



Artigo

Aperfeiçoamento e análise de desempenho de secador solar no semiárido potiguar

Mécia Murielle dos Santos Lucena ^[1], Matheus Lima Duarte ^[2], Igor Silva ^[3], Fabiana Karla de Oliveira Martins Varela ^[4]

^[1] UFERSA; meciamurielle@gmail.com

^[2] UFERSA; matheus.duarte@alunos.ufersa.edu.br

^[3] UFERSA; contato.igorxsilva@gmail.com

^[4] UFERSA; fkv@ufersa.edu.br

Recebido: 09/04/2024;

Aceito: 27/04/2024;

Publicado: 30/04/2024;

Resumo: O secador solar é uma tecnologia alternativa utilizada para realizar a secagem de alimentos fazendo o uso da energia solar térmica, uma fonte de origem limpa e renovável, visto que este tipo de energia não gera resíduos poluentes ao meio ambiente. A aplicação dessa tecnologia em regiões do semiárido potiguar é satisfatória, visto que essa região possui uma alta incidência solar. A desidratação de alimentos a partir da energia solar térmica traz vantagens a alimentos com significativo grau de perecibilidade, pois aumenta a durabilidade e auxilia em questões de armazenamento e transporte. No presente estudo foi operado um secador solar de exposição direta e de baixo custo a fim de otimizar o processo de secagem de alimentos a partir de alterações realizadas no protótipo original. Ao final da análise dos resultados e comparações foi possível averiguar que as modificações viabilizaram agilizar o processo de desidratação.

Palavras-chave: secador solar; secagem de alimentos; energia solar térmica.

Abstract: The Solar solar dryers are dryer is an alternative technology used to dry food using solar thermal energy, a clean and renewable source source of clean and renewable origin, as this type of energy does not pollute generate polluting waste to the environment. The application of this technology in regions of the semi-arid region of Rio Grande do Norte is extremely satisfactory, as this region has a high incidence of sunlight. Dehydrating food using solar thermal energy is beneficial brings benefits to foods with a significant degree of perishability, as it increases durability and helps with storage and transportation issues. In the present study, a low-cost direct-exposure direct exposure solar dryer was operated in order to optimize the food drying process based on changes made to the original prototype. At the end of the analysis of results and comparisons, it was possible to verify that the modifications made it possible accelerated to speed up the dehydration process.

Key-words: solar dryer; food drying; solar thermal energy.

1. INTRODUÇÃO

Ao se tratar de fontes renováveis, o Brasil possui uma abundante potencialidade, e se tratando de energia solar, o país possui uma excepcional distinção quanto aos altos índices de radiação solar. A média de irradiação solar brasileira varia entre 1.200 e 2.400 kWh/m² por ano e o semiárido nordestino destaca-se por dispor de uma radiação comparável às melhores regiões do mundo. [1]

A energia proveniente do sol é considerada uma fonte natural, renovável e limpa, na qual pode ser aproveitada de várias maneiras, sendo elas ativa ou passiva. Dentre as possibilidades de aproveitamento desta forma de energia, encontra-se a utilização do secador solar para a secagem de alimentos, onde a desidratação é realizada usando a energia térmica proveniente do sol para retirar a água presente nos alimentos.

O setor de cocção de alimentos está em busca de alternativas viáveis. De acordo com [4], o uso de lenha como fonte de energia já se encontra em segundo lugar (perdendo apenas para eletricidade que está em primeiro) entre as principais fontes de energia nas residências dos brasileiros, superando o gás liquefeito de petróleo (GLP). Um dos motivos para essa mudança é o aumento no preço do GLP nos últimos anos.

Uma opção considerada uma alternativa para o preparo de alimentos nas cozinhas brasileiras (rural ou urbano) é a utilização de equipamentos movidos a energia solar, como é o caso do secador solar. Esses

equipamentos são de baixo custo; fácil fabricação e uso, aproveitando a abundante disponibilidade de combustível solar no Brasil. Conforme [4], a aplicação de secadores solares para desidratar alimentos representa uma alternativa eficaz para estender a durabilidade de frutas, grãos e outros produtos, prevenindo a proliferação de microrganismos e, conseqüentemente, o seu deterioramento. De acordo com [5], o Brasil figura entre os países com maior desperdício de alimentos, totalizando cerca de 35% de sua produção anual. Além disso, o uso desses equipamentos também pode fornecer matéria-prima para a elaboração de outros alimentos mais sofisticados.

Por todo o exposto, o presente trabalho tem como objetivo contribuir com pesquisas na área de secagem de alimentos e, desta forma, realizar melhorias em um protótipo de secador solar desenvolvido por [1], visando maximizar o seu desempenho. Vale informar, que a maior alteração do protótipo ocorreu no aumento da área de ventilação do protótipo desenvolvido por [1].

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Conforme mencionado, para o desenvolvimento do presente trabalho, foram realizadas alterações no protótipo de um secador solar de exposição direta, construído por [1] e posteriormente ajustado para melhorar o seu desempenho. Os experimentos foram realizados nas dependências da Universidade Federal Rural do Semi Árido -UFERSA, campus Mossoró, na parte externa do prédio Laboratório de Engenharias 1. A Figura 1 mostra as etapas desenvolvidas no trabalho, visando atingir o objetivo proposto.

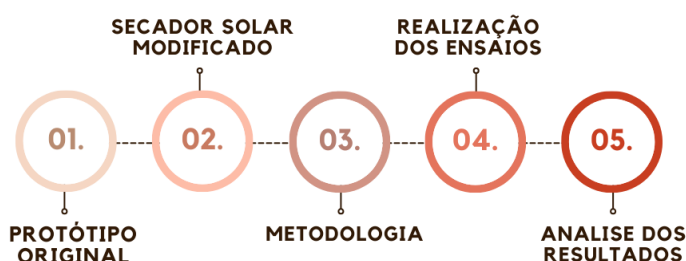


FIGURA 1. Etapas desenvolvidas no trabalho. (Autoria própria).

2.1. Protótipo original do secador solar

O protótipo do secador solar desenvolvido por [1] tem uma estrutura composta por aço 1020, material esse que possui alta condutividade térmica; dimensões internas de 65x31x15 cm (comprimento x largura x altura) e pintado de cor preta fosca, a fim de intensificar a absorção da radiação solar e calor. A base de acomodação das frutas foi confeccionada utilizando pequenos pedaços de isopor, totalizando 7 fileiras com dimensões 1,5x30 cm e elas foram fixadas em uma base de isopor pintada, também em tinta preta fosca, mas a base de água para não danificar o material e não infectar as frutas do experimento; e uma tela de nylon para o acondicionamento dos alimentos. O equipamento apresenta aberturas laterais de 24x9 cm, equipadas com telas de aço galvanizado para evitar a entrada de insetos, ao mesmo tempo em que possibilitam a circulação de ar dentro do secador solar. Sua cobertura é de vidro (com 4 mm de espessura), para possibilitar a passagem de raios solares. É importante destacar que a estrutura possui uma inclinação de aproximadamente 4° com o intuito de provocar uma incidência solar de modo perpendicular ao protótipo [5].

2.2. Protótipo do secador solar modificado

As alterações do protótipo de [1] foram implementadas na estrutura interna do secador solar descrito na seção 2.1. O isopor foi retirado para ser substituído por uma tela expandida de aço galvanizado 65 x 31 cm. Foram inseridos suportes de madeira para ajudar na sustentação da tela; os suportes receberam uma camada de tinta preta fosca à base de água, a fim de preservar o material e evitar qualquer contaminação das frutas utilizadas nos experimentos. Outra mudança no protótipo original se refere à tela de aço galvanizado, que foi levantada em 4 cm do que a altura do protótipo anterior proposto por [1], visando aumentar a ventilação e desempenho da secagem dos alimentos ao elevá-los até a altura de entrada e saída de ar do protótipo. Essa medida foi adotada para aumentar a absorção de calor proveniente da radiação solar, proporcionando um

ambiente interno mais aquecido e com maior circulação de ar, acelerando o processo da secagem solar. Tais mudanças aqui descritas podem ser visualizadas na Figura 2, que mostra o protótipo final já modificado¹.

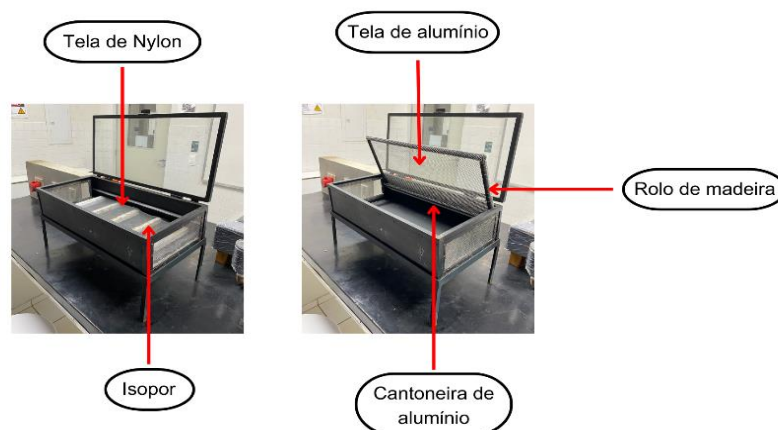


FIGURA 2: Protótipo após modificações em [1]. (Autoria própria).

2.3 Metodologia e realização dos ensaios

Visando validar o protótipo descrito na subseção 2.2, assim como ensaiado por [1], esta etapa do trabalho consiste na realização dos experimentos com as frutas: maçã, banana e abacaxi. É importante informar que se manteve a espessura do corte das frutas do experimento do protótipo original. Foram realizados três experimentos, cada um com um período de duração de 5 horas. O experimento 1 realizado no dia 14 de julho de 2023 das 10:00 às 15:00 horas onde a irradiação solar variou de 1154 - 1352 W/m²; o experimento 2 realizado no dia 27 de julho de 2023, das 09:50 às 14:50 horas onde a irradiação solar variou de 1058 - 1332 W/m²; e o experimento 3 realizado no dia 11 de agosto de 2023, das 10:14 às 15:14 horas onde a irradiação solar variou de 1085 - 1425 W/m². Na etapa de obtenção de dados, foram utilizados uma balança digital para realizar a pesagem das frutas, antes e após a secagem, um termômetro digital para acompanhar a temperatura e um piranômetro para medir a radiação solar global para cada dia de ensaio.

2.3.1 Experimento 1

O experimento 1 foi realizado no dia 14 de julho de 2023, das 10h:00 min às 15h:00 min. Para realizar o corte das frutas foi utilizado um mandolin², a fim de se obter uma espessura mais afilada dos alimentos e por consequência melhor desempenho do sistema e secagem. Após realizado o fatiamento, as frutas foram levadas a uma balança digital para ser efetuada a pesagem e as anotações de suas respectivas massas. Durante a experimentação, o céu permaneceu limpo e com poucas nuvens, favorecendo assim o processo de secagem. Observou-se também, que o valor da irradiação solar ao fim do período de exposição foi maior do que o valor inicial. Na Figura 3 pode-se observar as frutas dispostas no secador e na Tabela 1 os dados obtidos no experimento 1.

¹ Não foi mostrada uma figura do protótipo desenvolvido por [1], pois as mudanças realizadas não eram visíveis nas imagens que se teve acesso.

² Utensílio doméstico de cozinha utilizado para obter uma fina espessura dos alimentos.

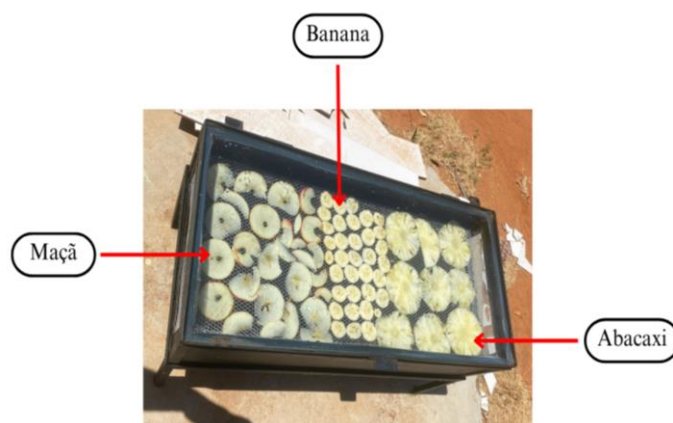


FIGURA 3: Realização do experimento 1: disposição das frutas no secador. (Autoria própria).

TABELA 1. Dados do experimento 1.

Dia	Hora	Massa (g)			Temperatura °C				Irradiação solar (W/m ²)
		<i>Maçã</i>	<i>Banana</i>	<i>Abacaxi</i>	<i>Entrada (Te)</i>	<i>Saída (Ts)</i>	<i>Interna Inicial</i>	<i>Interna Final</i>	
14/07/2023	10:00	100	90	100	31.3	31.7	28.8	31	1154
14/07/2023	15:00	15	30	30					1352

Fonte: Autoria Própria.

Considerando a relevância da proporção de frutas secas, os resultados alcançados, como mostra a Tabela 1, foram favoráveis para a maçã. Após a conclusão do experimento com duração de 5 horas, observou-se uma redução de massa de cerca de 70% para o abacaxi e 66,6% para a banana, correspondendo a percentuais de 30% e 33,3% de massa úmida, respectivamente. Já a maçã obteve redução mássica de 75% e 15% de massa úmida, sendo assim considerada uma fruta seca.

2.3.2 Experimento 2

Alguns dias após a realização do experimento 1, seguiu-se com o experimento 2, que foi realizado no dia 27 de julho de 2023, das 09h:50min às 14h:50 min. O tratamento das frutas quanto ao corte, manuseio e disposição no secador solar foi realizado conforme indicado no tópico 2.3.1. O clima durante o período da experimentação estava favorável para a secagem dos alimentos. O valor da irradiação solar no fim do período de exposição foi maior do que o valor inicial. A disposição das frutas no secador solar assim como os dados obtidos no experimento 2, podem ser observados na Figura 4 e na Tabela 3, respectivamente.

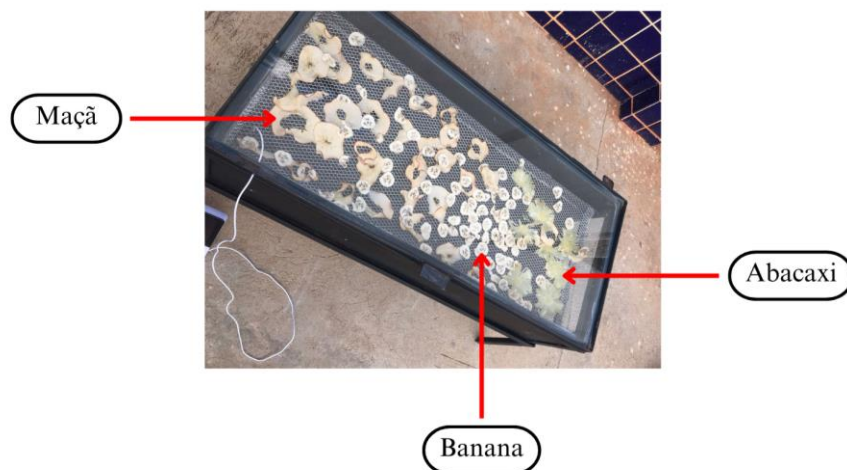


FIGURA 4: Realização do experimento 2: disposição das frutas no secador. (Autoria própria).

TABELA 2. Dados do experimento 2.

Dia	Hora	Massa (g)			Temperatura °C				Irradiação Solar (W/m ²)
		<i>Maçã*</i>	<i>Banana</i>	<i>Abacaxi</i>	<i>Entrada (Te)</i>	<i>Saída (Ts)</i>	<i>Interna Inicial</i>	<i>Interna Final</i>	
21/07/2023	09:50	100	83	100	32.5	40.1	38.6	46.2	1058
21/07/2023	14:50	17	26	26					1332

Fonte: Autoria Própria.

*Foi ensaiada novamente (mesmo já tendo atendido o padrão de secagem da literatura já mostrado no experimento 1) apenas para aproveitar o experimento que já estava em curso, com as demais frutas, que no experimento anterior não tinham atingido a secagem de acordo com a literatura.

Como anteriormente mencionado, frutas secas são definidas como aquelas que representam 25% da massa da fruta fresca [8]. Novamente, o resultado revelou-se positivo para a variedade da maçã que obteve redução mássica de 71%. Comparados com os valores obtidos pelo experimento 1, a banana e o abacaxi obtiveram resultados melhores, apresentando uma perda mássica de 68,7% e 74%, respectivamente.

2.3.3 Experimento 3

De forma a complementar os experimentos anteriores³, foi realizado o experimento 3 no dia 11 de agosto de 2023, das 10h:14min às 15h:14min. O tratamento das frutas quanto ao corte, manuseio e disposição no secador solar foi realizado conforme os demais experimentos, ou seja, conforme indicado no tópico 2.3.1. Durante a experimentação, o céu permaneceu limpo e com poucas nuvens, favorecendo assim o processo de secagem. Assim como nos experimentos 1 e 2 mencionados nos tópicos 2.3.1 e 2.3.2, respectivamente, no experimento 3 observou-se um aumento na radiação solar incidente ao fim da experimentação. O experimento 3 é ilustrado na Figura 5 e na Tabela 4 são mostrados os dados do experimento 3.

³ Foi excluída a maçã, pois já havia atingido os valores de secagem esperados.



FIGURA 5: Realização do experimento 3: disposição das frutas no secador. (Autoria própria).

TABELA 3. Dados do experimento 3.

Dia	Hora	Massa (g)			Temperatura °C				Irradiação Solar (W/m ²)
		<i>Maçã</i>	<i>Banana</i>	<i>Abacaxi</i>	<i>Entrada (Te)</i>	<i>Saída (Ts)</i>	<i>Interna Inicial</i>	<i>Interna Final</i>	
11/08/2023	10:14	*	80	100	35.1	34.3	32.7	47.4	1085
11/08/2023	15:14	*	20	26					1425

*A maçã não foi exposta neste experimento, pois já havia atingido seu percentual de secagem.

Fonte: Autoria Própria.

Na realização do último experimento obteve-se resultados favoráveis para banana e abacaxi, em que apresentaram a mesma massa úmida de 25% e 75% de perda mássica, sendo dessa forma considerada uma fruta seca.

3. RESULTADOS

Após conduzir os experimentos, que foram realizados nos meses de julho e agosto do ano de 2023, época do ano em que as condições climáticas foram favoráveis, concluiu-se que o processo de secagem foi efetivo. Ao analisar os valores de temperaturas interna inicial e interna final nas Tabelas 1, 2 e 3, observou-se que no primeiro experimento as temperaturas foram menores, consequentemente a redução mássica e a perda de massa inicial foram menores, porém os resultados não comprometem o desempenho do secador solar. No segundo e terceiro experimentos todas as temperaturas medidas foram maiores, quando comparadas ao experimento 1, e a irradiação solar chegou a variar respectivamente de 1052 W/m² para 1332 W/m² e 1085 W/m² para 1425 W/m² ao final de cada experimento com duração de cinco horas de exposição solar.

Considerando o trabalho realizado por [1], no qual o abacaxi e a banana prata apresentaram ao final do segundo experimento, após 8 horas de exposição, uma redução mássica inicial de 25% e 32%, respectivamente, no presente trabalho, considerando as mudanças realizadas no protótipo original já mencionadas no tópico 2.2, esse percentual chegou a 25% de massa inicial para ambas as frutas, abacaxi e banana, em apenas 5 horas de exposição. Na Tabela 3 é possível observar as porcentagens de perda mássica, após 5 horas de exposição solar, no trabalho realizado por [1] e no presente estudo após as alterações feitas no protótipo de [1]. Estes dados foram obtidos através de uma proporção da massa e quantidade de horas presente nas tabelas dos experimentos realizados por [1].

TABELA 4. Comparativo da perda mássica, após 5 horas de exposição solar.

Frutas	Lima (2018)		Presente Trabalho		
	Perda mássica (%)		Perda mássica (%)		
	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Maçã	84%	81%	75%	71%	*
Banana	69%	65%	66,6%	68,7%	75%
Abacaxi	77%	55%	70%	74%	75%

*A maçã não foi exposta neste experimento, pois já havia atingido seu percentual de secagem.

Fonte: Autoria Própria.

Por fim, comparando os resultados obtidos após a secagem no presente trabalho, é possível observar que, nos experimentos realizados, as frutas apresentaram uma massa final menor que suas massas iniciais, e isso deve-se a espessura do corte, evidenciando a geometria do corte, e as condições climáticas que foram favoráveis durante a experimentação. A porcentagem de massa úmida da maçã, banana e abacaxi em cada experimento após 5 horas de secagem é representada na Figura 6.

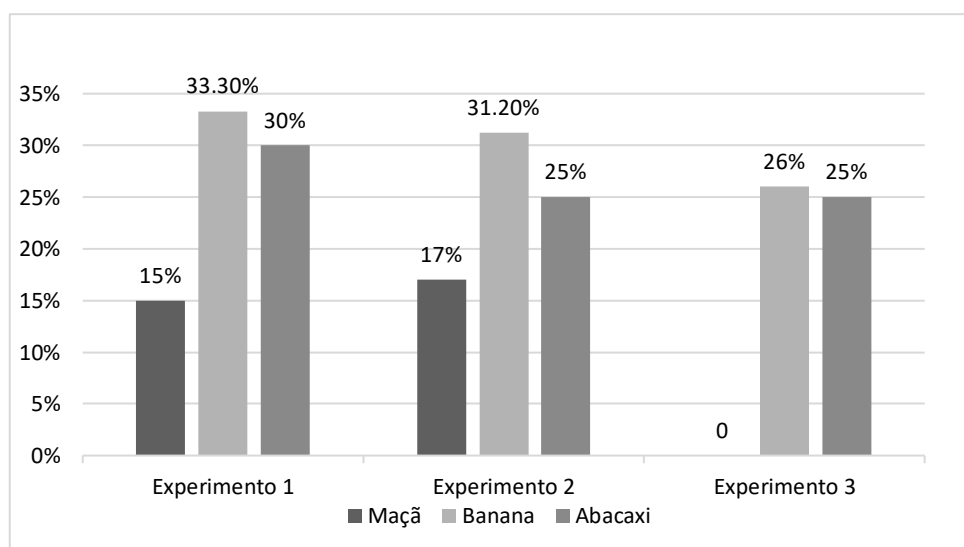


FIGURA 6. Massa úmida das frutas após 5 horas de exposição solar. (Autoria própria)

Como verificado, a maçã foi a fruta que obteve o melhor desempenho ao final dos três experimentos realizados, seguida do abacaxi e da banana. A maçã, banana, e abacaxi obtiveram redução na porcentagem de massa úmida de 0,88%, 1,06% e 1,15%, respectivamente, no experimento 1 em relação ao experimento 2. Nota-se que a diferença não é de grande magnitude, mas vale ressaltar que, apesar de os ensaios terem ocorrido em dias favoráveis a secagem solar, a mínima variação na temperatura externa e na umidade do ar, puderam interferir nos resultados.

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o objetivo foi atingido, pois foi possível verificar que as melhorias no desempenho do secador solar desenvolvido por [1], mostraram maior desempenho no processo de secagem. A principal mudança ocorreu na substituição da tela de *nylon* por uma tela de aço galvanizado e a elevação da mesma em 4cm. Tal mudança aumentou a absorção de calor proveniente da radiação solar, proporcionando um ambiente interno mais aquecido e com maior circulação de ar, no qual acelerou o processo da secagem solar. Outro ponto importante a enfatizar se refere à espessura do corte (mantendo o mesmo corte do protótipo original), o que também se mostrou favorável com desempenho adequado na secagem dos alimentos. Além do mais, notou-se através da degustação, que o sabor das frutas desidratadas permaneceu de boa qualidade.

Logo, conforme mostrado, a eficiência do processo de secagem por exposição solar direta foi confirmada com a perda de massa líquida em conformidade com o que é indicado na literatura especializada. Os produtos obtidos no processo de secagem podem ser utilizados como matéria-prima em receitas diversas, permitindo uma

maior variabilidade na produção de alimentos. Sendo simples e de baixo custo, esse equipamento pode ser produzido e operado por pessoas com conhecimento limitado na área.

Adicionalmente, considerando os objetivos inicialmente estabelecidos para este trabalho e após a análise dos resultados e dos procedimentos adotados, podemos afirmar que a execução do experimento foi bem-sucedida. Além disso, foi possível aplicar de forma prática diversos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso de Ciência e Tecnologia, que antes permaneciam apenas no domínio abstrato.

Por fim, esta pesquisa estimulou o interesse em aprofundar os conhecimentos na área de energias limpas e renováveis, incentivando a busca por informações em artigos científicos e na literatura relacionada à graduação. Assim, ela contribuiu significativamente para a formação acadêmica. REFERÊNCIAS

- [1] LIMA, Kelianny da Silva et al. Secador solar de baixo custo no semiárido potiguar: análise do desempenho. 2018.
- [2] ABSOLAR, 2022: O melhor ano da energia solar no Brasil. São Paulo, 2022. Disponível em: <[ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica](#)>. Acesso em: 17 de março de 2024.
- [3] TOLEDO, Thiago; CARNEIRO, Priscila. Matriz Energética Brasileira. 2020. Disponível em: <<https://fgvenergia.fgv.br/>>. Acesso em: 2 outubro de 2023.
- [4] EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Consumo De Lenha E Carvão Vegetal. Nota Técnica Epe Dea 016/2021. Disponível em: [Termo de referencia para contratação de pesquisa](#). Acesso em:
- [5] ALMEIDA, I. B.; LIMA, M. M. A.; SOUZA, L. G. M. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. Natal, RN: 2016. 9 f. Artigo – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Laboratório de Máquinas Hidráulicas e Energia Solar.
- [6] JESUS, Agnes Diniz Gomes de. Desperdício de 41,6 kg de alimentos por brasileiro/ano, causado por falta de planejamento e legislação estagnada, em contraste com a fome durante a pandemia. Fundação Verakis, Eaubonne, FrançaParis, 25 de maio de 2021. Disponível em: [O desperdício de alimentos no Brasil \(verakis.com\)](#). Acesso em: 2 outubro de 2023
- [7] PEREIRA, Patrícia Alves. Construção e análise de um secador solar de baixo custo na cidade de Mossoró – RN. 2015. 67p. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, 2015.
- [8] ANVISA, Resolução - CNNPA nº 12. 1978. Disponível em: <[Ministerio da Saude \(saude.gov.br\)](#)> . Acesso em: 17 de março de 2024.