrados e, inclusive, com alguns materiais reciclados, consegue realizar a montagem.

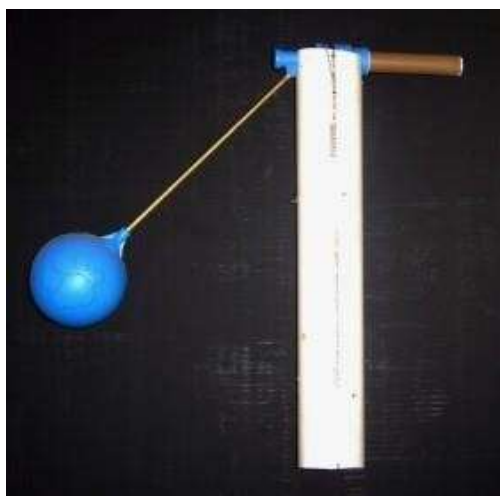
O funcionamento do ASBC é similar aos sistemas tradicionais de aquecimento solar de água. A água circula pelo sistema através do processo de termossifão. É um processo contínuo, enquanto a radiação solar for suficiente para aquecer a água (CELESC, 2005).

A montagem do sistema se dá da seguinte maneira conforme o sistema tradicional, contendo as seguintes partes:

a) Coletor solar: fabricado com chapas de forro de PVC, garrafas PET e mangueiras específicas.

b) Reservatório: caixa de água tradicional ou qualquer outro recipiente, como tambor de plástico ou caixa de EPS (isopor), com revestimento interno em filme plástico antivazamento. Dentro do reservatório é necessária a instalação de uma torneira boia, a mesma utilizada em caixas d'água comuns, que fará o controle do nível de água. Também é indispensável um sistema anti-turbulência (Figura 4), confeccionado com um tubo de PVC de 75mm, que leva a água fria diretamente ao fundo do reservatório.

Figura 4: Torneira boia com tubo anti-turbulência



Fonte: Sociedade do sol, 2013.

O mais importante de todos os itens do reservatório é o pescador (Figura 5), que tem a função de coletar a água aquecida que se encontra na camada superior da caixa, enviando-a para o misturador (SOCIEDADE DO SOL, 2013).

Figura 5: Exemplo de pescador utilizado no ASBC.



Fonte: Sociedade do Sol, 2013.

c) Rede distribuidora com misturador, que leva a água até o chuveiro e utiliza o misturador para acrescentar água fria quando necessário.

d) Rede alimentadora, que abastece o reservatório com água.

Para o dimensionamento admite-se que uma pessoa utilize 50 litros de água quente para tomar um bom banho, segundo o manual disponibilizado pela Celesc, devendo-se multiplicar esse valor pela quantidade de moradores que fazem o uso do chuveiro. Como exemplo, uma residência com sete (07) moradores, que consomem 50 litros de água aquecida para o banho, o montante será de 350 litros de água consumida. Assim, será necessário um reservatório que atenda esta necessidade (ALANO, 2008).

Para que se tenha eficiência, a Sociedade do Sol (2013) aconselha a utilização de aproximadamente 0,6m² de área de coletor para cada 100 litros de água nas regiões que possuem maior incidência de radiação solar, aumentando essa área para 1,0m² de área para 100 litros na região Sul. Portanto, para uma necessidade de utilização de 350 litros, deve ser considerada uma área de 2,10 m² de área coletora nas regiões de maior incidência solar e 3,50 m² nas regiões de menor incidência solar.

Metodologia

Local

A avaliação de eficiência foi realizada na cidade de Itapiranga – SC, com a montagem do ASBC em uma residência, a fim de comprovar ou não a eficiência desse sistema na Região Sul do Brasil. A temperatura média anual situa-se próximo dos 18°C e com alta amplitude térmica. Registra, ainda, um índice pluviométrico que supera o 1.250 mm de chuva ao ano.

Dimensionamento do reservatório para o sistema.

Usado como base a NBR 5626/98, que indica uma vazão para um bom funcionamento de 0,10 L/s, o qual representa o consumo de 6 litros de água por minuto, sabendo ainda que a duração do banho tenha duração média de 10 minutos estima-se um consumo de 60 litros por banho. Com isso foi possível estimar o montante de 360 litros para uma residência com 6 moradores.

Com o resultado em mãos optou-se pela utilização de um reservatório de 500 l, pois o mesmo serve a casa com água em temperatura natural no caso de falta de fornecimento pela rede municipal de abastecimento. Os demais componentes como tubulação foram utilizados de 20mm para água quente e 25mm para água fria.

Materiais utilizados na pesquisa

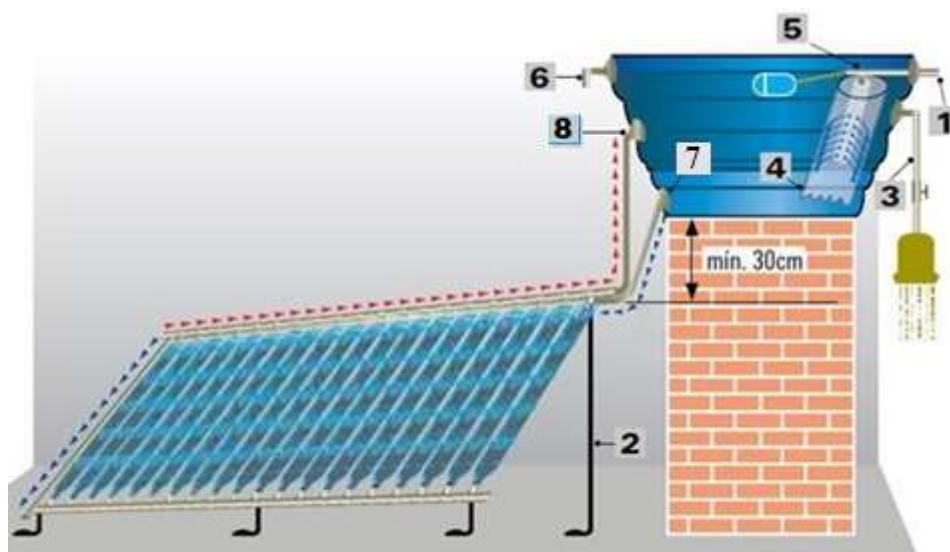
Para a fabricação do sistema ASBC foram necessários:

- a) Caixa d'água para reservatório;
- b) Tubos e conexões de PVC - a parte hidráulica do sistema;
- c) Mangueiras de PVC preta com proteção UV que - coletor solar;
- d) Adaptadores e flanges - ligação da mangueira nos canos de PVC;
- e) Manta térmica para isolamento do reservatório;
- f) Torneira boia para controlar o nível da água no reservatório;
- g) Ferramentas em geral;
- h) Madeira de reuso para o suporte do reservatório;
- i) Demais materiais como abraçadeiras, cola, fita veda rosca, arame, pregos e outros.

Procedimento de fabricação

Construir o sistema (Figura 6).

Figura 6: Modelo de aquecedor ASBC construído.



Fonte: Manual Celesc (2005).

Para seu funcionamento, o sistema conta com os requisitos apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Componentes necessários para o funcionamento do sistema

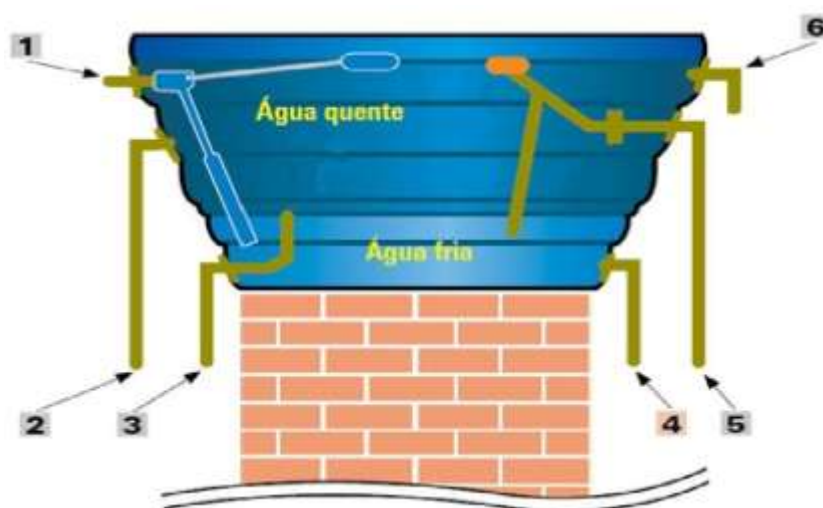
[1] Entrada de água da rede
[2] Suportes de fixação (necessidade de adaptação conforme o local)
[3] Saída para distribuição de água quente
[4] Redutor de turbulência
[5] Torneira boia
[6] Tubo extravasor (ladrão)
[7] Saída da água fria para o coletor
[8] Retorno da água quente

Fonte: Adaptado do Manual Celesc.

Foi utilizada uma caixa d'água de polietileno, que foi apoiada sobre um suporte construído no exterior da residência, sobre o telhado, de onde foram conectados os demais

componentes do sistema (Figura 7), que também ficou exposto a todos os tipos de intempéries.

Figura 7: Modelo de furação a ser utilizado para o reservatório



Fonte: Manual Celesc(2005).

O Quadro 2 descreve a funcionalidade de cada adaptador utilizado no reservatório.

Quadro 2: Componentes necessários para o reservatório.

[1] Entrada de água da rede
[2] Retorno da água quente
[3] Saída da água fria para o coletor
[4] Saída para distribuição de água fria (opcional)
[5] Saída para distribuição de água quente
[6] Tubo extravasor (ladrão)

Fonte: Adaptada de Manual Celesc.

No reservatório foram feitos 5 furos para a colocação dos adaptadores, sendo dois deles na parte superior do reservatório. Um teve a função de conectar a torneira boia que alimentou todo o sistema e o outro serviu como extravasor. Na parte mediana do reservatório foram feitos dois furos; um deles o retorno da água já aquecida no coletor e o outro para

conduzir a água aquecida para o consumo, no qual foi instalado um pescador confeccionado com tubos e conexões de PVC e uma pequena boia para mantê-lo próximo a superfície.

Na parte mais baixa foi feito apenas um furo que teve como finalidade servir os coletores e como possível alimentador do barrilete da residência, sendo utilizada a água do fundo com temperatura ambiente para toda a instalação hidráulica da casa.

Referente aos coletores, estes foram feitos com a utilização de mangueira de PVC preta com proteção UV (Figura 8). Este tipo de mangueira é utilizada para aquecimento de água de piscinas. Foram conectadas aos tubos de PVC por meio de adaptadores e fixados com abraçadeiras metálicas para garantir vedação. A mangueira foi fixada ao telhado da residência onde foi colocada uma espécie de tela, que deu total firmeza ao coletor, resistindo aos ventos e chuvas.

Figura 8: Mangueira PVC preta com proteção UV



A mangueira foi distribuída uniformemente em formato de serpentina. Foi projetada com uma inclinação, fazendo com que a água seja forçada a passar pelos seus 100 metros de comprimento, ocasionando o aquecimento da água lentamente.

A parte hidráulica foi executada utilizando-se tubos e conexões de PVC soldáveis para toda a parte de água fria (temperatura ambiente). Para a água quente foram utilizadas as tubulações CPVC soldável (Figura 9) e cola adequada para tal e tubo termo soldável, que já estava instalado na residência.

Figura 9: Exemplos de tubulações utilizadas: a) tubulação CPVC aquatherm; b) tubulação PVC



(a) tubos CPVC aquatherm soldáveis

(b) tubos PVC soldáveis

Fonte: Tigre (2017).

Para o isolamento térmico do reservatório foi utilizada manta térmica, de uso comum no isolamento térmico de telhados. A manta foi fixada no reservatório com auxílio de cola de contato e foi instalada de tal forma a cobrir toda a superfície, inclusive a tampa do reservatório.

A Figura 10 demonstra o sistema ASBC completo e instalado.

Figura 10: Sistema de ASBC



Métodos de medição

A medição foi executada com auxílio de termômetros idênticos instalados no interior do reservatório (um para registro na região mais baixa do reservatório e o outro na parte superficial). Assim, sendo possível determinar o gradiente de temperatura. Esses valores obtidos por meio das medições diárias (4 medições/dia) foram anotados em um quadro que contou também com informações climáticas e horários das medições (Quadro 3).

Quadro 3: Anotação de condições climáticas e temperaturas do sistema.

D/M/A	INF	SUP	COND	HORARIO
/ /	°C	°C	S N C	:
/ /	°C	°C	S N C	:
/ /	°C	°C	S N C	:
/ /	°C	°C	S N C	:
/ /	°C	°C	S N C	:
/ /	°C	°C	S N C	:
/ /	°C	°C	S N C	:
/ /	°C	°C	S N C	:

Sendo:
D/M/A: data;
INF: temperatura inferior;
SUP: temperatura superior;
COND: condição climática

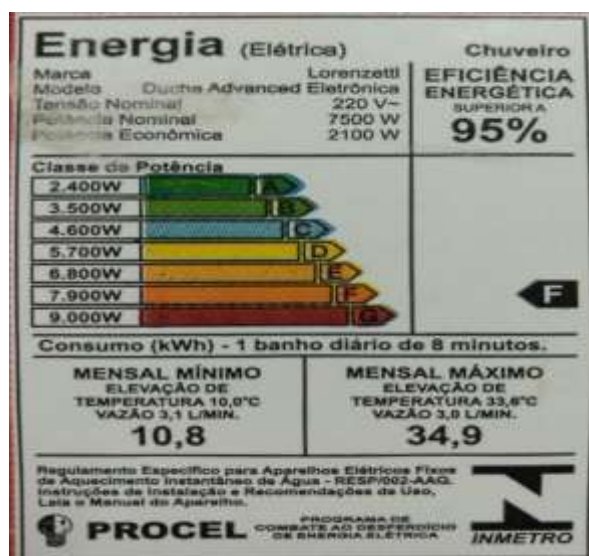
(S: sol; N: nublado; C: chuva)

Também foram feitas medições de consumo de energia elétrica pelo chuveiro, em 5 estágios diferente de utilização de energia, 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Nesse processo, foram anotados os valores referentes a temperatura inicial da água, consumo de energia elétrica do chuveiro em kWh, temperatura obtida pelo uso do chuveiro, vazão de água pelo chuveiro, amperagem e voltagem.

Chuveiro utilizado para as medições de consumo.

Foi utilizado chuveiro de potência total de 7.500 watts, com controle eletrônico de temperaturas e classificado no Inmetro, através do Selo Procel de Eficiência como classe F (Figura 11) e tem sua eficiência energética superior a 95%, que significa a quase total transformação da energia elétrica em energia térmica pelo chuveiro. Além disso, o chuveiro para um banho diário de 8 minutos durante o período de um mês consome 34,9 kWh.

Figura 11: Classificação do chuveiro segundo Inmetro

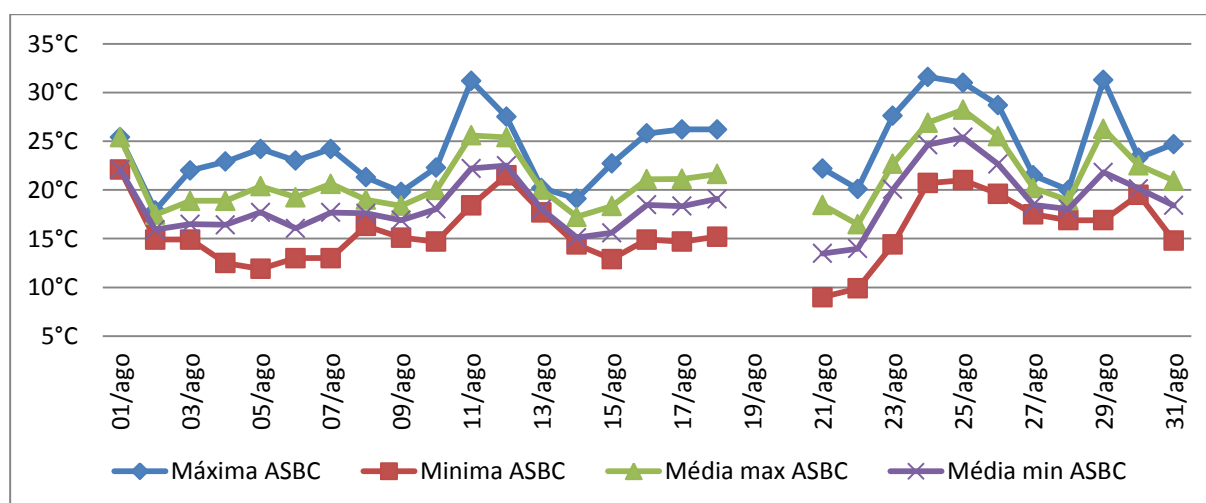


Potencial de aquecimento de água ao longo do dia em relação à temperatura ambiente.

Foram analisadas as temperaturas coletadas durante 70 dias, com diversas variações climáticas, nos meses de Agosto, Setembro e Outubro (no ano de 2017).

As temperaturas obtidas nos primeiros dias de coleta de dados foram ainda na estação de inverno, sendo as temperaturas obtidas expressas no Gráfico 2, para o mês de Agosto.

Gráfico 2: Temperatura do sistema ASBC do mês de Agosto.



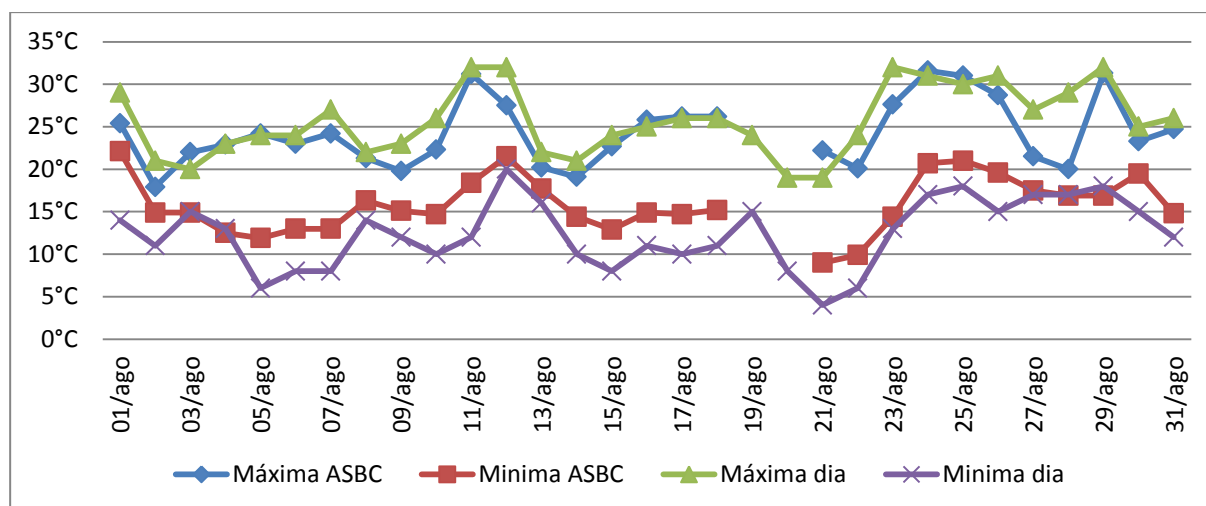
Máxima ASBC : temperatura máxima da água registrada no dia; Mínima ASBC: temperatura mínima da água registrada no dia; Média max ASBC: Média das temperaturas máximas da água registradas no decorrer do dia; Média mínima ASBC: média das temperaturas mínimas da água registradas no decorrer do dia.

Para análise dos dados, entende-se que a Máxima ASBC caracteriza-se pelo maior valor diário dentre as quatro medições, de maneira análoga, se compota a Mínima ASBC. Para as Médias Max. ASBC e para as Médias Min. ASBC, foi adotado o valor da média das medições diárias.

Durante a primeira parte da coleta dos dados o sistema foi capaz de aquecer a água a uma temperatura de 31°C. Porém, como comentado anteriormente, pode-se verificar a variação térmica ocorrida, onde a temperatura média obtida situou-se na casa dos 24,5°C. A ausência de valores nos dias 19 e 20 ocorreram por não haver possibilidades de medições.

Comparando o sistema ASBC e seus aquecimentos referentes à temperatura climática (ambiente) no mês de Agosto, o Gráfico 3 demonstra esta relação:

Gráfico 3: Comparativo das máximas e mínimas do sistema ASBC e da temperatura diária do mês de Agosto.



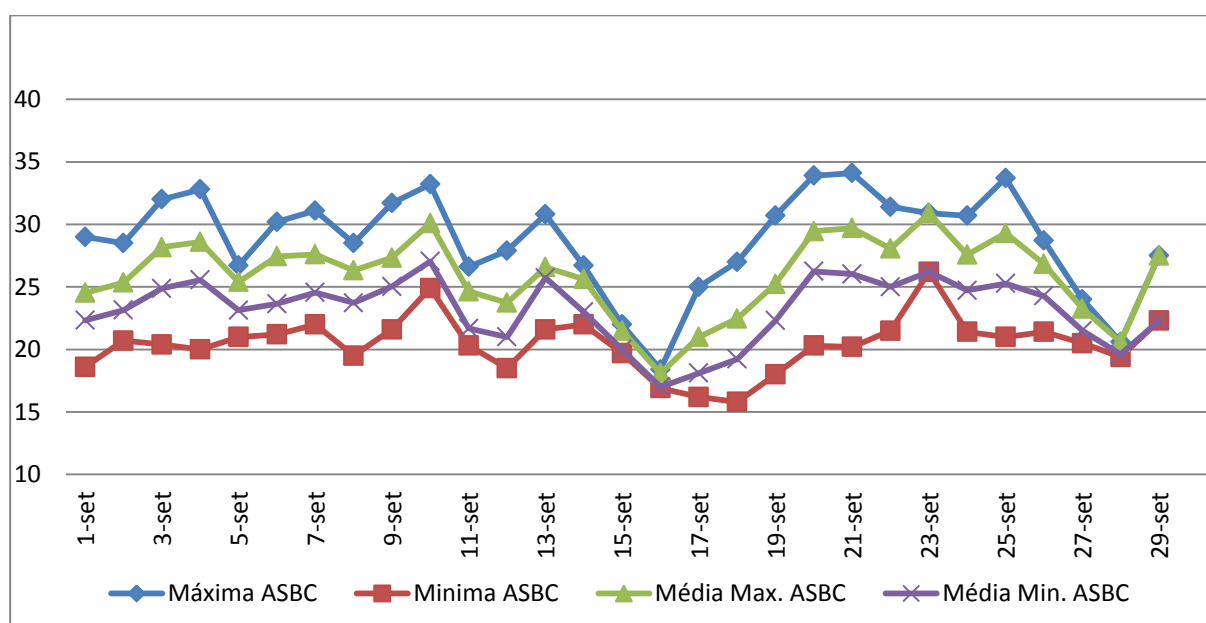
Máxima ASBC: Maior temperatura registrada no sistema no dia; Mínima ASBC: menor temperatura registrada no sistema no dia; Máxima dia: Maior temperatura climática registrada no dia; Mínima dia: Manor temperatura climática registrada no dia.

Observando o gráfico, verifica-se que a temperatura máxima obtida pelo sistema ASBC teve comportamento análogo à temperatura climática do mês de agosto, sendo que em alguns dias sua temperatura foi maior que a temperatura ambiente.

Observa-se, ainda, que a temperatura mínima do sistema ASBC, representada pela linha mínima ASBC, se manteve, na maioria dos dias, superior à temperatura mínima ambiente e, por vezes, sendo próxima a temperatura máxima climática.

Quanto aos resultados do mês de setembro, estes iniciaram durante o Inverno e terminaram na Primavera. Os valores se apresentam no Gráfico 4.

Gráfico 4: Temperatura do sistema ASBC do mês de Setembro.



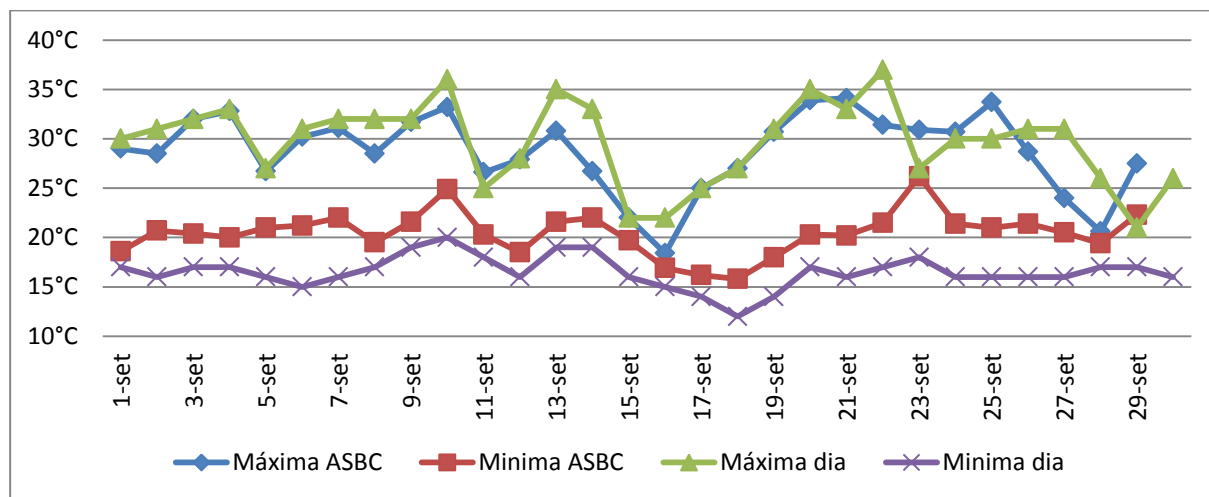
Máxima ASBC : temperatura máxima da água registrada no dia; Mínima ASBC: temperatura mínima da água registrada no dia; Média max ASBC: Média das temperaturas máximas da água registradas no decorrer do dia; Média mínima ASBC: média das temperaturas mínimas da água registradas no decorrer do dia.

Pode-se perceber um aumento das temperaturas atingidas no sistema ASBC, onde por inúmeras vezes a temperatura máxima obtida chegou próximos dos 35°C. Quanto a variação térmica no interior do reservatório, pode-se notar que a menor temperatura máxima registrada ficou entorno dos 18°C. Isso se deu, possivelmente, devido a um período de chuvas e tempo

nublado. A temperatura média obtida durante este período foi de 28,8°C, ficando 4,3°C superior ao mês de agosto.

No gráfico 5 está um comparativo com as temperaturas climáticas e as temperaturas obtidas pelo sistema ASBC.

Gráfico 5: Comparativo das máximas e mínimas do sistema ASBC e da temperatura diária do mês de Setembro.



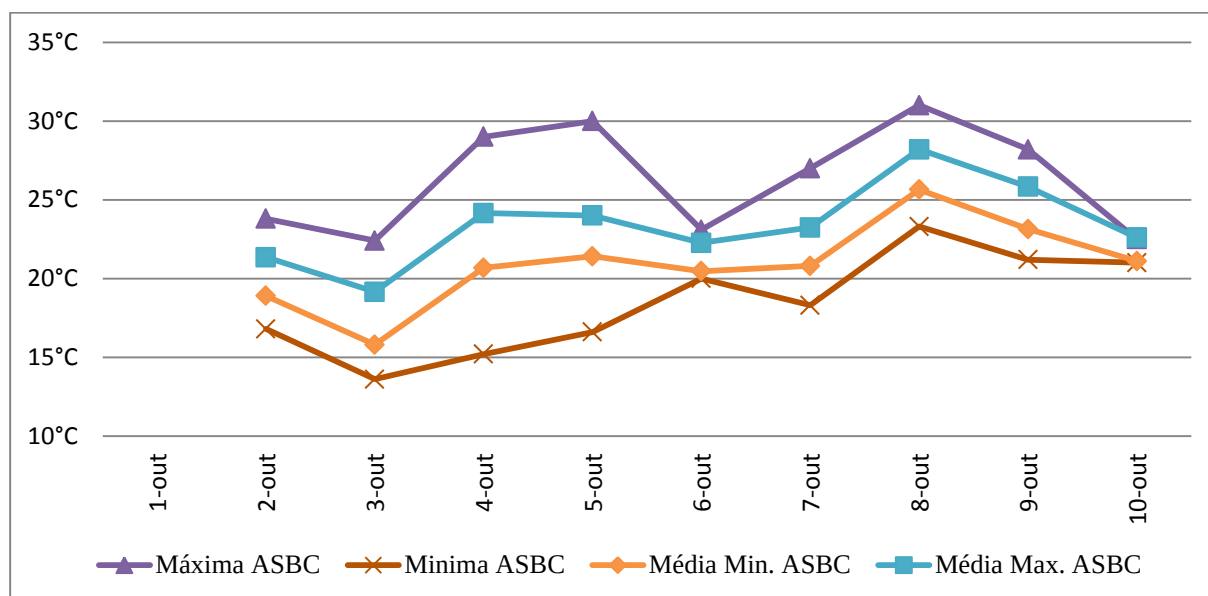
Máxima ASBC: Maior temperatura registrada no sistema no dia; Minima ASBC: menor temperatura registrada no sistema no dia; Máxima dia: Maior temperatura climática registrada no dia; Minima dia: Manor temperatura climática registrada no dia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado, a temperatura máxima do sistema ASBC acompanhou a linha da temperatura climática, mas por muitas vezes ficando superior. A linha laranja demonstra a menor temperatura em um gradiente de funcionamento dentro do reservatório do sistema, que esteve, todos os dias, superior a menor temperatura climática do dia, e em alguns casos próxima ou, até mesmo, superior a temperatura do dia.

Para os registros no mês de outubro ocorreram somente em um período de 10 dias, conforme Gráfico 6.

Gráfico 6: Temperatura do sistema ASBC do mês de Outubro.



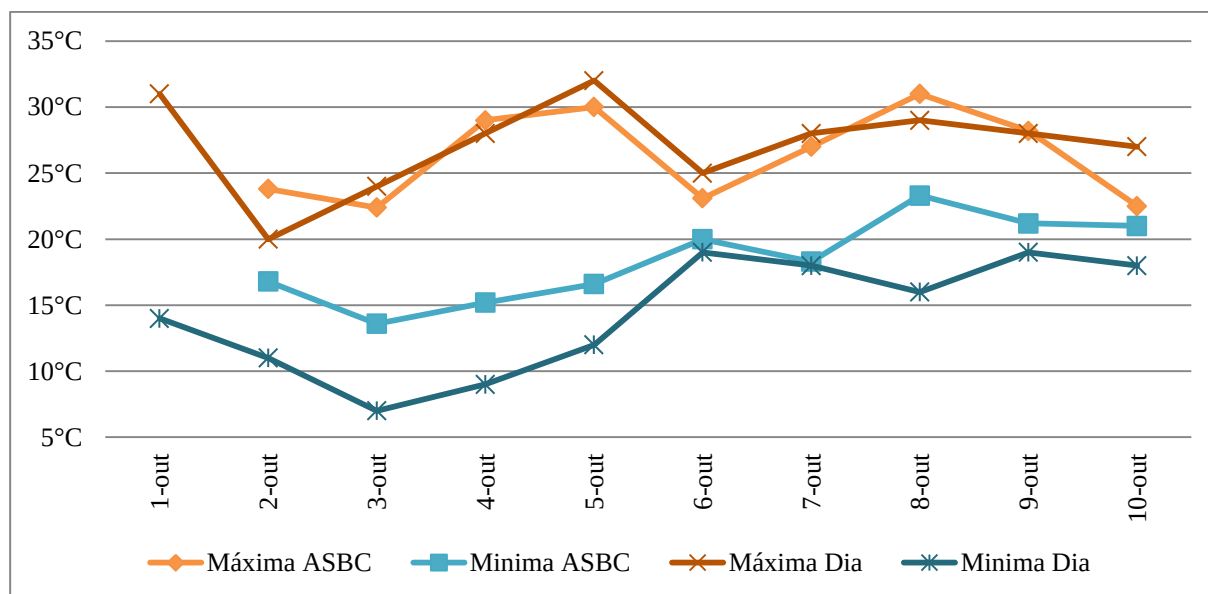
Máxima ASBC : temperatura máxima da água registrada no dia; Minima ASBC: temperatura mínima da água registrada no dia; Média max ASBC: Média das temperaturas máximas da água registradas no decorrer do dia; Média minima ASBC: média das temperaturas mínimas da água registradas no decorrer do dia.

Fonte: Autor.

A temperatura máxima obtida no mês de outubro foi de 30°C, devido ao grande período e volume de precipitação ocorrido neste período, sendo que somente do dia 03/10 ao dia 05/10 não houve precipitação, e no dia 8/10 apresentou pouca precipitação no início do dia. Ainda assim, a temperatura média do mês de outubro ficou em 26,3°C.

No Gráfico 7 pode-se verificar que a temperatura máxima da água no sistema ASBC também em alguns dias esteve superior à temperatura máxima climática, e sua temperatura mínima em todos os períodos esteve superior à temperatura mínima climática.

Gráfico 7: Comparativo das máximas e mínimas do sistema ASBC e da temperatura diária do mês de Setembro.



Máxima ASBC: Maior temperatura registrada no sistema no dia; Mínima ASBC: menor temperatura registrada no sistema no dia; Máxima dia: Maior temperatura climática registrada no dia; Mínima dia: Menor temperatura climática registrada no dia.

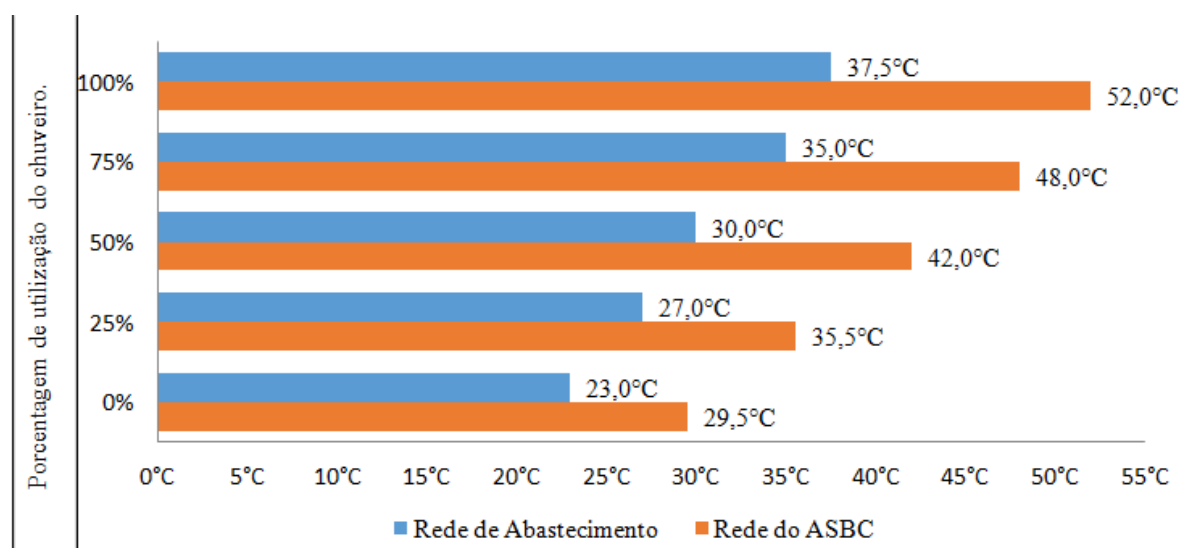
Fonte: Elaborado pelo autor.

Oliveira, Damasceno e Vieira (2009), em teste semelhante visando buscar um melhoramento do sistema ASBC por sistema termossifão de circulação natural, obtiveram temperatura de 47°C utilizando reservatório de PVC, similar ao utilizado no sistema em análise. Esta variação térmica de 35°C apresentada no sistema para 47°C no sistema dos autores citados pode ser devido à localização geográfica, uma vez que seus testes foram realizados no estado de Minas Gerais, na região sudeste do Brasil, com maior incidência solar.

Redução do consumo de energia elétrica do chuveiro

No Gráfico 8, as porcentagens representam a utilização do chuveiro elétrico, onde as temperaturas representadas pela cor azul são provenientes da rede de água do abastecimento municipal, as quais foram aquecidas somente com o uso do chuveiro elétrico. O início das marcações se deu com a temperatura de 23°C acrescido do uso gradual do chuveiro elétrico no montante de 25% para cada uma das medições.

Gráfico 8: Temperatura da água em função do percentual de uso do chuveiro elétrico.



Também representadas no gráfico anterior, tem-se as temperaturas obtidas do sistema ASBC, com o sistema registrando a temperatura inicial de 29,5°C, representando o valor para o início das marcações. Neste teste, igualmente ao anterior, foi utilizado o chuveiro elétrico para obtenção de resultados quanto ao seu uso no aquecimento da água, buscando-se, inicialmente, a temperatura de 37,5°C, que foi a máxima obtida utilizando somente a rede de abastecimento municipal. Esta, por sua vez, foi obtida com menos de 50% da assistência do chuveiro elétrico auxiliando o sistema ASBC.

Como pode ser observado, com a utilização apenas da metade do potencial do chuveiro elétrico (50%), obteve-se a temperatura de 42°C, e com o total da sua utilização (100%), obteve-se a temperatura de 52°C, o que resulta em um acréscimo de 14,5°C em relação ao uso somente com o chuveiro elétrico.

Neste teste de consumo de energia elétrica em relação à temperatura obtida, utilizando os dois casos, pode-se notar que o sistema ASBC teve parcela de colaboração para este maior aquecimento da água, uma vez que a água já se apresentava com um prévio aquecimento.

Desta forma, a economia de energia está situada entre 50% e 100%, dependendo da temperatura desejada para o banho. No pior cenário, a economia é de no mínimo 50%. Porém, na maioria dos dias de verão, a economia pode chegar a 75%. Além disso, em algumas datas do ano, como no verão, as temperaturas podem ser superiores a 35°C no reservatório do

sistema, o que poderá proporcionar uma economia de 100% da energia elétrica utilizada pelo chuveiro.

Calculo do valor investido no ASBC e período de retorno financeiro da produção termo solar em kWh;

Para confecção do sistema ASBC foi investido o montante de R\$ 730,29, conforme apresentado mais detalhadamente na Tabela 2, onde estão expressos os valores para cada parte do sistema. Para este sistema, optou-se pela utilização de tubulação específica para água quente, com o intuito de diminuir a variação térmica na hora da coleta dos dados referente ao consumo de energia pelo chuveiro elétrico e sua temperatura.

Tabela 2: Orçamento dos materiais utilizados no sistema ASBC.

Materiais	Quantidade	Valor Unitário	Valor Final	Total
Reservatório	1unid.	R\$199,00	R\$199,00	R\$199,00
Mangueira	100m	R\$1,77	R\$177,00	R\$177,00
Tubulação PVC	10m	R\$2,45	R\$24,50	R\$24,50
Tubulação CPVC	6m	R\$11,64	R\$69,84	R\$68,84
Conexões	45 peças	R\$ -	R\$260,95	R\$260,95
Total				R\$730,29

Para o aquecimento de água utilizando a rede municipal como alimentadora do chuveiro, obteve-se os dados expressados no Tabela 3, onde foi registrado a corrente consumida pelo chuveiro e a temperatura em que se encontrava a água na saída do chuveiro.

Baseando-se em um banho de 10 minutos, conhecendo a tensão, a corrente de funcionamento do chuveiro e o valor do kWh cobrado pelas Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (Celesc), que com todos os impostos já embutidos gira em torno de R\$ 0,563933 (valor referente ao mês de outubro de 2017) os primeiros 100 kWh utilizados em uma residência, foi possível se calcular o valor gasto em um período de um (01) mês.

Tabela 3: Consumo de energia elétrica do chuveiro (água proveniente da rede municipal de abastecimento)

Porcentagem utilizada no chuveiro	Corrente consumida pelo chuveiro (ampere)	Tensão de funcionamento (volts)	Potencia Consumida (Watts)	Temperatura (°C)	Custo/pessoa (R\$ ¹)	Custo/residência com 6 moradores
0%	0	220	0,000	23	R\$ 0,00	R\$ 0,00
25%	12,6	220	2,772	27	R\$ 7,82	R\$ 46,90
50%	22	220	4,840	30	R\$ 13,65	R\$ 81,88
75%	29,6	220	6,512	35	R\$ 18,36	R\$ 110,17
100%	33,2	220	7,304	37,5	R\$ 20,59	R\$ 123,57

Na Tabela 4 são apresentadas as mesmas variáveis, porém com dados coletados utilizando somente a água proveniente do sistema ASBC. A partir dos dados apresentados nestes quadros, pode-se perceber que o único ganho foi o aumento considerável de temperatura, que, com 100% de utilização do chuveiro, passou de 37,5°C para 52°C, com um ganho de 14,5°C, ou 38,6% de ganho.

Tabela 4: Consumo de energia elétrica do chuveiro(água proveniente do aquecimento ASBC)

Porcentagem utilizada no chuveiro	Corrente consumida pelo chuveiro (ampere)	Tensão de funcionamento (volts)	Potencia Consumida (Watts)	Temperatura (°C)	Custo/pessoa (R\$ ¹)	Custo/residência com 6 moradores
0%	0	220	0,000	29,5	R\$ 0,00	R\$ 0,00
25%	13,2	220	2,904	35,5	R\$ 8,19	R\$ 49,13
50%	22	220	4,840	42	R\$ 13,65	R\$ 81,88
75%	30	220	6,600	48	R\$ 18,61	R\$ 111,66
100%	33	220	7,260	52	R\$ 20,47	R\$ 122,82

Com base nestes dados, foi possível fazer os cálculos de retorno do capital investido para a confecção do sistema. Foram utilizadas 3 temperaturas como base, pois se igualaram no momento das medições. Estas temperaturas estão apresentadas no quadro 4, onde também pode ser visualizada a economia proporcionada caso o banho fosse tomado utilizando a mesma porcentagem de utilização do chuveiro elétrico.

Tabela 5: Representação de economias com a utilização do sistema ASBC.

Temperatura	Chuveiro	Chuveiro + ASBC	Economia
42°C	R\$ 123,57	R\$ 81,88	R\$ 41,69
35°C	R\$ 110,17	R\$ 49,13	R\$ 61,04
30°C	R\$ 81,88	R\$ 0,00	R\$ 81,88

Na temperatura de 30°C foi atingida a economia de 100% da energia elétrica, a qual pode obter uma economia de R\$ 81,88. Ainda pode ser verificado que as temperaturas de 35°C e 42°C apresentam uma economia muito semelhante de aproximadamente 50% isso se compararmos ao quadro 2 (supracitado), onde podemos verificar que essas temperatura foram atingidas utilizando a total potencia do chuveiro elétrico, e com o auxilio do ASBC reduziu-se pela metade a sua utilização, obtendo uma economia de aproximadamente R\$ 61,00.

Para o cálculo de retorno financeiro foram utilizados os valores economizados no Tabela 5. Considerando-se que a temperatura de 35°C seja a mais utilizada pelos moradores, foi elaborado um cálculo de retorno financeiro, tendo sido utilizado como parâmetro 50% de todo valor economizado e o restante dividido entre os demais. Este cálculo é apresentado a seguir, onde se demonstra o período de retorno em meses sobre o capital investido, onde foi dividido o valor total investido pelo valor economizado no período de um mês.

O valor apresentado no Quadro 4 é referente a economia obtida pela diferença de potencial utilizado no chuveiro quando se utiliza o sistema ASBC. Neste mesmo período (Agosto á Outubro) considerando que a economia de energia elétrica fica próximo aos 70% pode-se dizer que a residência economizara em torno de 1.350kWh.

Quadro 4: Economia de valores em Reais e tempo de retorno do investimento.

Valor economizado	Valor investido	Tempo de retorno (meses)
R\$ 66,21	R\$ 730,29	11,03

Segundo a Sociedade do Sol (2009), o sistema poderá economizar até 75% da energia elétrica utilizada pelo chuveiro e com retorno financeiro em aproximadamente 9 meses após o

início do uso do ASBC. Assim, ficou evidenciado que o sistema utilizado no presente estudo, baseado no protótipo elaborado de Sociedade do Sol, apresentou resultados semelhantes em relação aos quesitos economia de energia e retorno financeiro do investimento.

Conclusão

Ao longo dos 70 dias de condução do presente estudo, percebeu-se que o sistema, em termos de seu funcionamento, atingiu os propósitos pretendidos. Mostrou-se eficaz em elevar consideravelmente a temperatura da água de modo muito simples e eficaz. Isso, com a utilização apenas de materiais de fácil obtenção e num processo de fácil construção do sistema, o que pode contribuir muito com as famílias menos afortunadas para terem um banho de melhor qualidade.

Portanto, para atingir a temperatura de banho de 37,5°C, adotada a partir da maior temperatura obtida pelo chuveiro elétrico, à redução de consumo de uso de chuveiro elétrico está entre 50% e 75%, sendo que o sistema aquece a água a temperaturas próximas a expressada anteriormente (37,5°C) se faz a menor utilização da eletricidade para elevar a temperatura da água, com isso se tem real diminuição do consumo de energia.

Pode se concluir, também, que com temperaturas menores para banho 35°C e ou menos, pode ser obtida uma economia de 100% de energia elétrica, uma vez que o sistema tem total capacidade de elevação de temperatura da água em dias de tempo bom.

Com a verificação do consumo do chuveiro, chegou-se ao montante de aproximadamente R\$ 66,00 economizados a cada mês, em uma residência com cinco (05) ou seis (06) moradores e com banhos de 10 minutos cada pessoa por dia. Com isso, o retorno financeiro do ASBC será obtido em aproximadamente 11 meses, podendo-se ter o retorno esperado em menor ou maior tempo dependendo das condições climáticas da região de instalação do sistema.

Além disso, deixa-se como sugestão de pesquisas futuras uma melhoria no sistema para obtenção de maiores temperaturas e conservação da mesma. Uma das sugestões seria a troca de reservatório de PVC por um reservatório próprio para o propósito., Com isso haveria uma menor perda de temperatura em períodos de sol. Além disso, pode ser instalado um sistema de circulação forçada, fazendo com que a água circule mais pelos coletores com o objetivo de obtenção de maior temperatura.

Referências Bibliográficas

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 maio de 2017.

ANEEL. **Energia solar.** Brasília: ANEEL, 2011. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br> Acesso em: abril 2017.

ARAÚJO, G.. **Energia Hidrelétrica: Vantagens e desvantagens.** 2016. Disponível em: <<http://www.estudopratico.com.br/energia-hidreletrica-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 25 maio 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5626: Instalação predial de água fria.* Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

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

BEN – Balanço Energético Nacional 2010. Disponível em: <www.ben.epe.gov.br>. Acesso em: abril 2017.

CAVALCANTE, K. G. **Energia elétrica.** Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/fisica/energia-eletrica.htm>>. Acesso em maio de 2017.

CELESC. **Manual de Instalação.** Florianópolis: CELESC, 2005.

DASOL – Departamento Nacional de Aquecimento Solar. Disponível em <www.dasolabrava.org.br>. Acessado em abril de 2017.

EPE. Balanço Energético Nacional 2018: Ano Base 2017. Rio de Janeiro, 2018. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. [<http://www.epe.gov.br>]

LAFAY, J.-M. S.. **Análise energética de sistemas de aquecimento de água com energia solar e gás**. Tese de Doutorado (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. São Paulo, , 2013.

LOURENÇO, J. M., Estudo de um Coletor Solar Alternativo usando Tubos Absorvedores de Alumínio, 2001. 144f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MAUTHNER, F.; WEISS, W.; SPÖRK-DÜR, M.. **Solar heat worldwide: markets and contribution to the energy supply 2013**. Áustria: Pampa Elvira Solar – Arcon-sunmark As

MACINTYRE, A. J.. **Instalações hidráulicas: prediais e industriais**. 4 ed. Rio de Janeiro: Gen, 2012.

OURO FINO – Disponível em < <http://www.ourofino.com.br/>> acessado em maio de 2017.

OLIVEIRA, N. lia M. B.; DAMASCENO, J. J. R.; VIEIRA, L. G. M.. **Aprimoramento de aquecedores solares de baixo custo**. 2009. 24f. Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009

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

SOCIEDADE DO SOL. **Manual de manufatura e instalação experimental do ASBC – Aquecedor Solar de Baixo Custo**. Jul. 2013.

SOUZA, K. T. DE; MIRANDA, L. de S. ; ALMEIDA, S. M.. **Aquecimento de água através do uso de coletores planos**. Disponível em

<<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/1792/970>>. Acesso em: maio de 2017.

TÉCHNE PINI (São Paulo). **Sistemas de aquecimento solar de água**. 2011. Disponível em:

<<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/177/artigo286882-1.aspx>>. Acesso em: 12 maio 2017.

TIGRE. **Predial Aquatherm**: catálogo Técnico. Disponível em:

<http://www.tigre.com.br/pt/catalogos_tecnicos.php?cpr_id_pai=4&cpr_id=8> Acesso em: 2 de abril de 2017.

UNIVERSIDADE TECNICA DE LISBOA. **Breve história da energia solar**. 2004. Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt>>. Acesso em: 10 abr. 2017. Universidade Técnica de Lisboa (2004)