



DEPARTAMENTO DE ENSINO  
CURSO TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA – FORMA INTEGRADA

CAMILLE MARÇAL DOS SANTOS  
DALYLA PESTANA LEITE  
GABRIELA MARIA ANDRADE DOS SANTOS  
SEMIREMIS DE LIRA SANTANA

**PROJETO DE DESIDRATADOR DE FRUTAS COM SISTEMA DE  
CONTROLE DE TEMPERATURA E ALIMENTAÇÃO  
FOTOVOLTAICA.**

Santo Amaro – BA

2022

CAMILLE MARÇAL DOS SANTOS  
DALYLA PESTANA LEITE  
GABRIELA MARIA ANDRADE DOS SANTOS  
SEMIREMIS DE LIRA SANTANA

**PROJETO DE DESIDRATADOR DE FRUTAS COM SISTEMA DE  
CONTROLE DE TEMPERATURA E ALIMENTAÇÃO  
FOTOVOLTAICA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito parcial à obtenção do grau  
Técnico de Nível Médio em Eletromecânica do  
Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro.

Orientador: Prof. Me. Lázaro Edmilson Brito Silva  
Coorientador: Prof. Me. Luís Alves Correia Filho

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**

---

P964 Projeto de desidratador de frutas com sistema de controle de temperatura e alimentação fotovoltaica. / Camille Marçal dos Santos ... [et al.]. – Santo Amaro, 2022.  
52 f.: il. algumas color.

Orientador: Prof. Me. Lázaro Edmilson Brito Silva  
Coorientador: Prof. Me. Luís Alves Correia Filho

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletromecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Santo Amaro, 2022.

1. Máquinas – Projetos. 2. Automação – Projetos. 3. Frutas – Desidratação – Equipamentos e acessórios. 4. Engenharia de Protótipos. 5. Controle de temperatura. 6. Arduino (Controlador programável). 7. Energia solar. I. Santos, Camille Marçal dos. II. Leite, Dalya Pestana. III. Santos, Gabriela Maria Andrade dos. IV. Santana, Semiremis de Lira. V. Silva, Lázaro Edmilson Brito (Orientador). VI. Correia Filho, Luís Alves (Coorientador). VII. Instituto Federal da Bahia.

CDU 62-1/-9:664.854

---

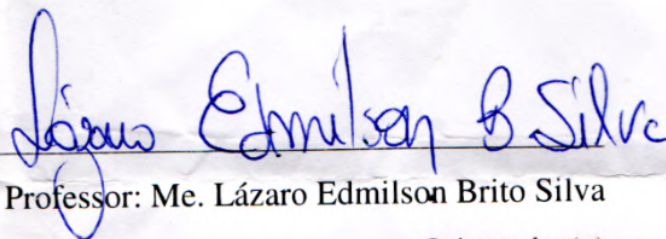
**Elaborado por Reginaldo Pereira Pascoal Junior – CRB-5/1470**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – Instituto Federal da Bahia (SIB-IFBA)**  
**Biblioteca IFBA Campus Santo Amaro**

**PROJETO DE DESIDRATADOR DE FRUTAS COM SISTEMA DE  
CONTROLE DE TEMPERATURA E ALIMENTAÇÃO  
FOTOVOLTAICA.**

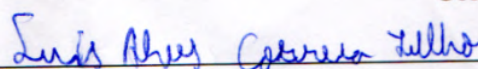
CAMILLE MARÇAL DOS SANTOS  
DALYLA PESTANA LEITE  
GABRIELA MARIA ANDRADE DOS SANTOS  
SEMIREMIS DE LIRA SANTANA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal da Bahia Campus Santo Amaro, como parte de requisitos necessários à obtenção do grau de Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

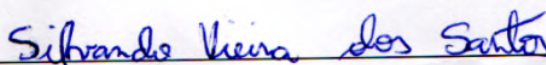
Aprovado em 12 / 12 / 2022, por:



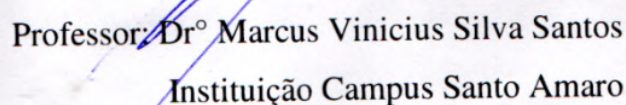
Professor: Me. Lázaro Edmilson Brito Silva  
Orientador(a)



Professor: Me. Luís Alves Correia Filho  
Coorientador(a)



Professor: Drº Silvano Vieira dos Santos  
Instituição Campus Santo Amaro

  
Professor: Drº Marcus Vinicius Silva Santos  
Instituição Campus Santo Amaro

## DEDICATÓRIA

*À todo(a)s que torceram por nós durante esta jornada. Em especial nossos familiares e amigos.*

## AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos vão para a base das nossas vidas, nossos familiares que tanto nos apoiaram e incentivaram em nossos estudos, são eles :

Minha mãe Maria Benedita Barbosa dos Santos e meu irmão Roque dos Santos Andrade Júnior, por estarem sempre comigo, Camille Marçal.

Minha mãe Jucilene Rangel Pestana e meu padraastro Raimundo Soares do Nascimento Júnior por me apoiarem e mesmo com todos os percalços nunca me deixaram desistir, Dalyla Pestana.

Minha mãe Maria do Amparo Andrade dos Santos e meu pai Pedro Mota dos Santos que tanto fez por mim, Gabriela Andrade.

Márcia Maciel Santana e Clarinda Maciel Santana que contribuíram para meu crescimento como pessoa, Semiremis Santana.

Aos nossos professores Marcele Almeida, Leandro Miranda e Silvando Vieira que sempre esteve presente no desenvolvimento do projeto e sempre nos pressionou em melhora.

Aos nossos orientadores Lázaro Brito e Luis Filho, por fazer parte da nossa construção técnica para, enfim, estarmos finalizando mais uma etapa em nossas vidas.

Por fim, todos que nos ajudaram nesta caminhada exaustiva e acreditaram em nosso potencial.

## EPÍGRAFE

*“Para aqueles que andam na beira do telhado, não façam isso.  
E para aqueles que fazem, boa sorte sobrevivendo a si mesmo.”*

*Parker S. Huntington, 2021*

Resumo do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Santo Amaro como parte dos requisitos para obtenção do grau Técnico de Nível Médio em Eletromecânica.

## PROJETO DE DESIDRATADOR DE FRUTAS COM SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA E ALIMENTAÇÃO FOTOVOLTAICA

2022

Curso Técnico em Eletromecânica – IFBA Campus Santo Amaro

O presente projeto tem o objetivo de oferecer à população, em específico, Santamarense, uma nova forma de renda, podendo então utilizar inovações tecnológicas para evitar desperdícios e gerar renda. O presente sistema do desidratador de frutas, é projetado para contar com um controlador de temperatura, placa solar, sensores de temperatura e luminosidade, bateria e arduino em um sistema de desidratação induzida, tendo além deste sistema, também tem a presença de um sistema de desidratação natural, influenciado apenas pela radiação direta solar. Este mesmo projeto é configurado para ter-se um funcionamento diário e noturno, possuindo características capazes de reconhecer tempos nublados, tornando o ressecamento eficiente evitando o aparecimento do alimento e agilizando o processo de secagem. Através do software SketchUp Pro foi realizada a projeção física em 3D do protótipo, expondo as características e posições de todos os equipamentos. Através disso, a visão de gasto para o desenvolvimento está em torno de R\$1.323,20 reais, reduzindo o custo comparado a desidratadores industriais.

Palavras chaves: Desidratação, fotovoltaica, aquecimento, frutas.



Abstract of the Final Course Paper to the Curso Técnico em Eletromecânica presented at Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Santo Amaro as part of the requirements for obtaining the Medium Level Technical degree in Electromechanics.

## FRUIT DEHYDRATOR PROJECT WITH TEMPERATURE CONTROL SYSTEM AND PHOTOVOLTAIC POWER SUPPLY

2022

This project aims to offer the population of Santo Amaro City, a new form of income, being able to use technological innovations to avoid waste and generate income. This fruit dehydrator system is designed to have a temperature controller, solar panel, temperature and luminosity sensors, battery and Arduino in an induced dehydration system, having in addition to this system, it also has the presence of a system of natural dehydration, influenced only by direct solar radiation. This same project is configured to have a daily and night operation, having characteristics capable of recognizing cloudy weather, making drying efficient, avoiding the appearance of food and speeding up the drying process. Using Sketch Up Pro software, a 3D physical projection of the prototype was performed, exposing the characteristics and positions of all equipment. As a result, the expenditure for development is around R\$1,323.20 reais, reducing the cost compared to industrial dehydrators.

Keywords: Dehydration, photovoltaic, heating, induced, fruit.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de materiais necessários para montagem do desidratador e orçamento conforme valores referentes a Outubro de 2022 .....	35
---	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Placa fotovoltaica.....	20
Figura 02 - Sistema On Grid.....	21
Figura 03 - Sistema Off-Grid.....	22
Figura 04 - Inversor 2000W.....	23
Figura 05 - Arduino uno R3.....	26
Figura 06 - Bateria Chumbo-Ácido.....	27
Figura 07 - Diagrama do funcionamento do Desidratador de Frutas.....	29
Figura 08 - Diagrama esquemático do processo de ligamento do sistema .....	30
Figura 09 - Diagrama do funcionamento dependendo da Ação Climática.....	34
Figura 10 - Fluxograma do sistema de funcionamento automático.....	37
Figura 11 - Vista frontal do protótipo.....	38
Figura 12 - Vista superior do protótipo.....	39
Figura 13 - Vista lateral esquerda do protótipo.....	40
Figura 14 - Desidratador comercial.....	40
Figura 15 - Vista superior lateral esquerda.....	48
Figura 16 - Vista lateral direita.....	48
Figura 17 - Vista posterior.....	49
Figura 18 - Vista completa superior .....	49
Figura 19 - Vista lateral direito.....	50
Figura 20 - Vista detalhada posterior.....	50
Figura 21 - Vista dos aparelhos.....	51
Figura 22 - Vista detalhada superior.....	51
Figura 23 - Aparelhos que compõem o desidratador.....	52
Figura 24 - Vista superior detalhada.....	52

## Sumário

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	14
1.1 APRESENTAÇÃO	14
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 Geral	17
1.3.2 Específicos	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	19
2.2 INVERSOR DE CORRENTE	22
2.3 CONTROLE AUTOMAÇÃO	24
2.4 RESISTÊNCIA DE AQUECIMENTO	25
2.5 ARDUINO	26
2.6 BATERIA	27
2.7 SENSORES DE LUMINOSIDADE	28
2.7.1 “Tudo ou nada”	28
CAPÍTULO 3: MATERIAIS E METODOLOGIA	29
3.1 Sistema de alimentação energética	29
3.2 Construção do corpo mecânico do desidratador	32
3.3 Procedimentos que serão realizados durante o dia	33
3.4 Funcionamento noturno	33
3.5 Ações climáticas	34
3.6 Orçamento	35
3.7 Desenvolvimento dos comandos para o arduino	36
CAPÍTULO 4: DISCUSSÕES	38
CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE A - IMAGENS DETALHADAS DO PROTÓTIPO	48

## **CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO**

### **1.1 APRESENTAÇÃO**

As feiras municipais nas cidades brasileiras possuem variedades culturais e históricas, trabalhando com diversas especialidades alimentares, como carnes, farinhas, hortifrutes, pescados, entre outros (SOUSA, 2004). Nesses ambientes os feirantes e consumidores estão sempre à procura dos produtos com maior qualidade, mas, no manuseio e transporte desses alimentos eles podem sofrer injúrias que modificam sua aparência e pode levar à perda de alimentos ainda consumíveis. O desperdício de alimentos em feiras públicas, leva a uma nova questão que pode ser resolvida com o aproveitamento de frutas de forma a agregar uma renda a mais para os produtores. “Frutas desidratadas são vendidas aqui no Brasil com preços mais elevados que a fruta natural” (PEREIRA et al., 2021, p. 14)

No Brasil, ao se comercializar frutas e verduras, as más condições na logística e no armazenamento implicam no desperdício, pois a compra destes alimentos é totalmente influenciada pela aparência física deles, e conseqüentemente, uma aparência considerada ruim provoca uma recusa do consumidor local (MARTINS; FARIAS, 2002). Na situação em questão, vários fatores contribuem para que ocorra o descarte desses alimentos, como por exemplo: o mau cuidado ao manusear os produtos no momento da colheita, as condições climáticas do local, condições inadequadas de refrigeração, armazenamento, infraestrutura e embalagens para o transporte (ZARO, 2018).

Uma forma utilizada atualmente como método de aproveitamento e conservação desses alimentos é o desidratador de frutas, que possui seu corpo físico exposto aos raios solares (secagem natural) ou funcionando por secagem induzida, em ambas condições o objetivo é reduzir a umidade com o calor produzido internamente (secagem artificial).

Desta maneira, o problema norteador deste projeto baseia-se na seguinte questão : é possível o desenvolvimento de um sistema desidratador de frutas que funcione de maneira natural ao decorrer do dia, também exercendo trabalho durante a noite?

Produtores e comerciantes de frutos sempre visam a produção, qualidade e rendimento, com o objetivo de obter um maior valor de lucro. Entretanto, um meio de obter bons resultados é utilizar as frutas que estão em forma adequada para consumo, mas que foram descartadas pelos consumidores em razão apenas da aparência. Portanto, esses investimentos trarão uma nova renda para pequenos agricultores e uma nova reflexão sobre o

desperdício. “Por conta disso, a desidratação das frutas agrega um valor, reduz os desperdícios e as perdas nos processos, promovendo o aproveitamento dos excedentes da safra, criando empregos e satisfazendo o consumidor” (TASSI, 2021).

Através de pesquisas sobre métodos de secagem, é muito comum observar construções de desidratadores de frutas, que contam com o sol como exclusiva fonte de energia para a secagem da fruta. Existem vários modelos idealizados e produzidos para realizar esta atividade e muitos destes são compostos apenas por uma parte mecânica e não automatizada, como é o caso dos secadores solares utilizados para desidratação de frutas (FEIDEN et al., 2015) que podem ser montados utilizando madeira, tampa de vidro e chapa metálica. e como um modelo diferencial descrito acima, "funciona com a junção do aquecimento solar, e o aquecimento por indução eletromagnética diminuindo o tempo do processo de desidratação” (PEREIRA et al., 2021, p. 15).

Nesse contexto, a intenção deste projeto é que em vez dessas frutas com imperfeições físicas em serem descartadas, elas passariam por um processo de desidratação, permitindo que sejam armazenadas em melhores condições por um prazo maior. Com a desidratação e comercialização dos alimentos desidratados é possível diminuir o montante desperdiçado, transformando o que seria um prejuízo em saldo para o produtor.

A implementação de um sistema de um sistema de secagem induzida é vantajoso pois oferta uma temperatura maior para desidratação das frutas em comparação com o aquecimento dos raios solares. Com um sistema de arduíno para que seja ainda mais autônomo, é incluído um sistema de controle de temperatura alimentado pela energia armazenada por uma bateria a partir da captação das placas fotovoltaicas, capacitando assim para o funcionamento do desidratador no período noturno, sendo esses os diferenciais em relação aos desidratadores anteriores.

Para análise foi escolhida a banana, que enquanto desidratada seu período de consumo pode ser em até 120 dias, diferentemente da banana in natura (FARIAS, 2009).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho teve como principal motivação projetar um desidratador que é útil para os comerciantes e os produtores de frutas e verduras que comercializam seus produtos em supermercados e feiras para o alcance de sua independência financeira, tendo em vista como uma alternativa para evitar a perda de grande quantidade de alimento. Este desidratador tem como benefício economizar energia elétrica a longo prazo pelo trabalho oferecido pela placa solar, oferecendo vantagens no mercado pela possibilidade de mudanças em sua temperatura com a junção do equipamento controle de temperatura, além de possibilidade de utilização por um período de tempo sem a presença do sol e por fim, trazendo impactos positivos para economia local, além de um melhor aproveitamento de frutas que tende a ser descartadas em bom estado de consumo.

Uma outra observação é a necessidade de sinalizar as condições que devem estar as frutas em seu manejo, já que para uma melhor qualidade no produto final, deve-se buscar qualidade também nos processos de seleções iniciais. “Frutas amassadas, danificadas e estragadas podem contaminar e estragar as frutas sadias.” (KOPF, 2008).

E em vista do desenvolvimento do planejamento para a idealização de um desidratador de frutas diuturno que de maneira autônoma realiza o objetivo do projeto, isto através de um sistema por arduino, automatizando o processo de secagem induzida. Visando o aumento da produção, a secagem durante a noite poderia contribuir nesse propósito. Logo, este projeto pretende propor o aproveitamento da luz solar. De modo que durante toda claridade do dia, o desidratador realize o pressuposto naturalmente e a energia captada pela placa fotovoltaica seja armazenada pela bateria para ser usada durante a noite, o que configura a vantagem de poder ser utilizado na ausência de luz solar ainda com controle da temperatura de forma que é possível manter a temperatura de aquecimento único ao processo de desidratação.

Este projeto faz-se relevante à medida que incrementa funções úteis e que melhoram a experiência de uso já que apresenta uma evolução em comparação com modelos de desidratadores já conhecidos tornando-se um equipamento mais completo para utilização, podendo atender às necessidades dos feirantes, agricultores e comerciantes.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 GERAL**

Projetar um protótipo desidratador de frutas com sistema de aquecimento controlado a base de arduino.

### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

- Determinar estrutura metodológica para construção mecânica e eletroeletrônica do protótipo;
- Fazer o levantamento do orçamento financeiro para a construção do projeto;
- Projetar modo de funcionamento do sistema de controle de temperatura. sistema de controle de temperatura comandado por arduino;

## **1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO**

No capítulo 2 são descritas as pesquisas de aprofundamento teórico sobre o que é e como deve funcionar um desidratador, juntamente com o conhecimento adquirido em alguns dos principais equipamentos aprofundados. O capítulo 3 traz seu desenvolvimento baseado no funcionamento do desidratador, elaborando os sistemas de alimentação, sistemas eletrônicos, a construção do mesmo, influências que podem afetar o sistema, além de uma apresentação detalhada do arduino, o qual vai exercer um importante trabalho.

Para as discussões é apresentado o desenvolvimento virtual do presente projeto utilizando um modelo 3D a partir do software Sketch Up Pro, tornando possível visualizar e idealizar este desidratador projetado. Também ressaltando potencialidades importantes como a manutenção e higiene dos alimentos ali presentes.



## CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

O Brasil é um dos maiores produtores frutíferos do mundo, produzindo cerca de 40 milhões de toneladas de frutas, sendo que cerca de 30% a 40% são perdidas no período de colheita (COSMO et. al., 2017). Esse fato constante, desperta uma comoção social, já que o desperdício faz parte do cotidiano do brasileiro, logo o desidratador vem como sugestão de aproveitamento de frutas em bom estado que seriam descartadas, tendo-se uma importância grandiosa em meios sociais e culturais por motivos de valorizar o que se é colhido.

A sustentabilidade das pequenas propriedades agrícolas passa pela otimização do processo de produção e pensando no aproveitamento de frutas não selecionadas pelos consumidores para consumo, a desidratação é um dos métodos mais antigos para a conservação desses produtos (BEZERRA, 2001). O processo de desidratação serve como opção para evitar desperdício e variação do sabor natural do fruto (QUEIROZ, 1994).

É possível ter acesso a muitos desidratadores e secadores solares que são desenvolvidos e construídos com materiais baratos e recicláveis justamente para atender a comunidades e pequenos produtores. Visando e expondo como proposta a automatização dos processos, pode trazer maiores vantagens para estas comunidades. Esta automação segue como forma de introdução de tecnologias atualizadas, trabalhando com diversos campos, seja da elétrica, informática e mecânica. Assim, com equipamentos programáveis e com sistemas confiáveis.

Dentre as diversidades de secadores no mercado de compras, vários atraem o consumidor, e para realização da compra são diversas as análises que devem ser realizadas, dentre elas o tempo de funcionamento, a qualidade e a durabilidade, além do valor que é crucial e decisivo. Como forma de amparar, os secadores solares de exposição direta com circulação de ar natural fazem uso de sucatas como de uma luminária para garantir um processo de montagem mais simples com baixo custo (ALMEIDA et al., 2016). Logo, este projeto avança para automatizar esse sistema em comparação com os modelos desenvolvidos até agora trazendo mais funcionalidades úteis para serem aplicadas na hora do uso e mantendo a vantagem de ter equipamentos avançados com valores acessíveis..

De acordo com Gall (2019, p. 1):

Desidratador de alimentos é um aparelho capaz de retirar a água dos alimentos, permitindo assim que seu prazo de conservação aumente. Ou seja, é um dispositivo que ajuda na preservação dos alimentos que possuem bastante umidade, como frutas, legumes e proteínas.

A desidratação de alimentos é um método realizado desde a antiguidade, em momentos em que não era possível preservar a comida fazendo o uso de eletrodomésticos como a geladeira. Com o passar do tempo foram desenvolvidos outros métodos e técnicas para prolongar a duração dos produtos a serem consumidos. (GALL, 2019)

O funcionamento de um desidratador, a princípio, é a partir da permissão de circulação de ar quente no interior da estrutura do equipamento, fazendo com que todo líquido que envolve a fruta seja evaporado até que a mesma esteja completamente seca (GALL, 2019). Neste projeto, são apresentados dois sistemas para a secagem da fruta: o natural, através da captação do calor natural, e induzido que basicamente se trata de componentes eletromecânicos que auxiliam no aquecimento do ambiente por meio da utilização de energia elétrica.

Visando maior aproveitamento e rendimento produtivo, segundo Fellows (2006), o sistema de desidratação do equipamento necessita de características apropriadas para os dois modos de operação (aquecimento natural e induzido), principalmente o mais invasivo, que é o induzido sem provocar danos à estrutura. Logo, o aparelho deve possuir um ambiente fechado, apropriado tanto para a absorção do calor, como também para o isolamento térmico, isto em uma absorção natural ou induzida.

O Brasil tem uma localização privilegiada em termos de melhor rendimento em captura de energia solar. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o país recebe, durante todo o ano, mais de 3 mil horas de brilho do sol, correspondendo a uma incidência solar diária que pode ir de 4.500 a 6.300 Wh/m<sup>2</sup> (BUENO et al., 2006, p. 1). A partir desta vantagem, é observada uma melhor produtividade nos âmbitos da secagem natural, como também na produção de energia fotovoltaica. Um outro fator a ser considerado é que, no processo indutivo, é necessária uma análise de temperatura que irá envolver o ambiente, assim tendo a necessidade de um controlador de temperatura, isto devido a passagem de corrente elétrica alternada para o sistema de aquecimento.

## **2.1 Energia solar fotovoltaica**

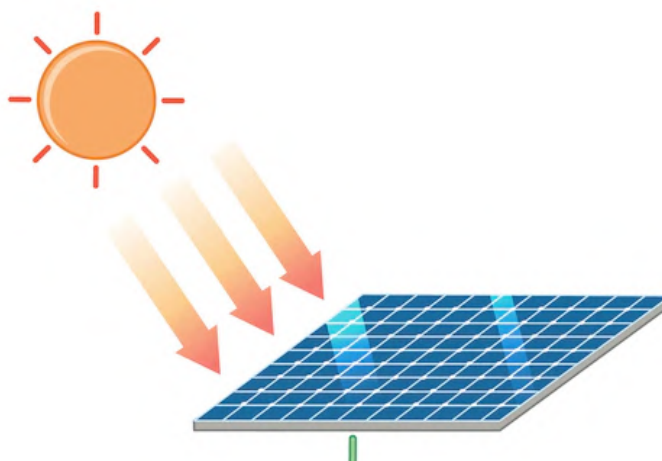
Grandes tecnologias e conhecimento são investidos para um maior aproveitamento da energia renovável, a qual:

“Atualmente, tem-se procurado mais apropriadamente usar as denominações Energias Renováveis e Novas Energias, para delimitar o conceito naquelas com

ciclos de renovação natural, que, em última análise, se originam da energia solar como fonte primária. Incluindo-se nesta categoria a energia eólica, de biomassa e a solar, estas são formas de energia que se regeneram de uma forma cíclica em uma escala de tempo reduzida.” (Pacheco, F. 2006. p. 5)

A energia solar fotovoltaica é uma fonte energética renovável que cresce e tende a crescer ainda mais no Brasil e no mundo (Neosolar, 2022). Através da célula fotovoltaica, ou do conjunto delas formando uma placa, vista na Figura 01, é possível realizar a captura direta da incidência de luz solar convertendo-a em energia elétrica, assim, trabalhando com inversores para, enfim, ser utilizada para o abastecimento de redes elétricas e equipamentos elétricos.

**Figura 01:** Placa fotovoltaica.



Fonte: Freepik, 2010

No ano de 1939 foi observado pelo francês Alexandre-Edmond Becquerel, um grande feito, que revelou ao mundo um grande avanço ao realizar observação em placas de platinas submerso em eletrólito, sendo capazes de gerar pequenas intensidades de tensão. Ressaltando então, a capacidade de uma célula fotovoltaica formada por um semicondutor absorver luz solar através de seus fótons e fazer o processo de conversão da radiação solar em eletricidade, provocando o efeito fotovoltaico (BOREAL, 2017). Até a atualidade este sistema sofreu várias modificações e melhorias positivas, se adequando aos sistemas elétricos atuais. Em um sistema de instalação fotovoltaico, existem modos de aplicações que divergem entre si, são dois modos, acomodação on grid e off grid.

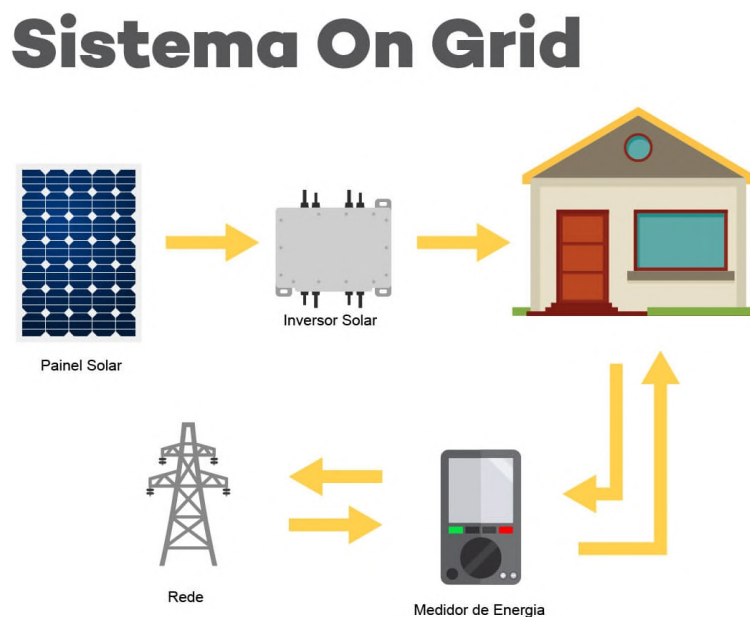
O sistema on grid ou grid tie, são métodos de uso fotovoltaicos de também uso da conexão à rede de abastecimento, no qual, na Bahia é a Neoenergia Coelba. Desta forma,

segundo Bortolotto (2017), o cliente consome não só o que se produz como também o que é administrado pela empresa de distribuição de energia elétrica, assim reduzindo o custo de consumo e desfrutando de um tipo de energia renovável e limpa.

Este tipo de instalação dispensa totalmente o uso de baterias, pois o rendimento da placa solar é consumido pelas cargas ou é diretamente injetado na rede elétrica.

A rede funciona como um grande banco de baterias, ora armazenando o excedente da energia, ora supriundo em horários de maior demanda. Com isso, o usuário paga só para a concessionária quando consome mais que gera, e caso produza mais do que consome, ele recebe créditos de acordo com a resolução normativa da ANEEL (482/2012).” (BORTOLOTTTO et al., 2017, p. 3)

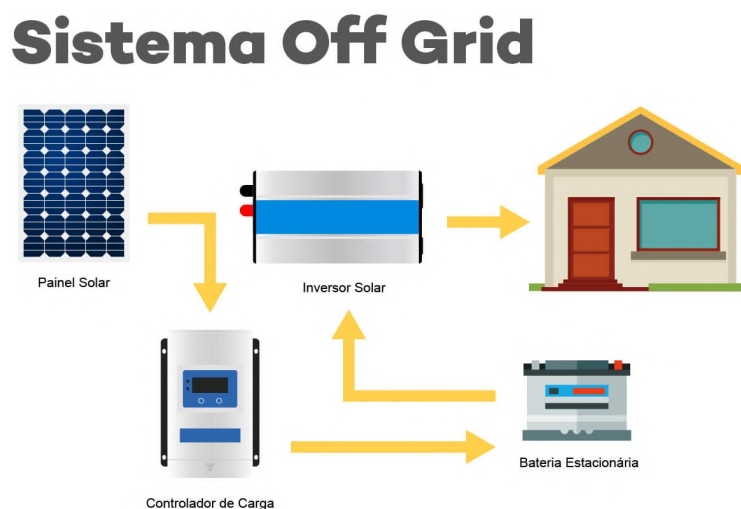
**Figura 02:** Sistema On Grid.



Fonte: Neosolar, 2017

O sistema off grid tem sua geração e armazenamento totalmente dependente da radiação solar e de aparelhos armazenadores, como banco de baterias e, dependendo da aplicação, necessita também de inversores CC/CA (BORTOLOTTTO et al., 2017, p. 3). A versatilidade deste sistema contribui para diversas aplicações seja em zonas rurais, fazendas, alimentação de sistemas isolados, condomínios para alimentações específicas e principalmente alimentações energéticas para áreas mais pobres que não possuem redes elétricas.

**Figura 03:** Sistema Off-Grid.



Fonte: Neosolar, 2017

## 2.2 Inversor de corrente

O conversor cientificamente chamado de conversor estático ou eletrônico, é um dispositivo capaz de realizar transformações ou como o próprio nome já diz, eles convertem o valor de um tipo de corrente em outro, por exemplo, recebe corrente contínua e a transforma em corrente alternada. É usados para inúmeras finalidades, sendo então divididos em diversas classificações, sendo elas: CC-CA (Inversores), CC-CC (Chopper), CA-CC (Retificadores), CA-CA (Cicloconversores).

- CC-CA: Este tipo de conversor é conhecido como inversor, converte os sinais elétricos de corrente contínua, fornecendo na saída corrente alternada, além de frequência com forma e amplitude exata e definida pelo sistema de controle. Uma das chaves estáticas utilizadas é a MOSFET (GRAHAM, 2002).
- CC-CC: Conversor CC-CC basicamente é categorizado como um sistema formado por semicondutores de potência que operam como interruptores, e tem como principal finalidade controlar o fluxo de potência da entrada para a saída (AHMED, 1998).

- CA-CC: Definido como retificador, este tipo de conversor realiza a conversão de corrente alternada para corrente contínua (AHMED, 1998). É utilizado para ajustar o valor de tensão de saída, conforme o número de fases encontradas na entrada.
- CA-CA: O diferencial do conversor CA-CA encontra-se na saída, pois recebem uma corrente alternada e liberam corrente alternada controlando o valor da frequência e da amplitude (AHMED, 1998) tanto para maior quanto para menor.

O modelo de conversor escolhido para ser utilizado no presente trabalho, é o inversor. Assim, segundo Pereira (2021), ele servirá para converter a tensão inicial gerada pela bateria CC em corrente alternada simétrica (CA), onde a frequência e a amplitude podem ser escolhidas como desejarem. A Figura 04 é uma representação de como é encontrado este aparelho no mercado de vendas, sendo também um exemplo de equipamento a ser utilizado no desidratador de frutas.

**Figura 04:** Inversor 2000W.



Fonte: Multienergy, 2022

### 2.3 Controle de Automação

A automação de um processo é crucial para o desenvolvimento de grandes projetos automáticos, o qual terá um direcionamento de controle a determinada aplicação. Existem cinco tipos de controle de automação, são eles: ação on-off, controle proporcional (CP), controle integral (CI), controle derivativo (CD) e controle proporcional integral derivativo (PID).

Basicamente:

- On-off: É uma forma de proporcionar comandos simples. *“É muito comum utiliza controles tipo liga desliga, onde considera mais simples e mais econômica”* (MICHEL et al., 2019)
- CP: Requer de tratamentos mais suaves e cautelosos. *“Nesse tipo de ação o sinal de controle é proporcional à amplitude do valor do sinal de erro”* (MICHEL et al., 2019)
- CI: Baseado na proporcionalidade do sinal ao erro recebido, aumentando ou abaixando seu sinal a depender do fator erro. *“Pode se observar que a ação integral tem assim uma função como armazenadora de energia, onde a partir de um determinado tempo o erro é igual a zero”* (MICHEL et al., 2019)
- CD: Este se aplica em sinais de controle derivado ao erro. *“Geração de um ganho que vai crescendo com o aumento da frequência”* (MICHEL et al., 2019)
- PID: Usados em sistemas mais complexos, utilizando a junção de três controles: Proporcional, Integral e Derivativa. *“a importância decorrem devido a sua estrutura e seu ajuste serem simples, quando ele sintonizado adequadamente vem proporcionar um comportamento servo e regulatório”* (MICHEL et al., 2019)

Sendo assim, a principal função da ação integral é fazer com que os processos do tipo sigam com o erro nulo, sendo assim um sinal, de referência do tipo salto. *“A ação de controle funcionará da seguinte forma: o controlador manda sinal de controle proporcional à magnitude e duração do somatório dos erros acumulados ao longo do tempo. Podendo assim aparecer erro de off -set”* (MAGALHÃES, 2015).

## 2.4 Resistência de aquecimento

Para o funcionamento desse sistema a resistência de aquecimento é o componente responsável por gerar o calor necessário para a desidratação das frutas durante a secagem induzida. Existem diversos tipos de resistências elétricas disponíveis com diferentes aplicações:

- Resistência Elétrica Aletada: para aquecimento de ar;
- Resistência Elétrica tipo Tubular imersão: utilizada para líquidos, produtos químicos e gases;
- Resistência Elétrica para estufas e fornos;
- Resistência Elétrica para bancos de aquecimento;
- Resistência Elétrica Tipo coleira, meia lua e placas;
- Resistência elétrica: tipo tubular

A mais adequada para esse sistema é a resistência elétrica tubular que tem formato de tubo, mas pode variar com relação ao comprimento, curvatura e potência.

De forma geral, pode-se dizer que a função de uma resistência tubular, assim como a de qualquer outra resistência térmica é de gerar calor de forma a manter o aquecimento do sistema, tendo como principal vantagem é a flexibilidade quando se trata de termos de fabricação e utilização (IMC, 2022).

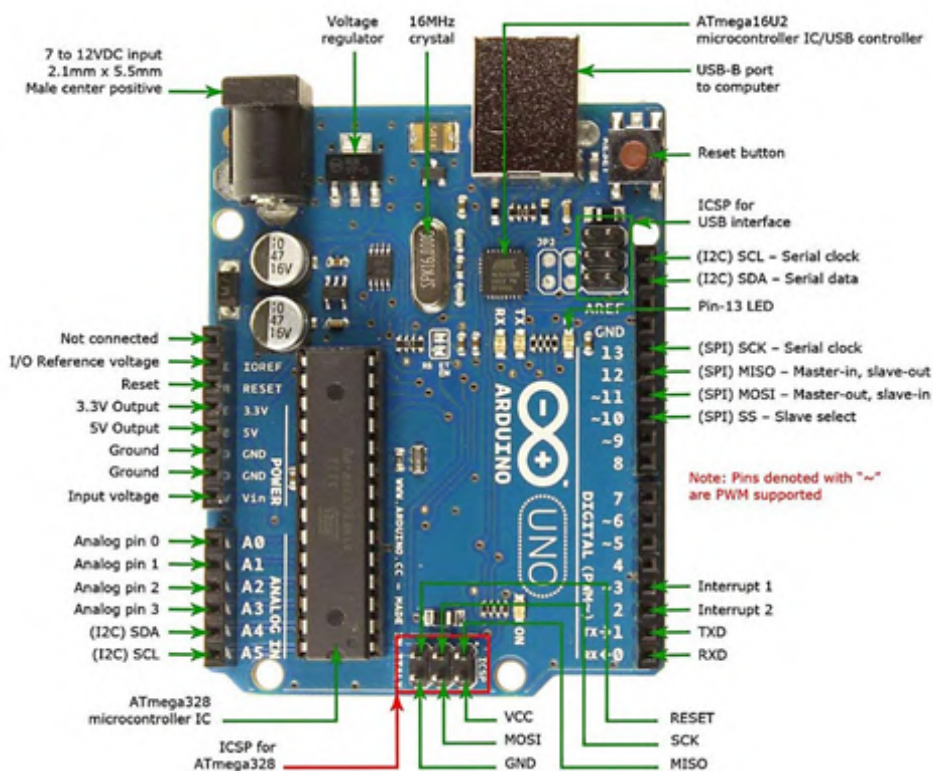
A resistência tubular metálica é feita de aço inoxidável e possui formatos variados. Ela pode ser fixada com o auxílio de niples de fixação. Esse específico tipo de resistência possibilita que o aquecimento seja mais rápido e uniforme, o que é vantajoso para os alimentos submetidos a ela.



## 2.5 Arduino

O Arduino é utilizado para facilitar a programação, para o uso do desenvolvimento de projetos eletrônicos e de robótica, esse arduino terá uma conexão com outros acessórios, como display, módulos de relés, teclado e etc. Logo, a placa de arduino funciona “Através de pinos que a conecta a um circuito eletrônico e, através dessa conexão, controla o circuito, enviando e recebendo informações” (CRAVO, 2012). O software instalado no arduino irá determinar todos os comandos feitos pela placa para a realização das tarefas, logo irá definir o início, o tempo de duração e o fim do processo. A linguagem para programação é feita em código, semelhante à linguagem c/c++, que após passar pelo compilador e será traduzida para um código compreensível pela placa. Então, um arduino deve ter tudo que auxilie o funcionamento do microcontrolador, pois funciona de forma adequada e desejada. Na figura 05, é uma representação de um arduino uno R3, modelo desejado para projetos eletrônicos, possuindo características cruciais para o desenvolvimento automático.

**Figura 05:** Arduino uno R3.



Fonte: Kalatec Automação, 2012

## 2.6 Bateria

Com o mercado crescente de aplicações de energia solar em residências, visando a busca de menor custo, a indústria fotovoltaica vem em constante evolução nos seus meios produtivos. No Brasil, é muito visto e aplicado o sistema on grid, mas tendo-se em vista a independência das empresas de abastecimento elétrico, é muito desejado o sistema off-grid, como a desejo deste presente trabalho.

Um dos equipamentos essenciais para o funcionamento de um sistema independente, é a bateria, trabalhando então com o armazenamento de toda a energia convertida pelas placas solares. Através desta capacidade de armazenamento, se determina sua boa potencialidade e duração do funcionamento do sistema e qualidade da mesma.

Na Figura 06 é apresentada uma bateria de chumbo-ácido, esta mesma é composta por chumbo, placas e óxido de chumbo. Elas são recomendadas para instalações elétricas principalmente por possuir como característica os eletrólitos, no qual é composto por água e ácido sulfúrico para a realização de uma reação química responsável por provocar o carregamento completo da bateria (ALDO, 2022).

**Figura 06:** Bateria Chumbo-Ácido.



Fonte: STA eletrônica, 2022

## **2.7 Sensores de luminosidade**

Os sensores em si apresentam grande funcionalidade em determinados aparelhos eletrônicos, a partir de comandos instalados no mesmo. Existe uma diversidade de sensores, com variados tipos de comandos, um deles são:

- “Tudo ou nada” : Sensores crepusculares e Relógios astronômicos.

### **2.7.1 “Tudo ou nada”**

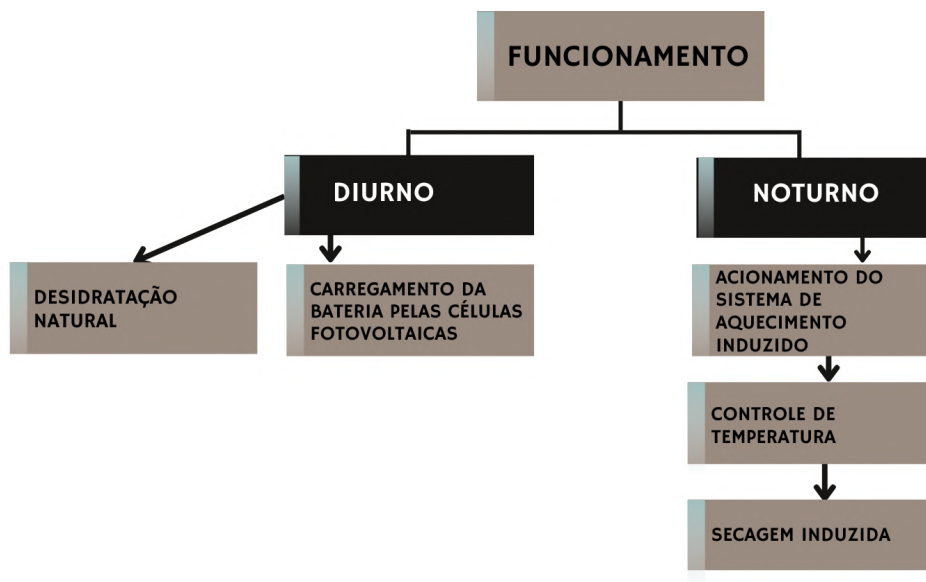
Se aprofundando neste tipo de comando, tem-se os sensores crepusculares, o mesmo avalia as condições de luminosidades naturais externas, configurando um ligamento do sistema quando se considera um ambiente escuro. Segundo Diogo Nunes (2012), este tipo de sensor é composto por células que vão estar em constante reação com as mudanças de luminosidade durante o dia em um sistema conforme o nível detectado.

Um outro comando que faz parte do sistema “Tudo ou nada”, é o Relógio Astronômico. “O relógio astronômico é uma solução de comando on-off cujo horário de funcionamento encontra-se enquadrado na variação do ciclo solar ao longo do ano” (SOUZA, 2012, p. 32). Logo, este módulo de sensor é voltado ao horário respeitando o ângulo de posição da Terra em relação ao Sol.

## CAPÍTULO 3: MATERIAIS E METODOLOGIA

Para a elaboração de um projeto com bom desempenho, é necessário entender tudo que envolve o mesmo, seja o seu próprio funcionamento como também entender a melhor aplicação do equipamento, assim visando a qualidade. É visto na Figura 07 uma relação de procedimentos, destacando os principais processos que serão feitos para que o desidratador esteja em seu melhor estado de funcionamento. Sendo assim, será necessário o cumprimento de etapas para se alcançar os resultados almejados. Essas etapas englobam no diurno a secagem natural e o carregamento da bateria pela célula fotovoltaica, já noturnamente o sistema de aquecimento induzido será alimentado pela bateria que foi carregada durante o dia, desta forma para se ter um melhor desempenho e monitoramento deve-se dar atenção a um sistema de controle de temperatura para lograr um melhor resultado nos alimentos desidratados.

**Figura 07:** Diagrama do funcionamento do Desidratador de Frutas.



Fonte: Autoral

### 3.1 Sistema de alimentação energética

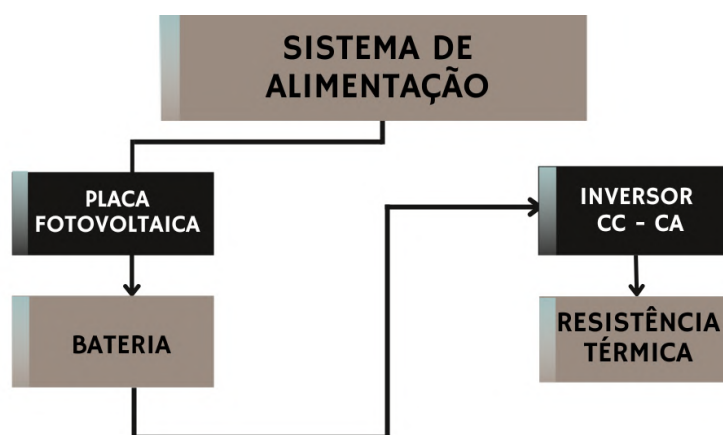
No presente sistema de alimentação, terá a formação de um mosaico, no qual todos os equipamentos se complementarão, com o objetivo de ter-se um resultado final, o qual é a

desidratação das frutas. Ao separar as funções realizadas nos turnos diurno e noturno, torna-se visível dois tipos de alimentação energética a se trabalhar. A primeira é a alimentação solar, oferecida diretamente ao desidratador, que acontece de forma natural e a desidratação ocorre graças à incidência da radiação solar na estrutura do desidratador.. A segunda é a tecnológica que também terá como base o sol, em uma oferta de radiação proporcionando a captura por uma placa solar e o armazenamento por meio de baterias.

A seguir é apresentado o diagrama ordenando o ligamento dos equipamentos, que parte da placa solar para a bateria em seguida para o inversor e por fim para a resistência.

A placa solar desempenha um papel essencial, sendo responsável pela produção de energia necessária para o funcionamento do sistema de alimentação. Dentre os dois tipos de instalação do sistema fotovoltaico, o mais aplicável ao desidratador de frutas em questão é o sistema fotovoltaico off-grid, pois não necessita estar ligado a rede de abastecimento, obtendo a carga armazenada apenas por um banco de baterias, sendo mais portátil e econômico.

**Figura 08:** Diagrama esquemático do processo de ligamento do sistema de alimentação.



Fonte: Autoral

A placa solar estará conectada ao inversor de corrente contínua para corrente alternada. Este inversor terá 2000W com capacidade de gerar 9 Amperes, para ser compatível com os demais componentes. Uma bateria de 12 V, 7 Ah, é acoplada com o intuito de armazenar toda a energia gerada pela placa. Para avaliar a performance desta bateria, deve-se

fazer uma relação entre a lei de Ohms e a fórmula de consumo de carga. Assim, com esta relação, pode se ter neste projeto o consumo estimado de 3,3h por noite.

Com o funcionamento do arduino, todos os comandos estabelecidos para o processo são funcionais. O que seria utilizado para comandar o processamento automático do desidratador é o Arduino UNO R3, o mais utilizado em projetos didáticos. Ele é uma placa de desenvolvimento microcontrolador, possui 14 pinos de entrada/saída digital (dos quais 6 podem ser usados como saídas analógicas), 6 entradas analógicas, um cristal oscilador de 16MHz, uma conexão USB, uma entrada para alimentação, um cabeçalho ICSP (tipo de padrão dos pinos do arduino) e um botão de reset.

O sensor de iluminação faz parte de um dos comandos que o arduino vai exercer. O sensor de luminosidade, como o nome já diz, vai trabalhar com a detecção da luz e vai definir o acionamento do sistema de aquecimento. O mais adequado é o sensor crepuscular, o qual vai avaliar a intensidade de luminosidade e enviar o comando de ligamento do aquecimento caso esteja anoitecendo. O controle do aquecimento por luminosidade se faz eficaz por fazer a ativação do sistema de forma automática e dar continuidade à desidratação das frutas que antes estavam perdendo água somente pelo calor do sol e, uma vez ele se ponha ou o dia esteja nublado a desidratação é descontinuada.

Com o ligamento do sistema, entra em ação a resistência, a qual vai aquecer e manter a temperatura no interior do desidratador. O trabalho de aquecer será realizado por uma resistência tubular de 1600 Watts e 220 Volts, elas são muito utilizadas na indústria e em aparelhos como aquecedores, fritadeiras, desumidificadores, dentre outros. Juntamente com o ligamento da resistência de aquecimento, é ligada a ventoinha que realiza o trabalho de dissipar o calor na caixa de desidratação a fim de uniformizar o aquecimento. Os dois equipamentos trabalharão juntos, pois, um aquece e outro alastra o calor no ambiente a ser aquecido. A ventoinha é facilmente encontrada, a mesma trabalha com tensão de 12 Volts.

O sistema tende a trabalhar com dois tipos de sensor, o de iluminação citado acima e o de temperatura, cujo objetivo justamente é receber dados térmicos e encaminhar para o sistema de controle para realizar o ajuste e então encontrar a temperatura adequada para desidratação. Então o sensor de temperatura caminhará junto com o controlador, pois é a partir destes que realizará a desidratação de forma adequada, sem gerar prejuízos às frutas.

Para o sistema de controle de automação, o aplicável a este sistema desidratador é o controle proporcional integral, estando diretamente ligado ao projeto através de suas propriedades. Então, essa ação proporcional integral, em caso de detecção de temperatura

inadequada, será provocado o envio de sinal informando o caso e ajustando os erros acumulados ao longo do tempo.

### **3.2 Construção do corpo mecânico do Desidratador**

Tendo em vista relações estruturais contidas no trabalho de (PEREIRA, 2021), o atual trabalho, é adaptado ao anterior com alguns equipamentos sendo o sensor de temperatura e a bateria para que ocorra a secagem induzida, no qual, conseqüentemente, sofrerá alteração no seu design final. Então, para a iniciação deste projeto, é fundamental que ocorra uma avaliação dos materiais necessários para haver uma concordância e também a aprovação de todos os itens. O desidratador de frutas em questão, tem seu corpo interno produzido por chapas metálicas, com o objetivo de melhor captação de calor durante o dia e seu corpo externo, produzido por madeira, já está isola termicamente a área aquecida do protótipo. Sua superfície é de vidro temperado, onde o mesmo é capaz de suportar o calor e promover a visualização das frutas e proteção contra insetos, chuva, entre outros. E, ainda para a estrutura, conta com seu apoio feito de madeira e rebites para agrupamento formando uma caixa.

Portanto, visando um maior rendimento no potencial de produção e aproveitamento, o projeto conta com diferenciais cruciais para o desenvolvimento do desidratador, tendo: o controle de temperatura, no qual será responsável por manter determinada temperatura no ambiente desejado e um outro diferencial é a implementação da placa solar com intuito de contribuir para o prolongamento do funcionamento do sistema de aquecimento.

### **3.3 Procedimentos realizados durante o dia**

No período diurno, tendo seu tempo de funcionamento estimado em 10 horas, o desidratador de frutas realizará seu objetivo natural, que é a secagem das frutas diretamente direcionadas ao Sol, onde a captação do calor é absorvida pelas chapas se prendendo no interior do desidratador, assim, realizando a secagem.

Quando se visa uma maior renda e produção, conclui-se que a carga horária de secagem deve ser aumentada, para isto, o processo de secagem deve se perpetuar também durante a noite. O processamento de secagem natural terá uma faixa de início das 6 às 7 horas, e pode se encerrar das 16 às 17 horas. Das 17 horas às 20 horas será realizada a secagem induzida, dependendo do comando de ligamento do sensor crepuscular e para este processo de secagem induzida, de forma econômica e renovável, é utilizada a energia solar, estando em

processo de recarregamento da bateria durante o dia e esta bateria durante a noite fornecerá energia suficiente para funcionar no período noturno.

### **3.4 Funcionamento noturno**

Como sinalizado acima, o funcionamento noturno é totalmente dependente de uma bateria que é carregada pela captura de energia solar acolhida pelas células fotovoltaicas. Para iniciar o processo de ligamento do sistema de secagem induzida, é utilizado um arduino, tal que é responsável pelo envio da informação de que no momento todos os equipamentos deverão exercer seus objetivos, logo, a bateria é também ligada, enviando a energia que estava armazenada para os demais.

Para o desidratador de frutas cumprir o papel de eliminar líquidos presentes nos frutos que vão estar armazenados na caixa metálica, haverá necessidade de um aquecimento suficiente para realizar esta evaporação, podendo concluir que a presença de Corrente Alternada provocaria esse aquecimento, logo, a necessidade de um inversor de Corrente Contínua em corrente alternada. Esse processo seria eficiente pois, o inversor transforma a Corrente Contínua na bateria em Corrente Alternada.

Sendo assim, é incluído no sistema do desidratador de frutas, um controlador de temperatura. Tal equipamento fica responsável pela saída e também pelo controle de toda passagem de corrente alternada, limitando-a assim. Complementando que, ocorrendo a diminuição ou aumento do fluxo de corrente alternada, ocorrerá uma interferência significativa da corrente de saída, que pode acabar ultrapassando ou não o limite de temperatura indicado pelo operador, mas esta percepção é dada pelo sensor de temperatura, o qual enviará comando para o arduino e o mesmo controla pelo sistema de automação programado .

A partir destes comandos, se inicia o processo de aquecimento, já que ao trabalhar com corrente do tipo Alternada, se visa um fluxo intenso de elétrons que conseqüentemente provocará o aquecimento. Basicamente, provocará o superaquecimento da resistência, tal qual vai estar próximo a chapa na parte inferior do desidratador, contando com o auxílio de uma ventoinha para difusão de todo calor gerado. Como todo corpo do desidratador de frutas é formado por um material que impede a fuga imediata do calor envolvido, o aquecimento do ambiente interno será rápido.

Por fim, este desenvolvimento seria o melhor caminho para construção do desidratador solar, pois sua estrutura oferece grandes vantagens e suporte para uso do



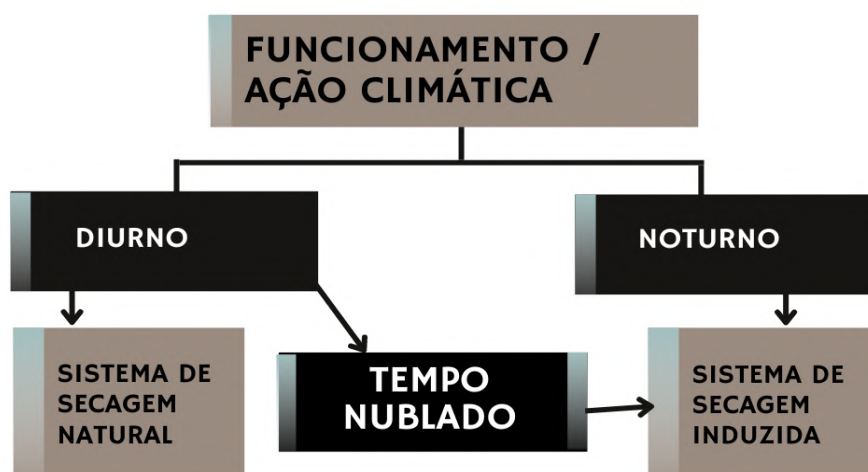
dispositivo durante a noite ou em dias nublados. Levando em consideração, que esse sistema não depende de concessionária elétrica, além de permitir seu controle de temperatura e oferecer diversas possibilidades dentre as necessidades do operador.

### 3.5 Ações climáticas

Ao longo do ano, são duas as principais estações (inverno e verão) que vão estar predominantes no Brasil devido à sua localização no globo terrestre. O verão, tende a ajudar consideravelmente ao funcionamento do protótipo, mas no inverno devido ao clima frio, tende a desacelerar o método de desidratação natural utilizando somente o calor solar para a realização deste processo. Pensando neste fato, o método de desidratação durante dias chuvosos e frios, deve ter-se o auxílio da bateria que vai estar também armazenando energia gerada pela placa solar. Ou seja, neste período também será necessário o uso da secagem induzida para o melhor aproveitamento do tempo de trabalho.

O que auxiliará na detecção do período noturno e chuvoso para a ativação do sistema de alimentação induzido será o sensor crepuscular que funciona utilizando células fotoelétricas. No momento em que uma menor intensidade de luz atinge as células a energia e o material semiconductor gera uma corrente, informando ao sistema que as baterias devem ser postas para uso. Na figura 09, é apresentado uma relação das propriedades:

**Figura 09:** Diagrama do funcionamento dependendo da Ação Climática.



Fonte: Autoral

É fato as condições climáticas provocarem influência na secagem, um outro fator em relação ao mesmo, é o local a se instalar o desidratador e suas necessidades na instalação, pois o desidratador deve se localizar em um local ventilado e de área aberta devido a necessidade de radiação solar para os dois processos.

### 3.6 Orçamento

Para a construção do então desidratador é necessário o uso de materiais que se complementam entre si, fazendo um processamento de qualidade. Na Tabela 1, segue a lista de materiais a serem utilizados para construção do desidratador, o porquê deles serem utilizados e o custo estimado.

**Tabela 1:** Lista de materiais.

Material	Descrição	Quantidade	Preço Unidade	Por que utilizar?
Madeira	Folha de madeira 2 metros. 0,2cm espessura e 13 largura	3	R\$70,00	Completar a estrutura do protótipo
Chapa Metal	Folha de zinco Galvanizado	4	R\$34,47	Manter temperatura interna
Vidro	Incolor temperado 45/45 centímetros, 0,6 cm de espessura	1	R\$31,90	Isolar frutas no interior do desidratador
Placa solar	36 células de silício. 0,17x0,40m 33Wh/dia	1	R\$99,00	Captar radiação solar
Resistência	Tipo tubular de 1600 W 220V	1	R\$70,50	Aquecer o ambiente
Bateria	12V 7Ah	1	R\$119,00	Armazenar energia
Grelha	Tapete tela grill. 40x40 cm	2	R\$24,20	Suporte das frutas
Placa de arduino	Uno R3 328 Smd	1	R\$104,29	Programar o sistema para comando
Inversor	2000W 12V para 220V	1	R\$349,09	Converter corrente para gerar aquecimento
Rebites	Alumínio tipo Pop 410	100	R\$0,24	Fixar os membros do desidratador
Ventoinha	12V	1	R\$15,54	Distribuir o calor no desidratador internamento
Sensor crepuscular	Universal 12V	1	R\$74,89	Detectar fator de luminosidade no ambiente externo
Controlador de temperatura mais sensor	Digital 220V	1	R\$38,71	Controlar temperatura a partir das informações passadas pelo sensor
Total	R\$1.323,20			

Fonte: Autoral

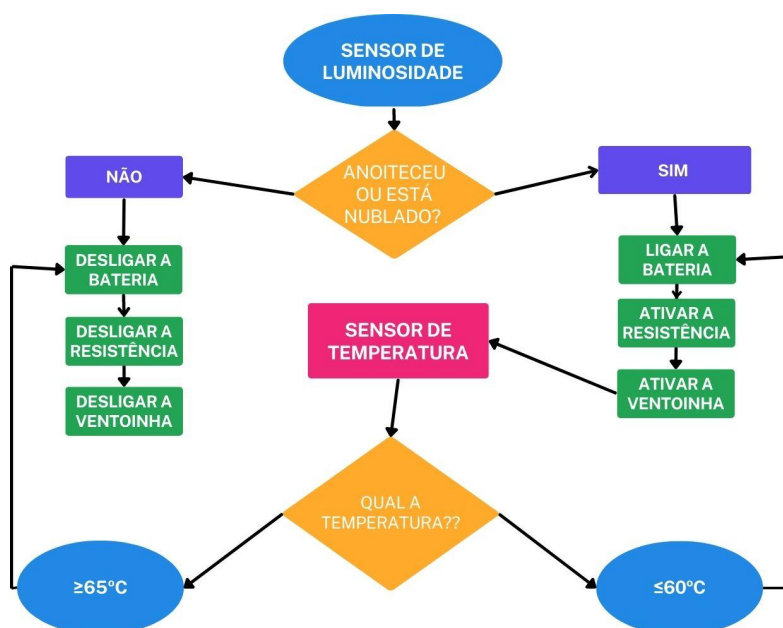
### 3.7 Desenvolvimento dos comandos para o arduino

O arduino e o controlador de temperatura vão desempenhar papéis importantes para o desenvolvimento do desidratador juntamente com um sistema de controle de automação, pois a partir dos comandos e execução dos mesmos é possível obter um resultado satisfatório. Os principais comandos que serão destinados através de um algoritmo para o arduino, são:

- Acionamento do sistema induzido obedecendo ao sensor crepuscular (luminosidade);
- Determinar a ligação da ventoinha junto com a resistência;
- Controle de temperatura a partir da ação de controle proporcional integral, recepcionando a temperatura através de um sensor e proporcionando o ajuste de temperatura de aquecimento. Por exemplo, se a fruta a ser desidratada for banana, o sistema terá como set point  $65^{\circ}\text{C}$ ;

Na Figura 10, é possível observar um esquema geral da atuação do sistema automático, este apresentado de forma didática em um fluxograma. A princípio, o sensor de luminosidade será um elemento importante desde o início do processo, onde ele determinará ou não o acionamento do sistema em determinado momento. Portanto, se o sensor detectar que ainda é dia no ambiente instalado, ele não ligará nenhum dos equipamentos elétricos. Mas se o mesmo detectar a intensidade luminosa, ativa o funcionamento de todos os equipamentos, com suas devidas responsabilidades.

Com o sistema em funcionamento, o sensor de temperatura realiza a medição da temperatura interna, o qual determina a necessidade do sistema passar pelo resfriamento, se a temperatura ceder o valor estabelecido, no caso  $65^{\circ}\text{C}$ , ou aquecimento se caso a temperatura tiver a menos que  $60^{\circ}\text{C}$ . Tendo por fim, o controle de temperatura, qual manterá o equilíbrio das temperaturas desejadas.

**Figura 10:** Fluxograma do sistema de funcionamento automático.

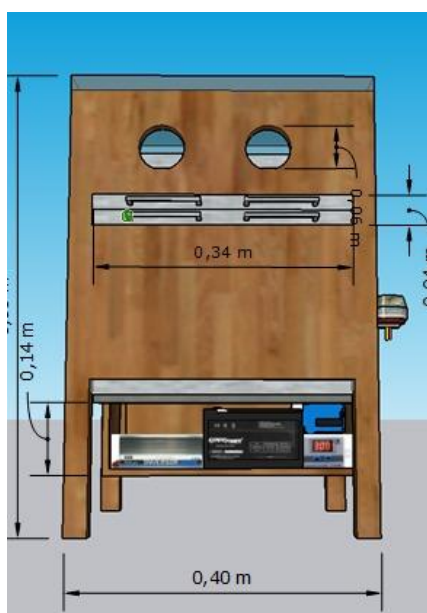
Fonte: Autoral

## CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como relatado, o presente projeto não foi prototipado fisicamente, mas desde o princípio a expectativa seria propor um projeto de desidratador que alcance temperaturas suficientes para realizar a desidratação das frutas e executar a mudança de temperatura atendendo aos comandos da programação do arduino e conseqüentemente do controle de temperatura. Assim, tendo um sistema capaz de trabalhar de forma natural e coletar energia solar suficiente durante o dia para o carregamento da bateria.

Apesar de todos os imprevistos que inviabilizaram a construção, foram pensadas formas que pudessem atender o público destinado, facilitando a idealização do protótipo, então foram produzidos modelos 3D que dimensionam a ideia do projeto. Na Figura 11 é apresentado um esboço frontal do presente projeto, sendo inteiramente desenvolvido através do software SketchUp Pro 2021 versão 21.1.332 64-bit. O design do protótipo foi pensado em atender a praticidade de formação de uma única estrutura, a qual abrigasse todos os equipamentos, assim facilitando um possível deslocamento. No apêndice também se encontram todas as demais imagens que apresentam o protótipo em melhor desenvolvimento. A figura Figura 11 ilustra a vista frontal do equipamento proporcionando a visão de sua estrutura.

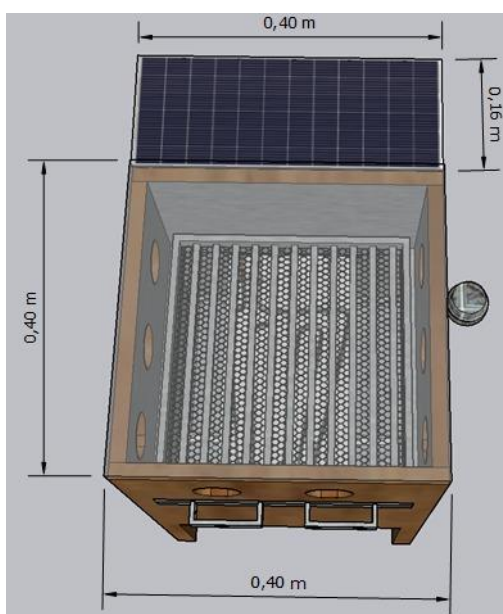
**Figura 11:** Vista frontal do protótipo.



Fonte: Autoral

Na representação, é visualizado duas aberturas circulares, a que é utilizada para ventilação se localizando acima das frutas e dos equipamentos grelha e resistência de aquecimento. Insetos não irão adentrar o equipamento devido a alta temperatura de operação, o que oferece risco à vida destes. Logo abaixo, tem-se a presença dos demais componentes, eles sendo abrigados em um cubículo abaixo da estrutura principal do desidratador. Na visualização da vista superior, representada na Figura 12, estão a placa solar e também as grelhas em seu suporte, apresentando como o protótipo seria internamente.

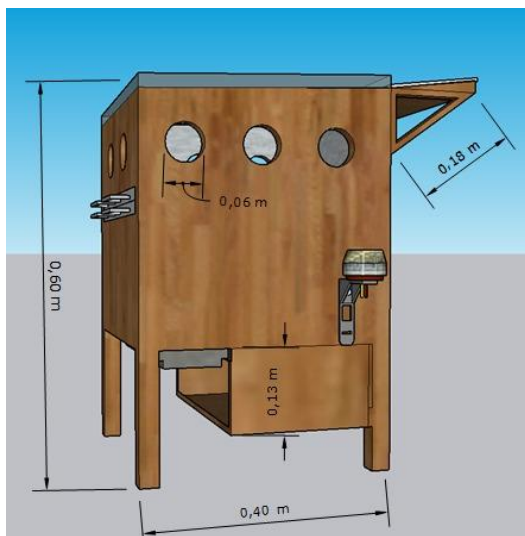
**Figura 12:** Vista superior do protótipo.



Fonte: Autoral

Na figura 13, além dos equipamentos acima citados, é observado a presença de uma leve inclinação, o qual servirá de suporte para a placa solar, como também proporcionará um melhor ângulo de captação da radiação luminosa utilizada para transformação em energia. É visto também três pontos de ventilação e o sensor crepuscular.. O sensor de luminosidade pode ser instalado em praticamente qualquer parte do equipamento já que para a desidratação acontecer a luminosidade solar deve ser de grande intensidade.

**Figura 13:** Vista lateral esquerda do protótipo.



Fonte: Autoral

Muitos trabalhos encontrados em pesquisas priorizam a luz solar ou forno completamente induzido como principal fonte de desidratação, logo o presente projeto não só usa desse meio natural como também contempla a forma eficaz, que é a induzida, a mesma também dependendo da radiação solar para a realização da secagem, ou seja, todo o projeto não visa custo de consumos além da própria montagem, como consumo de energia elétrica.

Na figura 14, tem-se um modelo de desidratador elétrico no valor de R\$6.745,68 que também trará um custo energético adicional, o qual não apresenta vantagens para um produtor que busca renda extra.

**Figura 14:** Desidratador comercial.



Fonte: UFRGS, 2022

Outro diferencial dos desidratadores comerciais é o uso dos benefícios da programação logarítmica para incrementar o sistema do projeto em si. Esta programação será feita intencionalmente para o arduino Uno R3, a qual vai estabelecer comando para todo sistema do desidratador. As linhagens de comandos, são:

- Ligamento do aquecimento noturno;
- Ligamento da ventoinha;
- Administração do controle de temperatura a partir do sensor;

Um outro fator a ser discutido é a manutenção deste projeto, visando sempre um bom funcionamento, onde estabelecemos uma condição de manutenção juntamente com a limpeza de forma preventiva, assim mantendo as condições de funcionamento e higiene do equipamento. Partindo do princípio da observação e dos cuidados, tirando de cogitação por exemplo o escape do líquido extraído das frutas, o contato com os principais equipamentos, entre outros fatores. Uma observação cuidadosa do sistema durante a manutenção, é o do bom funcionamento dos equipamentos, sensores, carregamento da bateria, as placas e arduino. Pois qualquer defeito pode comprometer o processo de secagem.

## **CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Portanto, nesse projeto foi apresentado um desidratador de frutas que tem funcionamento diurno de forma natural e noturna de formas induzida cuja os principais aparelhos para funcionamento é a placa solar, controlador de temperatura e sensor de luminosidade. Esse trabalho visou o não desperdícios de frutas e a agregação de renda de agricultores que sobrevivem do cultivo de frutas. Logo, neste projeto conclui-se que estas pendências podem ser amenizadas com o uso de tecnologias capazes de auxiliar em melhora, no caso, o desidratador de frutas com sistema controlador de temperatura e alimentação fotovoltaica.

Apesar das limitações, pode-se dizer que o projeto foi devidamente alcançado, ainda que não pudesse realizar a construção da caixa desidratadora e realizar testes, é notório o potencial do protótipo de trabalhar com o sistema fotovoltaico contribuindo para o aquecimento induzido e a bateria para uso do desidratador no período noturno. Logo, é observado que os estudos bibliográficos, teóricos e metodológicos possibilitam o entendimento de construção e funcionamento.



## SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante os processos de pesquisa e montagem do presente trabalho de conclusão de curso, surgiram alguns questionamentos, sobre o que implementar, o que fazer e por conta da indisponibilidade financeira, de informações, foram listadas possíveis implementações de alta relevância para os futuros projetos do desidratador, pois é necessário que haja uma pesquisa detalhada em alguns aspectos.

Para dar continuidade a este modelo de desidratador foi montada uma lista detalhada abaixo:

- Para continuação e aprimoramento deste protótipo é indicado que siga o caminho de uma alimentação que consiga gerar desidratação durante toda a noite e não durante apenas 3 horas.
- Implementar no sistema de arduino e no corpo do desidratador, um comando com as peças necessárias para que possa haver uma rotação da grelha, e assim, a desidratação ainda mais uniforme das frutas.
- Enquanto montagem do corpo, é proposta uma divisão no espaço do desidratador, de forma delimitando áreas e o temperatura de aquecimento específico de acordo com a temperatura ideal de desidratação de cada fruta para que seja possível desidratar várias frutas com suas diferentes temperaturas em um único desidratador.

## REFERÊNCIAS

ALDO, S. **Bateria solar chumbo acido.** Disponível em: <https://www.aldo.com.br/categoria/energia-solar/produtos/bateria-solar/bateria-solar-chumbo-acido>. Acesso em: 23 de dezembro de 2022.

ALMEIDA, M. **Desenvolvimento de secador solar: Construído A Partir De Material Reciclável.** HOLO , 2016. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2477>> Acesso em: 09 de fevereiro 2022

AHMED, A. **Eletrônica de Potência** . Ed. PRENTICE HALL, 1998, ISBN 8587918036.

BEZERRA, A. M. **Energia Solar; aquecedores de água.** Disponível em: <https://agro20-com-br.cdn.ampproject.org/v/s/agro20>> Acesso em: 25 de abril de 2022. João Pessoa. Editora Universitária UFPB.2001.

BOREAL, S. **Potencial de Energia Solar: Quais as Melhores Regiões Brasileiras para Captação da Luz Solar.** Disponível em:

<http://borealsolar.com.br/blog/2016/10/26/potencial-de-energia-solar-quais-as-melhores-regioes-brasileiras-para-captacao-da-luz-solar/>. Acesso em: 26 de Outubro de 2022.

BORTOLOTTI, V.; SOUZA, A.; GOES, G.; MARTINS, M.; BERGHE, M.; MONTANHA, G. **Geração de Energia Solar On grid e Off grid**. São Paulo, p. 1-6, out./2017. Disponível em:

<<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIJTC/VIJTC/paper/viewFile/1069/1234>>.

Acesso em: 19 de outubro de 2022.

BUENO, E.; MARTINS, F.; ABREU, S, RUTHER, R. Atlas Brasileiro de **Energia Solar: Brazilian Atlas Of Solar Energy**. 1. ed. São José dos Campos: INPE, 2006. p. 1-64.

COSMO, B. M. N.; GALERIANI, T. M.; BENETON, A. M. G.; NOVAKOSKI, F. P.

**Produção de Frutas Desidratadas: Estado Atual, Procedimentos e Perspectivas Futuras**. Rev. Científica Semana Acadêmica. 2017.

CRAVO, E.; **Arduino**. São Paulo. CMO da Kalatec Automação. Especialista em Controle e Automação (USP). 2012

FARIAS, S. **Processamento e qualidade de banana da terra (Musa sapientum) desidratada**. Bahia: ed. UESB. 2009. 89 p.

FEIDEN, A.; FEIDEN, A.; GALVANI, F., CAMPOLIN, A. **Desidratação de frutas utilizando secador solar**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2015. 5 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 98). Acesso em: 29 de dezembro de 2022.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Tradução de Florencia Cladera Oliveira (et al.). 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

GALL, J. **Desidratador de alimentos auxilia na conservação dos produtos**. Agronegócio , Santa Catarina, junho/2019. Disponível em:

<https://agro20.com.br/desidratador-alimentos/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20um%20desidratador,como%20frutas%2C%20legumes%20e%20prote%C3%ADnas..> Acesso em: 29 de junho de 2022.

GRAHAM, J. **Aplicações do HVDC nos Sistemas de Energia**, ABB Utilities, 2002.

GESEP. **Conversores CC-CA**. Disponível em: [https://www.gesep.ufv.br/wp-content/uploads/Aula\\_10-Conversores-CC\\_CA.pdf](https://www.gesep.ufv.br/wp-content/uploads/Aula_10-Conversores-CC_CA.pdf). Acesso em: 25 de outubro de 2022.

GORAYEB, T.; MARTINS, F.; COSTA, M.; COSTA, J.; BERTOLIN, D.; DAZANI, A. **Estudo das perdas e desperdício de frutas no Brasil**. São Paulo. FATEC. 2019. 09p.

IMC. **Confira qual a resistência usada nas churrasqueiras elétricas**. Disponível em: <https://imcresistencias.com.br/blog/resistencia-de-churrasqueira-eletrica/>. Acesso em: 24 de outubro de 2022.

KOPF, C. **Técnicas de processamento de frutas para a agricultura familiar**. Guarapuava. UNICENTRO. 2008.

MADEIRA, D.; MAGALHÃES, M. **O controlador Proporcional-Integral**. Espírito Santo. Universidade Federal do Espírito Santo. 2015.

MAGALHAES, M. **Ações de controle MEM engenheiros de plantão**. Santa Catarina. Universidade Federal Santa Catarina, 2015.

MARTINS, C.; FARIAS, R. **Produção de alimentos x desperdício: tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola – revisão**. Revista da FZVA, Uruguaiana, v. 9, n. 1, p. 20- 32. 2002.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Conversores de Potência, Tipos e Aplicações**. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com/conversores-de-potencia-tipos-aplicacoes/>. Acesso em: 21 de outubro de 2022.

NEOSOLAR. **Energia Solar fotovoltaica.** Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.

PACHECO, F. **Energias Renováveis: breves conceitos.** Outubro. 2006. Disponível em: <https://silo.tips/download/energias-renovaveis-breves-conceitos> . Acesso: em 19 de julho de 2022.

PEREIRA, A.; OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, M.; RODRIGUES, R. **Protótipo desidratador de frutas através da radiação solar e da indução eletromagnética.** Santo Amaro: ed. IFBA. 2021.

PMR RESISTÊNCIAS. **Resistência Elétrica.** Disponível em: <https://www.pmrresistencias.com.br/resistencia-eletrica.php>. Acesso em: 24 de outubro de 2022.

IMC Resistências. **RESISTÊNCIA tubular: entenda como ela funciona.** Disponível em: <https://imcresistencias.com.br/blog/resistencia-tubular/>. Acesso em: 03 de Agosto de 2022

SANTIAGO, M.; RIBEIRO, C.; MOREIRA, T.; FERREIRA, T. **Controle PID, na Redução do Consumo de CO<sub>2</sub>, das Envasadoras de Garrafas em Cervejarias.** SENAI CIMATEC. p. 1-8, out./2019. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/siintec2019/77.pdf>>. Acesso em: 24 de outubro de 2022.

SOUSA, D. **Eficiência Energética na Iluminação Pública.** Portugal, v. 2, n. 9, p. 1-143, jan./2012. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/72456/1/000151174.pdf>>. Acesso em: 24 de outubro de 2022.

TASSI, A.; CHAGAS, B.; Garcia, G.; CHAVES, J.; HILESHEIM, S. **Viabilidade técnico-econômica da instalação de uma unidade industrial de**

**desidratação de frutas.** Palhoça. UNISUL. 2021.

VALLÊRA, A.; BRITO, M. **As energias do presente e do futuro. Meio século de história fotovoltaica.** Gazeta de física. 2006. Disponível em: <<https://www.spf.pt/magazines/GFIS/76/pdf>> . Acesso em: 20 de julho de 2021.

ZARO, M. **Desperdício de Alimentos: velhos hábitos, novos desafios.** Caxias do Sul. EDUCS, 2018.

## APÊNDICE A - IMAGENS DETALHADAS DO PROTÓTIPO

Como forma de complementar as figuras de como seria o desidratador caso ele fosse construído fisicamente, segue imagens mais detalhadas de sua configuração.

**Figura 15:** Vista superior lateral esquerda



Fonte: autoral

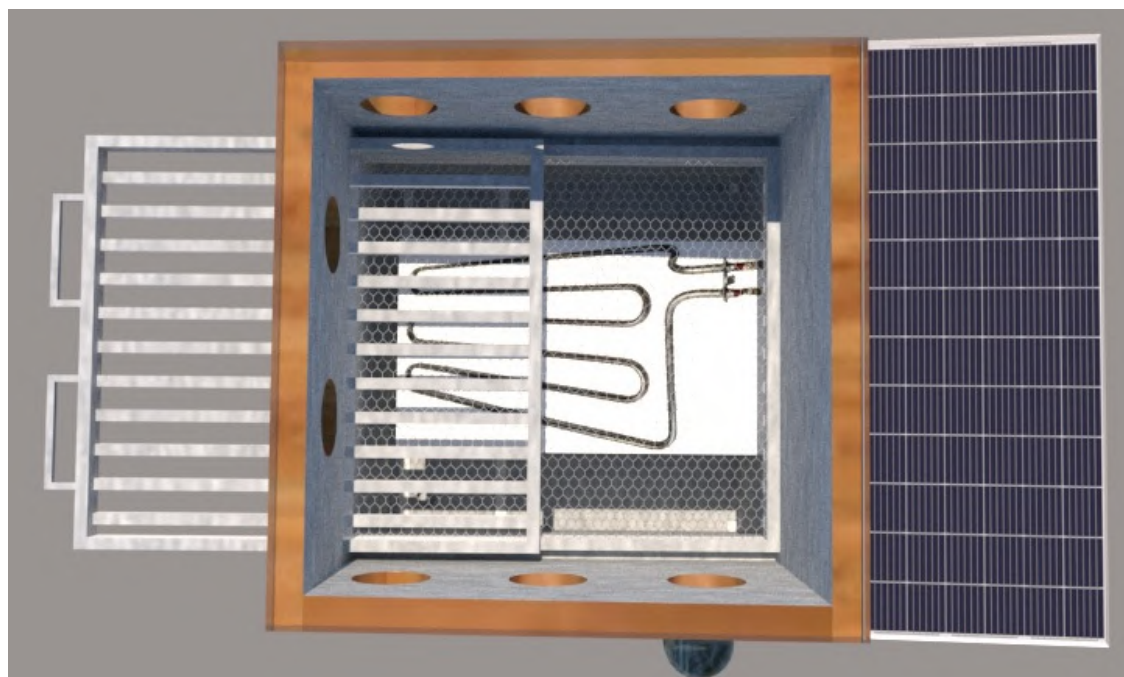
**Figura 16:** Vista lateral direita



Fonte: autoral

**Figura 17:** Vista posterior

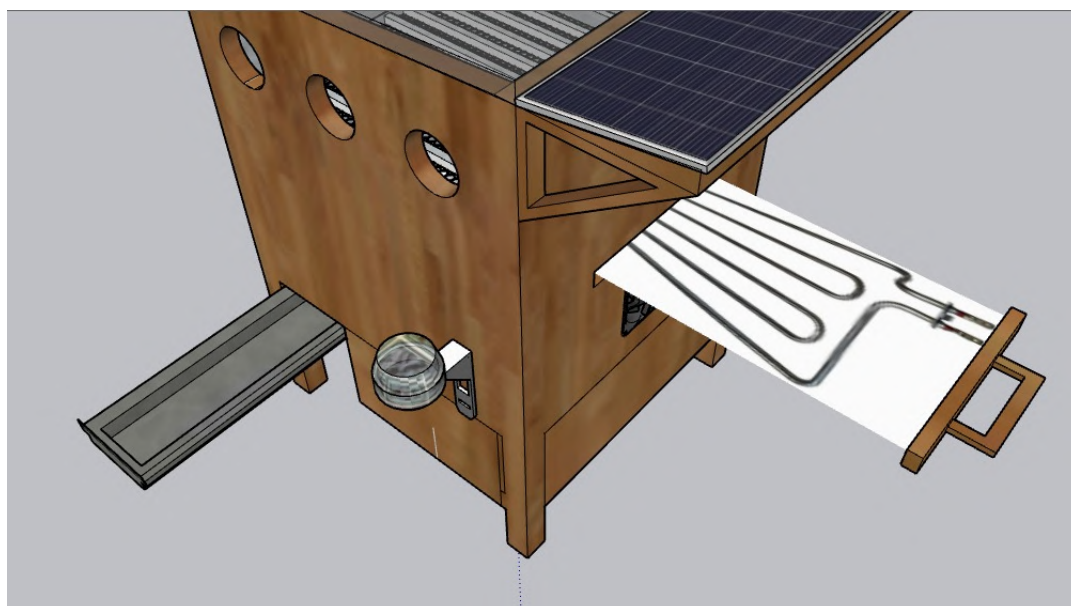
Fonte: autoral

**Figura 18:** Vista completa superior

Fonte: autoral



**Figura 19:** Vista lateral direito



Fonte: autoral

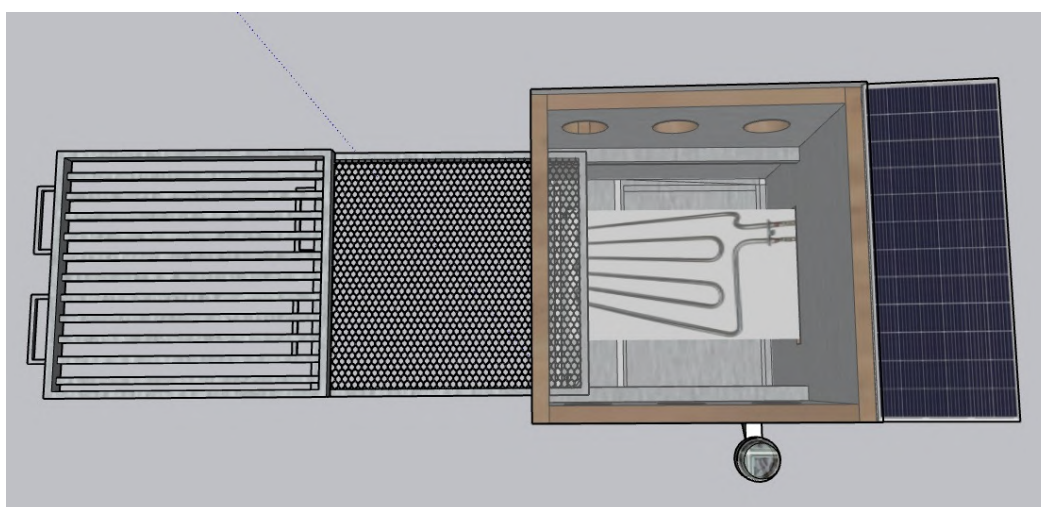
**Figura 20:** Vista detalhada posterior



Fonte: autoral

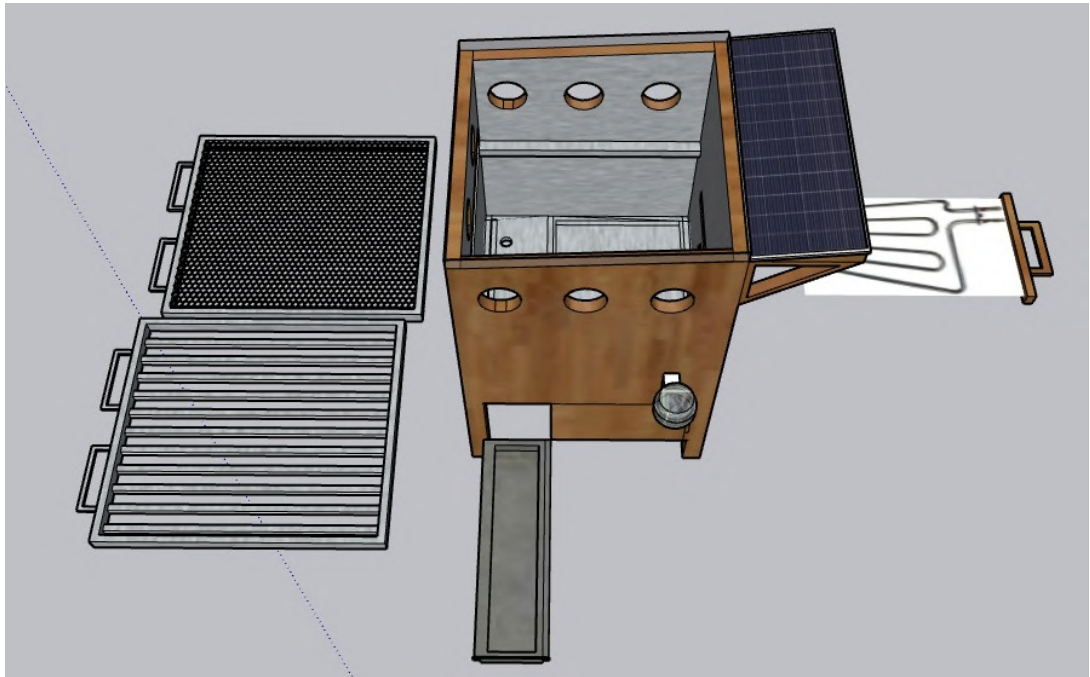
**Figura 21:** Vista dos aparelhos

Fonte: autoral

**Figura 22:** Vista detalhada superior

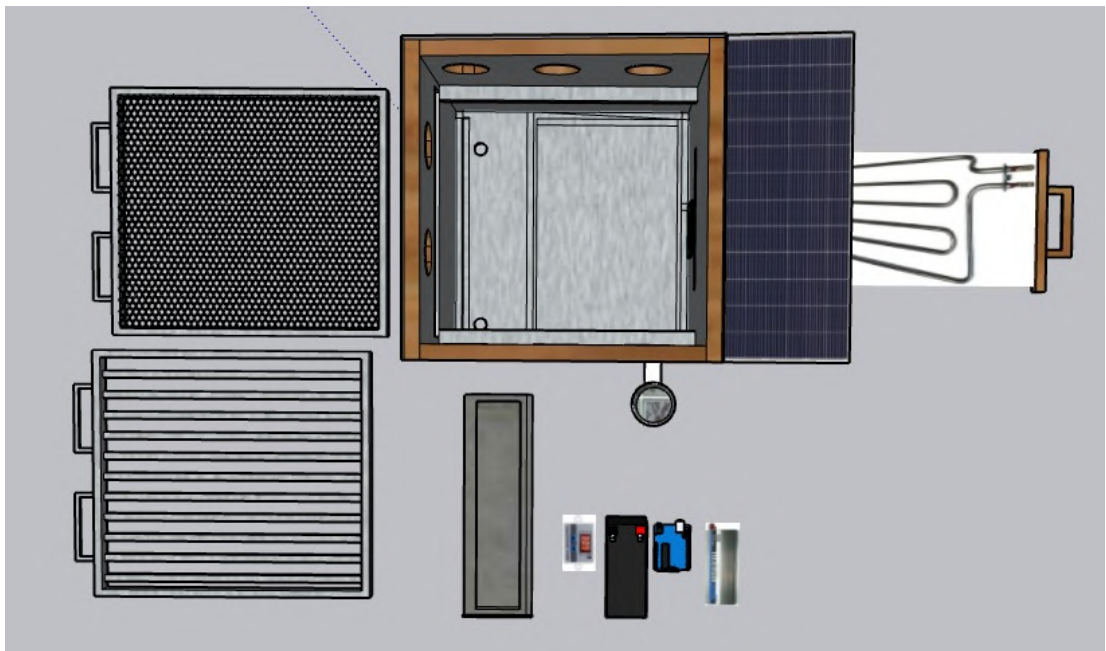
Fonte: autoral

**Figura 23:** Aparelhos que compõem o desidratador



Fonte: autoral

**Figura 24:** Vista superior detalhada



Fonte: autoral