



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
QUÍMICA INDUSTRIAL**

**TAÍS FERREIRA DA SILVA**

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM SECADOR SOLAR  
INDIRETO ATIVO**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2019**

TAÍS FERREIRA DA SILVA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM SECADOR SOLAR  
INDIRETO ATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade  
Estadual da Paraíba – UEPB, como  
requisito parcial à obtenção do Título  
de Bacharel em Química Industrial.

**Orientadora:** Dra. Márcia Ramos Luiz

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2019**

S586a Silva, Tais Ferreira da.  
Avaliação da eficiência de um secador solar indireto ativo  
[manuscrito] / Tais Ferreira da Silva. - 2019.  
38 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química  
Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de  
Ciências e Tecnologia, 2019.  
"Orientação : Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz ,  
Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental -  
CCT."  
1. Energia solar. 2. Secagem. 3. Secador solar. I. Título  
21. ed. CDD 664.028 4

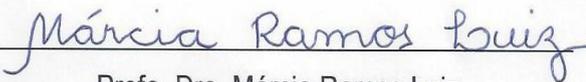
TAÍS FERREIRA DA SILVA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM SECADOR SOLAR  
INDIRETO ATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentada à Universidade  
Estadual da Paraíba-UEPB, como  
requisito parcial à obtenção do título  
de Bacharel em Química Industrial,  
sob orientação da Profa. Dra. Márcia  
Ramos Luiz.

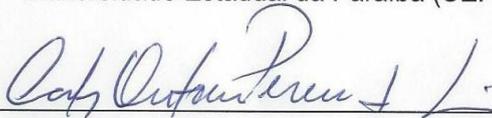
Aprovada em: 27/08/2019

**BANCA EXAMINADORA**



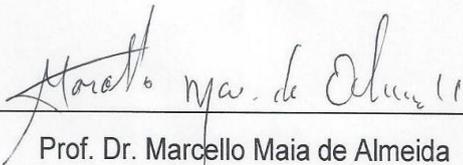
Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Carlos Antonio Pereira de Lima

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha família, por todo apoio,  
incentivo e por sempre acreditar  
mim, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar, por me dar força, sabedoria e determinação para lutar pelos meus sonhos.

À minha família, que sempre esteve ao meu lado me apoiando e me incentivando a acreditar sempre mais no meu potencial, e em especial aos meus pais por todo o esforço para a realização de um sonho.

A Arthur Muniz por toda ajuda e companheirismo nesses anos, que foram imprescindíveis e de muita importância para mim.

A minha querida orientadora, Prof. Dra. Márcia Ramos Luiz, por todos os ensinamentos tanto em sala de aula como na iniciação científica, por todas as vezes que se mostrou mais que um mestre em frente a seus alunos, mas uma amiga em que se podem escutar ótimos conselhos.

Aos professores da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, que ao longo desses quatro anos de graduação me ajudaram a crescer intelectual e pessoal, mostrando sempre que o estudo, a dedicação e a fé em si mesmo é o melhor caminho.

As amigadas que foram criadas durante a graduação, que estiveram sempre presentes, tornando os dias difíceis mais alegres e divertidos. Ao grupo "PROJ C" em especial que tem como membros, Raquel Kethy, Edson Brito, Emanuely Martins, Nayara Eneias e Danilo Moraes. Vocês são como irmãos que me ajudaram em momentos muito difíceis e que também estiveram comigo em momentos de alegria. Agradeço pelos conhecimentos que me foram passados e por sempre me apoiarem, vocês foram essenciais nessa graduação.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

A secagem de alimentos é uma técnica muito utilizada e consiste basicamente na transferência de calor e massa do alimento para o ambiente. Vários tipos de equipamentos são utilizados para secar alimentos, estes podem ser de modo direto ou indireto. O secador solar indireto difere dos outros modelos, pois o alimento não entra em contato direto com a radiação solar, sendo este armazenado na câmara de secagem, preservando assim características organolépticas. Esse trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência de um secador solar indireto. O secador solar em estudo foi construído a partir de materiais recicláveis provenientes de equipamentos do depósito da Universidade Estadual da Paraíba, sendo constituído de uma câmara de secagem e um coletor solar. Os experimentos foram realizados no mês de agosto de 2019, buscando o dia de melhor insolação. O sistema foi avaliado sem e com a presença de alimentos na câmara de secagem. Foram avaliados vários parâmetros, como a temperatura, a velocidade do ar e a radiação solar incidente. Diante dos experimentos realizados verificou-se que o secador apresentou uma eficiência média de 30%, porém será necessária a verificação dos possíveis desvios que podem ter ocorrido devido a perdas térmicas no sistema, afetando assim seu rendimento final.

**Palavras-chave:** Desumidificação, Secagem, Bombeamento, Convecção.

## **ABSTRACT**

Food drying is a widely used technique and basically consists of the transfer of heat and mass from the food to the environment. Various types of equipment are used to dry food, these can be directly or indirectly. The indirect solar dryer differs from other models in that the food does not come into direct contact with solar radiation, which is stored in the drying chamber, thus preserving organoleptic characteristics. This work aims to evaluate the efficiency of an indirect solar dryer. The solar dryer under study was built from recyclable materials from the equipment of the deposit of the State University of Paraíba, consisting of a drying chamber and a solar collector. The experiments were carried out in August 2019, seeking the best insolation day. The system was evaluated without and with the presence of food in the drying chamber. Several parameters were evaluated, such as temperature, air velocity and incident solar radiation. Given the experiments performed it was found that the dryer had an average efficiency of 30%, but it will be necessary to verify the possible deviations that may have occurred due to thermal losses in the system, thus affecting its final yield.

**Keywords:** dehumidification, drying, pumping, convection.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Radiação Solar na Superfície Terrestre .....	13
Figura 2: Processo de Transferência de Calor .....	23
Figura 3: Protótipo proposto para Secador Solar Indireto Ativo.....	27
Figura 4: Exaustores acoplados no protótipo proposto para Secador Solar Indireto Ativo .....	27
Figura 5: Localização dos termopares no secador solar. ....	28
Figura 6: Princípio de funcionamento do ar no secador solar indireto.....	29
Figura 7: Radiação Solar ao longo do tempo no secador solar indireto .....	31
Figura 8: Radiação Solar ao longo do tempo, no secador solar indireto .....	32
Figura 9: Eficiência versus tempo no secador solar indireto no dia 1, 2 e 3.....	32
Figura 10: Temperatura versus Tempo no secador solar indireto no dia 1.....	33
Figura 11: Temperatura versus Tempo no secador solar indireto no dia 2.....	34
Figura 12: Temperatura versus Tempo no secador solar indireto no dia 3.....	34

# SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVOS .....	11
1.1.1	Objetivo Geral .....	11
1.1.2	Objetivos Específicos .....	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1	ENERGIA SOLAR .....	12
2.2	SECAGEM .....	14
2.3	SECADOR SOLAR.....	16
2.3.1	Coletor Solar .....	18
2.4	EFICIÊNCIA DO COLETOR.....	19
2.4.1	Coeficiente Total de Perdas de Calor .....	21
2.5	TRANSferência DE CALOR .....	22
2.5.1	Condução .....	23
2.5.2	Radiação .....	24
2.5.3	Convecção .....	24
3.	METODOLOGIA .....	26
3.1	LOCAL DE ESTUDO.....	26
3.2	APARATO EXPERIMENTAL.....	26
3.2.1	Instrumentação do Sistema.....	27
3.3	METODOLOGIA.....	29
3.4	EFICIÊNCIA DO COLETOR .....	30
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
	REFERÊNCIAS .....	37

## 1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da crise energética no Brasil, o aquecimento global e a preocupação mundial em reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, houve um crescente avanço para o desenvolvimento de tecnologias limpas e de baixo custo, associada à ideia de redução de resíduos com a reutilização e reciclagens de embalagens. Da constante preocupação com o meio ambiente surge à ideia da construção de meios para obtenção de energia limpa e renovável (COIMBRA et al., 2008).

As fontes renováveis, embora inicialmente mais caras, tornam-se mais competitivas na medida em que se expandem, sendo a competitividade resultante da redução dos custos devido ao ganho de escala e dos avanços tecnológicos (NASCIMENTO, 2017).

A utilização da energia solar remonta aos primórdios da humanidade quando se utilizava o sol para secar peles e alimentos (BENTIVENHA, 2005). Com o passar dos tempos à secagem de alimentos foi sendo aperfeiçoada devido ao aumento tecnológico.

A energia solar surge como uma alternativa para diminuir o desperdício de alimentos, além de ser uma fonte limpa e gratuita de energia, podendo gerar economia e diminuir os índices de fome, desemprego e desperdício de alimentos, por meio de técnicas de secagem.

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), por causa do desperdício, o Brasil perde anualmente 44% da produção total de frutas e legumes, 20% das raízes e tubérculos e 15% do que produz em grãos. Os números são preocupantes porque, depois de três anos, em 2017, o país passou a ter mais de 5% da população sem se alimentar o suficiente, voltando a se enquadrar no mapa mundial da fome da ONU (VIGNA, 2017).

A secagem pode ser realizada em secadores de vários tipos, sejam eles com o produto disposto diretamente no coletor (secagem direta) ou em câmara (secagem indireta). Para secagem com maior controle dos parâmetros higroscópicos como temperatura e umidade relativa, tendo em vista manter as propriedades físico-químicas dos alimentos, opta-se pelo método indireto (BARBOSA, 2011).

O secador solar indireto é constituído por duas partes: um coletor solar que converte a radiação solar em calor e uma câmara de secagem onde os produtos são colocados sem exposição direta a radiação solar. O ar é aquecido no coletor solar e sobe para a câmara de secagem por convecção forçada (FERREIRA; CANDEIAS, 2005).

Este método garante ao alimento, uma qualidade mais elevada e a preservação de constituintes, pelo fato de não ter contato direto com a radiação solar, assim como um controle de temperatura.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de um secador solar indireto, desenvolvido a partir da utilização de materiais reciclados do depósito da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, pois devido à preocupação com a preservação do meio ambiente, impulsionou-se a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, como a energia solar.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a eficiência de um secador solar plano.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Construir o protótipo de um secador híbrido solar-elétrico indireto ativo.
- Realizar experimentos para analisar a influência das variáveis do processo de desumidificação do ar.
- Avaliar o desempenho do sistema proposta.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

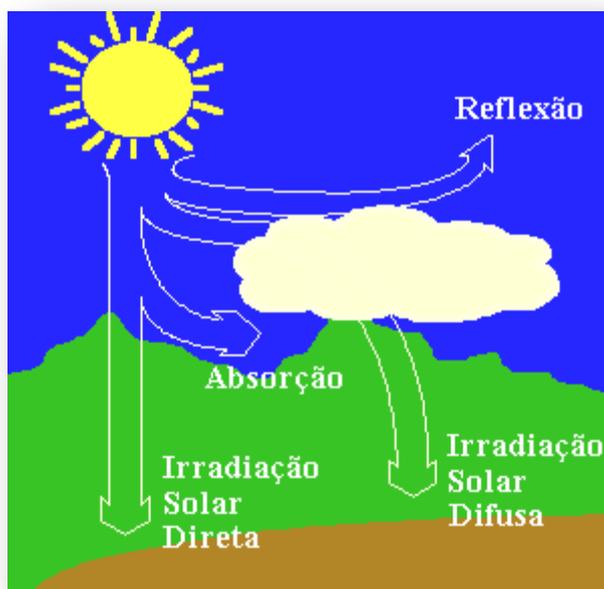
### 2.1 ENERGIA SOLAR

De acordo com Silva (2012), o sol é o responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia conhecidas pelo homem. O aproveitamento dessa energia, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é umas das alternativas energéticas mais promissoras para o enfrentamento dos novos desafios para a obtenção de energia em escala mundial.

A energia solar é a energia transmitida pelo sol, via radiação solar, os raios solares são radiações eletromagnéticas formadas por inúmeras ondas de diversos comprimentos denominadas “espectro”, sendo que a luz visível é apenas uma fração desta radiação. O uso desta para geração de energia elétrica vem crescendo e se desenvolvendo em todo o mundo, onde se destacam a energia solar fotovoltaica e a energia solar térmica concentrada. Na primeira, as células fotovoltaicas convertem a energia solar diretamente em eletricidade. Na segunda, a energia solar é convertida em calor para um fluido na forma de energia solar térmica para a conversão em eletricidade em uma turbina a vapor e um gerador (BIANCHINI, 2013).

A atmosfera terrestre absorve parte da radiação que chega à sua camada superior, fazendo com que apenas uma parte atinja a superfície terrestre (BIANCHINI, 2013). Portanto, a radiação solar que atinge a superfície terrestre (radiação global), interagindo com a atmosfera em seu caminho, tem uma parte devido à radiação direta e outra parte devido a radiação difusa, como apresenta a Figura 1.

Figura 1: Radiação Solar na Superfície Terrestre



Fonte: Radiação Solar, 2010.

Quanto mais limpa estiver a atmosfera, menor será a proporção da radiação solar que sofrerá o processo de difusão. Isso significa que maior proporção dos raios solares atinge diretamente a superfície (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

A energia solar térmica é uma forma de utilização direta da energia solar, para uma melhor eficiência de sua utilização é necessário o uso de coletores solares, os quais captam e, em alguns casos, intensificam os raios solares. Estes fornecem uma energia limpa e não lançam resíduos na atmosfera. Com a crescente demanda de energia no planeta e a iminente escassez de energias não renováveis, torna a utilização da energia solar e outras energias renováveis cada vez mais importante (TABORDA, 2017).

De acordo com Silva (2012), o aproveitamento da radiação solar pode ser dividido, conforme a aplicação, em quatro grupos distintos: aplicações térmicas em geral, geração de força motriz diversa, geração de eletricidade e geração de energia química. As aplicações térmicas são aquelas em que a forma de energia necessária ao processo final é o calor, como aquecimento de água, destilação, secagem de frutas entre outros.

A utilização da energia solar para a secagem de grãos, frutas e outros produtos alimentícios apresenta-se como uma excelente alternativa para regiões de clima tropical, como o Nordeste (ALMEIDA; LIMA; SOUSA, 2016). Já que estas regiões de clima tropical, são caracterizadas por uma alta incidência solar durante quase todo o ano, essa energia constitui uma opção vantajosa na viabilidade de projetos que poderiam promover o desenvolvimento dessa região em vários setores como na secagem de frutos, no aquecimento de água para uso industrial e doméstico, e também na conversão de energia solar em elétrica para local onde a rede elétrica de energia tem difícil alcance (MACHADO et. al.; 2011).

## 2.2 SECAGEM

A desidratação é definida como uma técnica utilizada há séculos para a conservação de alimentos de forma natural. Este mecanismo ao longo do tempo foi se aperfeiçoando, mas seus princípios permaneceram os mesmos. Este processo utiliza ar quente para a transferência de calor para o alimento e a conseqüente vaporização da água contida nesse, ocorrendo a desidratação (CELESTINO, 2010).

Esta técnica tem a finalidade de eliminar um líquido volátil contido num corpo não volátil, através da evaporação. Durante a secagem é necessário um fornecimento de calor para evaporar a umidade do material e deve haver um sorvedor de umidade para remover o vapor de água, formado a partir da superfície do material a ser seco (PARK; et al., 2007).

De acordo com Silva (2012), entre as várias metodologias aplicadas na realização da secagem podem ser destacadas as mais importantes:

- Secagem por convecção: um dos mais comuns em que o calor sensível é transferido para o material por convecção. O agente da secagem (ar pré-aquecido) passa sobre ou através do sólido, evaporando a umidade e retirando-a para fora do secador. As condições da secagem podem ser controladas através da temperatura e do ar aquecido.

- Secagem por condução: é a transferência do calor por contato físico. É favorável quando o material a ser seco é muito úmido e a espessura do leito do material é reduzida.
- Secagem por radiação: a energia térmica pode ser suprida por uma série de fontes eletromagnéticas, sendo que o transporte da umidade e a difusão do vapor no sólido seguem as mesmas leis físicas que a condução e a convecção.
- Secagem por liofilização: metodologia em que se baseia na sublimação da água congelada do material, sendo colocada em uma câmara de secagem onde a pressão está situada abaixo do ponto tríplice da água. A energia é suprida por irradiação direta ou condução nas bandejas aquecidas, sendo que as taxas para a temperatura do material não ultrapassam o valor do zero grau Celsius.

De acordo com Celestino (2010), determinadas propriedades nutritivas dos alimentos podem ser perdidas, principalmente as vitaminas, em processos com tratamento térmico e, com a secagem, não são diferentes; apesar disso, vantagens podem ser atribuídas à desidratação:

- Aumento da vida útil do produto.
- O alimento desidratado é nutritivo; apesar das possíveis perdas de alguns nutrientes, o valor alimentício do produto concentra-se por causa da perda de água.
- Facilidade no transporte e comercialização, pois o alimento seco é leve, compacto e suas qualidades permanecem inalteradas por longos períodos.
- O processo de secagem é econômico. Os secadores semi-industriais têm baixo custo; a mão de obra não necessita ser especializada e os produtos desidratados têm baixo custo de armazenagem.
- Redução nas perdas pós-colheita.

Os estudos de transferência de calor e massa, além de estabelecer o mecanismo de migração interna de umidade, possibilitam o estabelecimento da taxa de secagem. Com o conhecimento destes fatores envolvidos no processo para um determinado produto pode-se avaliar, projetar e/ou aperfeiçoar o tempo de secagem (ALVES, 2014).

Os modelos teóricos consideram como mecanismo principal para descrever a taxa decrescente de secagem de um produto a difusão, baseada na segunda Lei de Fick, que expressa o fluxo de massa por unidade de área proporcional ao gradiente de concentração de água (PARK et al., 2001). De acordo com a Equação (1).

—

Onde:

X: umidade no tempo (g água/ g matéria seca)

$D_{ef}$ : difusividade efetiva de massa ( $m^2 s^{-1}$ )

T: tempo (s)

: operador diferencial (gradiente)

### 2.3 SECADOR SOLAR

O secador solar é um coletor solar em que o ar é aquecido pela radiação e o percorre, naturalmente ou forçado, por um sistema retirando a umidade do material ao qual se quer secar. A secagem solar ocorre por um sistema que pode trabalhar em regime de circulação natural ou forçada. Os frutos podem ser desidratados em secagem de exposição direta ou indireta. A secagem é dita direta quando os frutos são postos para secar no secador solar, expostos a ação dos raios solares. Neste tipo de secagem o controle das propriedades dos frutos torna-se mais difícil. Quando se quer uma secagem mais controlada opta-se pela secagem de forma indireta, com os frutos a secar postos na câmara de secagem (BARBOSA, 2011).

Coletores de energia solar são tipos especiais de trocadores de calor, que transformam energia da radiação solar em energia interna do meio de transporte. A radiação solar que entra é absorvida e convertida em energia térmica. Essa energia é transferida para um fluido (geralmente ar ou água) que passa pelo coletor. A partir daí, é levada do fluido para o espaço condicionado do equipamento (cabine de secagem) ou a um tanque de armazenagem de

energia térmica (para utilização durante a noite ou em dias nublados), conforme o fluido seja ar ou água, respectivamente (KALOGIROU, 2014).

O desenvolvimento dos equipamentos que utilizam a radiação solar com eficiência e que demandam baixo custo na sua fabricação adquiriu alta relevância, uma vez que mostrou ser uma opção para produtores rurais que desempenham suas atividades laborais no contexto familiar e que não possuem poder aquisitivo suficiente para ter acesso a equipamentos de secagem mais sofisticados (JUNIOR, 2018).

Os secadores podem ser classificados quanto a sua operação, em secadores contínuos e intermitentes. Na secagem contínua, geralmente, se utiliza grãos, onde os mesmos entram úmidos e mantêm contato com o ar aquecido, nisto eles aquecem e perdem água. Portanto, a secagem contínua consiste em passar as sementes uma única vez pela fonte de calor, de tal forma que ingressem úmidas no topo do secador e recebam a ação do aquecimento. Fluindo assim continuamente no corpo do mesmo por gravidade e saindo seca na sua base o que vem ser o local de resfriamento da massa de sementes dentro da câmara de secagem (ALVES, 2014).

Nos secadores intermitentes, o produto passa várias vezes pelo interior do secador antes de completar a secagem. Assim, o grão sofre a ação do calor durante pequenos intervalos de tempo, intercalados por períodos de repouso. Nestes secadores, a quantidade de água removida por unidade de tempo de secagem é consideravelmente maior do que quando a secagem é contínua (SILVA et al., 2008).

Existe no mercado uma grande variedade de processos e equipamentos de secagem, os quais são aplicados para se obter produtos com mais qualidade. Existem três tipos fundamentais de secadores:

- Secador de exposição direta: é composto por uma só peça que desempenha simultaneamente a função de coletor solar e de câmara de secagem onde a radiação solar incide diretamente sobre o produto colocado no secador. O ar é aquecido por efeito estufa, a circulação do ar é feita por convecção natural, a secagem é rápida e os custos são baixos (ALMEIDA; LIMA; SOUSA, 2016).

- Secador de exposição indireta: é constituído por duas partes, um coletor solar que converte a radiação solar em calor e por uma câmara de secagem onde os produtos são colocados sem exposição direta a radiação solar. O ar é aquecido num coletor solar e sobe por convecção natural até a câmara de secagem (FERREIRA; CANDEIAS, 2005).
- Secador misto: como é possível supor pela própria nomeação, são aqueles que apresentam os dois mecanismos de secagem acima descritos, sendo uma parte do produto seca no coletor (de forma exposta diretamente a radiação solar) e a outra parte seca numa câmara separada (JUNIOR, 2018).

O secador solar com exposição direta, assim como o de exposição indireta, dependem das condições climáticas do local, pois em dias chuvosos ou de pouca incidência solar, tem seu rendimento reduzido drasticamente, podendo causar um efeito negativo nos produtos a serem secos, como o apodrecimento, o escurecimento, entre outros. Para ultrapassar este inconveniente cientistas criaram os secadores híbridos, este tipo de secador independe das condições climáticas do ambiente, utilizam uma energia suplementar, que tem por finalidade manter uma temperatura constante no secador e aumentar a circulação do ar através da utilização de ventiladores elétricos (FERREIRA; CANDEIAS, 2005).

### **2.3.1 Coletor Solar**

Coletores de energia solar são um tipo especial de trocadores de calor que transformam a energia radiativa em energia interna. Este é um equipamento que absorve a energia da radiação solar, converte em calor e transfere esse calor para um fluido de trabalho (geralmente o ar, a água ou óleo) que está passando pelo coletor. Os coletores solares podem ser do tipo não-concentradores ou estacionários e concentradores (CARVALHO; SIONEK, 2015).

Os coletores estacionários são coletores fixos e não acompanham a variação da radiação solar, um exemplo são os coletores de placa plana (SILVEIRA, 2016). Os coletores de placa plana podem ser projetados para aplicações que exigem entrega de energia em temperaturas moderadas,

podendo chegar a aproximadamente  $100^{\circ}\text{C}$ . Este utiliza tanto feixe de radiação solar como de radiação difusa. Não exigem rastreamento do sol e necessitam de pouca manutenção. São mecanicamente mais simples que os coletores de concentração (DUFFIE; BECKMAN, 2013).

Um coletor solar plano típico é dividido em superfície negra absorvedora de energia solar, que transfere a energia absorvida para o fluido de trabalho; placas transparentes acima da superfície absorvedora que reduzem as perdas por radiação e convecção para a atmosfera e um isolamento embaixo da superfície absorvedora para reduzir as perdas por condução. Estes possuem uma grande variedade de modelos e são feitos de materiais diversos. Onde são usados para aquecer fluidos de trabalho como a água, água mais aditivo anti-congelamento ou ar (CARVALHO; SIONEK, 2015).

### **2.3.1.1 Superfícies Seletivas**

Para o projeto de um coletor solar eficiente é necessário minimizar as perdas de calor quando o coletor é usado como um elemento de aquecimento. Quando o coletor é um espelho, é necessário que o mesmo produza o máximo de reflexão da luz e que a superfície não se aqueça muito. Portanto, dependendo do tipo e da finalidade do coletor solar é necessário usar as chamadas superfícies seletivas para que se alcance uma maior eficiência (LUIZ, 2013).

Ainda segundo o mesmo autor, para que se tenha uma boa superfície seletiva se faz necessário uma elevada absorbância no espectro visível juntamente com uma elevada razão ( ) entre a absorbância e a emitância do material. Onde  $\alpha$  é o coeficiente de absorção e a letra  $\epsilon$  indica a emissividade da superfície para a região infravermelha.

## **2.4 EFICIÊNCIA DO COLETOR**

A eficiência do coletor utilizada neste trabalho foi baseada no modelo teórico de Duffie e Beckman (2013), utilizada também por Kalogirou (2004). O modelo consiste na obtenção da eficiência do coletor solar plano através da

energia útil, que pode ser encontrada por meio do método das resistências térmicas equivalentes para a obtenção do coeficiente global de transferência de calor.

Seguindo a metodologia proposta por Bentivenha (2005), pode-se representar a análise energética de um coletor solar plano pela Eq. (2).

—

Onde  $Q_{abs}$  é o calor total incidente absorvido por unidade de tempo (W),  $Q_L$  são as perdas de calor (W),  $Q_u$  é o calor útil (W),  $du/dt$  é a rapidez da energia interna armazenada no coletor (W), esta possui um valor muito pequeno, portanto, é desprezado.

—

—————

Onde

- $H_T$  ou  $($  é a irradiação total que representa a taxa na qual a radiação incide por unidade de área a partir de todas as direções em todos os comprimentos de onda ( $W\ m^{-2}$ );
- $A_c$  é a área efetiva do coletor ( $m^2$ );
- é o produto da transmitância do vidro e a absorvância da placa coletora que representa a fração da radiação solar que é absorvida pelo coletor;
- $mC_p$  é a capacidade calorífica do fluido de trabalho ( $J\ ^0\ C^{-1}$ );

- $dT/dt$  é a rapidez de mudança da temperatura em relação ao tempo ( $^{\circ}\text{C s}^{-1}$ );
- $UL$  é o coeficiente global de perdas de calor por radiação ( $\text{W m}^{-2}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ );
- $T_{pm}$  é a temperatura média da placa de absorção ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $T_a$  é a temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ );
- será a refletância difusa, este por sua vez depende do número de tampas de vidro que é usada no coletor solar, portanto, para 1, 2, 3 e 4 tampas os valores de são aproximadamente 0,16; 0,24; 0,29 e 0,32 respectivamente.

[ ]

Onde  $S$  é a energia absorvida no coletor por unidade de área:

Em determinado instante  $t$ , a eficiência instantânea do coletor solar pode ser descrita por Eq. 9 (DUFFIE e BECKMAN, 2013).

---

#### 2.4.1 Coeficiente Total de Perdas de Calor

Seguindo a metodologia proposta por Bentivenha (2005), e Carvalho e Sionek (2015), para a análise do coeficiente de perdas de calor ( $UL$ ), será feita uma análise mais detalhada.

O coeficiente de perdas de calor é dado pela soma dos coeficientes do topo  $U_t$ , da base  $U_b$  e dos lados  $U_e$  como descrito na Eq. (10).

—  
 \_\_\_\_\_

Sendo  $K_a$  a condutividade térmica do isolante ( $W m^{-1} \text{ } ^\circ C$ ), a espessura do isolante pelo fundo ( $m$ ), a espessura do isolante pelos lados ( $m$ ),  $P$  o perímetro do coletor ( $m$ ),  $M$  a altura do coletor ( $m$ ) e por fim  $A_c$ , área efetiva do coletor ( $m^2$ ).

$$\left[ \frac{\text{_____}}{\text{(_____)} \text{ _____}} \right]$$

$$\left[ \frac{\text{( )}}{\text{(_____)}} \right]$$

Pode-se encontrar os coeficientes  $f$  e  $C$  pelas equações (14) e (15), respectivamente.

[ ]

Onde,  $T_{p,m}$  é a temperatura da placa (K),  $T_a$  é a temperatura ambiente (K),  $N$  é o número de coberturas transparentes,  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann =  $5,67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$ ; e por fim  $h_w$  que é o coeficiente de transferência de calor por convecção, devido ao velocidade do ar ( $W m^{-2} \text{ } ^\circ C^{-1}$ ), que mantém contato com a placa de vidro, é dado pela Eq. (16).

16)

## 2.5 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

O calor pode ser transmitido por meio de três mecanismos diferentes: condução, convecção e radiação, como mostra a Figura 4. A transferência de calor pode ser definida como energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperatura no espaço (INCROPERA et al, 2008).

Figura 2: Processo de Transferência de Calor.



Fonte: Domiciano Marques, 2019.

### 2.5.1 Condução

A condução é o mecanismo de troca de energia interna de um corpo para o outro, ou de uma parte de um corpo para outro, por variação de energia cinética do movimento das moléculas, por contato direto, ou pelo movimento de elétrons no caso dos metais (BENTIVENHA, 2005).

Segundo Luiz (2013), são inúmeros os exemplos de transferência de calor por condução, considere uma parede homogênea de área  $A$ . se uma das faces da parede está a uma temperatura maior do que a temperatura da outra face, ocorrerá condução de calor da face quente para a face fria. Seja  $dA$  um elemento de área da parede, seja  $dQ$  o calor infinitesimal transmitido através da parede (por unidade de tempo); a condução de calor através da parede é dada pela Lei de Fourier:

— ( ) —

Onde  $K$  é a condutividade térmica do material da parede e  $\left(\frac{dT}{dx}\right)$  é a taxa de variação da temperatura ao longo de uma distância  $x$  perpendicular à parede considerada.

### 2.5.2 Radiação

A radiação é um processo de transferência de energia através de ondas eletromagnéticas. Característica de todos os corpos, cuja temperatura seja superior ao zero termodinâmico (BENTIVENHA, 2005). Enquanto a transferência de energia por condução e convecção requer a presença de um meio material, a radiação não necessita dele. A transferência de radiação ocorre mais eficientemente no vácuo (INCROPERA et al, 2008).

A transmissão de calor por radiação pode ser estudada mediante a Eq. (18) (LUIZ, 2013).

—

Onde  $dQ$  é a energia irradiada,  $dA$  é a área,  $T$  é a temperatura absoluta,  $\epsilon$  é a emissividade do material considerado e  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann.

### 2.5.3 Convecção

Segundo Bentivenha (2005), a convecção é o mecanismo de transferência de energia que ocorre num fluido, por mistura de uma porção ou porções diferentes deste. A transferência de calor por convecção ocorre somente em fluidos de um modo geral, ou seja, em líquidos e em gases.

A convecção pode ser natural ou forçada. Na convecção natural, a circulação do fluido é feita em virtude das diferenças de densidade existentes no seio do fluido. Na convecção forçada, a circulação do fluido é acelerada por meio de um agente externo como por exemplo um agitador, um ventilador, uma bomba, ou qualquer outro dispositivo externo capaz de produzir movimento de uma parte do fluido (LUIZ, 2013).

Independentemente da natureza específica do processo de transferência de calor por convecção, a equação para a taxa de transferência pode ser escrita da seguinte forma (INCROPERA et al, 2008).

Onde  $q''$ , o fluxo de calor por convecção ( $W\ m^{-2}$ ), é proporcional à diferença entre as temperaturas da superfície e do fluido,  $T_s$  e  $T_x$ , respectivamente. Esta expressão é conhecida como a Lei do Resfriamento de Newton, e o parâmetro  $h$  ( $W\ m^{-2}K^{-1}$ ) é chamado de coeficiente de transferência de calor por convecção.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 LOCAL DE ESTUDO

A construção e análise de desempenho do aparato experimental, bem como a realização dos experimentos foram desenvolvidos no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, na cidade de Campina Grande, localizada na latitude de  $7^{\circ} 12'33.3''$  Sul e longitude de  $35^{\circ} 54'53.3''$  Oeste.

#### 3.2 APARATO EXPERIMENTAL

O secador solar do tipo indireto ativo, que opera com radiação solar e elétrica, foi construído utilizando equipamentos de sucata do depósito da universidade.

Tendo em vista possibilitar um melhor aproveitamento da radiação solar incidente, o secador foi posicionado para o norte e o coletor disposto de maneira que formasse uma angulação de  $17^{\circ}$  com a horizontal. Segundo Moraes et al. (2004) é recomendado um acréscimo de  $10^{\circ}$  na latitude local para determinar a inclinação do coletor solar no período do inverno. Geralmente, isso ocorre para elevar a quantidade de radiação interceptada e diminuir a reflexão (KALOGIROU, 2014).

O secador é composto por duas partes, como apresentado na Figura 3. Um coletor solar plano, que foi feito de madeira tendo 1,89 m de comprimento para 63 cm de largura. Todo o conjunto foi pintado com tinta preto fosco formando assim um corpo negro. Posteriormente, foi encaixado o vidro de superfície, vedado com cola de silicone para altas temperaturas.

A segunda parte do secador é a câmara de secagem feita com revestimento de madeira (reaproveitada de uma estufa antiga quebrada) onde ocorre o processo de secagem do produto, acoplada a três exaustores acionado por energia elétrica, apresentados na Figura 4.

Figura 3: Protótipo proposto para Secador Solar Indireto Ativo.



Fonte: Própria (2019).

Figura 4: Exaustores acoplados no protótipo proposto para Secador Solar Indireto Ativo.



Fonte: Própria (2019).

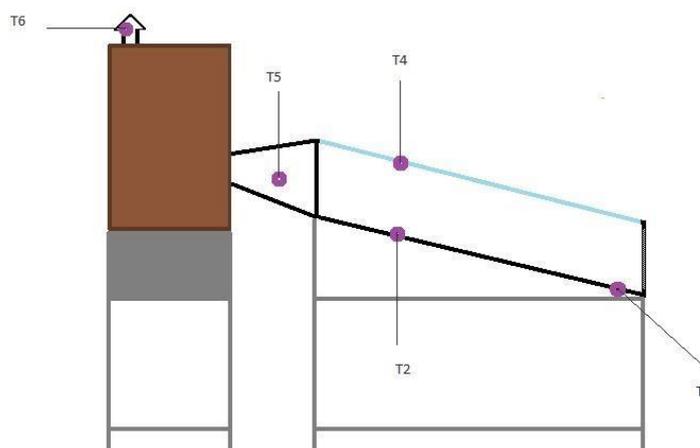
### 3.2.1 Instrumentação do Sistema

Foram efetuadas medições de temperatura do ar no equipamento, através de termopares, que tem como função medir a temperatura determinando assim o estado termodinâmico que se encontra o ar. Na Figura 5 são apresentadas a localização dos termopares, sendo eles: T1 – Entrada do coletor; T2 – Temperatura do fundo do coletor; T4 – Temperatura do vidro; T5 – Temperatura após os exaustores e T6 Temperatura na saída da câmara de secagem.

Os sensores foram calibrados a pressão atmosférica local, onde foram realizados testes comparativos tanto na temperatura de ebulição quanto na de fusão de água, fazendo-se imergir os termopares e os termômetros de mercúrio para a aferição das temperaturas.

A instrumentação do sistema ainda contou com a instalação de um termo anemômetro do tipo TAN100 da marca Incoterm para medir a velocidade do ar, localizados na entrada do coletor solar e na saída da câmara de secagem. Supõe-se que a velocidade do ar nesses locais seja uniforme. As medições foram obtidas manualmente.

Figura 5: Localização dos termopares no secador solar.



Fonte: Própria (2019).

Foi aferida a umidade na entrada e saída do secador através de um termo-higrômetro digital, da marca Incoterm, de meia em meia hora.

A radiação solar recebida pela placa solar foi verificada através de um radiômetro digital, posicionado em cima do coletor solar. O radiômetro digital do tipo SL200 da marca KIMO e seus dados foram coletados através do Software SL200. A radiação foi coletada de minuto a minuto, gerando um gráfico com os valores da radiação pelo tempo.

Após a descrição da parte física do protótipo, apresenta-se agora, o seu funcionamento, descrevendo os processos que fazem com que ocorra o aquecimento do ar atmosférico utilizados para secar os alimentos. Os processos do ar para o sistema aberto basicamente são aquecimento e bombeamento.

No processo de aquecimento, o ar passa por um aquecimento provocado pela energia rejeitada na forma de calor pelo coletor. A função desse processo é provocar a diminuição da umidade relativa do ar e o aumento da temperatura.

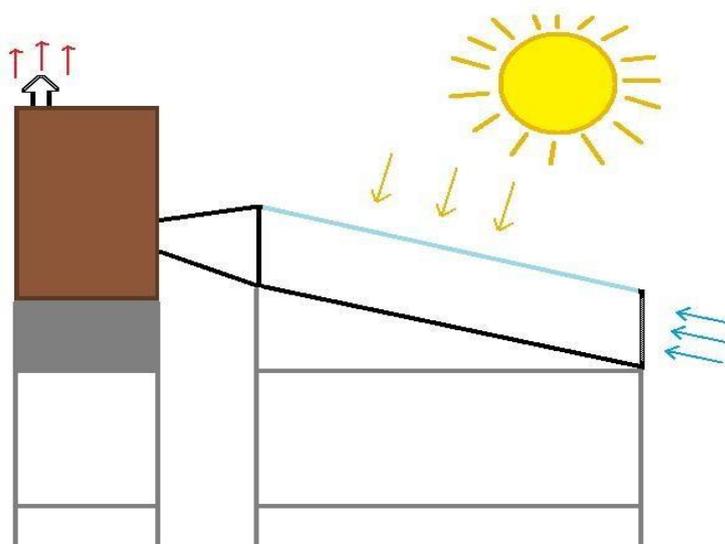
No processo de bombeamento, estão localizados os três exaustores, succionando o ar e liberando-o para o meio ambiente, apresentado na Figura 4.

### 3.3 METODOLOGIA

As análises do equipamento foram realizadas no mês de Agosto de 2019, a partir das 09 horas às 15 horas, onde houve o máximo aproveitamento da incidência solar, devido a este equipamento estar localizado entre dois blocos de aulas.

O princípio de funcionamento do secador solar está apresentado na Figura 6:

Figura 6: Princípio de funcionamento do ar no secador solar indireto.



Fonte: Própria (2019).

Foram consideradas algumas hipóteses, para que o equipamento funcione de maneira adequada, como: regime permanente, onde as temperaturas e propriedades são analisadas na condição de equilíbrio; a perda de energia térmica nas laterais e embaixo do coletor é desprezível; em intervalos pequenos de tempo, o fluxo de ar que atravessa o coletor e fluxo de energia incidente sobre o mesmo é, praticamente, constante; poeira, sujeira e sombra no coletor são desprezíveis onde a análise do coletor é realizada considerando um dia ensolarado e com as superfícies limpas.

### 3.4 EFICIÊNCIA DO COLETOR

Seguindo a metodologia posposta por Bentivenha (2005) a eficiência ou rendimento ( $\eta$ ) pode ser obtido pela razão entre a energia útil transferida para o fluido de trabalho  $Q_u$  (W) e a quantidade de calor total incidente  $Q_i$  (W), de acordo com a Eq. (19).

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_i} \quad (19)$$

A quantidade de calor útil pode ser calculada pela Eq. (20) (KALOGIROU, 2014).

$$Q_u = \dot{m}_{ar} \times c_{par} \times (T_f - T_i) \quad (20)$$

Onde  $\dot{m}_{ar}$  é a vazão mássica do ar ( $\text{Kg s}^{-1}$ );  $c_{par}$  é o calor específico do ar ( $\text{J (Kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C)}^{-1}$ );  $T_f$  é a temperatura de saída do coletor ( $^\circ\text{C}$ ) e  $T_i$  é a temperatura de entrada do coletor ( $^\circ\text{C}$ ). Para o cálculo da vazão mássica do ar, foi utilizada a Eq. (21) (MONTERO et al. 2010).

$$\dot{m}_{ar} = \rho_a \times v_{ar} \times A_s \quad (21)$$

Onde  $A_s$  é a área da seção transversal do coletor ( $\text{m}^2$ );  $\rho_a$  é a massa específica do ar úmido ( $\text{Kg m}^{-3}$ ) e  $v_{ar}$  é a velocidade do ar ( $\text{m s}^{-1}$ ). A massa específica do ar úmido pode ser determinada em função da temperatura média ( $T_m$ ) entre a entrada e saída do coletor solar, conforme especificado na Eq. (22) (MONTERO et al. 2010).

$$\rho_a = \frac{p}{R \times T_m} \quad (22)$$

E a quantidade de calor total incidente é calculada pela Eq. (23):

$$Q_i = I \times A \quad (23)$$

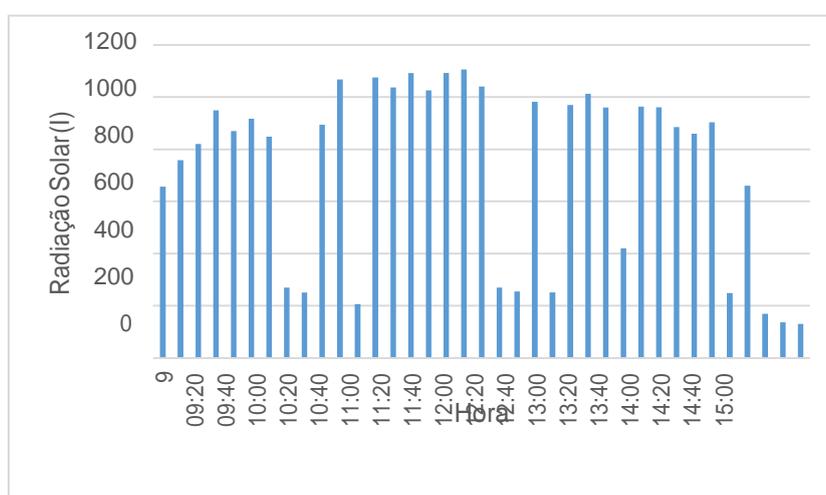
Onde  $I$  é a intensidade da radiação solar ( $\text{W m}^{-2}$ ) e  $A$  é a área do absorvedor ( $\text{m}^2$ ).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 7 exibe a radiação solar incidente no coletor solar das 9 às 15 horas com intervalos de 10 minutos. Estes valores foram coletados manualmente no dia 20 de agosto de 2019, onde o clima estava parcialmente nublado.

O período de maior incidência ocorreu das 10:40 horas as 12:00 horas. Tendo como valor máximo  $1106 \text{ W/m}^2$  e o mínimo  $131 \text{ W/m}^2$ .

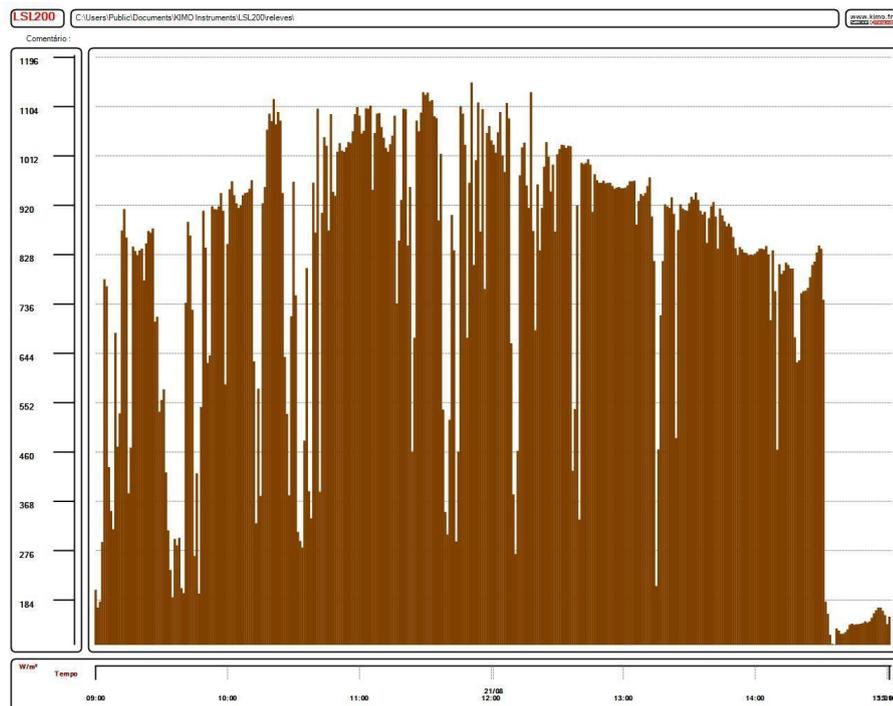
Figura 7: Radiação Solar ao longo do tempo no secador solar indireto.



Fonte: Própria, 2019.

A Figura 8 exibe a radiação solar incidente no coletor solar das 09:00 horas as 15:00 horas com intervalos de 1 minuto. Estes valores foram coletados no dia 21 de agosto de 2019, onde o clima também estava parcialmente nublado. Foi usado o software LS200 para a criação do gráfico. Seu valor máximo foi de  $1.149 \text{ W m}^{-2}$  e o mínimo foi de  $101 \text{ W m}^{-2}$ .

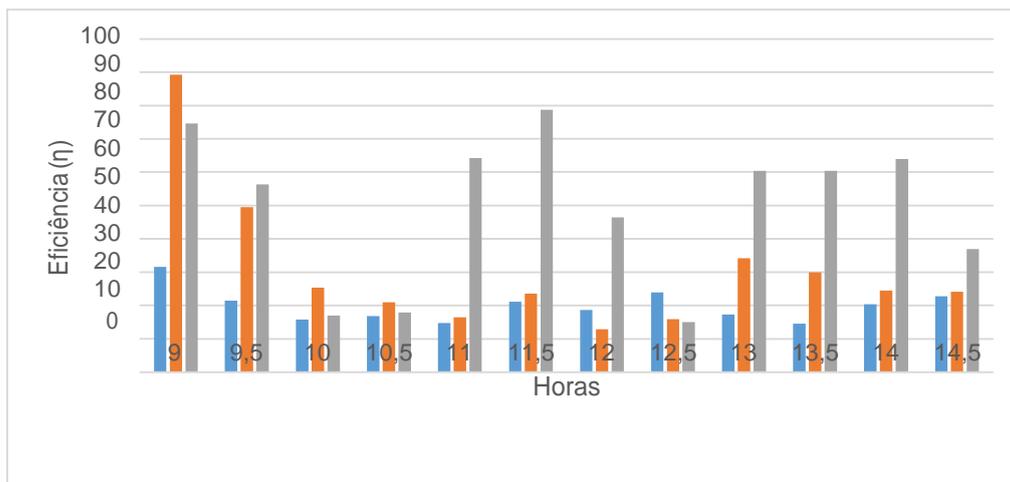
Figura 8: Radiação Solar ao longo do tempo, no secador solar indireto.



Fonte: Própria, 2019.

Na Figura 9 estão apresentadas as eficiências do secador solar ao longo do tempo, nos dias 1, 2 e 3, respectivamente.

Figura 9: Eficiência versus tempo no secador solar indireto no dia 1, 2 e 3.



Fonte: Própria, 2019.

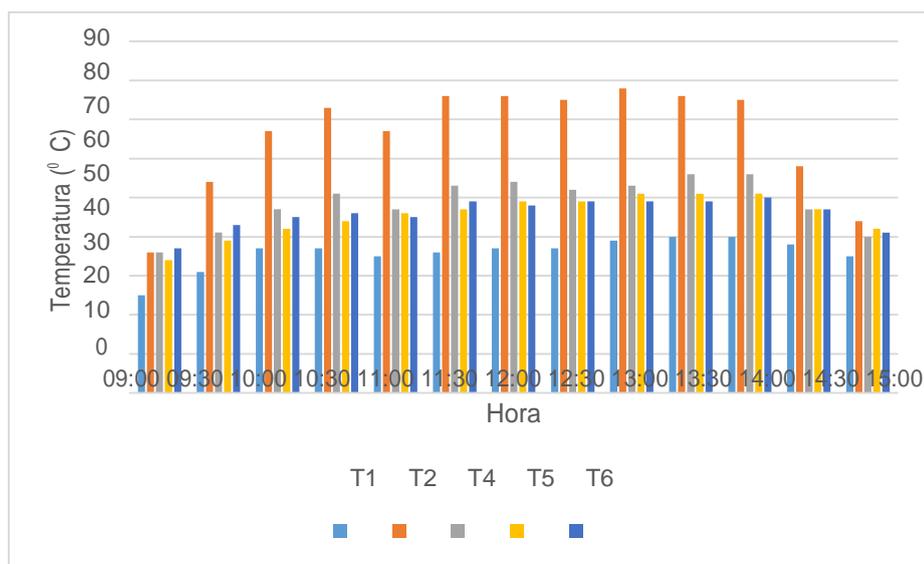
Os resultados obtidos mostram que a eficiência do equipamento apresenta uma grande variação ao longo do tempo, isso pode ser explicado devido uma menor incidência da radiação solar em determinados horários.

Era esperado que a eficiência não variasse tanto, porem foram feitos poucos experimentos com o secador solar, podendo haver perdas de calor e de energia ao longo do tempo, comprometendo assim o rendimento final.

Os termopares foram instalados em locais específicos do equipamento e as temperaturas foram coletadas das 09:00 horas as 15:00 horas com intervalo de 30 minutos. Para o cálculo da eficiência foram utilizados apenas os valores do termopar na entrada do coletor (T1) e da saída da câmara de secagem (T6).

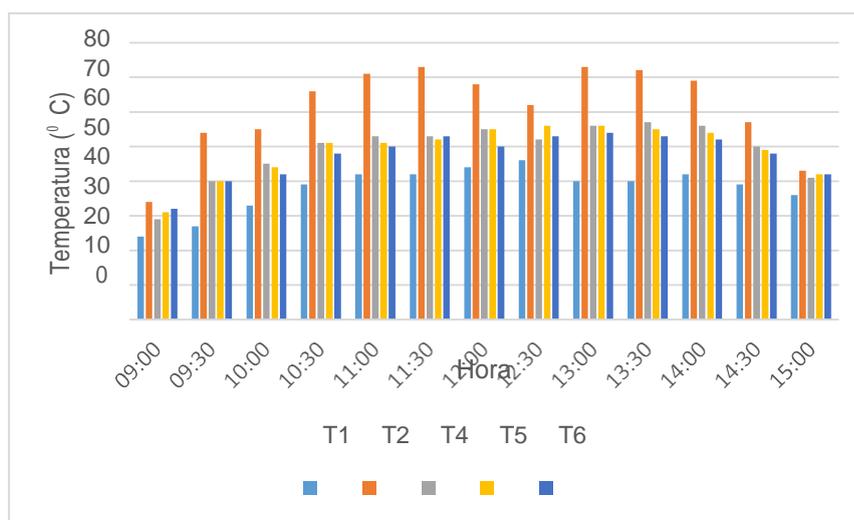
Nas Figuras 10, 11 e 12 são apresentadas as variações de temperatura ao longo do tempo, nos dias 1, 2 e 3, respectivamente.

Figura 10: Temperatura versus Tempo no secador solar indireto no dia 1.



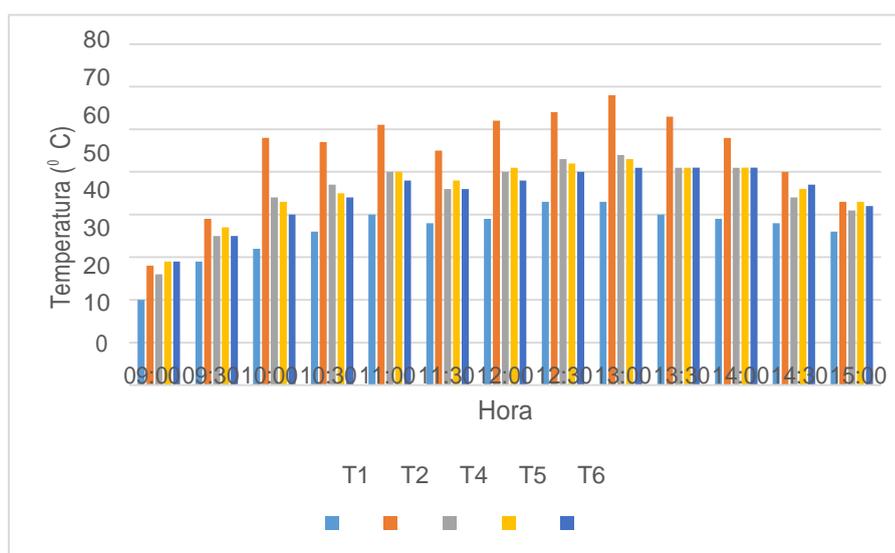
Fonte: Própria, 2019.

Figura 11: Temperatura versus Tempo no secador solar indireto no dia 2.



Fonte: Própria, 2019.

Figura 12: Temperatura versus Tempo no secador solar indireto no dia 3.



Fonte: Própria, 2019.

As maiores temperaturas foram registradas pelo termopar T2, que estava localizado na superfície do coletor representada pelo corpo negro. Diariamente as menores temperaturas foram registradas nas primeiras horas (09:00 as 10:00 horas), enquanto as temperaturas mais elevadas ocorreram no meio do dia (12:00 as 13:00 horas).

Observa-se na Figura 9, similaridade nas curvas de eficiência térmica instantânea do coletor em função do período de secagem para cada dia. De maneira geral, o comportamento da eficiência instantânea do coletor foi crescente até aproximadamente as 14:00 h, seguido de decréscimo até às 15:00h.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo foi construído representando a maciça representação do que se encontra na literatura.

Durante os experimentos percebeu-se a influência das nuvens e o quanto este é dependente das condições climáticas para realizar a secagem.

Avaliou-se o desempenho do sistema proposto e diante dos resultados obtidos, verifica-se que o secador solar é eficiente, porém novos testes devem ser feitos, após o equipamento ser aperfeiçoado para que não ocorra perda de calor e de energia ao longo do equipamento.

Portanto, conforme a velocidade do vento e a temperatura do vidro e da superfície do coletor aumentava, as perdas térmicas para o ambiente também aumentavam e com isso havia uma redução da eficiência.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M.** Desenvolvimento de Secador Solar Construído a Partir de Material Reciclável. HOLOS, Ano 32, Vol.4. 2016.
- ALVES, S. B.** Estudo Teórico e Experimental do Processo de Secagem do Abacate (*Persea americana* Mill). Dissertação de Doutorado em Engenharia Mecânica. UFPB, João Pessoa- PB. 2014.
- BARBOSA, J.R. P.** Estudo da Viabilidade de Uso de Secadores Solares Fabricados com Sucatas de Luminárias. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. UFRN, Natal-RN. 2011.
- BENTIVENHA, L. C.** Determinação da Eficiência de um Coletor Solar Plano com Aletas de Vidro. Dissertação de Mestrado em Agronomia-Energia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, São Paulo. 2005.
- BIANCHINI, H. M.** Avaliação Comparativa de Sistemas de Energia Solar Térmica. Dissertação de Conclusão do Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ. 2013.
- CARVALHO, F. R.; SIONEK, M. C.** Análise da Eficiência de um Coletor Solar Plano. Dissertação de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- CELESTINO, S. M. C.** Princípios de Secagem de Alimentos. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2010.
- COIMBRA, N.; AZAMBUJA, C.; DALMAS, T.; COELHO, L.** Eficiência Térmica de Coletor Solar de Baixo Custo. Relatório de Trabalho de Conclusão. Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS. Porto Alegre, 2008.
- DUFFIE, J. A.; BECKMAN W.A.** Solar Engineering of Thermal Processes. New Jersey: Wiley, 2013.
- FERREIRA, A.; CANDEIAS, M.** Secagem Solar de Frutos e Plantas Aromáticas. Revista de Ciências Agrárias. 2005.
- INCROPERA, F.P. DEWITT, D. P. BERGMAN, T. L. LAVINE, A. S.** Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa. LTC, Sexta Edição. Rio de Janeiro, 2008.

- JUNIOR, I. C. S.** Fabricação e Estudo de um Secador Solar de Exposição Direta de Baixo Custo. Dissertação de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica. UFRN, Natal-RN. 2018.
- KALOGIROU, S. A.** Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Oxford: Academic Press. 2<sup>nd</sup> ed.; p. 819. 2014.
- LUIZ, A. M.** Energia Solar e Preservação do Meio Ambiente. Editora Livraria da Física. 1. Ed. São Paulo, 2013.
- MACHADO, A. V.; OLIVEIRA, E. L.; SANTOS, E. S.; OLIVEIRA, J. A.; FREITAS, L. M.** Avaliação de um Secador Solar Sob Convecção Forçada Para a Secagem do Pedúnculo de Caju. Revista Verde, v. 6, n. 1, p. 1-7, Mossoró-RN, Jan-Mar, 2011.
- MONTERO I.; BLANCO J.; MIRANDA T.; ROJAS S.; CELMA A. R.** Design, construction and performance testing of a solar dryer for agroindustrial by-products, Energy Conversion and Management, Elsevier, vol. 51, 2010.
- MORAES, S. O.; NEGRINI, A. C. A.; PRECOPPE, M. F. M.; MEIRA, M. L. R.** Secador Solar de Baixo Custo para Frutas e Hortaliças, São Paulo: ESALQ-USP, 2004.
- NASCIMENTO, R. L.** Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas. Consultoria Legislativa. 2017.
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R.** Obtenção das Isotermas de Sorção e Modelagem Matemática para a Pêra Bartlett (Pyrus sp.) Com e Sem Desidratação Osmótica. Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas, 21(1): 73-77, jan-abr. 2001.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C.** Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas. Universidade de São Paulo. Piracicaba-SP. 2007.
- SAMI, S.; RAHIMI, A.; ETESAMI, N.** Dynamic Modeling and a Parametric Study of an Indirect Solar Cabinet Dryer. Drying Technology, v. 29, n. 7, p. 825-835, 2011.
- SILVA J. S.; AFONSO A. D. L.; DONZELLES S. M. L.; NOGUEIRA R. M.** Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas. Secagem e Secadores, cap. 5. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2008.

**SILVA, J. M.** Viabilidade do Uso de Secadores Solar De Convecção Natural e Forçada Para a Secagem do Coco Licuri. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. PPGEM-UFRN, Natal-RN. 2012.

**SILVEIRA, L. R.** Modelagem de um Secador Solar de Produtos Agrícolas com Sistema de Armazenagem de Energia Térmica. Dissertação de Doutorado em Ciências. Universidade de São Paulo-SP. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba-SP. 2016.

**TABORDA, M. D.** Uso de Energia Solar Para o Aquecimento do Ar em Secadores de Grãos. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Energia. Universidade Federal de São João Del Rei. São João Del Rei-MG. 2017.

**VIGNA B.** Brasil Desperdiça Quase Metade da Produção Total de Frutas e Legumes Todos os Anos. São Paulo, 2017.