



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ERIOMAR KALIEUDES MORAIS E SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM CONCENTRADOR SOLAR PARABÓLICO
PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA**

CARAÚBAS

2023

ERIOMAR KALIEUDES MORAIS E SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE UM CONCENTRADOR SOLAR PARABÓLICO
PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Rudson de Souza Lima, Prof. Dr.

CARAÚBAS

2023

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

SS586 Silva, Eriomar Kalieudes Moraes.
d Desenvolvimento de um Concentrador Solar
Parabólico para Aquecimento de Água / Eriomar
Kalieudes Moraes Silva. - 2023.
42 f. : il.

Orientador: Rudson de Souza Lima.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. concentrador solar. 2. aquecimento. 3.
recipiente. 4. energia renovável. I. Lima, Rudson
de Souza, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade

ERiomar Kalieudes Moraes e Silva

**DESENVOLVIMENTO DE UM CONCENTRADOR SOLAR PARABÓLICO
PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 18 /05/2023.

BANCA EXAMINADORA

**Rudson de Souza
Lima**

Assinado de forma digital por
Rudson de Souza Lima
Dados: 2023.05.28 18:56:35 -03'00'

Rudson de Souza Lima, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

RAFAEL LUZ
ESPINDOLA:

Assinado de forma digital por RAFAEL
LUZ ESPINDOLA
Dados: 2023.05.29 13:40:23 -03'00'

Rafael Luz Espindola, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Documento assinado digitalmente
ITALLA MEDEIROS BEZERRA
Data: 28/05/2023 19:37:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Italla Medeiros Bezerra, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder condições físicas e mentais para realização deste trabalho.

Agradeço a minha esposa, pelo apoio e paciência nessa caminhada.

Agradeço ao professor e orientador Dr. Rudson de Souza Lima, por continuar a me orientar mesmo depois de tanto tempo e problemas de indisponibilidade que passei durante todo o processo.

Agradeço ao meu parceiro Cassio Alencar Barreto, por se prestar a me auxiliar em grande parte do processo de produção deste trabalho.

Agradeço a Banca Examinadora pelas contribuições.

Agradeço aos meus familiares por todo apoio concedido.

RESUMO

A necessidade de consumo de energia vem aumentando desde os tempos pós revolução industrial, onde o surgimento de novas tecnologias acarreta em melhorias para a sociedade, mas acabou trazendo consigo uma alta demanda de diversos tipos de fonte de energia. Dentre elas, as fontes não renováveis reinam como o principal caminho, porém, devido aos inúmeros problemas ambientais que elas causavam, outros meios de se produzir energia se tornaram necessários para contornar esse problema. Sendo assim, começou-se a ter mais ênfase nas fontes renováveis de energia, onde o impacto ambiental é consideravelmente menor em comparação às não renováveis. Diante desse novo percurso, uma fonte renovável promissora é a energia solar, por se tratar de uma fonte inesgotável e que oferece diversos caminhos para geração de energia, tanto elétrica como térmica. O seguinte trabalho apresenta um concentrador solar parabólico do tipo disco para aquecimento de água. A sua superfície com área de $0,62\text{m}^2$ foi coberta por espelhos reciclados a fim de refletir a luz solar quando exposto, gerando assim um foco. O material utilizado em questão foi uma antena de sinal de televisão. O recipiente que recebeu os raios solares refletidos pelo concentrador foi uma pequena panela também reciclada, que foi adaptada para receber tubulações e conexões juntamente com o reservatório, esse feito através de um balde plástico com isolamento térmico. Ambos faziam a circulação da água que seria aquecida. Todo o processo de construção do concentrador será mostrado no decorrer do trabalho. A temperatura máxima obtida no foco do concentrador foi de 81°C , já as médias de temperatura da água no reservatório foram de 32°C , 27°C e 24°C no topo, centro e fundo respectivamente. No final do processo o concentrador obteve uma eficiência útil de 6,16% e um custo de fabricação de aproximadamente de R\$ 493,00, que pode ser diminuído de acordo com os materiais que forem reciclados.

Palavras-chave: concentrador solar; aquecimento; recipiente; energia renovável.

ABSTRACT

The need for energy consumption has been increasing since the times after the industrial revolution, where the inclusion of new technologies leads to improvements for society, but ended up bringing with it a high demand for different types of energy sources. Among them, non-renewable sources reign as the main path, however, due to the various environmental problems they caused, other means of producing energy became necessary to circumvent this problem. Therefore, more emphasis was placed on renewable energy sources, where the environmental impact is considerably lower compared to non-renewable ones. Faced with this new path, a promising renewable source is solar energy, as it is an inexhaustible source and offers several ways to generate energy, both electrical and thermal. The following work presents a disc-type parabolic solar concentrator for water heating. Its surface with an area of 0.62m² was covered by recycled mirrors in order to reflect sunlight when exposed, thus generating a focus. The material used in question was a television signal antenna. The container that received the sun's rays reflected by the concentrator was a small recycled pot, which was adapted to receive pipes and connections along with the reservoir, using a plastic bucket with thermal insulation. Both made the circulation of the water that would be heated. The entire construction process of the concentrator will be displayed in the course of the work. The maximum temperature met at the focus of the concentrator was 81°C, while the average water temperature in the reservoir was 32°C, 27°C and 24°C at the top, center and bottom respectively. At the end of the process, the concentrate obtained a useful efficiency of 6.16% and a manufacturing cost of approximately R\$ 493.00, which can be reduced according to the materials that were recycled.

Keywords: concentrator; temperature; reservoir; container; renewable energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Total diário de irradiação no plano.	4
Figura 2 - Concentrador solar.	6
Figura 3 - Sistema de rastreamento de uma torre de recepção central.	6
Figura 4 - Concentrador Solar de Disco Parabólico.	7
Figura 5 - Modelo de Antena e Figura 6 - Parábola pronta.	9
Figura 7 - Construção do recipiente.	9
Figura 8 - Reservatório Pronto.	10
Figura 9 - Projeto em fase de testes.	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais, quantidades e preços.....	11
Tabela 2 – Medições.....	21

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da participação das fontes na geração de energia elétrica.....	4
Gráfico 2 - Temperatura na entrada e saída do recipiente. Dia 06/05/2023.	13
Gráfico 3 - Temperatura na entrada e saída do recipiente. Dia 07/05/2023.	13
Gráfico 4 - Temperatura na entrada e saída do recipiente. Dia 08/05/2023.	14
Gráfico 5 - Temp. de saída do recipiente e entrada do reservatório. Dia 06/05.	15
Gráfico 6 - Temp. de saída do recipiente e entrada do reservatório. Dia 07/05.	15
Gráfico 7 - Temp. de saída do recipiente e entrada do reservatório. Dia 08/05.	16
Gráfico 8 - Temp. de entrada do recipiente e saída do reservatório. Dia 06/05.	16
Gráfico 9 - Temp. de entrada do recipiente e saída do reservatório. Dia 07/05.	17
Gráfico 10 - Temp. de entrada do recipiente e saída do reservatório. Dia 08/05.	17
Gráfico 11 - Temperatura ambiente e do foco. Dia 06/05.	18
Gráfico 12 - Temperatura ambiente e do foco. Dia 07/05.	18
Gráfico 13 - Temperatura ambiente e do foco. Dia 08/05.	19
Gráfico 14 - Temperatura do reservatório. Dia 06/05.	20
Gráfico 15 - Temperatura do reservatório. Dia 07/05.	20
Gráfico 16 - Temperatura do reservatório. Dia 08/05.	21
Gráfico 17 - Curva de temperatura final.	23

LISTA DE SÍMBOLOS

Q = quantidade de calor

m = massa

c = calor específico da água

Δt = variação de temperatura

η = eficiência

Q_{abs} = calor absorvido

Q_{sol} = radiação solar obtida pela central de coleta da UFERSA.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	3
2..1 – Energia Solar	3
2.1.1 – Energia Solar na região Nordeste	3
2.1.2 – Energia Solar no Rio Grande do Norte	5
2.2 – Concentradores Solar	5
2.2.1 – Concentrador Solar Cilíndrico Parabólico	5
2.2.2 – Sistema de Torre de Recepção Central	6
2.2.3 – Concentrador Solar de Disco Parabólico	7
3 – MATERIAIS E MÉTODOS	8
3.1 – Construção do Concentrador Solar	8
3.2 – Construção do Recipiente e Reservatório	9
3.3 – Ensaios	11
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
5 – CONCLUSÃO	25
6 – SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	26
REFERÊNCIAS	27

1 - INTRODUÇÃO

Após o período da Revolução Industrial, houve uma crescente necessidade no consumo de energia que resultou em melhora na qualidade de vida da sociedade. Apesar disso, o alto consumo de energia e a não preocupação com o meio ambiente ocasionou um grande aumento na concentração de dióxido de carbono, que é derivado da queima de combustíveis fósseis (KROTH, 2016). Vale lembrar que esses tipos de combustíveis são poluentes e podem ocasionar prejuízos irreversíveis ao meio ambiente (JUNIOR, 2017).

No Brasil a matriz energética é apresentada de forma quantitativa e as principais fontes de energia utilizadas são provenientes das fontes renováveis e não renováveis. A matriz energética brasileira mostrou em 2016 que a oferta interna de energia atingiu cerca de 288,3 Mpe (milhões de toneladas equivalentes de petróleo). Para as fontes renováveis, se manteve como a mais elevada do mundo (EPE, 2016).

O uso de energia renovável pode ser considerado como uma alternativa para produção de energia limpa para a sociedade, pois são inesgotáveis e menos prejudiciais ao meio ambiente (TWIDELL; WEIR, 2015).

Falar em energia renovável nos dias de hoje não é mais algo completamente desconhecido como era há algumas décadas atrás, onde não se tinha muito conhecimento sobre seu poder energético. Com o passar dos anos e o avanço da tecnologia, mediante pesquisas científicas, tornou-se possível utilizar de fontes naturais para se produzir energia limpa em comparação aos até então usados combustíveis fósseis. Os biocombustíveis juntamente com a energia solar e eólica, tornaram-se um meio alternativo para diminuir a dependência do petróleo por se tratar de um método sustentável. A ideia veio ganhando força no decorrer dos anos e várias fontes de energia limpa foram surgindo a partir de diversas matérias-primas.

Com ênfase na energia solar, o Brasil vem ganhando destaque nos últimos anos e cada vez mais está presente no cotidiano dos brasileiros, principalmente devido ao aumento substancial dos preços de geração de energia elétrica, por exemplo. É bastante comum observarmos residências e estabelecimentos com a sua própria geração de energia através de painéis solares. Um destaque para a região nordeste do país, que devido à alta incidência solar e a baixa concentração de chuva, o uso do sol para gerar energia é ideal. Vale salientar que o aumento não ocorre somente para energia elétrica, mas também para os combustíveis, principalmente o gás de cozinha que teve um crescimento assustador no preço do GLP (gás

liquefeito de petróleo) nos últimos anos. Diante desse motivo o uso de gás de cozinha como única fonte de energia térmica se torna inviável, assim, é imprescindível a utilização de meios alternativos.

Dessa forma, cabe a sociedade, principalmente a comunidade científica, o desenvolvimento de soluções simples e fáceis para melhorar esse cenário (GARCIA, 2018). Uma tarefa simples como o aquecimento de água pode ser realizada através de um concentrador solar construído de forma artesanal.

Tomando por base as informações iniciais, o seguinte trabalho apresenta o desenvolvimento de um concentrador solar parabólico, desde a sua construção utilizando materiais recicláveis, como os testes e resultados obtidos a fim de se conhecer a sua viabilidade e eficiência.

2 – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2..1 – Energia Solar

O Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia. Em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas da energia do Sol. O aproveitamento dessa energia, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é atualmente uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os novos desafios (LION, 2007).

É importante observar que a sociedade brasileira despertou o interesse na utilização da energia solar com o passar dos anos, por se tratar de uma fonte de energia limpa, renovável e que diminui os impactos que são causados pelas formas tradicionais de geração de energia (DIAS, 2017).

O Brasil conta com um alto nível de radiação solar que pode ser aproveitado de diversas formas. O aproveitamento dessa radiação pode ser dividido, conforme a aplicação, segundo quatro grupos distintos: aplicações térmicas em geral, obtenção de força motriz diversa, obtenção de eletricidade e obtenção de energia química (LION, 2007).

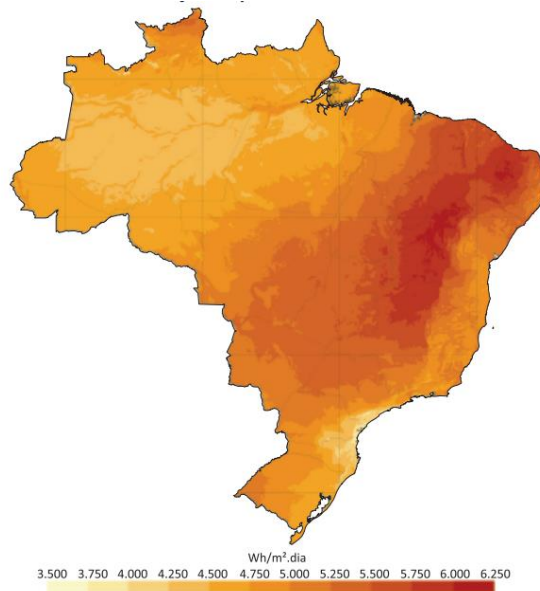
No Brasil a energia solar representa cerca de 13,1% de toda sua matriz elétrica, perdendo apenas para a energia gerada nas hidrelétricas, segundo o website Portal Solar em publicação feita no ano de 2023. O site ainda afirma que no Brasil o uso da energia solar é majoritariamente em residências como auxílio na redução da conta de luz, por meio da energia térmica, aquecimento de água ou pela utilização de painéis solares na geração de energia elétrica.

2.1.1 – Energia Solar na região Nordeste

De acordo com o Atlas Brasileiro de energia solar, publicado em 2017 pelo INPE, a região nordeste possui os melhores parâmetros, apresentando o maior nível de irradiação solar no plano, chegando a uma média anual de 5,52 kWh/m². dia, além de uma menor variação durante o ano. Por esse motivo que a região nordeste, principalmente a porção semiárida onde a alta irradiação está relacionada com a baixa precipitação e menor cobertura de nuvens ao

longo do ano, é tida como o principal destino para investimentos de energia solar. A Figura 1 mostra o mapa do país com seu total diário de irradiação.

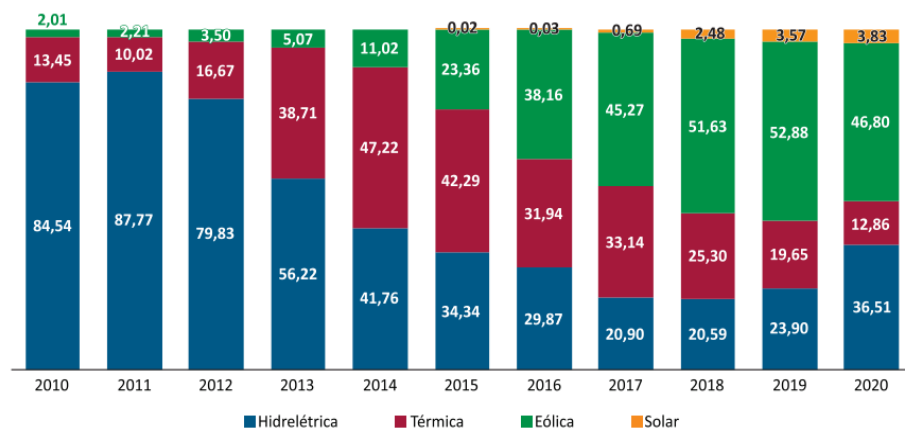
Figura 1 - Total diário de irradiação no plano.



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017.

Em 2021, Bezerra afirma que na região nordeste, nos últimos anos, a fonte solar está gradativamente ocupando um maior espaço na geração de energia elétrica, representando 3,83% do total que foi gerado em 2020 e ganhando destaque diante das outras fontes de energia. O Gráfico 1 mostra o crescimento da energia solar durante os últimos anos diante das outras fontes de energia na região Nordeste do país.

Gráfico 1 - Evolução da participação das fontes na geração de energia elétrica no Nordeste.



Fonte: ONS (2021). Elaboração: BNB/Etene.

2.1.2 – Energia Solar no Rio Grande do Norte

Segundo a FIERN (2023), no ano de 2022 o estado alcançou a marca de 300 MW (Megawatts) de potência instalada de energia solar, o que considera uma evolução de 53% em menos de um ano. Ao se tratar de potência instalada, significa que a energia é gerada através de painéis solares, o que mostra o potencial que o estado tem em gerar energia oriunda do sol. Os dados foram publicados pela Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), e comemorado como um novo marco para o estado, que foi considerado como um crescimento exponencial de geração de energia distribuída.

2.2 – Concentradores Solar

Também conhecidos como Sistemas Termossolares de Concentração (STC), o concentrador solar é um sistema que tem como objetivo converter a radiação solar direta em outro tipo de energia que será utilizada de forma imediata ou armazenada. Diante dos tipos de concentradores existentes, os que se destacam são os: concentradores cilíndricos parabólicos do tipo calha, sistemas de torres e os discos parabólicos. O primeiro consiste em concentrar a radiação solar em apenas um eixo, enquanto os outros dois concentram em apenas um ponto que é chamado de foco (FILHO, 2008).

2.2.1 – Concentrador Solar Cilíndrico Parabólico

Os primeiros concentradores solares do tipo cilíndrico parabólico surgiram nos anos 80, na Califórnia, EUA. Esse tipo de concentrador consegue aquecer o fluido em até 400 °C. São compostos por uma geometria cilíndrica com formato de parábola e superfície refletora, onde na linha de foco é colocado um tubo que irá receber os raios refletidos e concentrados para aquecer o fluido que está passando por dentro do tubo (MALGUETA, 2012). A Figura 2 mostra um exemplo de concentrador cilíndrico parabólico do tipo calha.

Figura 2 - Concentrador solar.

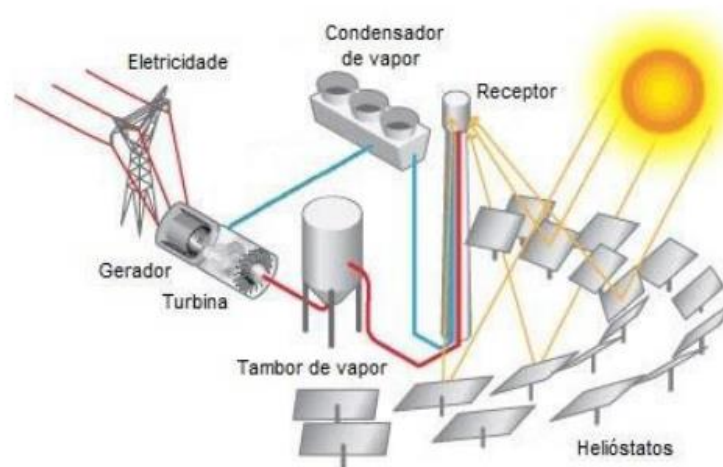


Fonte: FILHO, 2008.

2.2.2 – Sistema de Torre de Recepção Central

O sistema de torre consiste em um campo de helióstatos, que são placas refletoras que se movem independentemente e que rastreiam o sol em dois eixos, direcionando assim a radiação solar para o topo da torre, onde consta o receptor que está próximo ao campo de helióstatos (BIANCHINI, 2013). A Figura 3 mostra o esquema do sistema de torre.

Figura 3 - Sistema de rastreamento de uma torre de recepção central.



Fonte: ENERGY.GOV.2016

2.2.3 – Concentrador Solar de Disco Parabólico

Este tipo de concentrador utiliza um disco parabólico com uma superfície refletora, onde a radiação solar é concentrada no recipiente (MEDINA, 2014). Juntamente com o recipiente, há um fluido (nesse caso será água), que irá aquecer de acordo com a reflexão dos raios solares pela superfície espelhada. Há também modelos em que no lugar do recipiente com água, consta um motor de Stirling e um gerador para geração de eletricidade. A Figura 4 exemplifica um concentrador solar de disco parabólico.

Figura 4 - Concentrador Solar de Disco Parabólico.



Fonte: Autoria Própria

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão mostrados os materiais e métodos utilizados para a construção do concentrador. O trabalho se deu de forma experimental, envolvendo a construção e avaliação do projeto do concentrador solar de disco parabólico. Também foi necessário a adaptação de um recipiente que foi usado para fazer a troca de calor com o reservatório de armazenamento de água. O recipiente também sofreu adaptações de isolamento térmico a fim de reduzir a perda de calor durante o processo.

3.1 – Construção do Concentrador Solar

A construção do concentrador se deu baseada em uma antena (Figura 5) de sinal de televisão que já se apresentava em forma de parábola, facilitando assim o andamento do projeto. Devido às diferenças em sua área circular, a superfície foi ajustada utilizando fita isolante para se obter a área mais próxima possível de um círculo, obtendo assim o valor de $0,62\text{m}^2$.

O concentrador também é composto por uma base para ajuste de foco utilizando as próprias hastes que vieram juntamente com a antena, além de madeiras para apoio ao chão. Algumas hastes foram utilizadas para ser o suporte que segurava a base do recipiente, que foi construída a partir de uma cantoneira de metal e de forma circular com o centro vazado, como consta na Figura 6.

Para se ter a superfície refletora, foram utilizados espelhos cortados em pequenos pedaços quadrados e colados na superfície da antena respeitando o máximo possível de toda a curvatura da parábola. Devido a flexibilidade da antena, alguns espelhos acabaram se descolando ao manuseá-la, pois a cola de silicone e super Bond utilizadas no processo de colagem, não aderiram o suficiente para manter os espelhos fixos na antena. Sendo assim, foi necessário utilizar cola de contato de alta resistência, também conhecida popularmente como cola de sapateiro.

Figura 5 - Modelo de Antena.



Fonte: Mercado Livre

Figura 6 - Parábola pronta.

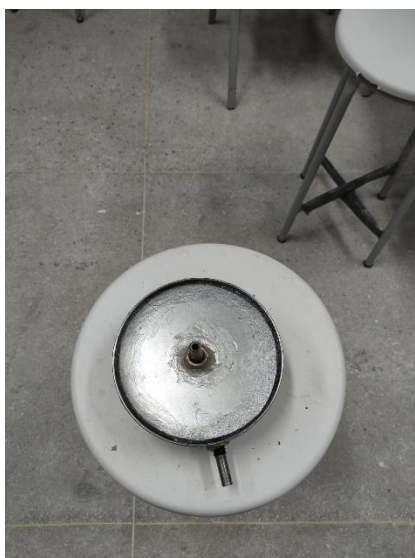


Fonte: Autoria própria

3.2 – Construção do Recipiente e Reservatório

Para a construção do recipiente foi utilizada uma panela de cozinhar alimentos. A mesma foi vedada no seu topo utilizando uma chapa de zinco, cola de silicone e massa epóxi rígida. Além disso, foi necessário abrir um furo na lateral e no topo para entrada e saída da água, respectivamente, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Construção do recipiente.



Fonte: Autoria própria.

Já para o reservatório, foi utilizado um balde plástico de capacidade 60 litros com geometria cilíndrica. Para evitar perdas de calor, foi necessário fazer um isolamento térmico do balde utilizando gesso, isopor e agave. Também foi utilizado papelão para construir o molde do balde e assim inserir o gesso ao redor, conforme pode ser visto na Figura 8.

Conexões de tubos e mangueiras foram utilizadas para que a água circulasse dentro do reservatório e fizesse a troca de calor com o recipiente. Já nesse segundo, foi necessário fabricar um conector próprio que se adequasse ao tamanho da panela. Sendo assim, foi realizado o processo de usinagem em dois parafusos a fim de se adequarem a mangueira e a panela. Por fim, também foram utilizados termopares para medição das temperaturas de entrada e saída do recipiente, da água no topo, meio e fundo do reservatório. A Tabela 1 apresenta os materiais utilizados juntamente com seus preços. Lembrando que alguns foram adquiridos através da reciclagem, porém outros foram necessários comprar.

Figura 8 - Reservatório Pronto.



Fonte: Autoria Própria.

Tabela 1 - Materiais, quantidades e preços.

MATERIAIS UTILIZADOS		
TIPO	QUANTIDADE	PREÇO
Antena	1	R\$ 100,00
Espelhos	1m ²	Reciclado - Preço estimado de R\$ 230,00/m ²
Balde	1	R\$ 55,00
Panela	1	Reciclado
Gesso	20kg	R\$ 30,00
Mangueira	2m	R\$ 6,50/m
Conexões	2 pc	R\$ 10,00
Agave	100g	R\$ 6,00
Isopor	100g	R\$ 12,00
Cola	500ml	R\$ 17,00
Parafusos	6	R\$ 8,00
Porcas	8	R\$ 4,00
Fita Isolante	1	R\$ 2,00
Massa epóxi	1	R\$ 12,50
Madeiras	10 pc	Reciclado
TOTAL		R\$ 493,00

Fonte: Autoria Própria.

3.3 – Ensaios

Neste tópico serão descritos os processos realizados durante os testes do concentrador. Todos os testes foram feitos na cidade de Caraúbas-RN no campus da UFERSA entre os dias 05/05/2023 até o dia 09/05/2023. Os horários para realização dos testes foram definidos entre as 08:00h até as 16:00h, contínuas e sem interrupções. Já no primeiro dia, alguns problemas ocorreram com a base de madeira do concentrador sendo necessário fazer a troca, o que ocasionou atrasos nas medições que começaram a partir das 09:30h e foram até as 14:30h.

O método utilizado foi de apontar o concentrador para o sol e fazer o ajuste do foco para que a superfície inferior do recipiente estivesse totalmente coberta pelos raios que eram refletidos. As medições de temperaturas eram feitas através dos termopares e entre um intervalo de 30 minutos. Entre uma medição e outra, em aproximadamente 15 minutos antes da próxima, o foco do concentrador era ajustado.

Inicialmente, a temperatura ambiente era medida, seguido da temperatura do foco já depois de ajustado. Depois desse processo, as temperaturas da entrada e saída do recipiente também eram medidas juntamente com a entrada e saída do reservatório. Por fim, a última medição era da água no topo, meio e fundo do reservatório. Todas as temperaturas foram anotadas em tabelas constando a hora e o ponto medido. A Figura 9 mostra o projeto em fase de testes.

Figura 9 - Projeto em fase de testes.



Fonte: Autoria própria.

Após a coleta dos dados, iniciou-se o cálculo de eficiência do concentrador. Primeiramente foi necessário encontrar a quantidade de calor utilizando a seguinte formula:

$$Q = mc\Delta t$$

onde:

Q = quantidade de calor

m = massa

c = calor específico da água

Δt = variação de temperatura

Por fim, a eficiência do concentrador foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$\eta = \frac{Q_{abs}}{Q}$$

onde:

η = eficiência

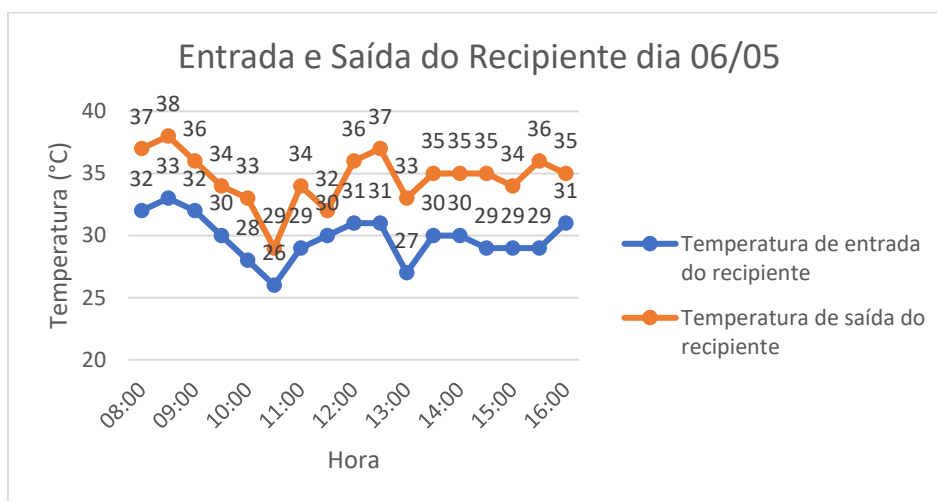
Q_{abs} = calor absorvido

Q_{sol} = radiação solar obtida pela central de coleta da UFERSA.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

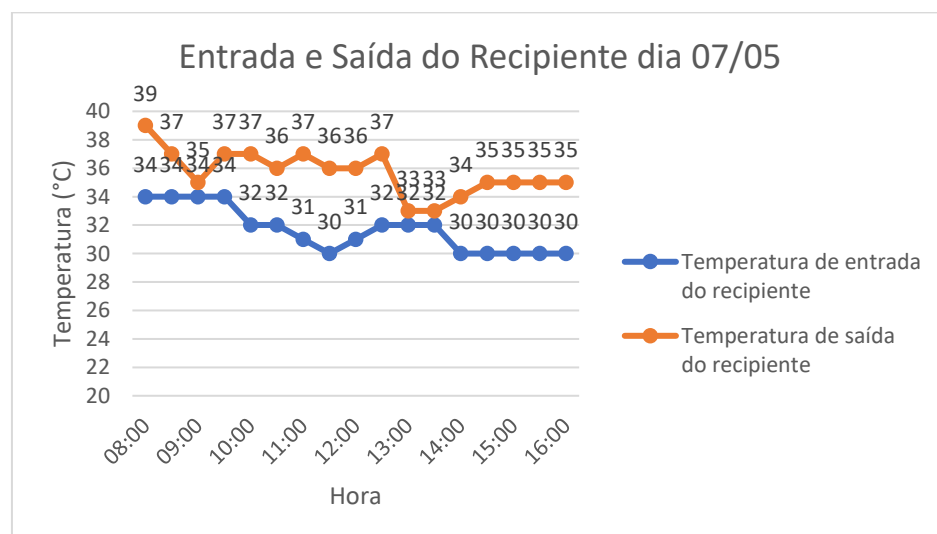
Os testes foram realizados durante o período de cinco dias iniciando a partir das 8h da manhã e finalizando às 16h da tarde. As medições foram feitas a cada 30 minutos, porém, devido alguns problemas ocorridos no primeiro dia de medição, foram descartados os dados do dia 05/05/2023 e do último dia, 09/05/2023. Os dados obtidos nos dias 06/05/2023 até o dia 08/05/2023, foram utilizados para fazer as análises de eficiência do projeto. Os Gráficos 2, 3 e 4, mostram todas as temperaturas que foram obtidas na entrada e na saída do recipiente durante os três dias de medição.

Gráfico 2 - Temperatura na entrada e saída do recipiente. Dia 06/05/2023.



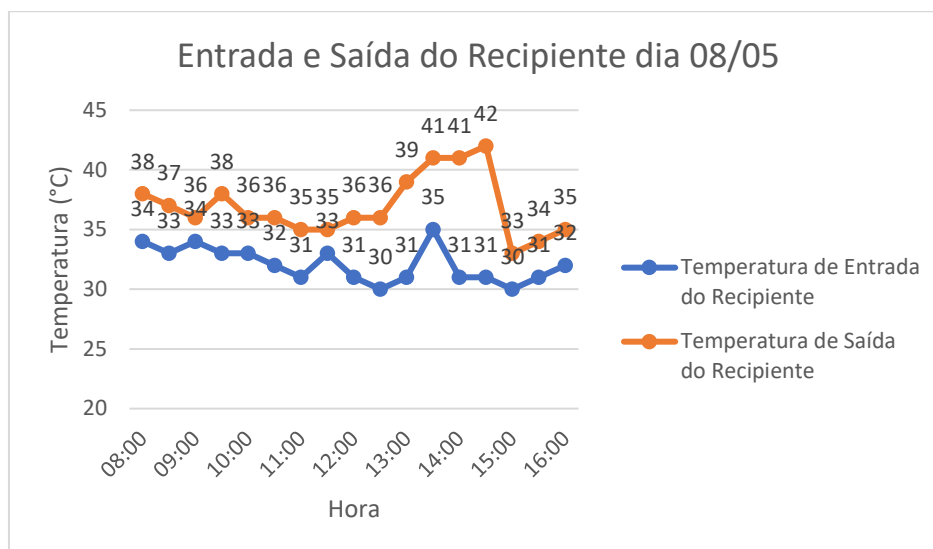
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 3 - Temperatura na entrada e saída do recipiente. Dia 07/05/2023.



Fonte: Autoria própria

Gráfico 4 - Temperatura na entrada e saída do recipiente. Dia 08/05/2023.



Fonte: Autoria própria.

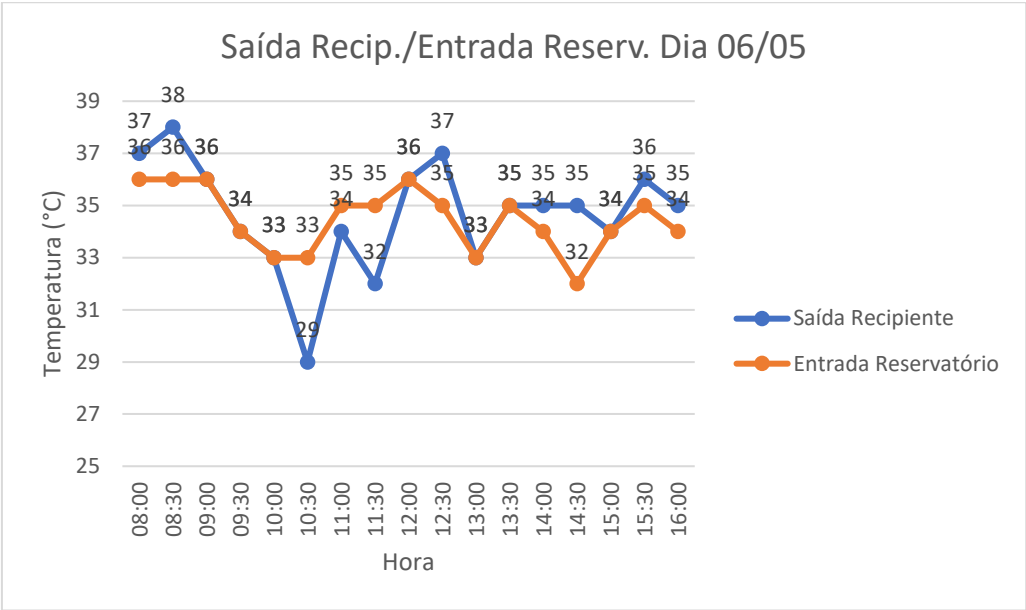
Os Gráficos se mostraram coerentes com a realidade, pois a temperatura de saída do recipiente mostrou-se ser sempre maior do que a de entrada, ao serem comparadas no mesmo horário, visto que a saída do recipiente está recebendo a incidência solar direta refletida pelo concentrador. Já a temperatura de entrada do recipiente mostrou-se ser mais baixa pois se trata da água que está contida no fundo do reservatório, onde a troca de calor ocorre de maneira mais lenta.

As medições realizadas para as temperaturas de saída do recipiente e entrada no reservatório estão constando nos Gráficos 5, 6 e 7 abaixo. Percebe-se que em comparação às temperaturas obtidas nos gráficos anteriores, os resultados se mantêm semelhantes, inclusive as curvas de saída do recipiente, por exemplo do dia 06/05, se comportam em boa parte do tempo de maneira igual, com poucas variações.

O Gráfico 7 demonstra dois grandes picos fora da curva de medição de temperatura para a entrada do reservatório. Devido à distância de horário em que isso ocorreu, pode-se considerar como erro de medição, pois os outros valores seguem semelhantes aos outros dias.

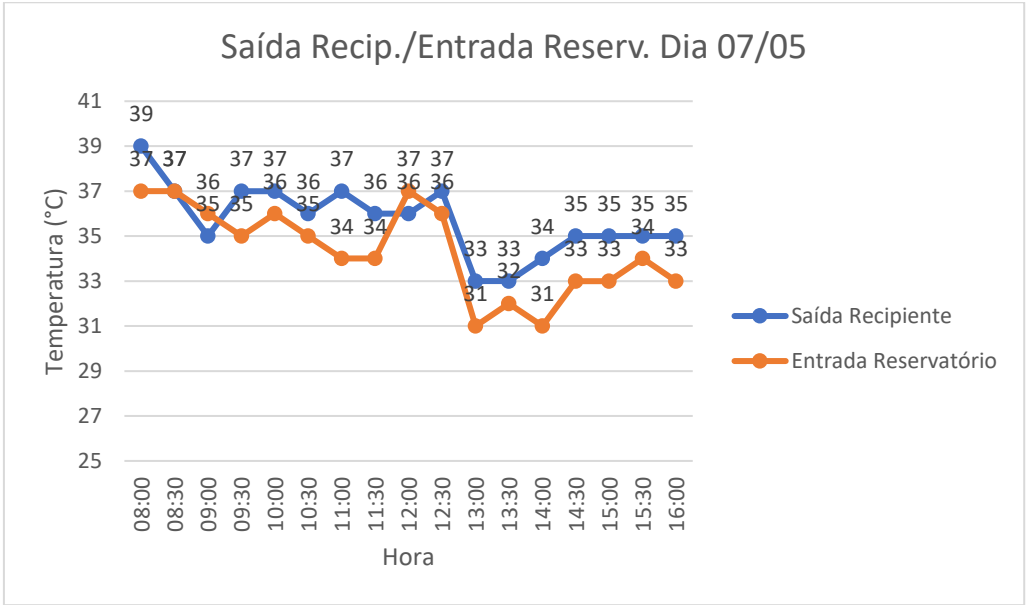
Os seguintes Gráficos 8, 9 e 10, mostram os valores de temperatura obtidos para entrada do recipiente e saída do reservatório.

Gráfico 5 - Temp. de saída do recipiente e entrada do reservatório. Dia 06/05.



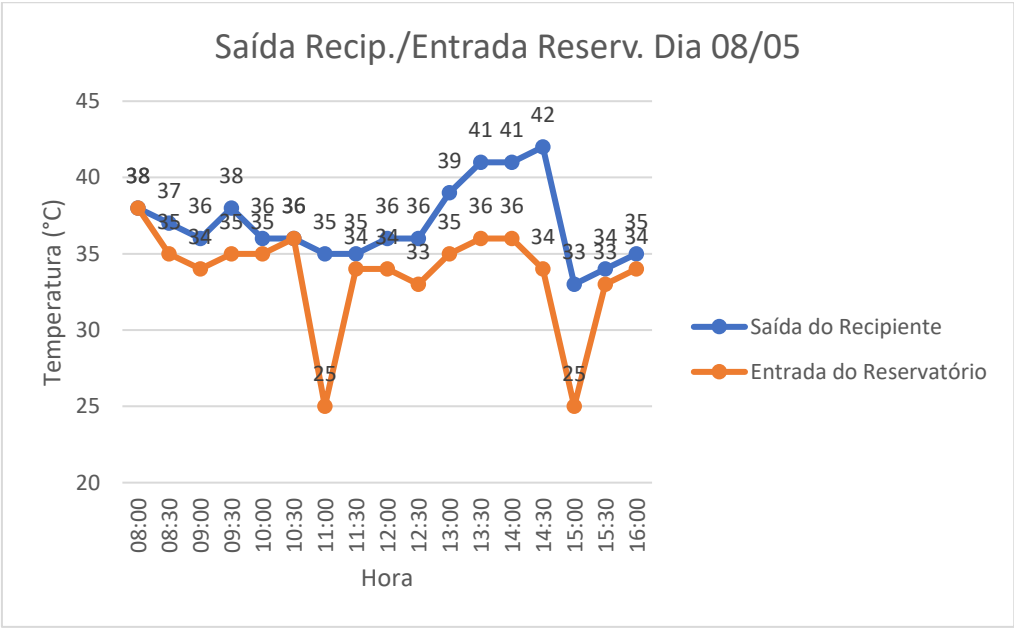
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 6 - Temp. de saída do recipiente e entrada do reservatório. Dia 07/05.



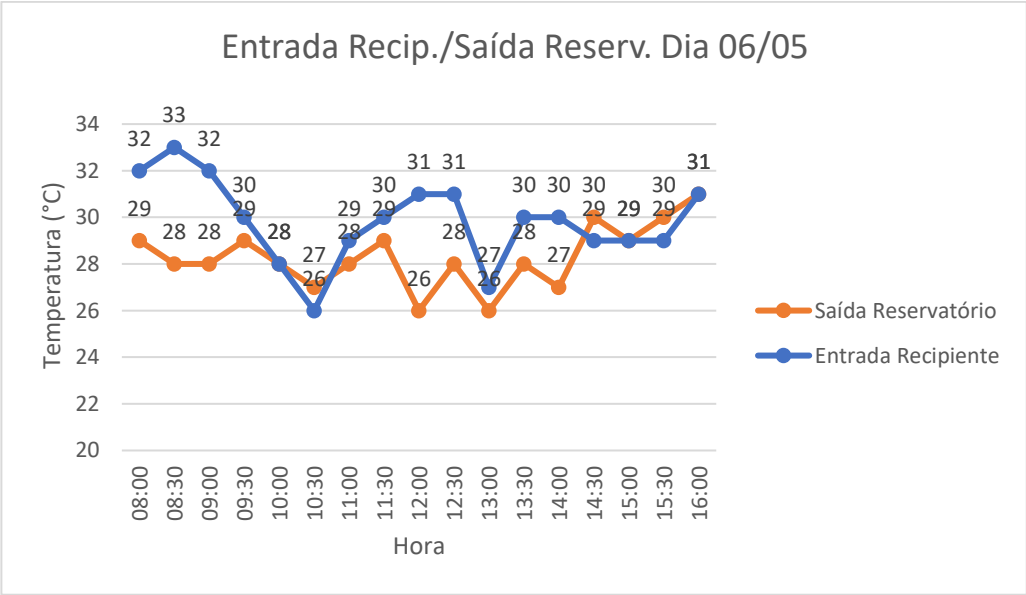
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 7 - Temp. de saída do recipiente e entrada do reservatório. Dia 08/05.



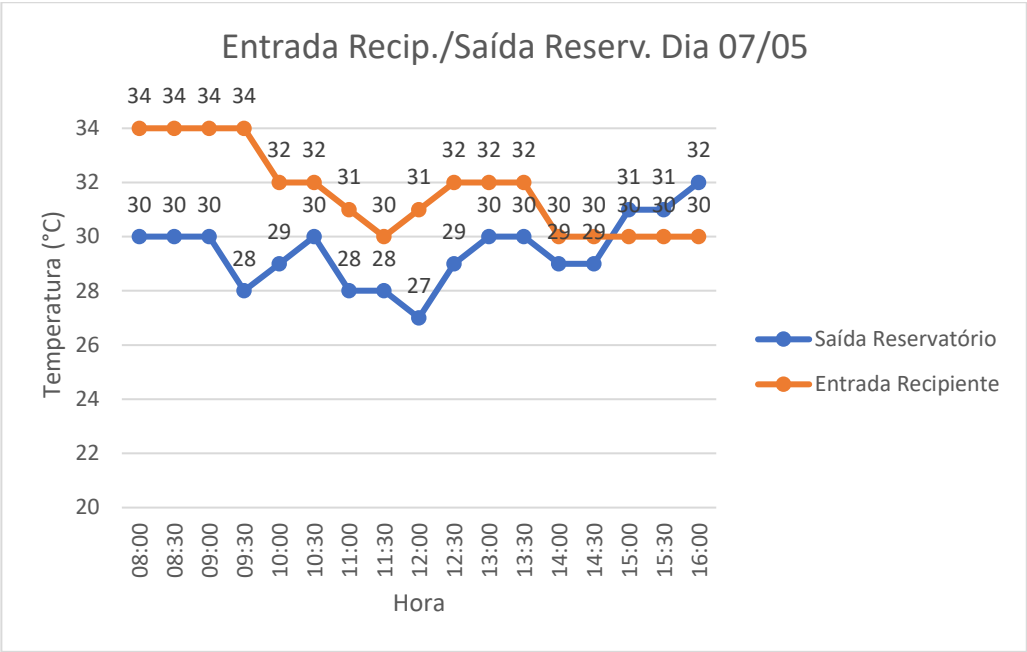
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 8 - Temp. de entrada do recipiente e saída do reservatório. Dia 06/05.



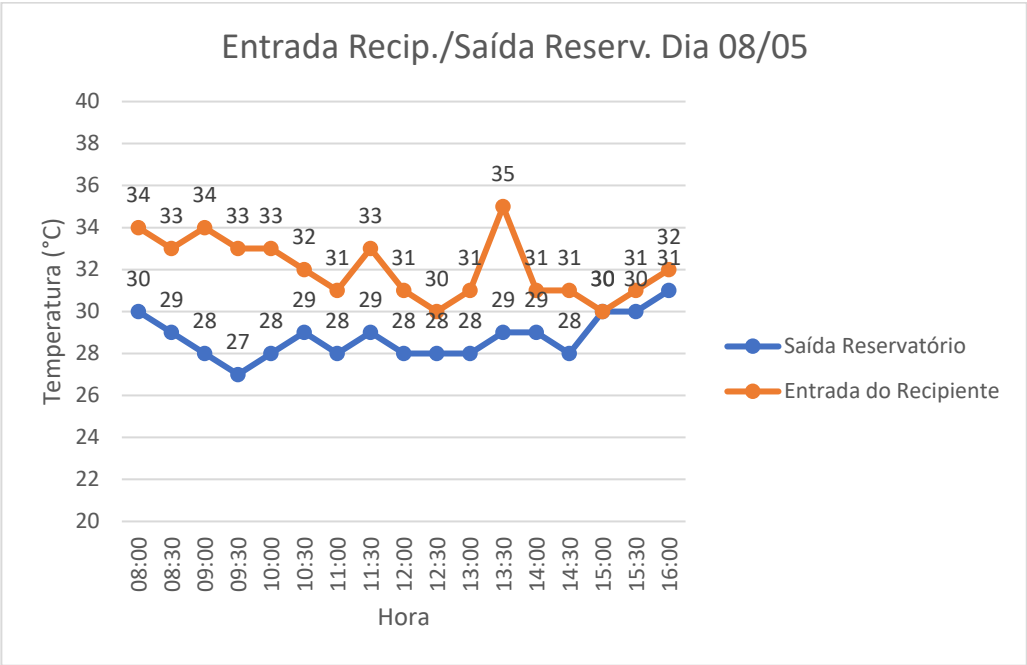
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 9 - Temp. de entrada do recipiente e saída do reservatório. Dia 07/05.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 10 - Temp. de entrada do recipiente e saída do reservatório. Dia 08/05.

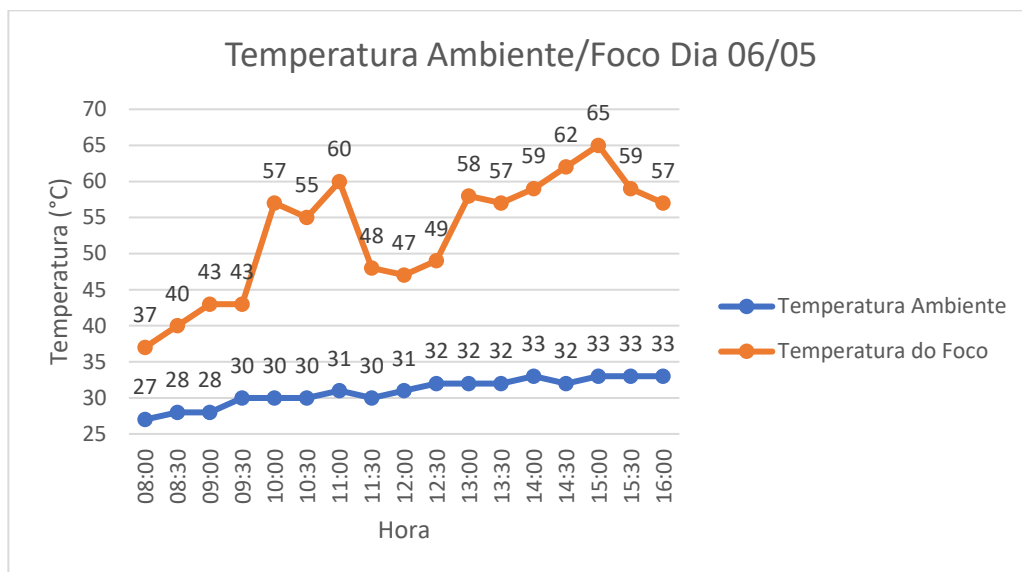


Fonte: Autoria própria.

Percebe-se mais uma vez, que as temperaturas obtidas durante os três dias seguem de forma semelhante, com pequenas variações. Porém, apesar disso, por mais que sejam variações pequenas, é notável a perda de temperatura durante as saídas e entradas.

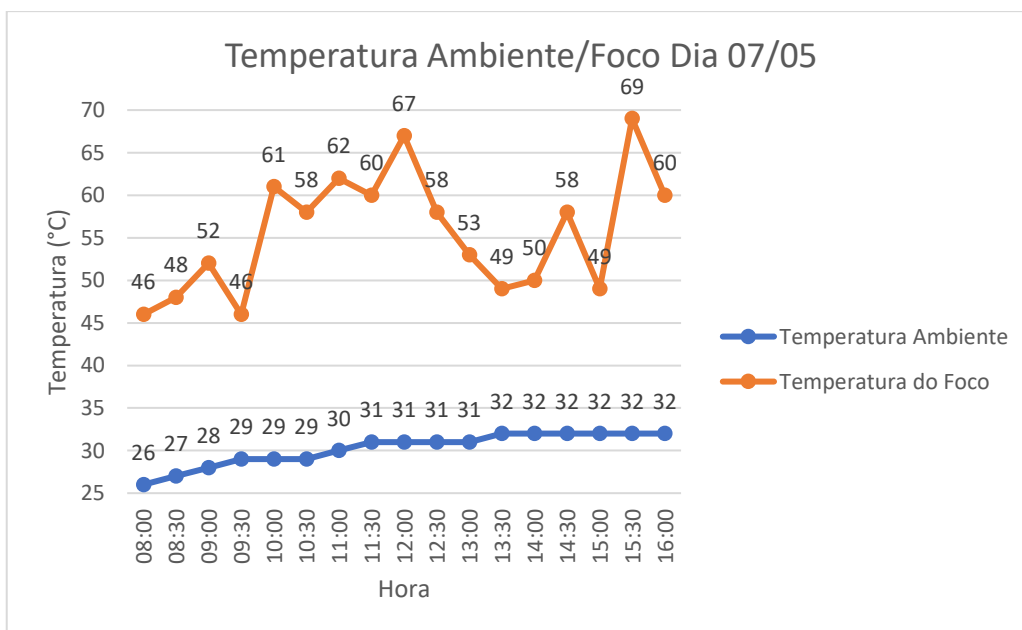
Pode ver nos Gráficos 11, 12 e 13 a demonstração das temperaturas obtidas no foco do concentrador e no ambiente.

Gráfico 11 - Temperatura ambiente e do foco. Dia 06/05.



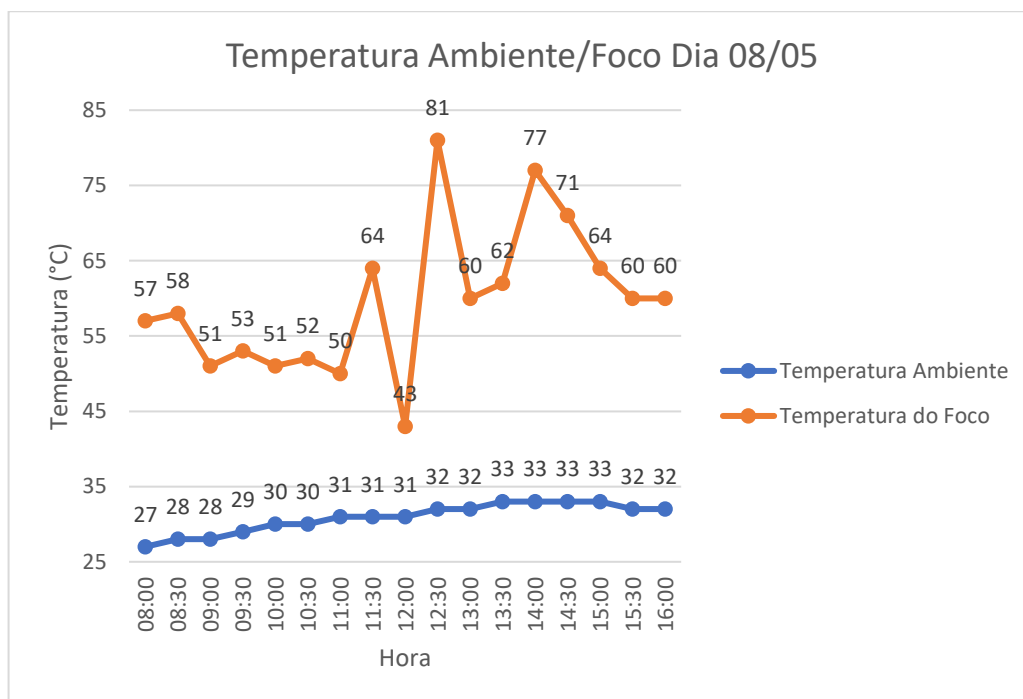
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 12 - Temperatura ambiente e do foco. Dia 07/05.



Fonte: Autoria Própria.

Gráfico 13 - Temperatura ambiente e do foco. Dia 08/05.



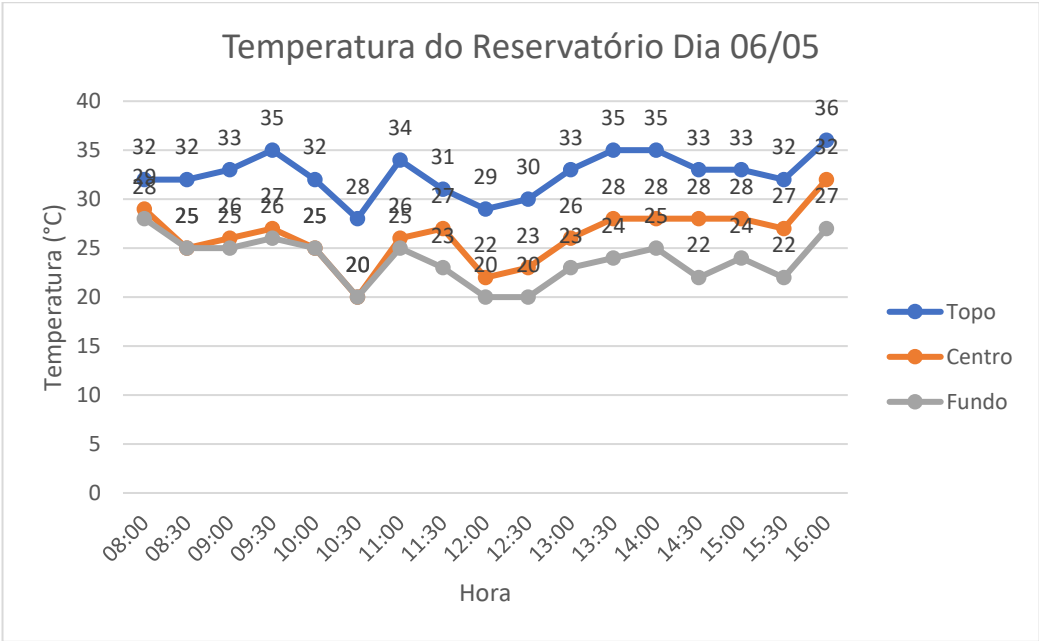
Fonte: Autoria própria.

A partir destas medições percebeu-se que a temperatura do foco não atingiu os valores esperados. Estimava-se que devido a área da parábola, a temperatura seria em torno dos 300 °C ou mais, no foco. Segundo as medições, houveram constantes variações nos valores obtidos, apesar dos dias em que foram feitas as coletas apresentarem céu limpo e aberto.

Nesse caso, o que pode ter ocorrido foi a má distribuição dos espelhos na superfície da parábola, pois o foco apresentou-se de maneira dispersa, não incidindo em apenas um ponto. Os poucos espaços entre um espelho e outro, também possivelmente influenciaram para que o foco não atingisse o resultado esperado, sendo assim, com menos radiação refletida menor foi a temperatura.

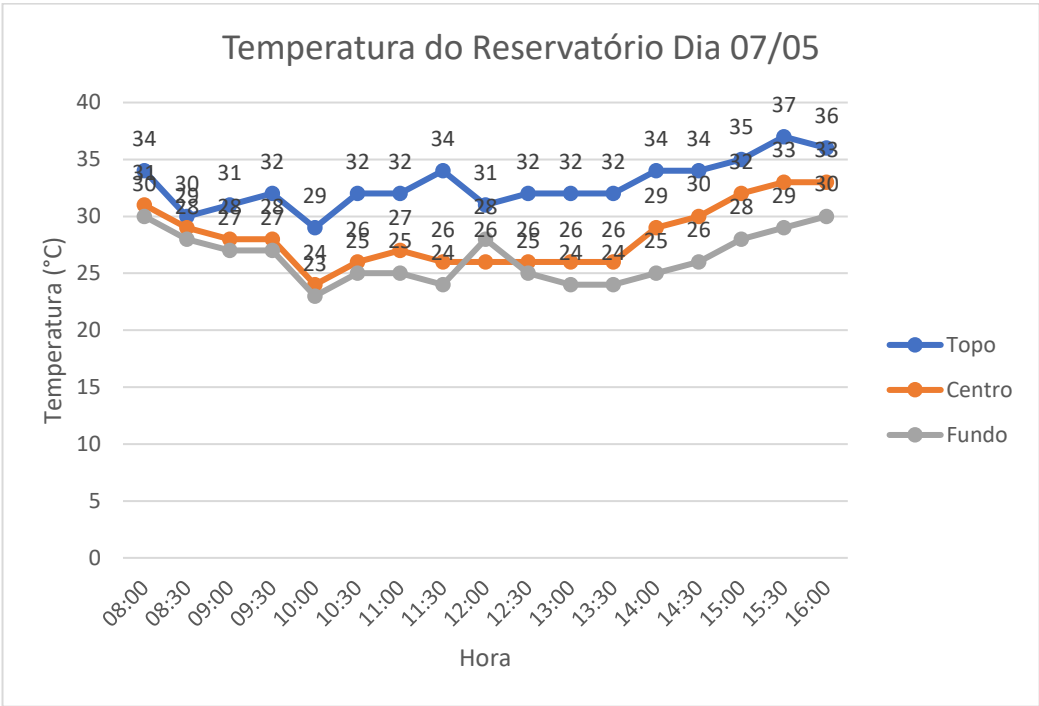
As temperaturas no reservatório de água também foram obtidas e constam nos Gráficos 14, 15 e 16. As medições tratam-se das temperaturas do topo, meio e fundo do reservatório. Os valores se mostraram constantes e com poucas variações, a perda de calor dentro do reservatório ocorreu de forma sucinta, o que significa que o isolamento do reservatório funcionou como o esperado. Como o reservatório permaneceu constantemente conectado ao recipiente, já este apresentou problemas no isolamento e de forma contínua ocorriam vazamentos de água. O problema não foi completamente reparado, apenas conseguiu-se uma diminuição no vazamento. Possivelmente isso influenciou nas temperaturas obtidas.

Gráfico 14 - Temperatura do reservatório. Dia 06/05.



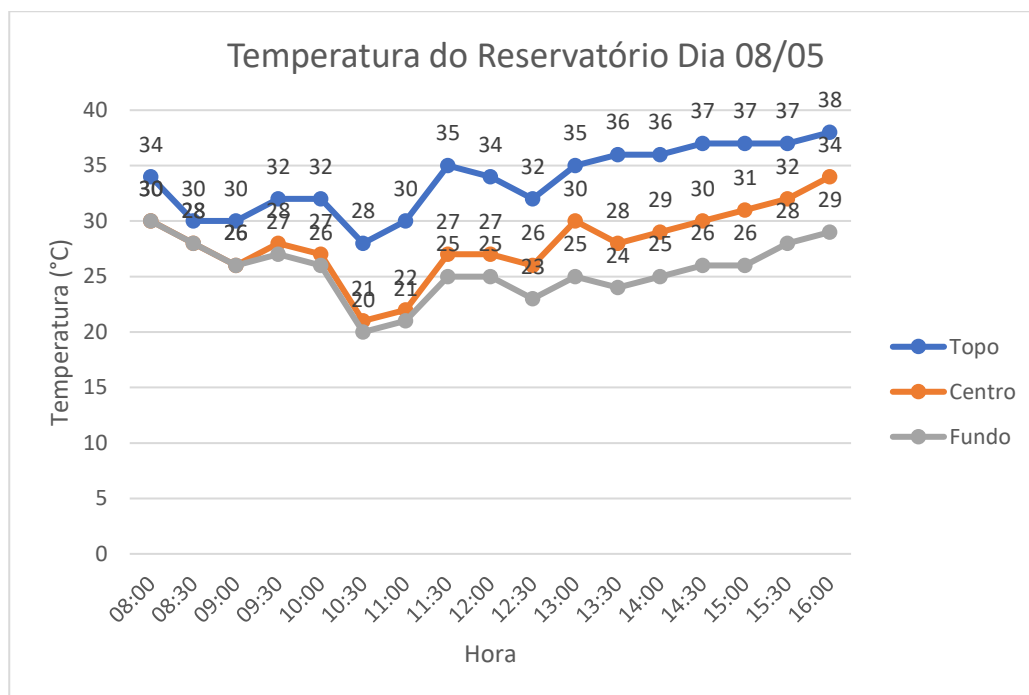
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 15 - Temperatura do reservatório. Dia 07/05.



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 16 - Temperatura do reservatório. Dia 08/05.



Fonte: Autoria própria.

A quantidade de calor foi encontrada a cada 1 cm de altura do reservatório. Com os dados da altura, diâmetro, área, volume e massa já previamente conhecidos, montou-se a Tabela 2 com as seguintes informações.

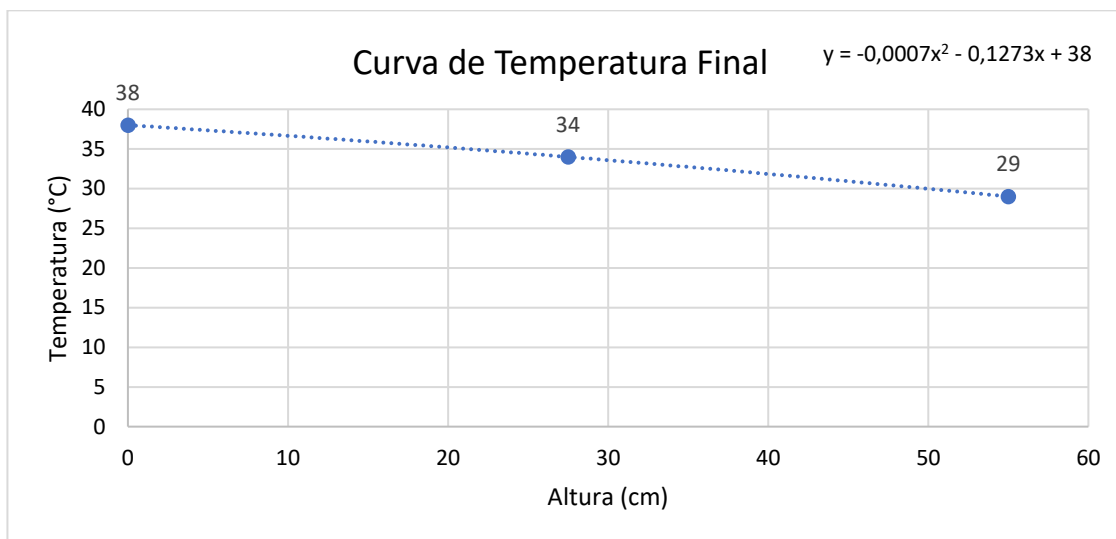
Tabela 2 – Medições.

Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Área (cm ²)	Volume (cm ³)	Massa (g)	Q (cal)	T (°C)
0	40,00	1256,64	1253,22	1253,22	8358,96	38,00
1	39,89	1249,80	1246,39	1246,39	8153,87	37,87
2	39,78	1242,98	1239,58	1239,58	7948,91	37,74
3	39,67	1236,18	1232,78	1232,78	7744,10	37,61
4	39,56	1229,39	1226,01	1226,01	7539,47	37,48
5	39,46	1222,63	1219,25	1219,25	7335,03	37,35
6	39,35	1215,88	1212,52	1212,52	7130,81	37,21
7	39,24	1209,15	1205,80	1205,80	6926,83	37,07
8	39,13	1202,44	1199,10	1199,10	6723,11	36,94
9	39,02	1195,75	1192,42	1192,42	6519,67	36,80
10	38,91	1189,08	1185,76	1185,76	6316,53	36,66
11	38,80	1182,43	1179,11	1179,11	6113,70	36,52
12	38,69	1175,80	1172,49	1172,49	5911,22	36,37
13	38,58	1169,18	1165,88	1165,88	5709,10	36,23
14	38,47	1162,58	1159,30	1159,30	5507,35	36,08
15	38,37	1156,01	1152,73	1152,73	5306,00	35,93
16	38,26	1149,45	1146,18	1146,18	5105,07	35,78

17	38,15	1142,91	1139,65	1139,65	4904,58	35,63
18	38,04	1136,38	1133,13	1133,13	4704,54	35,48
19	37,93	1129,88	1126,64	1126,64	4504,98	35,33
20	37,82	1123,40	1120,16	1120,16	4305,91	35,17
21	37,71	1116,93	1113,71	1113,71	4107,35	35,02
22	37,60	1110,48	1107,27	1107,27	3909,32	34,86
23	37,49	1104,05	1100,85	1100,85	3711,84	34,70
24	37,38	1097,64	1094,45	1094,45	3514,93	34,54
25	37,28	1091,25	1088,07	1088,07	3318,60	34,38
26	37,17	1084,88	1081,70	1081,70	3122,88	34,22
27	37,06	1078,53	1075,36	1075,36	2927,77	34,05
28	36,95	1072,19	1069,03	1069,03	2733,30	33,89
29	36,84	1065,87	1062,72	1062,72	2539,49	33,72
30	36,73	1059,58	1056,44	1056,44	2346,34	33,55
31	36,62	1053,30	1050,17	1050,17	2153,89	33,38
32	36,51	1047,03	1043,91	1043,91	1962,14	33,21
33	36,40	1040,79	1037,68	1037,68	1771,11	33,04
34	36,29	1034,57	1031,47	1031,47	1580,83	32,86
35	36,18	1028,36	1025,27	1025,27	1391,29	32,69
36	36,08	1022,18	1019,09	1019,09	1202,53	32,51
37	35,97	1016,01	1012,94	1012,94	1014,56	32,33
38	35,86	1009,86	1006,80	1006,80	827,39	32,15
39	35,75	1003,73	1000,68	1000,68	641,03	31,97
40	35,64	997,62	994,57	994,57	455,51	31,79
41	35,53	991,53	988,49	988,49	270,85	31,60
42	35,42	985,45	982,43	982,43	87,04	31,42
43	35,31	979,40	976,38	976,38	-95,88	31,23
44	35,20	973,36	970,35	970,35	-277,91	31,04
45	35,09	967,34	964,34	964,34	-459,03	30,85
46	34,99	961,34	958,35	958,35	-639,22	30,66
47	34,88	955,36	952,38	952,38	-818,48	30,47
48	34,77	949,40	946,43	946,43	-996,78	30,28
49	34,66	943,46	940,49	940,49	-1174,11	30,08
50	34,55	937,53	934,58	934,58	-1350,47	29,89
51	34,44	931,63	928,68	928,68	-1525,82	29,69
52	34,33	925,74	922,80	922,80	-1700,17	29,49
53	34,22	919,87	916,94	916,94	-1873,50	29,29
54	34,11	914,02	911,10	911,10	-2045,79	29,08
55	34,00	908,19	454,09	454,09	-1112,08	28,88
Q _{abs}					164290,49	

A temperatura que consta na Tabela 2 foi obtida através da função da curva de temperatura plotada no Gráfico 17. As temperaturas informadas no gráfico são os três últimos valores obtidos no topo, meio e fundo do reservatório do último dia de medição. A altura em centímetros é referente ao reservatório. Com essas informações foi possível encontrar a função da parábola.

Gráfico 17 - Curva de temperatura final.



Fonte: Autoria própria.

De acordo com a Tabela 2, a quantidade de calor absorvido pelo concentrador foi de:

$$Q_{\text{abs}} = 164.290,49 \text{ cal} = 687.391,41016 \text{ J.}$$

$$Q_{\text{sol}} = 624,8762 \text{ W/m}^2 * 28800\text{s} * 0,62\text{m}^2 \text{ (tempo de coleta em segundos)} = 11.157.789,4272 \text{ J/m}^2.$$

Aplicando os valores devidamente convertidos para Joule na equação de eficiência, obtém-se:

$$\eta = \frac{687391,41016}{11.157.789,4272}$$

$$\eta = 0,061 * 100\%$$

$$\eta = 6,16\%$$

Após todos os cálculos realizados, obteve-se uma eficiência de 6,16%, o que significa um valor bastante abaixo do esperado, tornando assim o concentrador ineficiente.

Como informado anteriormente, a temperatura do foco do concentrador não foi alta o suficiente para aquecer a água a níveis elevados, diminuindo bastante a sua eficiência. Os vazamentos apresentados no recipiente também influenciaram na perda de calor do sistema. O ajuste do foco ocorria de forma manual, o que se fazia necessário um ajuste a cada 15 minutos, portanto, em vários momentos foi encontrado o concentrador fora de foco.

5 – CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado a construção de um concentrador solar com aquecimento de água para uso doméstico, onde o custo de produção ficou em torno de R\$ 493,00 e eficiência obtida foi de (6,16%), de acordo com as condições climáticas apresentadas nos dias dos testes.

O trabalho mostrou que é possível aquecer água através de concentradores solares de espelhos.

O valor de eficiência obtido mostra que se faz necessário melhorias em novos projetos a fim de se obter melhores resultados corrigindo possíveis falhas, principalmente ao se tratar das temperaturas do foco, que não foram satisfatórias.

Também é possível relacionar eficiência com o custo, tentando tornar o projeto mais barato e mais eficiente principalmente se a maioria dos materiais foram reciclados e projetados de forma correta.

O reservatório com isolamento em gesso e EPS se mostrou bastante eficiente, visto que pode-se manter as temperaturas altas dentro do reservatório.

6 – SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma sugestão de melhoria para o projeto seria a utilização de um rastreador que manteria o foco do concentrador sempre orientado no recipiente. O rastreador poderia ser projetado utilizando Arduino juntamente com um temporizador, dessa forma o foco estaria sendo ajustado de forma automática. Modificações no eixo de rotação do concentrador também seriam necessárias para que o ajuste ocorresse de forma autônoma. Além disso, a superfície refletora da parábola pode ser ajustada para ficar mais homogênea e assim ter um maior aproveitamento dos raios solares que incidirem.

REFERÊNCIAS

BEZERRA Francisco Diniz – Caderno Setorial ETENE, Ano 6, Nº 174 julho 2021 – Energia Solar.

BIANCHINI, Henrique Magalhães; AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR TÉRMICA. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

DIAS, C. T. C., SILVA, W. K. M., FREITAS, G. P., NASCIMENTO, J. F. Energia Solar no Brasil. Inter Sicientia, n. 1, v. 5, 2017.

EPE. Nota Técnica sobre contratação de energia de reserva e 2º LER 2016. Disponível em:<
<https://www.epe.gov.br/pt/pagina-nao-encontrada?requestUrl=https://www.epe.gov.br/pt/pagina-nao-encontrada>> Acesso em abril 2023.

FIERN - Com crescimento exponencial no RN, energia solar chega à marca de 300 MW e traz oportunidades, diz ISI-ER. Disponível em: < [Com crescimento exponencial no RN, energia solar chega à marca de 300 MW e traz oportunidades, diz ISI-ER - FIERN](#)> Acesso em abril 2023.

FILHO, J. R de S. – Projeto, construção e levantamento de desempenho de um concentrador solar cilíndrico parabólico com mecanismo automático de rastreamento solar -Dissertação de mestrado, 2008.

GARCIA, Gustavo K. V.; Otimização geométrica de calha parabólica para a pasteurização de água. TCC (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, 2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. Ed. São José dos Campos – Brasil. julho 2017. Disponível em: <
http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html> Acesso abril 2023.

Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda. Disponível em: <https://www.instrutherm.com.br/media/catalog/product/t/h/th-1300_vers_pdf.pdf>

JUNIOR, Alexandre Pereira Salgado et al. O IMPACTO NAS VARIAÇÕES DAS MATRIZES ENERGÉTICAS E USO DA TERRA: ESTUDO SOBRE A EFICIÊNCIA AMBIENTAL DO G20. REAd-Revista Eletrônica de Administração, v. 23, n. 2, p. 306-332, 2017.

KROTH, Fabricio Augusto. Construção e avaliação de um concentrador solar cilíndrico parabólico para aquecimento de água residencial. TCC (Graduação em Engenharia Química) – Centro Universitário UNIVATES, 2016.

LION Filho, C. A. P. Q., 2007. Construção e Análise de Desempenho de Um Fogão à Concentração Utilizando Dois Focos Para Cozimento Direto. Dissertação de Mestrado. UFRN, Natal.

MALGUETA, Diego C. GERAÇÃO HELIOTÉRMICA, PRINCÍPIOS E TECNOLOGIAS. Eletrobras Cepel. Rio de Janeiro, 2012.

MEDINA, A. A. I. Diseño de un Concentrador Stirling. Projeto (Graduação), Universidad Nacional Autónoma de México, Cidade do México, 2014.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Histórico da operação. Geração de energia. Disponível em: <[https:// www.ons.or.br](https://www.ons.or.br)> Acesso em abril 2023.

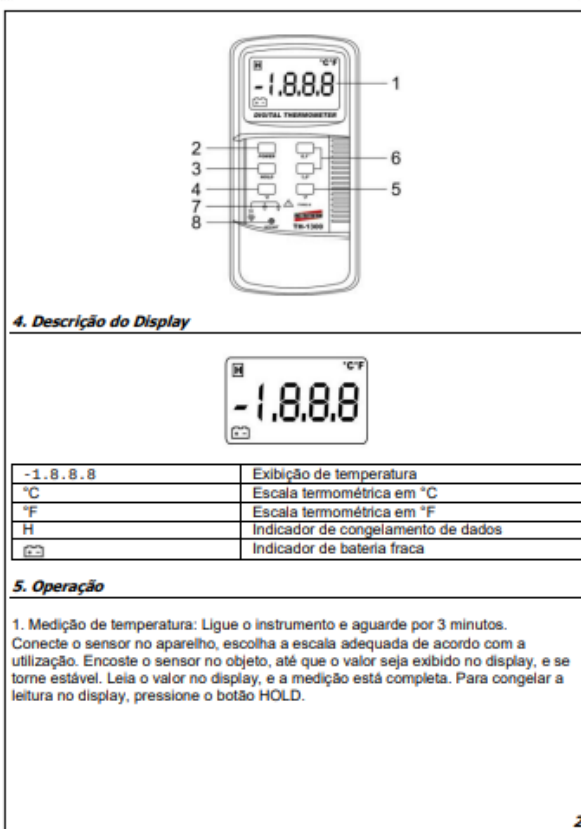
PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L. de; RÜTHER, R.; ABREU, S. L. de; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. de. Atlas brasileiro de energia solar. 2a. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html> Acesso em abril 2023.

Portal Solar – Energia Solar no Brasil. Disponível em: <www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html> Acesso em março de 2023.

TWIDELL, John; WEIR, Tony. Renewable energy resources. Routledge, 2015

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Balanço Energético Nacional 2017: ano base 2016. Rio de Janeiro, EPE, 2017.

ANEXO A – MANUAL DE INSTRUÇÕES TERMOMETRO DIGITAL TH-1300.



Introdução

Este equipamento foi fabricado em conformidade com a norma IEC-458. O instrumento é um termômetro digital portátil com display de 3 ½ dígitos. Capaz de efetuar medições em graus Celsius (°C) ou Fahrenheit (°F). Possui função de compensação de temperatura e congelamento de dados. Este instrumento é compacto, preciso e possui baixo consumo de energia.

1. Especificações Gerais

- Display de 3 ½ dígitos com exibição máxima de 1999
- Sensor de temperatura (Fornecido)
 - Conector tipo K
 - Haste: 78mm x 3mm
 - Temperatura (-10 a 250°C)
- Taxa de amostragem: cerca de 2,5x por segundo
- Temperatura de armazenagem: 0 – 40°C < 80%RH
- Indicação de situação de sobrecarga: "1" ou "-1" é exibido no display
- Alimentação: Bateria alcalina de 9V ou bateria de carbono / zinco
- Vida útil da bateria: Aprox. 200h (alcalina) 100h (carbono / zinco)
- Dimensões / Peso: 147 x 71 x 34mm / 200g

2. Especificações Técnicas

- Precisão: $\pm (a\% \times \text{leitura} + \text{número})$ em 23°C $\pm 5^\circ\text{C}$
- Escala de medição do aparelho: -50 – 1300°C / -40 – 1999°F
- Coeficiente de temperatura ambiente: Quando abaixo de 18°C ou acima de 28°C, o coeficiente é 0,1 x precisão 1°C.

Escala de Medição	Precisão	Resolução
-50°C – 199,9°C	$\pm 0,5\% + 2^\circ\text{C}$	0,1°C
Acima de 200°C	$\pm 1,5\% + 2^\circ\text{C}$	1°C
-40°F – 199,9°F	$\pm 0,5\% + 2^\circ\text{F}$	0,1°F
Acima de 200°F	$\pm 1,5\% + 2^\circ\text{F}$	1°F

1. Display de cristal líquido
2. Botão Liga / Desliga
3. Botão HOLD, o indicador "H" é exibido no display
4. Botão de seleção °C
5. Botão de seleção °F
6. Tecla de seleção de escala: -50°C – 199,9°C: 0,1°C - -50°C – 1300°C: 1°C
-40°F – 199,9°F: 0,1°F - -40°F – 2000°F: 1°F
7. Interface do sensor tipo K: Entrada de tensão (máx): CC 60V/CA 24V
8. Compensação de temperatura

1

6. Considerações

1. "1" é exibido no display se o sensor não foi conectado, se não há contato ou há situação de sobre-escala.
2. Quando o símbolo da bateria é exibido no display significa que a bateria está fraca e que precisa ser substituída.
3. Para garantir a precisão, aguarde por 3 minutos após ligar o instrumento.

7. Lista de Acessórios

Acessórios fornecidos	Acessórios opcionais (vendidos separadamente)
• Bateria de 9V	• Certificado de calibração
• Sensor tipo K	• Sensor tipo modelo: S-01K; S-03K; S-04K;
• Manual de instruções	• S-05K; S-06K; S-07K
• Estojo para transporte	• Mala para transporte mod. MA-800 e MA-810

Termos de Garantia

O instrumento assim como todos os acessórios que o acompanham, foram cuidadosamente ajustados e inspecionados individualmente pelo nosso controle de qualidade, para maior segurança e garantia do seu perfeito funcionamento. Este aparelho é garantido contra possíveis defeitos de fabricação ou danos, que se verificar por uso correto do equipamento, no período de 6 meses a partir da data da compra.

A garantia não abrange fusíveis, pilhas, baterias e acessórios como pontas de prova, bolsa de transporte, sensores, etc.

Excluem-se de garantia os seguintes casos:

- a) Uso incorreto, contrariando as instruções;
- b) Violação do aparelho por técnicos não autorizados;
- c) Queda e exposição a ambientes inadequados.

Observações:

- Ao enviar o equipamento para assistência técnica e o mesmo possuir certificado de calibração, deve ser encaminhada uma carta junto com o equipamento, autorizando a abertura do mesmo pela assistência técnica da Instrutherm.
- Caso a empresa possua Inscrição Estadual, esta deve encaminhar uma nota fiscal de simples remessa do equipamento para fins de trânsito.
- No caso de pessoa física ou jurídica possuindo Isenção de Inscrição Estadual, esta deve encaminhar uma carta discriminando sua isenção e informando que os equipamentos foram encaminhados a fins exclusivos de manutenção ou emissão de certificado de calibração.

- Ao solicitar qualquer informação técnica sobre este equipamento, tenha sempre em mãos o n.º da nota fiscal de venda da Instrutherm, código de barras e n.º de série do equipamento.

Todas as despesas de frete (dentro ou fora do período de garantia) e riscos correm por conta do comprador.

VENDAS, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E SUPORTE TÉCNICO

Instrutherm Instrumento de Medição Ltda.

Rua Jorge de Freitas, 264 - Freguesia do Ó

São Paulo - SP - CEP: 02911-030

Vendas: (11) 2144-2800 Suporte Técnico: (11) 2144-2802 - Fax: (11) 2144-2801

E-mail: instrutherm@instrutherm.com.br

Site: www.instrutherm.com.br

SAC: sac@instrutherm.com.br

24/02/14