

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ANDRÉ LUÍS DI DOMENICO**

**ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA E VIABILIDADE ECONÔMICA DE  
DIFERENTES MODELOS DE SECADORES SOLARES PARA DESIDRATAÇÃO  
DE ALIMENTOS POR PEQUENOS PRODUTORES RURAIS**

**FRANCISCO BELTRÃO  
2019**

**ANDRÉ LUÍS DI DOMENICO**

**ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA E VIABILIDADE ECONÔMICA DE  
DIFERENTES MODELOS DE SECADORES SOLARES PARA DESIDRATAÇÃO  
DE ALIMENTOS POR PEQUENOS PRODUTORES RURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Engenharia de Produção da UTFPR- Universidade Tecnológica Federal do Paraná em exigência para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Andrielle de Prá Carvalho

Coorientadora: Profa. Dra. Camila Nicola Boeri Di Domenico

**FRANCISCO BELTRÃO  
2019**

**TERMO DE APROVAÇÃO**  
**Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização**

**ESTUDO DA CAPACIDADE PRODUTIVA E VIABILIDADE ECONÔMICA DE  
DIFERENTES MODELOS DE SECADORES SOLARES PARA DESIDRATAÇÃO  
DE ALIMENTOS POR PEQUENOS PRODUTORES RURAIS**

por

**ANDRÉ LUÍS DI DOMENICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização apresentado às 18 horas do dia 27 de novembro de 2019, como requisito parcial para obtenção do título de especialista em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores que abaixo assinam este Termo. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho **aprovado**.

---

**Profa. Dra. Andriele**

**De Prá Carvalho**

Professora Orientadora

---

**Profa. Dra. Camila Nicola**

**Boeri Di Domenico**

Professora Coorientadora

---

**Profa. Dra. Paula Regina Zarelli**

Membro da Banca

---

**Prof. Dr. Lindomar Subtil De**

**Oliveira**

Membro da Banca

---

**Prof. Maiquiel Schmidt de Oliveira**

Responsável pela Coordenação do CEEP  
Curso de Especialização em Engenharia de Produção

***A FOLHA DE APROVAÇÃO ORIGINAL (ASSINADA) ENCONTRA-SE NA COORDENAÇÃO DO  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.***

Ao meu pai, Volmar, *in memoriam*, pela dedicação,  
companheirismo e amizade.

## **AGRADECIMENTOS**

Às orientadoras deste trabalho de conclusão de curso, pelas orientações e incentivo ao longo da realização do mesmo.

Aos professores do curso de Especialização em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Francisco Beltrão, pelos ensinamentos que serviram de base para a construção desta pesquisa.

Um agradecimento especial à minha mãe Neusa, minha esposa Camila, minha filha Giovana e ao meu filho Felipe.

## RESUMO

Os produtos agroalimentares, quando colhidos, apresentam como uma de suas características um teor de umidade elevado, o que impede que os mesmos sejam armazenados em condições seguras, necessitando que esta água em excesso seja removida. Uma das formas mais usuais de remover o excesso de água dos produtos é a secagem. O processo de secagem pode ser conduzido em diferentes tipos de equipamentos, os chamados secadores, em que o aumento da temperatura do ar diminui a sua umidade fazendo com que absorva a umidade disponível no material a secar. Atualmente, vem ganhando destaque a secagem realizada por meio de secadores solares, onde a fonte de energia utilizada é a solar, a qual mostra-se uma alternativa de grande interesse pelas suas qualidades e características de ser limpa, gratuita e de enorme potencial. Neste cenário, o objetivo da presente pesquisa foi analisar a eficiência energética e viabilidade econômica de diferentes modelos de secadores solares para desidratação de alimentos por pequenos produtores rurais, de maneira a fomentar este tipo de atividade na agricultura familiar. A fim de definir o modelo de secador que apresenta a melhor eficiência energética, foram realizados ensaios experimentais de secagem e acompanhamento da variação da temperatura interna em cinco modelos diferentes de secadores solares, tendo-se obtido os melhores resultados no equipamento revestido com MDF Naval. A partir da definição do secador solar mais eficiente, conceitos da gestão de custos e as ferramentas da análise de investimento foram utilizados para determinar a viabilidade financeira do investimento, tais como a Taxa Mínima de Atratividade, *Payback*, Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido e Retorno sobre o Investimento. Com as análises realizadas, foram obtidos resultados positivos para o investimento, mostrando que a atividade é viável, desde que se tenha um uso adequado do secador solar, por meio de uma produção planejada e organizada e não permitindo que o equipamento fique ocioso.

**Palavras-Chave:** Secagem solar, Viabilidade econômica, Sustentabilidade

## ABSTRACT

Agrifood products, when harvested, have as one of their characteristics a high moisture content, which prevents them from being stored in safe conditions, requiring that this excess water be removed. One of the most common ways to remove excess water from products is drying. The drying process can be conducted in different types of equipment, called dryers, where increasing the air temperature decreases its humidity causing it to absorb the moisture available in the material to be dried. Nowadays, drying by solar dryers has been gaining prominence, where the energy source used is solar, which is an alternative of great interest for its qualities and characteristics of being clean, free and of enormous potential. In this scenario, the objective of this research was to analyze the energy efficiency and economic viability of different models of solar dryers for food dehydration by small farmers, in order to promote this type of activity in family farming. In order to define the dryer model that presents the best energy efficiency, experimental drying tests and monitoring of the internal temperature variation were performed in five different models of solar dryers, obtaining the best results in the Naval MDF coated equipment. From the definition of the most efficient solar dryer, cost management concepts and investment analysis tools were used to determine the financial viability of the investment such as Minimum Attractiveness Rate, Payback, Internal Rate of Return, Net Present Value and Return on Investment. With the analyzes performed, positive results were obtained for the investment, showing that the activity is viable, provided that a proper use of the solar dryer, through a planned and organized production and not allowing the equipment to be idle.

**Key words:** Solar drying, Economic viability, Sustainability

## **LISTA DE TABELAS**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Gastos energéticos com secagem em diferentes indústrias          | 18 |
| Tabela 2: Eficiência do processo de secagem em cada secador                | 36 |
| Tabela 3: Comparação entre o tempo de secagem solar e com energia elétrica | 44 |



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Constituição básica de um secador solar misto  | 20 |
| Figura 2: Arquitetura do secador solar   | 29 |
| Figura 3: Secadores solares analisados   | 34 |
| Figura 4: Comportamento da temperatura no interior do secador                                    | 36 |
| Figura 5: Secadores solares em MDF Naval   | 37 |
| Figura 6: Formulário para coleta de informação sobre os custos de construção de cada equipamento | 49 |

## LISTA DE QUADROS

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1: Resultados dos custos de construção de cada equipamento          | 35 |
| Quadro 2: Processo 1   | 38 |
| Quadro 3: Processo 2   | 38 |
| Quadro 4: Processo 3   | 38 |
| Quadro 5: Processo 4   | 39 |
| Quadro 6: Processo 5   | 39 |
| Quadro 7: Processo 6   | 39 |
| Quadro 8: Processo 7   | 39 |
| Quadro 9: Resultado dos processos  | 40 |
| Quadro 10: Controle dos custos dos processos                               | 41 |
| Quadro 11: Projeção de Receita Líquida                                     | 42 |
| Quadro 12: Cenário 01 – Análise dos processos realizados                   | 43 |
| Quadro 13: Cenário 02 – Análise projetando otimização no uso dos aparelhos | 43 |

## LISTAS DE ABREVIATURAS

|        |   |
|--------|---|
| ABEPRO | Associação Brasileira de Engenharia de Produção |
| B/C    | Benefício-Custo                                 |
| FC     | Fluxo de Caixa                                  |
| ROI    | Retorno sobre o Investimento                    |
| TIR    | Taxa Interna de Retorno                         |
| TMA    | Taxa Mínima de Atratividade                     |
| VAUE   | Valor Anual Uniforme Equivalente                |
| VPL    | Valor Presente Líquido                          |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 14 |
| 1.1. OBJETIVOS .....  | 16 |
| 1.1.1. Objetivo Geral .....   | 16 |
| 1.1.2. Objetivos Específicos .....  | 16 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO .....  | 17 |
| 2.1. SECAGEM DE PRODUTOS AGROALIMENTARES .....  | 17 |
| 2.1.1. Consumo Energético no Processo de Secagem .....  | 18 |
| 2.1.2. Secadores Solares .....  | 19 |
| 2.1.3. Processo de secagem de frutas com a utilização de secadores solares por pequenos produtores rurais ..... | 20 |
| 2.2. ENGENHARIA ECONÔMICA .....   | 21 |
| 2.2.1. Gestão de Custos .....   | 21 |
| 2.2.2. Viabilidade Econômica e Financeira de Investimentos .....  | 23 |
| 2.2.3. Ferramentas da Análise de Investimentos .....  | 23 |
| 2.3. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROCESSOS DE SECAGEM ..  | 25 |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS .....  | 28 |
| 3.1. SECADORES SOLARES UTILIZADOS .....   | 28 |
| 3.2. LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO PARA CADA MODELO DE SECADOR SOLAR .....                              | 29 |
| 3.3. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DOS PARÂMETROS DOS SECADORES .....   | 30 |
| 3.4. EFICIÊNCIA DE CADA MODELO DE SECADOR SOLAR .....   | 30 |
| 3.5. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO E A PRODUTIVIDADE DO SECADOR SOLAR QUE OBTVEU A MELHOR EFICIÊNCIA .....  | 30 |
| 3.6. DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS COM OS PROCESSOS DO SECADOR SOLAR QUE OBTVEU A MELHOR EFICIÊNCIA .....             | 31 |
| 3.7. ANÁLISE DA VIABILIDADE DO INVESTIMENTO .....   | 32 |
| 3.8. COMPARAÇÃO ENTRE A SECAGEM SOLAR E A SECAGEM COM ENERGIA ELÉTRICA .....                                    | 33 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....  | 34 |
| 4.1. SECADORES SOLARES UTILIZADOS .....   | 34 |

|   |    |
|---|----|
| 4.2. LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO PARA CADA MODELO DE SECADOR SOLAR .....                            | 35 |
| 4.3. EFICIÊNCIA DE CADA MODELO DE SECADOR SOLAR .....   | 35 |
| 4.4. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO E A PRODUTIVIDADE DO SECADOR SOLAR QUE OBTVEU A MELHOR EFICIÊNCIA..... | 37 |
| 4.5. DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS COM OS PROCESSOS DO SECADOR SOLAR QUE OBTVEU A MELHOR EFICIÊNCIA .....           | 41 |
| 4.6. ANÁLISE DA VIABILIDADE DO INVESTIMENTO .....   | 42 |
| 4.7. RESULTADOS DA COMPARAÇÃO ENTRE A SECAGEM SOLAR E A SECAGEM COM ENERGIA ELÉTRICA .....                    | 44 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....   | 45 |
| REFERÊNCIAS .....   | 46 |
| APÊNDICES.....  | 48 |

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o abastecimento de frutas e hortaliças é feito quase que em sua totalidade pelo pequeno produtor rural, o que evidencia sua importância na cadeia produtiva. Uma das causas das perdas elevadas desses produtos são os preços baixos em períodos de safra, devido ao aumento da oferta, dificultando a venda pelo produtor. Outro fator é a padronização, quando o produto não atinge o padrão de qualidade para comercialização, mas encontra-se em boas condições para processamento. Combinado a isso, existe a falta de recursos humanos qualificados e o uso de tecnologias inadequadas de armazenagem (SILVEIRA, 2015).

O mercado de alimentos desidratados no Brasil ainda é muito restrito, sendo concentrado quase que 100% nos centros urbanos e nas classes sociais com maior poder aquisitivo. Porém, sabe-se que o consumo desses alimentos é comum entre pessoas de todas as idades e classes sociais. O que varia é a frequência. Como a tendência desse mercado é crescer, faz-se necessário investir em conhecimento tecnológico, pois, de maneira geral, a produção de frutas secas no Brasil ainda é praticada com pequeno aporte de recursos (MATOS, 2007).

Assim, a implantação de processos de desidratação de frutas em agroindústrias familiares atende a um mercado em amplo crescimento. Neste tipo de processo, podem ser utilizados secadores elétricos, à lenha, de derivados fósseis e solares. Porém, a maioria das agroindústrias de frutas desidratadas utiliza a energia elétrica como principal recurso térmico para promover a secagem dos produtos, representando, portanto, além do alto custo econômico relacionado ao equipamento (estufa elétrica) e ao gasto de energia, também um custo ambiental pelo prejuízo que o uso desta fonte energética pode trazer ao ambiente, mesmo quando derivada de hidrelétricas.

Dessa forma, o uso de secador solar permite que o beneficiamento dos produtos possa ser feito com baixo capital inicial, utilizando energia térmica renovável e de baixo custo na desidratação. A energia solar é considerada como fonte limpa, visto que não libera resíduos na atmosfera (RICCI, BATTISTI e SCHMIDT, 2012). O uso da energia solar, em substituição à energia elétrica no processo de desidratação das frutas, em empreendimentos familiares, pode ter consequências favoráveis, tanto em termos econômicos e ambientais, considerando-se a preocupação com as consequências ambientais do consumo de combustíveis fósseis, quanto de inclusão

social, pois permite maior participação de pequenos produtores no processamento industrial de frutas (SILVA, 2010).

Neste cenário, a utilização da energia solar como fonte de aquecimento do ar para retirada da umidade de produtos agroalimentares, perpassa pela implantação de secadores solares, os quais podem ser construídos com diversos materiais de revestimento interno e, conseqüentemente, apresentarem diferenças na sua eficiência energética.

Assim, além de analisar a eficiência energética do secador solar, é necessário também avaliar se, do ponto de vista econômico, é viável a utilização do secador solar por pequenos produtores rurais. Para tanto, diversos conceitos da gestão de custos e as ferramentas da análise de investimento podem ser utilizados para determinar a viabilidade financeira do investimento, tais como a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), *Payback*, Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Retorno sobre o Investimento (ROI).

Dessa forma, o objetivo da presente pesquisa é analisar a eficiência energética e viabilidade econômica de diferentes modelos de secadores solares para desidratação de alimentos por pequenos produtores rurais, de maneira a fomentar este tipo de atividade na agricultura familiar. Para atingir este objetivo, o trabalho foi estruturado conforme segue abaixo:

No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica enfocando aspectos sobre a secagem de produtos agroalimentares, com destaque para o consumo energético neste tipo de processo bem como o uso de secadores solares. É também apresentado um referencial teórico sobre engenharia econômica, no que diz respeito à gestão de custos, viabilidade econômica e financeira de investimentos e as ferramentas deste tipo de análise. A revisão finaliza mostrando o estado da arte sobre a análise de viabilidade econômica de processos de secagem.

O capítulo 3 aborda a metodologia empregada para o desenvolvimento das atividades previstas, no que tange à determinação do modelo de secador mais eficiente e às ferramentas para análise da sua viabilidade econômica.

Os resultados obtidos por meio da metodologia utilizada são apresentados e discutidos no capítulo 4, enfocando os modelos de secadores solares utilizados para o desenvolvimento da parte experimental, os custos de construção para cada modelo avaliado bem como a determinação da capacidade de produção e produtividade do

secador mais eficiente, os custos com o processo de secagem neste equipamento e os resultados da análise do investimento.

Por fim, as conclusões são mostradas no capítulo 5.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Analisar a capacidade produtiva e viabilidade econômica de diferentes modelos de secadores solares para desidratação de alimentos por pequenos produtores rurais.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Identificar diferentes modelos de secadores solares para desidratação de alimentos;
- Levantar os custos de construção para cada modelo de secador solar;
- Identificar o modelo de secador solar mais eficiente em termos energéticos;
- Avaliar a capacidade de produção do modelo de secador solar mais eficiente;
- Analisar a viabilidade econômica do investimento.



## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. SECAGEM DE PRODUTOS AGROALIMENTARES**

Os produtos agroalimentares, quando colhidos, apresentam como uma de suas características um teor de umidade elevado, o que impede que os mesmos sejam armazenados em condições seguras, necessitando que esta água em excesso seja removida.

Uma das formas mais usuais de remover o excesso de água dos produtos é a secagem. O processo de secagem caracteriza-se como um fornecimento de uma forma de energia ao produto, de maneira a aquecê-lo, fazendo com que a água contida em seu interior seja removida para a sua superfície e, desta, para o ambiente onde encontra-se exposto, ou seja, é uma transferência simultânea de calor e de massa.

O processo de secagem é afetado por diferentes parâmetros, tais como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem. O comportamento destes parâmetros é diretamente relacionado à forma de secagem realizada.

Várias são as formas de secagem existentes, podendo estas serem caracterizadas como naturais ou artificiais. Na secagem natural, o produto a ser seco é exposto diretamente ao sol. Conforme Boeri (2012), devem ser tomados cuidados especiais para que os produtos não sofram aquecimento excessivo e para que o processo ocorra do modo mais uniforme possível, sendo um método que depende das condições do ar ambiente que, muitas vezes, não são adequadas para a secagem.

Na secagem artificial, o processo pode ser conduzido em diferentes tipos de equipamentos, os chamados secadores, em que o aumento da temperatura do ar diminui a sua umidade fazendo com que absorva a umidade disponível no material a secar. Nesta forma de secagem, dentre outros meios, o processo pode ser feito em secador elétricos, em secadores por micro-ondas, em liofilizadores e em secadores solares.

A secagem em secadores elétricos caracteriza-se por fazer uso da energia elétrica para aquecimento do ar de secagem. De acordo com Fellows (2006), na estufa de secagem elétrica há uma câmara de isolamento térmico apropriado e com sistemas de aquecimento e ventilação do ar circulante sobre as bandejas ou através das bandejas. Neste tipo de secador o produto é colocado em bandejas ou outros acessórios similares sendo exposto a uma corrente de ar quente em ambiente

fechado. As bandejas contendo o produto se situam no interior de um armário, onde ocorre a secagem pela exposição ao ar quente.

Já a secagem solar tem como princípio a utilização da energia do sol como fonte de fornecimento de calor para a retirada da umidade do produto. A secagem utilizando a energia solar mostra-se uma alternativa de grande interesse pelas suas qualidades e características de ser limpa, gratuita e de enorme potencial (ALMEIDA, LIMA e SOUZA, 2016).

### 2.1.1. Consumo Energético no Processo de Secagem

A retirada de umidade de materiais por meio do fornecimento de calor ocorre com grande gasto energético, fazendo com que a secagem se torne o processo industrial que mais consome energia.

Kudra (2004) fez um levantamento dos gastos energéticos com secagem nos principais tipos de indústrias, conforme mostrado pela tabela 1:

Tabela 1: Gastos energéticos com secagem em diferentes indústrias

| Indústria         | Secagem |
|-------------------|---------|
| Madeireira        | 70%     |
| Têxtil            | 50%     |
| Produção de Papel | 27%     |
| Produção de Polpa | 33%     |

Fonte: Kudra (2004)

Dessa forma, a economia de energia elétrica é uma das variáveis mais importantes a ser controlada dentro do processo, influenciando diretamente no custo do produto. Assim, atualmente, no que diz respeito aos processos de secagem, tem-se uma preocupação em otimizar a utilização de recursos energéticos e materiais, principalmente pelo alto custo e o impacto ambiental que estes causam. A questão da sustentabilidade ambiental, muito mais que uma demanda social e exigência do mercado, é também uma questão de competitividade do setor.

Um dos termos que tem ganhado destaque neste sentido é o de ecoeficiência que, de acordo com Gontijo e Miranda (2012), pode ser entendido como a eficiência no uso de recursos, ou seja, a utilização racional de materiais e energia, sem a

redução, ou até provendo potenciais ganhos em qualidade, produtividade e lucratividade dos processos de produção.

Neste sentido, uma das alternativas para a redução destes custos é a utilização da energia solar como fonte de geração de calor, por meio de secadores solares.

### **2.1.2. Secadores Solares**

O objetivo de um secador solar é fornecer ao produto uma quantidade de energia térmica maior do que a encontrada em condições ambientes, elevando de forma suficientes a pressão de vapor da água contida no produto, além de reduzir significativamente a umidade relativa do ar de secagem. Desta forma, este passa a ter maior capacidade de transporte de água (Silveira, 2016).

De acordo com Sharma, Chen e Lan (2009), existem mais de 200 tipos diferentes de secadores solares destinados à diferentes aplicações, entretanto somente 20 modelos são realmente utilizados. Conforme Stangerlin et al. (2009), os modelos comumente encontrados são aqueles que utilizam os princípios básicos de uma estufa. Com finalidade de maximizar o aumento da temperatura interna do secador, materiais como alumínio, aço, cobre e madeira, pintados de preto, são utilizados como coletor solar interno. Adicionalmente, o restante das estruturas sólidas internas deve ser pintado de preto, em razão de que pinturas enegrecidas apresentam melhores qualidades de absorção da radiação.

Os secadores podem ser classificados como integral (ou direto), indiretos e também mistos. De acordo com Thomazini (2015), no secador solar integral ou direto, o produto é colocado na cabine de secagem e, via uma cobertura de material transparente, recebe a radiação solar diretamente sobre ele. Em secadores solares indiretos, o produto é colocado sobre bandejas perfuradas e estas inseridas dentro de uma cabine opaca, de forma que o ar aquecido, proveniente do coletor solar, circule entre os alimentos. Já o secador misto consiste numa combinação dos dois tipos de secadores anteriores, possuindo um coletor solar constituído de alguma liga metálica pintada de preto fosco e recoberta por uma placa transparente, de vidro ou plástico. O ar aquecido nesta região flui, devido ao gradiente de temperatura e pressão existentes, entre a região do coletor e a região onde está o produto, conforme figura 1:



Figura 1: Constituição básica de um secador solar misto (Fonte: Silveira, 2011)

### 2.1.3. Processo de secagem de frutas com a utilização de secadores solares por pequenos produtores rurais

No Brasil, o abastecimento de frutas e hortaliças é feito quase que em sua totalidade pelo pequeno produtor rural, o que evidencia sua importância na cadeia produtiva. Uma das causas das perdas elevadas desses produtos são os preços baixos em períodos de safra, devido ao aumento da oferta, dificultando a venda pelo produtor. Outro fator é a padronização, quando o produto não atinge o padrão de qualidade para comercialização, mas encontra-se em boas condições para processamento. Combinado a isso, existe a falta de recursos humanos qualificados e o uso de tecnologias inadequadas de armazenagem (Silveira, 2016).

Nos países em desenvolvimento, a secagem de produtos agrícolas com o uso de secadores solares representa para a situação acima descrita uma alternativa promissora de baixo custo, reduzindo perdas e agregando valor aos produtos. Entretanto, as experiências com secagem solar de frutas no Brasil, embora promissoras, têm sido caracterizadas pela ausência quase total de estudos de viabilidade econômica de implantação e pela manutenção dos estudos ainda em nível acadêmico.

Neste sentido, destaca-se que a maioria dos fabricantes de equipamentos ligados ao agronegócio no Brasil são de grande porte e sem tradição na construção

de equipamentos em pequena escala, tão pouco utilizando energias alternativas como fonte de energia, algo comum na Índia e China, por exemplo. Os equipamentos de secagem disponíveis no Brasil apresentam, em geral, custo elevado incompatível com o poder aquisitivo do pequeno produtor rural inviabilizando processos de beneficiamento.

## **2.2. ENGENHARIA ECONÔMICA**

A Engenharia Econômica tem como característica principal analisar, do ponto de vista econômico, decisões sobre investimentos, sendo estes tanto de empresas, entidades governamentais ou mesmo particulares, utilizando métodos de análise específicos e, conseqüentemente, otimizando os recursos existentes.

Para Hoji (2014), o objetivo econômico é a maximização do valor de mercado das empresas pois, dessa forma, estará sendo aumentada a riqueza de seus proprietários.

Segundo a ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção), a Engenharia Econômica engloba diferentes técnicas matemáticas, que permitem analisar situações de investimento, de forma a permitir a melhor tomada de decisão. Dentre estas técnicas, destacam-se a gestão de custos e a gestão de investimentos.

### **2.2.1. Gestão de Custos**

A Gestão de Custos está diretamente associada a toda cadeia produtiva, independente de qual seja a atividade econômica. Sua influência interfere na adequação das operações para que os objetivos da organização sejam alcançados.

Dentro dos seus objetivos, tem-se como os principais: Apuração do custo dos produtos; Controle de custos de produção; Melhoria de processos e eliminação de desperdícios; Auxílio na tomada de decisões gerenciais; Otimização de resultados.

Vários são os conceitos associados à gestão de custos e seu conhecimento é fundamental para que esta técnica seja bem empregada. Dentre eles, destacam-se os conceitos de gasto, desembolso, custeio por absorção, depreciação, investimentos, custos, despesa e perda.

Conforme Martins (2018), gasto é a compra de um produto ou serviço qualquer, que gera sacrifício financeiro para a entidade (desembolso), sacrifício esse representado por entrega ou promessa de entrega de ativos e é aplicado a todos os bens e serviços adquiridos. Neste sentido, tem-se gastos com a aquisição de matérias-primas, mão-de-obra, imobilizados, entre outros.

Quando se efetua um pagamento pela aquisição de bem ou serviço, tem-se o desembolso, sendo que este pode ser efetivado antes, durante ou após a compra, portanto defasada ou não do momento do gasto.

As despesas podem ser definidas como sendo bens ou serviços consumidos direta ou indiretamente para a obtenção de receitas, sendo itens que reduzem o patrimônio líquido e que representam sacrifícios no processo de obtenção de receitas.

Para Casarotto Filho e Kopittke (2010), a depreciação é contabilmente definida com a despesa equivalente à perda de valor de determinado bem, seja por deterioração ou obsolescência. Não é um desembolso, porém é uma despesa que pode ser abatida das receitas.

De acordo com Martins (2018), os investimentos são gastos ativados em função de sua vida útil ou de benefícios atribuíveis a futuros períodos. Todos os sacrifícios havidos pela aquisição de bens ou serviços (gastos) que são “estocados” nos ativos da empresa para baixa ou amortização quando de sua venda, de seu consumo, de seu desaparecimento ou de sua desvalorização são especificamente chamados de investimentos. Já a perda é um bem ou serviço consumido de forma anormal e involuntária.

Em relação ao custo, este pode ser definido como um gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços. Todos os custos podem ser classificados em fixos ou variáveis e em diretos ou indiretos, ao mesmo tempo. Os custos diretos podem ser diretamente apropriados aos produtos, bastando haver uma medida de consumo, enquanto que os indiretos não oferecem condição de uma medida objetiva e qualquer tentativa de alocação tem de ser feita de maneira estimada e muitas vezes arbitrária. Em relação à classificação em fixo ou variável, esta leva em consideração a relação entre o valor total de um custo e o volume de atividade numa unidade de tempo.

Os custos fixos são aqueles gastos que fazem parte da estrutura do negócio e que permanecem constantes, independente de aumentos ou diminuições na

quantidade produzida e vendida. Já os custos variáveis se alteram diretamente com a quantidade produzida ou vendida, na mesma proporção.

### **2.2.2. Viabilidade Econômica e Financeira de Investimentos**

Investir consiste em renunciar a um consumo no presente em troca de uma promessa de um retorno satisfatório no futuro. O investidor deve ser uma pessoa com um bom índice de confiança no futuro, que acredita que os riscos do negócio são compensados pelas promessas de lucro e usufruir de uma análise rigorosa e metódica destinada a verificar a viabilidade do negócio. Assim, a análise de viabilidade econômica e financeira é um estudo que visa medir ou analisar se um determinado investimento é viável ou não.

A viabilidade econômica e financeira de um empreendimento é examinada dentro de um prazo de interesse no qual deseja-se saber se o esforço produtivo a ser realizado vale mais do que a simples aplicação dos valores envolvidos a taxas mínimas de atratividade (HIRSCHFELD, 2013). Para existir a viabilidade é necessário que, nos instantes verificados, os benefícios resultantes sejam superiores aos investimentos empregados. A necessidade de analisar a viabilidade econômica e financeira de um investimento gera problema de engenharia econômica.

Para Casarotto (2016), um estudo de viabilidade econômica deve seguir um plano – anteprojeto – definido como a etapa de um empreendimento empresarial que consiste num conjunto de definições de parâmetros necessários à elaboração dos projetos de engenharia – definições essas decorrentes das decisões estratégicas para os negócios da empresa.

A análise de viabilidade econômica e financeira de investimentos pode ser feita por meio de diferentes ferramentas, como descrito a seguir.

### **2.2.3. Ferramentas da Análise de Investimentos**

As análises que fundamentam a tomada de decisões são executadas por diferentes ferramentas de análise de investimentos, dentre as quais destacam-se a taxa interna de retorno (TIR), o valor presente líquido (VPL), a taxa mínima de

atratividade (TMA), o tempo de recuperação do capital investido (*Payback Time*) e o retorno sobre o investimento (ROI) ou rentabilidade do projeto.

O valor presente líquido é uma ferramenta normalmente utilizada para análise de investimentos isolados que envolvam o curto prazo ou que tenham baixo número de períodos. É utilizado, calculando-se o valor presente dos demais termos do fluxo de caixa para somá-los ao investimento inicial do projeto.

A taxa utilizada para descontar o fluxo é a taxa mínima de atratividade, que é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros. É uma taxa associada a um baixo risco e alta liquidez (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE 2010). Ao se analisar uma proposta de investimento, deve ser considerado o fato de se estar perdendo a oportunidade de auferir retornos pela aplicação do mesmo capital em outros projetos. A nova proposta para ser atrativa deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco.

Gitman (2005, p. 330) afirma que “a taxa interna de retorno (TIR) é definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa ao investimento inicial referente a um projeto”. A taxa interna de retorno de um fluxo de caixa é a taxa para a qual o VPL do fluxo é nulo. O valor presente líquido é o somatório dos valores presentes de todas as parcelas. Os investimentos com taxa interna de retorno maior que a taxa mínima de atratividade são considerados rentáveis.

O tempo de recuperação do capital investido “*Payback Time*”, mede o tempo necessário para que o somatório das parcelas seja igual ao investimento inicial. O cálculo do *payback* está diretamente ligado ao fluxo de caixa — que, por sua vez, deve ser planejado conforme a realidade da empresa para que não haja enganos. O fluxo de caixa é um esquema que representa as entradas e saídas de caixa ao longo do tempo. Em um fluxo de caixa, deve existir pelo menos uma saída e uma entrada de recursos.

Por fim, a taxa de retorno sobre investimento (ROI) ou “Rentabilidade do Projeto” é a divisão do lucro obtido antes do imposto de renda e antes das despesas financeiras pelo ativo total utilizado para a obtenção do produto.



### 2.3. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROCESSOS DE SECAGEM

Diferentes autores vêm estudando a viabilidade econômica de processos de secagem, sem, entretanto, existir um modelo específico para essas análises, conforme descrito a seguir.

Rezende et al. (2007) analisou a utilização de uma unidade experimental solar para determinar a eficácia da unidade de secagem, quando comparada a um modelo industrializado, como possibilidade de geração de renda para o pequeno produtor rural do sudoeste baiano. De posse dos indicadores e resultados financeiros, eles puderam afirmar que o protótipo da unidade de secagem é totalmente viável e comparativamente mais rentável a médio e longo prazo que o modelo comercial.

Os indicadores de viabilidade econômica de duas agroindústrias de pequeno porte para produção de farinha de banana verde cultivar Terra, uma delas utilizando secadores de frutas à energia solar e a outra empregando a energia elétrica para desidratação da banana, foi estudado por Silva (2010). O autor teve como objetivo mostrar aos agricultores familiares as vantagens da implantação de secadores solar na zona rural do estado do Acre, sendo que seus resultados mostraram que o empreendimento que utiliza a energia elétrica para desidratação e processamento da farinha de banana verde apresenta maiores investimento fixo e custo de produção e menor receita líquida que o solar, o que favorece a utilização desta última forma por pequenas agroindústrias.

A viabilidade econômica de seis processos mecanizados de secagem de madeira de Pinus na cidade de Itapeva, SP, foi avaliada por Araújo, Malinovski e Vasconcelos (2011). Os autores fizeram um levantamento de dados dos processos envolvidos, para uma análise econômica utilizando métodos determinísticos, tais como o Valor Líquido Presente (VPL), o Valor Futuro (VF), o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Ponto de Retorno do Investimento (Payback) e a relação de Benefício-Custo (B/C). Após as análises econômicas, concluíram que as melhores alternativas de investimentos para os empresários madeireiros são os processos baseados em câmaras de secagem de fabricação nacional, por apresentarem uma TIR de 48,82%, bem acima da TMA de 15% adotada.

Os custos, viabilidade e as potencialidades de dois métodos de secagem de madeira – ao ar livre e em estufa solar, foi investigado por Stangerlin et. al (2012),

avaliando-se a influência do tempo de secagem da matéria-prima nos custos e, por conseguinte, os lucros do processo produtivo. Considerou os custos de implantação e operação, tal como também o tempo dispendido no processo de secagem da madeira em estufa solar e ao ar livre, ambos com capacidade de um m<sup>3</sup> de madeira serrada. De posse dos custos e dos rendimentos obtidos pela simulação do funcionamento de cada uma das unidades experimentais de secagem, determinou o valor presente de custo e de receita; valor presente líquido; custo médio de produção; relação benefício x custo; benefício periódico equivalente; taxa interna de retorno e análise de sensibilidade em função da variação da taxa de juros. Constatou, com base nos resultados obtidos, que tanto o processo de secagem em estufa solar quanto ao ar livre apresentaram viabilidade econômica, entretanto a simulação desenvolvida para a secagem em estufa solar apresentou melhores indicadores financeiros, tornando-se menos sensível às variações nas taxas de juros.

Amigo et. al (2017) fez um estudo financeiro comparativo entre dois sistemas de secagem, sendo o primeiro, a forma tradicional e o segundo a proposta de um secador solar vertical, nos quais foram avaliados os efeitos térmicos de ambos os sistemas, objetivando relacionar a eficiência no processo de secagem e da viabilidade financeira entre estes. Foi empregado o método de análise financeira para comparar os sistemas, e o resultado obtido no cálculo da taxa interna de retorno (TIR) da torre foi de 135% a uma taxa de atratividade mínima (TMA) de 10% ao mês e no tradicional para a mesma a TMA, a TIR é equivalente a 15%. Concluiu que ambos os sistemas são viáveis, pois apresentam TIR maior que TMA e VPL positivo, porém a TIR e VPL da torre é substancialmente superior, desta forma possui maior atratividade. Além disso, na torre vertical o retorno do investimento ocorre desde o primeiro mês de operação, o que não acontece com o modelo tradicional, na qual o retorno só ocorre no sexto mês.

A viabilidade econômica do processo de secagem por liofilização de suco de uva em pó foi avaliada por Bastos (2017) Os cálculos para análise da viabilidade econômica retornaram valores de *Payback* em 8 meses e Taxa de Retorno Interna positiva em 54%.

Borges et. al (2018) analisou a viabilidade econômica da implantação do processo de secagem para produção de ração animal a partir da levedura. Para realização do estudo fez uso dos indicadores valor presente líquido (VPL), taxa interna

de retorno (TIR) e *payback*. Os resultados obtidos pelo autor mostraram significativa viabilidade econômica e financeira do projeto de investimento analisado.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção serão detalhados os procedimentos utilizados para a realização da presente pesquisa.

O tipo de pesquisa do ponto de vista de sua natureza, caracteriza-se por ser uma pesquisa aplicada pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, envolve verdades e interesses locais. A forma de abordagem do problema será quantitativa, por considerar que tudo pode ser quantificável, traduzindo em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las e outra parte qualitativa, por considerar que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, que não pode ser traduzido em números. Os procedimentos técnicos serão estudo de caso, bibliográfico, documental, experimental e observação dos dados coletados.

#### 3.1. SECADORES SOLARES UTILIZADOS

Vários aspectos são importantes na construção dos secadores para secagem com energia solar, dos quais se destacam:

- **A orientação:** Desta depende, em grande parte, a eficácia da captação da energia solar por parte da estufa;
- **O tipo de estrutura:** Dependendo do material que se utilize, para além do aspecto econômico;
- **O material transparente empregue:** O mais importante fator é o tipo de material transparente utilizado. Deste depende a quantidade de energia transmitida e retida, em função da seletividade do seu espectro. As suas características fixam a opacidade a grandes comprimentos de onda e, portanto, estabelecem a intensidade do efeito de estufa.

Levando-se em conta esses fatores, foram concebidos diferentes secadores solares, empregando-se materiais distintos, tais como MDF naval, isopor, embalagens tetra pack e papel alumínio, a fim de avaliar a eficiência de cada modelo. Os secadores utilizados foram construídos dentro do projeto de pesquisa “Construção e análise da eficiência de diferentes modelos de secadores solares de frutas”, desenvolvido pelo grupo de pesquisa do qual o autor faz parte.

Todos os secadores foram construídos com as mesmas dimensões, de forma a ser possível avaliar o seu desempenho e comparar a sua eficiência com o custo para sua construção. Neste sentido, cada estrutura foi de 1,20m x 90cm x 30cm, conforme ilustrado na figura 2. Destaca-se que os equipamentos foram pintados com tinta especial para indústria alimentícia e, para acomodar os produtos em seu interior, foram feitos suportes com tela galvanizada.

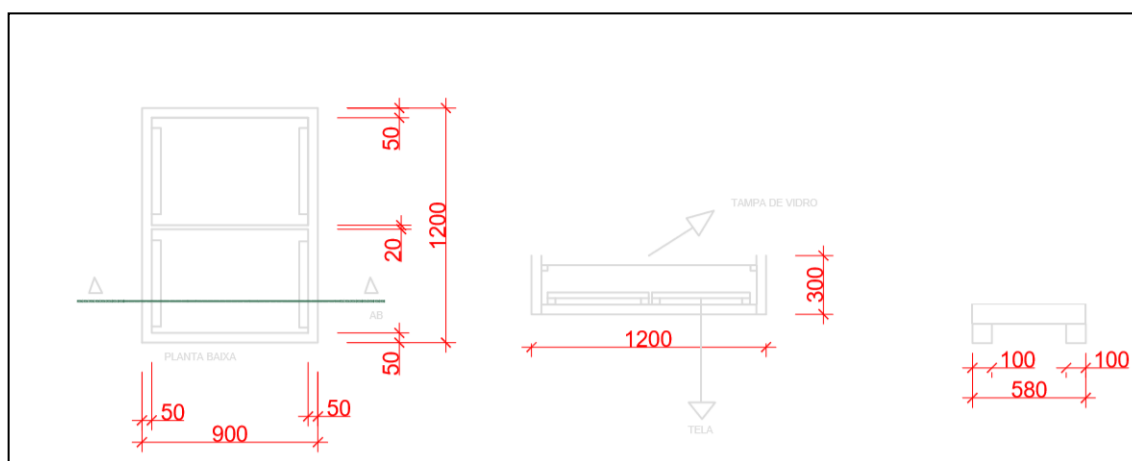


Figura 2: Arquitetura do secador solar (Fonte: Machado, 2018)

### 3.2. LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO PARA CADA MODELO DE SECADOR SOLAR

Para o levantamento dos custos de construção para cada modelo de secador solar, foi utilizado o formulário mostrado no apêndice (Apêndice 1), a fim de coletar as informações necessárias, tais como:

- Identificação do modelo;
- Material adquirido (quantidade, valor unitário e valor total);
- Material de aproveitamento ou reutilizado (quantidade, valor unitário e valor total);
- Material de uso e consumo (quantidade, valor unitário e valor total);
- Desenho técnico;
- Forma construtiva;
- Tempo utilizado na construção do equipamento.

Destaca-se que nesse trabalho, não será considerado no resultado final do custo de construção de cada equipamento, o custo de mão-de-obra para a construção

do mesmo, pois sendo o objetivo do desenvolvimento do presente trabalho verificar a viabilidade econômica e financeira de uma atividade como fonte de renda secundária, admite-se que esse custo de mão-de-obra para construção do equipamento seja absorvido pelo próprio produtor rural.

Outro fator considerado é que para a construção dos equipamentos, será dado prioridade para o uso de materiais reutilizáveis, para tornar assim uma atividade mais sustentável e com valor acessível de construção do equipamento.

### **3.3. SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS DOS PARÂMETROS DOS SECADORES**

Os parâmetros que influenciam o processo de secagem no secador solar a serem considerados são a temperatura e a umidade relativa. Assim, para a aquisição dos valores destes parâmetros, foram utilizados termômetros do tipo espeto e termohigrômetros, com base nos estudos de Amigo et al. (2017).

### **3.4. EFICIÊNCIA DE CADA MODELO DE SECADOR SOLAR**

De acordo com Krokida (2003), a compreensão da termodinâmica do secador, que inclui balanço de massa e energia e cinética de secagem, subsidiam a escolha de um equipamento mais apropriado, possibilitando melhor qualidade ao produto final.

Aqui, para determinar a eficiência de cada modelo de secador solar foi utilizada a cinética de secagem para a avaliação do equipamento bem como o comportamento da temperatura no interior do secador, comparando aos valores do meio externo.

### **3.5. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO E A PRODUTIVIDADE DO SECADOR SOLAR QUE OBTVEU A MELHOR EFICIÊNCIA**

A partir da determinação do secador solar mais eficiente, foram construídos outros dois novos equipamentos do mesmo modelo e novos processos de secagem foram feitos utilizando-se estes três equipamentos para fins de coleta de dados.

Para ser realizada a análise da capacidade de produção e a produtividade do secador solar que obteve a melhor eficiência, foram observadas as seguintes informações:

- Data e hora inicial e final do processo produtivo;
- Umidade e temperatura do ambiente e a temperatura interna do equipamento durante o processo produtivo;
- Massa bruta, massa inicial e massa final do produto em processo produtivo;
- Rendimento do produto no processo produtivo.

Através dessas informações coletadas, objetiva-se conhecer o tempo de duração do processo de secagem de diferentes materiais, tais como temperos, chás e frutas. Sabe-se que um mesmo produto posto, em datas e períodos diferentes durante o ano, em processo de secagem no secador solar terá resultados diferentes devido a influência da umidade do ambiente, oscilação da velocidade do vento, temperatura e outros.

Com a obtenção do tempo de duração do processo produtivo de diferentes produtos, pretende-se realizar uma estimativa de produção do equipamento durante um determinado período.

Será utilizado para acompanhamento dos resultados um índice em porcentagem chamado de rendimento, mostrado na equação 1. Esse índice será utilizado para acompanhamento de parâmetros de controle do processo, pois o material em processo deve ser monitorado para ser retirado do equipamento no ponto de satisfação para consumo do cliente final.

$$Rendimento = \frac{Massa\ Final}{Massa\ Bruta} * 100 \quad (1)$$

### **3.6. DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS COM OS PROCESSOS DO SECADOR SOLAR QUE OBTVEU A MELHOR EFICIÊNCIA**

Serão abordados no estudo a existência de custos conforme a classificação a seguir:

- Custos do investimento, o qual é composto pelos custos fixos do equipamento e custos de giro do capital;

- Custos operacionais, os quais se dividem em custo de produção, subdividido em custos diretos e custos indiretos;
- Despesas gerais, subdividida em despesas fixas e despesas variáveis.

### 3.7. ANÁLISE DA VIABILIDADE DO INVESTIMENTO

A análise de viabilidade do investimento será realizada, neste estudo, por meio de cinco métodos de avaliação: TMA, *Payback*, VPL, TIR e ROI. Estes métodos serão estudados de forma isolada, a fim de promover a análise de viabilidade do investimento a partir da projeção futura, das previsões de entradas e saídas, bem como constituído o fluxo de caixa que proporciona a base das análises necessárias para o estudo de viabilidade. As equações 2 a 5 (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2010) representam os métodos utilizados:

- *Payback*:

$$Payback = \frac{\text{Investimento total inicial}}{\text{Entrada de caixa dos períodos}} \quad (2)$$

- Valor Presente Líquido (VPL):

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FCt}{(1+i)^t} \quad (3)$$

em que FCt é o Fluxo de caixa no período t, i é a taxa de desconto e t é o período.

- Taxa Interna de Retorno (TIR)

$$TIR = (VPL = 0) = \sum_{t=0}^n \frac{FCt}{(1+TIR)^t} \quad (4)$$

- Retorno sobre Investimento (ROI)

$$ROI = \frac{\text{lucro líquido no período}}{\text{investimento total inicial}} * 100 \quad (5)$$



### 3.8. COMPARAÇÃO ENTRE A SECAGEM SOLAR E A SECAGEM COM ENERGIA ELÉTRICA

Será feito um estudo comparativo entre a secagem solar e a secagem em estufa com energia elétrica, a fim de analisar o tempo de secagem para um mesmo produto e os custos associados a estes processos.

A comparação se dará por meio da avaliação da cinética de secagem da banana, realizada numa estufa de secagem convectiva e realizada no secador solar. Será determinado no processo por meio do cálculo do gasto energético do secador elétrico em relação ao tempo necessário, quando comparados ao secador solar.

O custo com energia elétrica pode ser obtido por meio do consumo de energia a partir da potência demandada pelo sistema de aquecimento do equipamento utilizado. Conforme informações do fabricante, a potência da estufa de secagem utilizada é de 800W.

Assim, as relações a serem utilizadas serão as descritas pelas equações 6 e 7:

$$\text{Consumo de energia} = \frac{\text{Potência da estufa (Watts)} \cdot \text{Tempo de secagem}}{1000} \quad (6)$$

$$\text{Custo com energia} = \text{Consumo de energia} \cdot \text{Valor do kw} \quad (7)$$

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. SECADORES SOLARES UTILIZADOS

A seguir, são elencados os cinco diferentes modelos de secadores solares analisados ao longo da execução deste projeto, em função do material empregue em cada um:

- Modelo 1: Secador com estrutura em MDF naval e tampo com vidro;
- Modelo 2: Secador com estrutura revestida de isopor com tampo de vidro;
- Modelo 3: Secador com estrutura revestida de papel alumínio e tampo de vidro;
- Modelo 4: Secador com estrutura revestida de embalagens tetra pak com tampo de vidro.
- Modelo 5: Secador com estrutura revestida de chapa de aluzinco com tampo de vidro.

Os secadores são mostrados na figura 3, sendo da esquerda para direita: Modelo 5, Modelo 4, Modelo 3, Modelo 2 e Modelo 1. Externamente, os modelos apresentam as mesmas características, sendo as diferenças entre cada equipamento dadas no seu revestimento interno.



Figura 3: Secadores solares analisados (Fonte: Autoria própria, 2019)

## 4.2. LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE CONSTRUÇÃO PARA CADA MODELO DE SECADOR SOLAR

Com a utilização das informações obtidas do formulário de levantamento dos custos de construção de cada equipamento, obteve-se os resultados mostrados no quadro 1:

Quadro 1: Resultados dos custos de construção de cada equipamento

| Materiais       | MODELO 01                          | MODELO 02                                 | MODELO 03   | MODELO 04   | MODELO 05  |
|-----------------|------------------------------------|---|---|---|--|
|                 | Secador com estrutura em MDF naval | Secador com estrutura revestida de isopor | Secador com estrutura revestida de papel alumínio | Secador com estrutura revestida de embalagens tetra pak | Secador com estrutura revestida de chapa de aluzinco |
| Chapa MDF naval | R\$95,90                           | R\$0,00                                   | R\$0,00   | R\$0,00   | R\$0,00  |
| Parafusos       | R\$19,00                           | R\$3,00                                   | R\$3,00   | R\$3,00   | R\$5,40  |
| Tinta           | R\$9,00                            | R\$26,00                                  | R\$26,00  | R\$26,00  | R\$26,00   |
| Cola adesiva    | R\$0,00                            | R\$22,21                                  | R\$22,21  | R\$22,21  | R\$0,00  |
| Tinner          | R\$0,00                            | R\$20,66                                  | R\$20,66  | R\$20,66  | R\$20,66   |
| Vidro           | R\$150,00                          | R\$150,00                                 | R\$150,00   | R\$150,00   | R\$150,00  |
| silicone        | R\$13,57                           | R\$13,57                                  | R\$13,57  | R\$13,57  | R\$13,57   |
| Madeira         | R\$22,90                           | R\$22,90                                  | R\$22,90  | R\$22,90  | R\$22,90   |
| Dobradiças      | R\$11,10                           | R\$11,10                                  | R\$11,10  | R\$11,10  | R\$11,10   |
| Trinca          | R\$2,66                            | R\$2,66                                   | R\$2,66   | R\$2,66   | R\$2,66  |
| Tela            | R\$2,25                            | R\$2,25                                   | R\$2,25   | R\$2,25   | R\$2,25  |
| Miguelão        | R\$3,22                            | R\$3,22                                   | R\$3,22   | R\$3,22   | R\$3,22  |
| Chapa Aluzinco  | R\$0,00                            | R\$0,00                                   | R\$0,00   | R\$0,00   | R\$52,00   |
| Outros          | R\$19,00                           | R\$16,00                                  | R\$5,50   | R\$0,00   | R\$5,00  |
| TOTAL           | R\$252,70                          | R\$293,57                                 | R\$283,07   | R\$277,57   | R\$314,76  |

Fonte: Autoria própria (2019)

Ao observar as informações expostas no quadro 1, verifica-se que o modelo de secador solar 01 (secador com estrutura em MDF naval) obteve o valor mais acessível. O modelo de secador 05 (secador com estrutura revestida de chapa de aluzinco) obteve o valor mais oneroso, os demais modelos ficaram com seus valores intermediários aos citados.

## 4.3. EFICIÊNCIA DE CADA MODELO DE SECADOR SOLAR

A eficiência de cada modelo de secador solar foi determinada por meio do monitoramento da temperatura do interior do equipamento e comparados os valores com a temperatura ambiente, bem como por meio da eficiência do processo de secagem.

Todos os secadores foram posicionados num mesmo local, submetidos às mesmas condições de incidência solar, técnica adotada nesta pesquisa para viabilizar

a comparação entre os diferentes modelos de equipamentos.

Os resultados obtidos para a variação da temperatura no interior do secador são mostrados na figura 4:

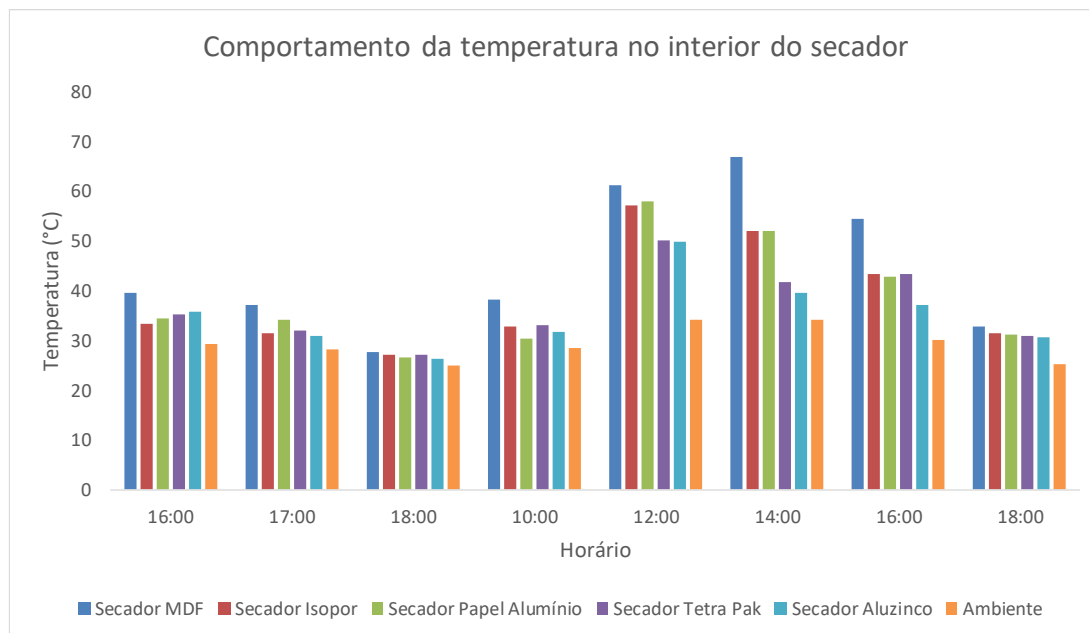


Figura 4: Comportamento da temperatura no interior do secador (Fonte: Autoria própria, 2019)

A eficiência do processo de secagem foi determinada a partir da capacidade de cada secador solar em reduzir a umidade contida no produto a ser desidratado, conforme relatado na literatura específica da área (AMIGO et al, 2017; SILVA, 2010). Foram efetuados ensaios experimentais com banana, todas com as mesmas condições iniciais de umidade. As amostras foram submetidas ao processo de secagem por 26h.

Os resultados obtidos estão descritos na tabela 2:

| Secador             | Umidade Inicial (%) | Umidade Final (%) |
|---------------------|---------------------|-------------------|
| MDF Naval           | 76,12               | 22,31             |
| Isopor              | 76,12               | 28,07             |
| Papel Alumínio      | 76,12               | 25,56             |
| Embalagem Tetra Pak | 76,12               | 24,50             |
| Aluzinco            | 76,12               | 25,56             |

Fonte: Autoria própria (2019)

A partir dos dados da tabela 2, observa-se que o secador que proporcionou um processo de secagem mais eficiente foi o de MDF Naval, de acordo com os resultados obtidos.

#### **4.4. ANÁLISE DA CAPACIDADE DE PRODUÇÃO E A PRODUTIVIDADE DO SECADOR SOLAR QUE OBTVEU A MELHOR EFICIÊNCIA**

Como o secador solar determinado como o mais eficiente foi o de MDF Naval, novos processos de secagem foram feitos utilizando-se três equipamentos deste mesmo modelo, conforme figura 5. A opção por três equipamentos é para ter a possibilidade de avaliar uma maior quantidade de amostras a serem submetidas ao processo de secagem e analisar a viabilidade da atividade.



Figura 5: Secadores solares em MDF Naval (Fonte: Autoria própria, 2019)

Os resultados das análises da capacidade de produção e produtividade do secador solar de MDF são apresentados nos quadros 2 a 9, a seguir.

O primeiro ensaio com o modelo de secador que obteve o melhor resultado de eficiência, denominado de processo 1 (quadro 2), teve início dia três e seu término no dia cinco de setembro de 2019. Pelo fato de que o aparelho possibilita a utilização de

duas bandejas com as dimensões de 50 X 70 cm, dispostas paralelas uma a outra no interior do equipamento, possibilitou-se o trabalho de dois produtos diferentes durante o mesmo processo. Porém, deve-se observar que os produtos trabalhados deverão ser produtos que não produzam contaminação de aroma de um para o outro, a fim de manter a qualidade final (CELESTINO, 2010).

Quadro 2: Processo 1

| Secador | DATA     | HORA  | PRODUTO   | Umid Amb | Temp. Ext. | Temp. Int.(A) | Temp. Int.(B) | Massa Bruta (Kg) | Massa Inicial Processo(Kg) | Massa Final Processo(Kg) | Rendimento Produto |
|---------|----------|-------|-----------|----------|------------|---------------|---------------|------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| 01      | 03/09/19 | 15:30 | Manjerona | 50%      | 24,1       | 29,9          | 31,2          | 0,276            | 0,270                      |                          |                    |
| 01      | 04/09/19 | 9:00  | Manjerona | 40%      | 22,7       | 27,9          | 30,2          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 04/09/19 | 12:00 | Manjerona | 30%      | 28,5       | 51,4          | 56,0          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 04/09/19 | 15:00 | Manjerona | 30%      | 27,6       | 53,6          | 55,2          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 04/09/19 | 18:00 | Manjerona | 38%      | 20,6       | 20,7          | 21,1          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 04/09/19 | 9:00  | Manjerona | 52%      | 19,5       | 19,9          | 22,8          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 05/09/19 | 12:00 | Manjerona | 45%      | 28,8       | 43,8          | 48,9          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 05/09/19 | 15:00 | Manjerona | 59%      | 25,3       | 29,7          | 33,0          |                  |                            | 0,040                    | 14,5%              |
| 01      | 03/09/19 | 15:30 | Osmarin   | 37%      | 24,1       | 29,9          | 31,2          | 0,332            | 0,332                      |                          |                    |
| 01      | 04/09/19 | 9:00  | Osmarin   | 40%      | 22,7       | 27,9          | 30,2          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 04/09/19 | 12:00 | Osmarin   | 30%      | 28,5       | 51,4          | 56,0          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 04/09/19 | 15:00 | Osmarin   | 30%      | 27,6       | 53,6          | 55,2          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 04/09/19 | 18:00 | Osmarin   | 38%      | 20,6       | 20,7          | 21,1          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 05/09/19 | 9:00  | Osmarin   | 52%      | 19,5       | 19,9          | 22,8          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 05/09/19 | 12:00 | Osmarin   | 45%      | 28,8       | 43,8          | 48,9          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 05/09/19 | 15:00 | Osmarin   | 59%      | 25,3       | 29,7          | 33,3          |                  |                            | 0,070                    | 21,1%              |

Fonte: Autoria própria (2019)

O processo 2 (quadro 3) foi realizado através de três ensaios em datas diferentes. Nesses ensaios, foi observado que o resultado do rendimento do produto ficou abaixo do esperado. O resultado do rendimento tem influência da quantidade de tempo que o produto fica em processo de secagem. Nesses ensaios, foi observado que o produto ficou além do tempo necessário, já que o mesmo apresentou umidade final abaixo do necessário para armazenamento.

Quadro 3: Processo 2

| Secador | DATA     | HORA  | PRODUTO | Umid Amb | Temp. Ext. | Temp. Int.(A) | Temp. Int.(B) | Massa Bruta (Kg) | Massa Inicial Processo(Kg) | Massa Final Processo(Kg) | Rendimento Produto |
|---------|----------|-------|---------|----------|------------|---------------|---------------|------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| 01      | 12/09/19 | 15:00 | Tomate  | 74%      | 19,5       | 21,5          | 22,5          | 2,608            | 2,041                      |                          |                    |
| 01      | 13/09/19 | 9:00  | Tomate  | 64%      | 24,1       | 25,8          | 26,2          |                  |                            |                          |                    |
| 01      | 14/09/19 | 13:00 | Tomate  | 54%      | 28,4       | 43,0          | 48,0          |                  |                            | 0,095                    | 3,6%               |
| 01      | 18/09/19 | 16:00 | Tomate  |          |            |               |               | 3,820            | 3,315                      |                          |                    |
| 01      | 21/09/19 | 11:00 | Tomate  | 47%      | 27,5       | 39,5          | 42,5          |                  |                            | 0,115                    | 3,0%               |
| 01      | 24/09/19 | 12:00 | Tomate  | 42%      | 27,8       | 41,6          | 47,8          | 2,950            | 2,700                      |                          |                    |
| 01      | 25/09/19 | 18:00 | Tomate  |          |            |               |               |                  |                            | 0,140                    | 4,7%               |

Fonte: Autoria própria (2019)

Quadro 4: Processo 3

| Secador   | DATA     | HORA  | PRODUTO | Umid Amb | Temp. Ext. | Temp. Int.(A) | Temp. Int.(B) | Massa Bruta (Kg) | Massa Inicial Processo(Kg) | Massa Final Processo(Kg) | Rendimento Produto |
|-----------|----------|-------|---------|----------|------------|---------------|---------------|------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| 01        | 16/09/19 | 9:00  | Batata  | 55%      | 27,0       | 28,0          | 28,5          | 0,936            | 0,816                      |                          |                    |
| 01        | 16/09/19 | 12:00 | Batata  | 30%      | 35,5       | 50,2          | 50,5          |                  |                            |                          |                    |
| 01        | 16/09/19 | 17:00 | Batata  |          |            |               |               |                  |                            | 0,118                    | 12,6%              |
| 1 / 2 / 3 | 01/10/19 | 13:00 | Batata  | 29%      | 34,2       | 49,7          | 50,2          | 2,810            | 2,410                      |                          |                    |
| 1 / 2 / 3 | 01/10/19 | 20:00 | Batata  |          |            |               |               |                  |                            | 0,410                    | 14,6%              |

Fonte: Autoria própria (2019)

No processo 4 (quadro 5), foi realizado dois ensaios em diferentes datas e, com o controle adequado do processo de produção, o rendimento do produto final atinge os resultados esperados, que eram entre 10% e 15%.

Quadro 5: Processo 4

| Secador | DATA     | HORA  | PRODUTO | Umid Amb | Temp. Ext. | Temp. Int.(A) | Temp. Int.(B) | Massa Bruta (Kg) | Massa Inicial Processo(Kg) | Massa Final Processo(Kg) | Rendimento Produto |
|---------|----------|-------|---------|----------|------------|---------------|---------------|------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| 02 / 03 | 15/09/19 | 16:00 | Banana  | 28%      | 34,9       | 40,6          | 38,8          | 7,628            | 4,628                      |                          |                    |
| 02 / 03 | 16/09/19 | 9:00  | Banana  | 54%      | 28,2       | 26,9          | 28,1          |                  |                            |                          |                    |
| 02 / 03 | 16/09/19 | 12:00 | Banana  | 26%      | 37,0       | 43,7          | 41,9          |                  |                            |                          |                    |
| 02 / 03 | 16/09/19 | 16:00 | Banana  |          |            |               |               |                  |                            | 1,290                    | 16,9%              |
| 03      | 24/09/19 | 14:00 | Banana  |          |            |               |               | 1,680            | 1,050                      |                          |                    |
| 03      | 25/09/19 | 20:00 | Banana  |          |            |               |               |                  |                            | 0,310                    | 18,5%              |

Fonte: Autoria própria (2019)

Para a realização do processo 5 (quadro 6), foram feitos dois ensaios. Nesses ensaios, realizados com as mesmas condições, foi observado uma pequena diferença no rendimento final do produto devido a utilização de duas variedades diferentes. Foi realizado um ensaio com o abacaxi Havaí e o outro ensaio com o abacaxi Pérola.

Quadro 6: Processo 5

| DATA     | HORA  | PRODUTO | Umid Amb | Temp. Ext. | Temp. Int.(A) | Temp. Int.(B) | Massa Bruta (Kg) | Massa Inicial Processo(Kg) | Massa Final Processo(Kg) | Rendimento Produto |
|----------|-------|---------|----------|------------|---------------|---------------|------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| 21/09/19 | 8:00  | Abacaxi |          |            |               |               | 6,740            | 4,140                      |                          |                    |
| 21/09/19 | 11:00 | Abacaxi | 33%      | 31,2       | 38,1          | 42,6          |                  |                            |                          |                    |
| 22/09/19 | 12:00 | Abacaxi |          |            |               |               |                  |                            | 0,490                    | 7,3%               |
| 21/09/19 | 8:00  | Abacaxi |          |            |               |               | 5,700            | 3,910                      |                          |                    |
| 21/09/19 | 11:00 | Abacaxi | 33%      | 31,2       | 38,1          | 42,6          |                  |                            |                          |                    |
| 22/09/19 | 12:00 | Abacaxi |          |            |               |               |                  |                            | 0,440                    | 7,7%               |

Fonte: Autoria própria (2019)

Quadro 7: Processo 6

| Secador | DATA     | HORA  | PRODUTO | Umid Amb | Temp. Ext. | Temp. Int.(A) | Temp. Int.(B) | Massa Bruta (Kg) | Massa Inicial Processo(Kg) | Massa Final Processo(Kg) | Rendimento Produto |
|---------|----------|-------|---------|----------|------------|---------------|---------------|------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| 01      | 22/09/19 | 12:00 | Salsa   |          |            |               |               | 0,102            | 0,102                      |                          |                    |
| 01      | 22/09/19 | 18:00 | Salsa   |          |            |               |               |                  |                            | 0,018                    | 17,6%              |

Fonte: Autoria própria (2019)

Quadro 8: Processo 7

| Secador | DATA     | HORA  | PRODUTO   | Umid Amb | Temp. Ext. | Temp. Int.(A) | Temp. Int.(B) | Massa Bruta (Kg) | Massa Inicial Processo(Kg) | Massa Final Processo(Kg) | Rendimento Produto |
|---------|----------|-------|-----------|----------|------------|---------------|---------------|------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|
| 02      | 24/09/19 | 13:00 | Mamão     |          |            |               |               | 1,830            | 1,380                      |                          |                    |
| 02      | 25/09/19 | 18:00 | Mamão     |          |            |               |               |                  |                            | 0,160                    | 8,7%               |
| 02      | 24/09/19 | 13:00 | Manga     |          |            |               |               | 1,660            | 1,160                      |                          |                    |
| 02      | 25/09/19 | 18:00 | Manga     |          |            |               |               |                  |                            | 0,150                    | 9,0%               |
| 03      | 24/09/19 | 13:00 | Maça Fuji |          |            |               |               | 1,095            | 0,855                      |                          |                    |
| 03      | 25/09/19 | 18:00 | Maça Fuji |          |            |               |               |                  |                            | 0,130                    | 11,9%              |

Fonte: Autoria própria (2019)

Conforme sintetizado no quadro 9, os processos de secagem realizaram-se entre as datas de três de setembro a primeiro de outubro de 2019. Iniciaram-se os processos com um secador solar modelo MDF naval e, durante o período, foi realizado a construção do segundo e terceiro aparelhos. Devido a oscilação do clima e a

demanda do tempo para a realização de outras atividades durante o período dos processos, os aparelhos ficaram com sua utilização ociosa.

Quadro 9: Resultado dos processos

| Secador   | DATA     | HORA  | PRODUTO                            | Massa Bruta (Kg) | Massa Inicial Processo(Kg) | Massa Final Processo(Kg)  | Rendimento Produto | Momento Inicial e Final | Tempo em DIAS | Quantidade Secadores utilizados |
|---|----------|-------|------------------------------------|------------------|----------------------------|---|--------------------|-------------------------|---------------|---------------------------------|
| 01  | 03/09/19 | 15:30 | Manjerona                          | 0,276            | 0,270                      |   |                    | 3/9/19 15:30            | 2,0           | 1                               |
| 01  | 05/09/19 | 15:00 | Manjerona                          |                  |                            | 0,040   | 14,5%              | 5/9/19 15:00            |               |                                 |
| 01  | 03/09/19 | 15:30 | Osmarin                            | 0,332            | 0,332                      |   |                    | 3/9/19 15:30            |               |                                 |
| 01  | 05/09/19 | 15:00 | Osmarin                            |                  |                            | 0,070   | 21,1%              | 5/9/19 15:00            |               |                                 |
| 01  | 12/09/19 | 15:00 | Tomate Saladete                    | 2,608            | 2,041                      |   |                    | 12/9/19 15:00           | 1,9           | 1                               |
| 01  | 14/09/19 | 13:00 | Tomate Saladete                    |                  |                            | 0,095   | 3,6%               | 14/9/19 13:00           |               |                                 |
| 01  | 16/09/19 | 9:00  | Batata Monaliza                    | 0,936            | 0,816                      |   |                    | 16/9/19 9:00            | 0,3           | 1                               |
| 01  | 16/09/19 | 17:00 | Batata Monaliza                    |                  |                            | 0,118   | 12,6%              | 16/9/19 17:00           |               |                                 |
| 02 / 03   | 15/09/19 | 16:00 | Banana Caturra (corte transversal) | 7,628            | 4,628                      |   |                    | 15/9/19 16:00           | 1,0           | 2                               |
| 02 / 03   | 16/09/19 | 16:00 | Banana Caturra (corte transversal) |                  |                            | 1,290   | 16,9%              | 16/9/19 16:00           |               |                                 |
| 01  | 18/09/19 | 16:00 | Tomate Saladete                    | 3,820            | 3,315                      |   |                    | 18/9/19 16:00           | 2,8           | 1                               |
| 01  | 21/09/19 | 11:00 | Tomate Saladete                    |                  |                            | 0,115   | 3,0%               | 21/9/19 11:00           |               |                                 |
| 02  | 21/09/19 | 8:00  | Abacaxi Havai                      | 6,740            | 4,140                      |   |                    | 21/9/19 8:00            | 1,2           | 1                               |
| 02  | 22/09/19 | 12:00 | Abacaxi Havai                      |                  |                            | 0,490   | 7,3%               | 22/9/19 12:00           |               |                                 |
| 03  | 21/09/19 | 8:00  | Abacaxi Perola                     | 5,700            | 3,910                      |   |                    | 21/9/19 8:00            | 1,2           | 1                               |
| 03  | 22/09/19 | 12:00 | Abacaxi Perola                     |                  |                            | 0,440   | 7,7%               | 22/9/19 12:00           |               |                                 |
| 01  | 22/09/19 | 12:00 | Salsa                              | 0,102            | 0,102                      |   |                    | 22/9/19 12:00           | 0,3           | 1                               |
| 01  | 22/09/19 | 18:00 | Salsa                              |                  |                            | 0,018   | 17,6%              | 22/9/19 18:00           |               |                                 |
| 01  | 24/09/19 | 12:00 | Tomate                             | 2,950            | 2,700                      |   |                    | 24/9/19 12:00           | 1,3           | 1                               |
| 01  | 25/09/19 | 18:00 | Tomate                             |                  |                            | 0,140   | 4,7%               | 25/9/19 18:00           |               |                                 |
| 02  | 24/09/19 | 13:00 | Mamão Papaya                       | 1,830            | 1,380                      |   |                    | 24/9/19 13:00           | 1,2           | 1                               |
| 02  | 25/09/19 | 18:00 | Mamão Papaya                       |                  |                            | 0,160   | 8,7%               | 25/9/19 18:00           |               |                                 |
| 02  | 24/09/19 | 13:00 | Manga Tommy                        | 1,660            | 1,160                      |   |                    | 24/9/19 13:00           |               |                                 |
| 02  | 25/09/19 | 18:00 | Manga Tommy                        |                  |                            | 0,150   | 9,0%               | 25/9/19 18:00           |               |                                 |
| 03  | 24/09/19 | 13:00 | Maça Fuji                          | 1,095            | 0,855                      |   |                    | 24/9/19 13:00           | 1,3           | 1                               |
| 03  | 25/09/19 | 18:00 | Maça Fuji                          |                  |                            | 0,130   | 11,9%              | 25/9/19 18:00           |               |                                 |
| 03  | 24/09/19 | 14:00 | Banana Caturra (rodela)            | 1,680            | 1,050                      |   |                    | 24/9/19 14:00           |               |                                 |
| 03  | 25/09/19 | 20:00 | Banana Caturra (rodela)            |                  |                            | 0,310   | 18,5%              | 25/9/19 20:00           |               |                                 |
| 1 / 2 / 3   | 01/10/19 | 13:00 | Batata Monaliza                    | 2,810            | 2,410                      |   |                    | 1/10/19 13:00           | 0,3           | 3                               |
| 1 / 2 / 3   | 01/10/19 | 20:00 | Batata Monaliza                    |                  |                            | 0,410   | 14,6%              | 1/10/19 20:00           |               |                                 |
| TOTAL   |          |       |                                    | 40,167           | 29,109                     | Tempo de utilização em dias de cada secador solar durante período de ensaios. |                    | SECADOR 1               | 8,8           |                                 |
| Quantidade da diferença entre massa bruta e massa inicial utilizada na compostagem para horta (Kg)                              |          |       |                                    | 11,058           |                            |   |                    | SECADOR 2               | 3,7           |                                 |
| Observação: Todo consumo de água utilizada para o processo de higienização da matéria prima foi destinado a irrigação da horta. |          |       |                                    |                  |                            |   |                    | SECADOR 3               | 3,7           |                                 |

Fonte: Autoria própria (2019)

Com as informações obtidas nos processos realizados, foi possível desenvolver projeções e simulações dos custos de produção, capacidade de produção dos equipamentos e realizar a análise de viabilidade do investimento como será visto na sequência.



#### 4.5. DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS COM OS PROCESSOS DO SECADOR SOLAR QUE OBTVEU A MELHOR EFICIÊNCIA

Os resultados obtidos para os custos dos processos de secagem realizados estão descritos no quadro 10:

Quadro 10: Controle dos custos dos processos

| Produto Desidratado     | Preço Venda Desidratado R\$/Kg | Custo Fixo | Custo Direto (R\$/Kg) | Custo Variável | Custo Indireto (R\$/Kg) | Receita Projetada | Depreciação (R\$/Kg) | Rendimento | Quantidade In Natura (Kg) | Preço Máximo Aquisição Matéria Prima (Kg) | Custo Total Matéria Prima |
|-------------------------|--------------------------------|------------|-----------------------|----------------|-------------------------|-------------------|----------------------|------------|---------------------------|---|---------------------------|
| Salsa                   | R\$100,00                      | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 17,6%      | 5,68                      | R\$10,03                                  | R\$57,00                  |
| Manjerona               | R\$100,00                      | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 14,5%      | 6,90                      | R\$8,27                                   | R\$57,00                  |
| Osmarin                 | R\$150,00                      | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 21,1%      | 4,74                      | R\$18,36                                  | R\$87,00                  |
| Tomate Saladete Flocos  | R\$35,00                       | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 10,0%      | 10,00                     | R\$1,80                                   | R\$18,00                  |
| Tomate Saladete Pedacos | R\$35,00                       | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 10,0%      | 10,00                     | R\$1,80                                   | R\$18,00                  |
| Batata Monaliza         | R\$30,00                       | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 14,6%      | 6,85                      | R\$2,19                                   | R\$15,00                  |
| Banana Caturra Rodelas  | R\$30,00                       | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 18,5%      | 5,41                      | R\$2,78                                   | R\$15,00                  |
| Abacaxi Perola          | R\$65,00                       | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 10,0%      | 10,00                     | R\$3,60                                   | R\$36,00                  |
| Mamão Papaya            | R\$65,00                       | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 8,7%       | 11,49                     | R\$3,13                                   | R\$36,00                  |
| Manga Tommy             | R\$65,00                       | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 9,0%       | 11,11                     | R\$3,24                                   | R\$36,00                  |
| Maça Fuji               | R\$65,00                       | 10,0%      | R\$1,00               | 10,0%          | R\$1,00                 | 20,0%             | R\$1,00              | 11,9%      | 8,40                      | R\$4,28                                   | R\$36,00                  |

Fonte: Autoria própria (2019)

Para realização do controle dos custos, utilizou-se como padrão o preço mínimo do preço de venda pago pelo mercado, assim como os custos fixos, custos diretos, custos variáveis e custos indireto. Também levou-se em consideração a receita projetada, depreciação, rendimento, a quantidade de matéria prima utilizada e o preço mínimo para a aquisição desta.

Ao realizar o estudo dos custos de produção e valor de venda do produto final, observou-se que existem fatores controláveis e fatores incontroláveis. Nos fatores controláveis, pode-se citar como exemplo os custos fixos e os custos diretos, os quais podem ter alterações conforme as melhorias nos processos produtivos. Como fator incontrolável, pode-se expor o valor do produto final pago ao produtor pelo mercado consumidor, já que este é estabelecido por vários fatores econômicos e mercadológicos.

Através da utilização dos recursos das fórmulas para os cálculos automáticos em uma planilha eletrônica, tornou-se possível acompanhar os resultados de diferentes simulações, nas quais ocorrendo mudança em qualquer um dos fatores os demais também serão afetados e conseqüentemente o resultado final.

#### 4.6. ANÁLISE DA VIABILIDADE DO INVESTIMENTO

Considerando os resultados da produtividade dos diferentes produtos utilizados nos processos realizados, com as informações obtidas referentes aos preços estipulados pelo mercado local no período e uma estimativa de lucro líquido de vinte por cento (20%), foi possível determinar uma receita mensal tomando como base o cenário da realização dos processos. Paralelamente criou-se um cenário com a otimização do uso dos três aparelhos com objetivo de obter comparativos de diferentes cenários. Estes resultados são expressos nos quadros 11 a 13:

Quadro 11: Projeção de Receita Líquida

| PRODUTO                            | Massa Final Processo (Kg) | Estimativa do preço de venda por Kg | Projeção Receita Líquida no cenário dos ensaios | Projeção Receita Líquida no cenário otimizado |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Abacaxi Havai                      | 0,49                      | R\$ 65,00                           | R\$ 6,37  | R\$ 38,22                                     |
| Abacaxi Perola                     | 0,44                      | R\$ 65,00                           | R\$ 6,37  | R\$ 38,22                                     |
| Banana Caturra (corte transversal) | 1,29                      | R\$ 30,00                           | R\$ 2,94  | R\$ 17,64                                     |
| Banana Caturra (rodela)            | 0,31                      | R\$ 30,00                           | R\$ 2,94  | R\$ 17,64                                     |
| Batata Monaliza                    | 0,53                      | R\$ 30,00                           | R\$ 2,94  | R\$ 17,64                                     |
| Maça Fuji                          | 0,13                      | R\$ 65,00                           | R\$ 6,37  | R\$ 38,22                                     |
| Mamão Papaya                       | 0,16                      | R\$ 65,00                           | R\$ 6,37  | R\$ 38,22                                     |
| Manga Tommy                        | 0,15                      | R\$ 65,00                           | R\$ 6,37  | R\$ 38,22                                     |
| Manjerona                          | 0,04                      | R\$ 100,00                          | R\$ 9,80  | R\$ 29,40                                     |
| Osmarin                            | 0,07                      | R\$ 150,00                          | R\$ 14,70                                       | R\$ 44,10                                     |
| Salsa                              | 0,02                      | R\$ 100,00                          | R\$ 9,80  | R\$ 29,40                                     |
| Tomate                             | 0,14                      | R\$ 35,00                           | R\$ 3,43  | R\$ 10,29                                     |
| Tomate Saladete                    | 0,21                      | R\$ 35,00                           | R\$ 3,43  | R\$ 10,29                                     |
|                                    |                           |                                     | R\$ 81,83                                       | R\$ 367,50                                    |

Fonte: Autoria própria (2019)

Quadro 12: Cenário 01 – Análise dos processos realizados

|                           | TMA               | SELIC a. a. | PRÊMIO RISCO a.a. | CUSTO OPERACIONAL a.a. | TOTAL a.a.  | TOTAL a.m.  |             |             |             |            |           |            |            |
|---------------------------|-------------------|-------------|-------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|------------|------------|
|                           |                   | 6,00%       | 2,00%             | 1,00%                  | 9,00%       | 0,7207%     |             |             |             |            |           |            |            |
| PERÍODO DO FLUXO DE CAIXA |                   |             |                   |                        |             |             |             |             |             |            |           |            |            |
|                           | 0                 | 1           | 2                 | 3                      | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9          | 10        | 11         | 12         |
| INVESTIMENTO              | -R\$ 758,10       |             |                   |                        |             |             |             |             |             |            |           |            |            |
| RECEITA                   |                   | R\$ 81,83   | R\$ 81,83         | R\$ 81,83              | R\$ 81,83   | R\$ 81,83   | R\$ 81,83   | R\$ 81,83   | R\$ 81,83   | R\$ 81,83  | R\$ 81,83 | R\$ 81,83  | R\$ 81,83  |
| Σ Fluxo de Caixa          | -R\$ 758,10       | R\$ 81,83   | R\$ 81,83         | R\$ 81,83              | R\$ 81,83   | R\$ 81,83   | R\$ 81,83   | R\$ 81,83   | R\$ 81,83   | R\$ 81,83  | R\$ 81,83 | R\$ 81,83  | R\$ 81,83  |
| VPL                       | -R\$ 758,10       | R\$ 81,24   | R\$ 80,66         | R\$ 80,09              | R\$ 79,51   | R\$ 78,94   | R\$ 78,38   | R\$ 77,82   | R\$ 77,26   | R\$ 76,71  | R\$ 76,16 | R\$ 75,61  | R\$ 75,07  |
|                           | <b>R\$ 179,36</b> |             |                   |                        |             |             |             |             |             |            |           |            |            |
| PAYBACK DESCONTADO        | -R\$ 758,10       | -R\$ 676,86 | -R\$ 596,19       | -R\$ 516,11            | -R\$ 436,59 | -R\$ 357,65 | -R\$ 279,27 | -R\$ 201,45 | -R\$ 124,19 | -R\$ 47,48 | R\$ 28,68 | R\$ 104,29 | R\$ 179,36 |
| TIR                       | 3,48%             |             |                   |                        |             |             |             |             |             |            |           |            |            |
| ROI                       | 1,24              |             |                   |                        |             |             |             |             |             |            |           |            |            |

Fonte: Autoria própria (2019)

Quadro 13: Cenário 02 – Análise projetando otimização no uso dos aparelhos

|                           | TMA                 | SELIC a. a. | PRÊMIO RISCO a.a. | CUSTO OPERACIONAL a.a. | TOTAL a.a. | TOTAL a.m.   |              |              |              |              |              |              |              |
|---------------------------|---------------------|-------------|-------------------|------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                           |                     | 6,00%       | 2,00%             | 1,00%                  | 9,00%      | 0,7207%      |              |              |              |              |              |              |              |
| PERÍODO DO FLUXO DE CAIXA |                     |             |                   |                        |            |              |              |              |              |              |              |              |              |
|                           | 0                   | 1           | 2                 | 3                      | 4          | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            | 10           | 11           | 12           |
| INVESTIMENTO              | -R\$ 758,10         |             |                   |                        |            |              |              |              |              |              |              |              |              |
| RECEITA                   |                     | R\$ 367,50  | R\$ 367,50        | R\$ 367,50             | R\$ 367,50 | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   |
| Σ Fluxo de Caixa          | -R\$ 758,10         | R\$ 367,50  | R\$ 367,50        | R\$ 367,50             | R\$ 367,50 | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   | R\$ 367,50   |
| VPL                       | -R\$ 758,10         | R\$ 364,87  | R\$ 362,26        | R\$ 359,67             | R\$ 357,09 | R\$ 354,54   | R\$ 352,00   | R\$ 349,48   | R\$ 346,98   | R\$ 344,50   | R\$ 342,03   | R\$ 339,59   | R\$ 337,16   |
|                           | <b>R\$ 3.452,07</b> |             |                   |                        |            |              |              |              |              |              |              |              |              |
| PAYBACK DESCONTADO        | -R\$ 758,10         | -R\$ 393,23 | -R\$ 30,97        | R\$ 328,70             | R\$ 685,79 | R\$ 1.040,33 | R\$ 1.392,33 | R\$ 1.741,81 | R\$ 2.088,79 | R\$ 2.433,29 | R\$ 2.775,33 | R\$ 3.114,91 | R\$ 3.452,07 |
| TIR                       | 46,98%              |             |                   |                        |            |              |              |              |              |              |              |              |              |
| ROI                       | 5,55                |             |                   |                        |            |              |              |              |              |              |              |              |              |

Fonte: Autoria própria (2019)

O quadro 12 mostra a análise realizada considerando-se o cenário da utilização do aparelho 1, durante oito dias em processo, e os aparelhos dois e três durante quatro dias em processo, no intervalo de aproximadamente um mês. Com as informações obtidas do volume produzido nesse cenário, o valor pago pelo mercado consumidor ao produto pronto e os custos totais do processo, possibilitou-se a realização de um fluxo de caixa para análise do investimento. Como resultado desse cenário, através da utilização do cálculo do *Payback* descontado, somente no décimo

período (mês) o produtor terá o retorno do seu investimento e no final do período de um ano o resultado do VPL será de R\$179,36.

No quadro 13 foi representada a situação da análise do investimento projetando um cenário com o uso otimizado dos três equipamentos, durante um período de aproximadamente um mês. Considerando-se o mesmo valor de investimento inicial que o cenário anterior, ao final do período do fluxo de caixa (um ano), a atividade terá como resultado um VPL de R\$ 3.452,07 e o resultado do retorno sobre o investimento (ROI) será de 5,55 vezes o valor inicial.

Com a observação de ambos os cenários, foi obtido resultados positivos para o investimento. Porém, o fator que determinará o montante final da receita será o uso adequado do equipamento através de uma produção planejada e organizada e não permitindo que o equipamento fique ocioso.

#### **4.7. RESULTADOS DA COMPARAÇÃO ENTRE A SECAGEM SOLAR E A SECAGEM COM ENERGIA ELÉTRICA**

Foi realizada a secagem de bananas em estufa elétrica, a fim de obter o tempo necessário para que as mesmas atingissem a umidade final de 22% (mesma umidade obtida no secador solar mais eficiente – MDF Naval), conforme tabela 3:

Tabela 3: Comparação entre o tempo de secagem solar e com energia elétrica

| Tipo de secador | Umidade Inicial (%) | Umidade Final (%) | Tempo de Processo (h) |
|-----------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| Solar           | 76,12               | 22,31             | 26                    |
| Convectivo      | 76,52               | 22,12             | 9                     |

Para a secagem com estufa elétrica, foram necessárias 9h de processo até atingir a umidade desejada. Com base neste tempo, foi calculado o custo energético associado ao processo, a partir das informações de consumo do equipamento.

Como a estufa apresenta uma potência de 800W, o consumo energético do processo foi de 7,2 kW/h. Considerando o custo do kW R\$0,98, o gasto com energia elétrica do processo de secagem foi de R\$7,06.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa estudou a eficiência energética e viabilidade econômica de diferentes modelos de secadores solares para desidratação de alimentos por pequenos produtores rurais, tendo como objetivo definir o modelo considerado ideal para ser utilizado por este segmento.

A avaliação da eficiência energética deu-se por meio do acompanhamento do processo de secagem e variação da temperatura no interior do secador, considerando-se cinco modelos diferentes, em função do seu revestimento interno. A partir dos dados coletados, verificou-se que o modelo construído em MDF naval é o mais eficiente, a partir dos parâmetros definidos para esta análise.

A análise de viabilidade econômica do investimento foi realizada para o modelo considerado mais eficiente, sendo determinada através do uso de ferramentas de gestão de custos e de análise de investimentos. Por meio das ferramentas empregadas, verificou-se que o investimento é viável, necessitando, entretanto, um planejamento de produção que evite que o aparelho fique ocioso.

Tendo em vista as necessidades do pequeno produtor da região, buscou-se uma alternativa econômica, sustentável e ecologicamente viável para que estes produtores possam obter uma renda complementar, por meio do desenvolvimento de uma estrutura para secagem de frutas em suas propriedades.

A desidratação de frutas é uma técnica que contribui na redução das perdas de frutos pelo agricultor nas etapas de pós-colheita, como o armazenamento, transporte, distribuição e comercialização e, através deste trabalho, é possível a difusão desta tecnologia aos produtores rurais.

No intuito de agregar valor à produção da pequena propriedade, facilitando e ampliando as suas possibilidades de comercialização e inserção socioeconômica regional, contribui-se para o desenvolvimento regional através da melhoria dos produtos elaborados pelos agricultores do ponto de vista tecnológico, nutricional e higiênico-sanitário, bem como com a ampliação das possibilidades de produção e comercialização destes produtos.

Assim, sugere-se como trabalhos futuros analisar a gestão dos processos produtivos deste tipo de atividade em empreendimentos familiares que queiram utilizar processos de secagem solar de seus produtos como fonte alternativa de renda.

## REFERÊNCIAS

- ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2019. Disponível em <http://portal.abepro.org.br/>. Acesso em 12 de Setembro de 2019.
- 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.
- AMIGO, F. V.; LIMA, G. P.; SALES, J. H.; ESTIVAL, K. G. **Inovação tecnológica na secagem do cacau: estudo da viabilidade econômica de um secador vertical solar**. Cadernos de Prospecção., Salvador, v. 10, n. 4, p. 706-720, 2017.
- ARAÚJO, V. A.; MALINOVISKI, R. A.; VASCONCELOS, J. S. **Análise de viabilidade econômica de um processo de secagem de madeira para empresas madeireiras do sudoeste paulista**. Revista de Ciências e Extensão. v.7, n.1, p.51, 2011.
- BASTOS, B.M. **Estudo da viabilidade técnica-econômica para produção de um suco de uva em pó enriquecido com resveratrol**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Agroindustrial – Indústrias Alimentícias. Universidade Federal do Rio Grande, 2017.
- BOERI, C. N. **Secagem convectiva de produtos alimentares: Otimização e controle**. 358 p. Tese (Doutorado) | Doutorado em Engenharia Mecânica - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2012.
- BORGES, F. H.; SILVA, K. R. M. S.; SILVA, G. L.; BARBOSA, J. C. **Estudo de viabilidade econômica da implantação do processo de evaporação e secagem para produção de ração animal a partir da levedura**. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2018.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- CASAROTTO, N. F. **Elaboração de projetos empresariais: análise estratégica, estudo de viabilidade e plano de negócio**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Embrapa Cerrados. 51 p., 2010.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Tradução Florencia Cladera Oliveira (et al.). 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.
- GITMAN, L., Principles of Managerial Finance. Boston: Wesley, 11<sup>a</sup> Edition, 2005.
- HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, analistas de investimentos e administradores**. São Paulo: Atlas, 2013.
- GONTIJO, F.E.K.; MIRANDA, T.A. **Eficiência energética no processo industrial de secagem com o uso de inversores de frequência**. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, 2012.

- HOJI, M. **Administração financeira e orçamentária: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial**. São Paulo: Atlas, 2014.
- KUDRA, D. **Energy aspects in drying**. Drying Technology. V. 22, n. 5, p. 917-932, 2004.
- MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- MATOS, E. H. S. F. **Dossiê técnico: processamento de frutas desidratadas**. Brasília: CDT/UnB, 2007. 21 p.
- REZENDE, A. A.; MIYAJI, M.; CHAVES, M. A.; SILVA, A. A. L. **Secagem de alimentos por fontes de energia renováveis: possibilidade de geração de renda para o pequeno produtor rural do sudoeste baiano**. XLV Congresso da SOBER, Londrina, Brasil, 2007.
- RICCI, M. R.; BATTISTI, J. F.; SCHMIDT, C. A. P. **Secador solar: Processo de desidratação de frutas com diferentes tratamentos osmóticos**. Cadernos de Agroecologia, v. 7, n. 1, 2012.
- SHARMA, A.; CHEN, C.R.; LAN, N. V. **Solar-energy drying systems: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 13, issue 6-7, 1185-1210, 2009.
- SILVA, I. G. **Desidratação de banana em secador solar: Viabilidade técnica e econômica**. Dissertação de mestrado em Agronomia, Universidade Federal do Acre. Rio Branco, 2010.
- SILVEIRA, L.R. **Modelagem de um secador solar de produtos agrícolas com sistema de armazenagem de energia térmica**. Tese de Doutorado em Ciências. Universidade de São Paulo, 2016.
- STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; CORDEIRO, S. A. **Comparação econômica entre os métodos de secagem de madeira ao ar livre e em estufa solar**. Rev. Bras. Ciência Agrária, v.7, suppl., p.850-856, 2012.
- STANGERLIN, D.M.; SANTINI, E.J.; SUSIN, F.; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; HASELEIN, C.R. **Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada**. Revista Ciência Florestal, Santa Maria, v.19, n.4, p.461-472, 2009.
- THOMAZINI, L.F.V. **Estudo do comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar no interior de um secador solar misto de ventilação natural**. Dissertação de mestrado em Ciências. Universidade de São Paulo, 2015.

## **APÊNDICES**



## APÊNDICE 1

**FICHA TÉCNICA PARA CONSTRUÇÃO DO EQUIPAMENTO**

| <b>Modelo:</b>                                      |                  |                   |                       |                    |
|---|------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Recursos Utilizados</b>                          | <b>Descrição</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Valor Unitário</b> | <b>Valor Total</b> |
| <b>Material Adquirido</b>                           |                  |                   |                       |                    |
|   |                  |                   |                       |                    |
|   |                  |                   |                       |                    |
|   |                  |                   |                       |                    |
| <b>Material de Aproveitamento<br/>(Reutilizado)</b> |                  |                   |                       |                    |
|   |                  |                   |                       |                    |
|   |                  |                   |                       |                    |
|   |                  |                   |                       |                    |
| <b>Material de Uso e Consumo</b>                    |                  |                   |                       |                    |
|   |                  |                   |                       |                    |
|   |                  |                   |                       |                    |
| <b>Desenho Técnico:</b>                             |                  |                   |                       |                    |
| <b>Forma Construtiva:</b>                           |                  |                   |                       | <b>TEMPO (h):</b>  |
| 1 -   |                  |                   |                       |                    |
| 2 -   |                  |                   |                       |                    |
| 3 -   |                  |                   |                       |                    |
| 4 -   |                  |                   |                       |                    |
| 5 -   |                  |                   |                       |                    |

Figura 6: Formulário para coleta de informação sobre os custos de construção de cada equipamento (Fonte: Autoria própria).