



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia de Alimentos

RAFAEL VASQUES SANCHES

**REAPLICAÇÃO DA TECNOLOGIA SOCIAL NO DESENVOLVIMENTO DE UM
SECADOR SOLAR PARA ALIMENTOS**

**REAPPLYING OF THE SOCIAL TECHNOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF A
SOLAR DRYER FOR FOODS**

Campinas
2018



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia de Alimentos

RAFAEL VASQUES SANCHES

**REAPLICAÇÃO DA TECNOLOGIA SOCIAL NO DESENVOLVIMENTO DE UM
SECADOR SOLAR PARA ALIMENTOS**

**REAPPLYING OF THE SOCIAL TECHNOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF A
SOLAR DRYER FOR FOODS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos.

Dissertation presented to the Faculty of Food Engineering of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in the area of Food Engineering

Orientador: Prof. Dr. Celso Costa Lopes

Este trabalho corresponde à versão final da dissertação defendida pelo aluno Rafael Vasques Sanches, orientado pelo professor Celso Costa Lopes.

Campinas
2018

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Claudia Aparecida Romano - CRB 8/5816

Sa55r Sanches, Rafael Vasques, 1986-
Reaplicação da tecnologia social para o desenvolvimento de um secador solar para alimentos / Rafael Vasques Sanches. – Campinas, SP : [s.n.], 2018.

Orientador: Celso Costa Lopes.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Secagem. 2. Banana. 3. Tecnologia Social. I. Lopes, Celso Costa. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Reappling of the social technology in the development of a solar dryer for foods

Palavras-chave em inglês:

Drying

Banana

Social Technology

Área de concentração: Engenharia de Alimentos

Titulação: Mestre em Engenharia de Alimentos

Banca examinadora:

Celso Costa Lopes [Orientador]

Ana Silvia Prata Soares

Rafael Augustus de Oliveira

Data de defesa: 11-10-2018

Programa de Pós-Graduação: Engenharia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Celso Costa Lopes (Orientador)
Universidade Estadual de Campinas
(Membro Titular)

Profa. Dra. Ana Silvia Prata Soares
Universidade Estadual de Campinas
(Membro Titular)

Prof. Dr. Rafael Augustus de Oliveira
Universidade Estadual de Campinas
(Membro Titular)

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Agradecimentos

Ao Deus Pai, Deus Filho, Deus Espírito Santo pelo dom da salvação;

Ao Professor Dr. Celso Costa Lopes pela atenta orientação, pelo encorajamento em meio às dificuldades e pela incansável busca pelo conhecimento;

À Carla Ivonne La Fuente Arias, minha esposa e amor da minha vida, pela paciência e valiosa contribuição a este trabalho;

Ao Departamento de Engenharia de Alimentos e a Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP pela oportunidade oferecida e o apoio Institucional;

A Profa Nathália Cirone e a colega Norma Teruko Nago Miya do Laboratório de Toxinas Alimentares pela ajuda com as análises microbiológicas e pelas sugestões;

Ao Prof. Dr. Vivaldo Silveria Junior, ao Mestre Felipe e ao colega Isaias pela ajuda com a coleta dos dados de temperatura;

Aos meus pais Jefferson de Lara Sanches e Maria Aparecida Vasques e meu irmão Jefferson de Lara Sanches Júnior, por acreditarem em mim;

Ao Eng. Vinícius Micaí Nunes, pelo encorajamento e motivação ao longo deste trabalho;

Às Sras. Ileide e Nice pela contribuição e participação nas atividades deste trabalho;

Aos amigos Piter, Alexandre, João Pedro, Gabriela, Gabriel, Maurício, Ricardo, Luiz Júnior por participarem deste projeto nos intervalos entre meu trabalho e a pesquisa acadêmica;

A todos que contribuíram diretamente e indiretamente para construção desta dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo reaplicar o conceito da tecnologia social para o desenvolvimento de um secador solar que atenda a RDC 216 da ANVISA para produção de banana passa a comunidades rurais descapitalizadas, englobando desde o projeto da máquina, construção, operação até a apropriação definitiva da tecnologia. Como grupo de estudo foi escolhida a Associação de Mulheres Agroecológicas Vergel (AMA), localizada na cidade de Mogi Mirim – SP. A partir da aplicação de oficinas participativas foram identificados os principais elementos da demanda desse grupo, os quais foram utilizados como premissas na construção do secador solar. Com a análise dos diversos conhecimentos estudados (acadêmico, técnico e das usuárias) foi possível desenvolver um equipamento adaptado à pequena produção e liberador da criatividade do produtor direto. O secador foi dimensionado para operar no regime de batelada com capacidade para 20 kg de banana, produto produzido pela AMA. Foram realizados 10 ensaios de secagem para avaliação do funcionamento do secador, obtendo-se rendimento de secagem entre 87,44% e 91,15%, com tempo total de secagem ente 4 e 12 dias. A banana passa produzida nos ensaios de secagem teve atividade de água entre 0,623 e 0,773, umidade final entre 20,19 g e 24,67 g/100 g b.u e com resultados de análise microbiológica que atendem a RDC 12 da ANVISA.

Palavras chave: Secagem, Secador solar, Banana Passa, Tecnologia Social.

Abstract

The aim of this work is to reapply the concept of social technology for the development of a solar dryer, that attend the RDC 216 – ANVISA, for banana production, which goes from the decapitalized of small communities, from machine design, construction, operation and definitive appropriation of the technology. As a study group the Association of Agroecological Women Vergel (AMA) was chosen, located in the city of Mogi Mirim - SP. From the application of participatory workshops, the main elements of the social demand of this group were identified, which were used as premises in the construction of the solar dryer. With the analysis of the different knowledge studied (academic, technical and users) it was possible to develop an equipment adapted to small production and freeing the creativity of the direct producer. The dryer was designed to operate in the batch regime with a capacity of 20 kg of banana, produced by AMA. Ten drying experiments were performed to evaluate the performance of the dryer, yielding a drying performance between (87.44 and 91.15)%, with total drying time between 4 and 12 days. The dried banana produced resulted with a water activity (a_w) between 0.623 and 0.773, final humidity (X) between (20.19 and 24.67) g/100 g and with results of microbiological analysis that attend the RDC 12 of ANVISA.

Keywords: Drying, Solar drying, Banana, Social Technology

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo reaplicar el concepto de la tecnología social para el desarrollo de un secador solar, el cual atienda la RDC 216 de ANVISA, para producción de plátano deshidratado a comunidades rurales descapitalizadas, englobando desde el diseño de la máquina, construcción, operación y apropiación definitiva de la tecnología. Como grupo de estudio fue elegido la Asociación de Mujeres Agroecológicas Vergel (AMA), ubicada en la ciudad de Mogi Mirim - SP. A partir de la aplicación de talleres participativos se identificaron los principales elementos de la demanda social de este grupo, los cuales fueron utilizados como premisas en la construcción del secador solar. Con el análisis de los diversos conocimientos estudiados (académico, técnico y de las usuarias) fue posible desarrollar un equipo adaptado a la pequeña producción y liberador de la creatividad del productor directo. El secador fue dimensionado para operar por lotes con capacidad para 20 Kg de plátano, producto producido por la AMA. Se realizaron 10 ensayos de secado para evaluar el funcionamiento del secador, obteniendo rendimientos de (87,44 y 91,15) %, con tiempo total de secado entre 4 y 12 días. El plátano deshidratado producido en los ensayos de secado tuvo actividad de agua entre 0,623 y 0,773, humedad final entre (20,19 y 24,67) g/100 g y con resultados de análisis microbiológicos que atiende a la RDC 12 de la ANVISA.

Palabras clave: Secado, Secador solar, Banana Deshidratada, Tecnología Social

Lista de Ilustrações

Figura 3-1. Contribuições ao marco analítico social da Tecnologia Social.	19
Figura 3.2 - Produção brasileira de banana por região geográfica em 2016	26
Figura 3.3 - Evolução da coloração da casca da banana.	27
Figura 3.4 – Períodos durante o processo de secagem.	30
Figura 3-5. Fluxograma dos passos a serem seguidos no projeto de secadores.....	32
Figura 3-6. Velocidade das Reações e Crescimento Microbiano x Atividade de Água.....	33
Figura 3-7. Classificação dos secadores solares	34
Figura 3-8. Secador Natural	34
Figura 3-9. Secador solar natural de garrafas PET	35
Figura 3-10. Secador de convecção forçada	35
Figura 3-11. Secador solar híbrido.....	36
Figura 3-12. Secador solar de exposição direta.	37
Figura 3-13.. Secador solar fabricado de sucatas luminárias.....	37
Figura 3-14. Secador solar de exposição indireta.	38
Figura 3-15. Secador solar de exposição indireta.	39
Figura 3-16. Secador solar para produção de banana-passa. Prototipo de secador (A); Fotos do Secador (B).....	40
Figura 3-17. Secador solar de bandeja para banana. Desenho esquemático (A); Secador solar (B).....	40
Figura 4-1. Metodologia para o desenvolvimento deste projeto.....	44
Figura 4-2. Esquema do secador solar desenvolvido neste estudo. 1) Coletor solar. 2) Ventilador axial. 3) Antecâmara. 4) Câmara de Secagem. 5) Bandejas.	47
Figura 4-3. Diagrama esquemático do procedimento realizado na produção de banana passa.	49
Figura 5-1. Desenhos utilizados na Oficina.....	58
Figura 5-2. Desenho do Secador, apresentado na primeira reunião com associadas da AMA.....	60
Figura 5-3. Antecâmara do secador.	65
Figura 5-4.– Câmara de Secagem (A); Antecâmara (B).	66
Figura 5-5. Fotos do secador solar montado. Tambores montados (A); Secador solar montado (B). ...	66
Figura 5-6. Placas do coletor pintadas	67
Figura 5-7. –Coletor Solar. Módulos (A); Base (B).....	67
Figura 5-8. – Coletor solar. Policarbonato translucido alveolar (A); Fita Adesiva Aluminizada (B)....	68
Figura 5-9– Estrutura Coletor Solar.....	69
Figura 5-10– Módulos e Base Coletor Solar.	69
Figura 5-11– Estrutura Coletor Solar.....	70

Figura 5-12– Frestas vedadas com Silicone.	70
Figura 5-13. Ensaios de secagem. Higienização do secador da câmara e antecâmara (A) e (B); descasque e pesagem da banana (C) e (D).	72
Figura 5-14. Câmara de secagem com as bandejas carregadas (A) e (B).....	72
Figura 5-15- Banana Passa. Banana inteira (A); Banana cortada pela metade (B).....	73
Figura 5-16 – Crescimento de Fungos na Banana Passa.....	74
Figura 5-17 - Rotatividade das bandejas no secador.....	76
Figura 5-18 – Marcações para identificação das bandejas.	76
Figura 5-19 – Diferença temperatura entrada x saída secador. 3º Ensaio de Secagem (A); 5º Ensaio de Secagem (B); 6º Ensaio de Secagem (C); 7º Ensaio de Secagem (D); 8º Ensaio de Secagem (E).....	86
Figura 5-20 – Diferença umidade relativa saída x entrada secador. 3º ensaio de secagem (A); 5º ensaio de secagem (B); 6º ensaio de secagem (C); 7º ensaio de secagem (D); 8º ensaio de secagem (E).....	88
Figura 5-21. Curvas de secagem do ensaio 2 ajustadas ao modelo de Newton. Bandeja 1 (A); Bandeja 2(B); Bandeja 3 (C); Bandeja 4 (D); e Bandeja 5 (E).	90
Figura 5-22. Curvas de secagem do ensaio 2 ajustadas ao modelo de Henderson & Pabis. Bandeja 1 (A); Bandeja 2(B); Bandeja 3 (C); Bandeja 4 (D); e Bandeja 5 (E).	91
Figura 5-23. Curvas de secagem do ensaio 2 ajustadas ao modelo Logarítmico. Bandeja 1 (A); Bandeja 2(B); Bandeja 3 (C); Bandeja 4 (D); e Bandeja 5 (E).....	92
Figura 5-24. – Desenho porta para acesso ao interior da antecâmara.	94
Figura 5-25. – Trava tipo Tranqueta - Fechada (A) e Aberta (B).....	95
Figura 5-26. – Trava Fecho Pega Ladrão	95
Figura 5-27. Trava Magnética	96
Figura 5-28. – Desenho Base Antecâmara.	97
Figura 5-29. – Bandeja utilizada no secador desenvolvido com AMA.....	98
Figura 5-30. – Bandeja proposta pelas mulheres da AMA.....	99
Figura 5-31. – Bandeja de alumínio perfurada.	100
Figura 5-32. – Fluxo de Caixa Acumulado – Projeto com 5 anos de vida útil.....	104

Lista de Tabelas

Tabela 4-1 – Especificações ventilador.....	48
Tabela 4-2 - Modelos empíricos propostos na literatura.....	51
Tabela 5-1. Teor de água para diferentes frutas e hortaliças.	63
Tabela 5-2- Caracterização da matéria prima nos períodos entre maio 2017 e janeiro 2018.....	70
Tabela 5-3– Caracterização da banana passa nos períodos Maio de 2017 a Janeiro 2018.....	81
Tabela 5-4– Caracterização da banana passa nos períodos Maio de 2017 a Janeiro 2018.....	82
Tabela 5-5– Caracterização Microbiológica da banana passa nos períodos de Maio de 2017 a Janeiro 2018	83
Tabela 5-7– Constantes e coeficientes obtidos do ajuste dos dados experimentais aos modelos Newton, Henderson & Pabis e Logarítmico, banana seca em secador solar.....	89
Tabela 5-8- Rendimento Processo de Secagem.....	93
Tabela 5-9 – Materiais Utilizados na construção do secador solar.....	100
Tabela 5-10 – Investimento Fixo.....	101
Tabela 5-11 – Estimativa Capital de Giro.....	102
Tabela 5-12 – Despesas de Produção e Tempo Operacional.....	102
Tabela 5-13 – Despesas de Produção e Tempo Operacional.....	103
Tabela 5-14 – Despesas de Produção e Tempo Operacional.....	104
Tabela 5-15 – Indicadores TIR, VPL, PAY BACK e Vida Útil do Projeto.....	105

Lista de Símbolos

a_w	atividade de água (-)
A	área do secador (m ²)
C_p	calor específico (J/kg ° C)
E_{abs}	energia absorvida (W)
\dot{m}	vazão mássica (kg/s)
P	Potência entregue pelo sistema (W)
t	tempo (min ou dias)
T	temperatura (°C)
UR	umidade relativa (%)

Letras gregas

η_p	eficiência do processo (%)
----------	----------------------------

Sumário

1. Introdução.....	15
2. Objetivos.....	17
2.1. Objetivos específicos	17
3. Revisão Bibliográfica	18
3.1. Tecnologia Social	18
3.2. Tecnologia apropriada.....	19
3.3. Tecnologia Social no Brasil.....	21
3.4. Histórico AMA.....	24
3.5. Banana	25
3.5.1. Consumo da banana	27
3.6. Secagem	29
3.6.1. Conceitos de Secagem.....	32
3.6.2. Secagem Solar	33
4. Materiais e Métodos	42
4.1. Matéria-prima.....	42
4.1.1. Caracterização físico-química	42
4.2. Desenvolvimento de uma Tecnologia Social	42
4.2.1. Elaboração de oficinas	44
4.2.2. Desenho e construção do secador solar.....	44
4.3. Ensaio de secagem	49
4.3.1. Modelos empíricos.....	50
4.4. Eficiência do processo de secagem.....	51
4.5. Caracterização físico-química da banana passa.....	52
4.6. Análise estatística	54
4.7. Análise Financeira do Projeto	54
5. Resultados e discussão	56
5.1. Elaboração de oficinas.....	56
5.2. Construção do Secador solar	64
5.3. Caracterização da matéria-prima	70
5.4. Ensaio de secagem	71
5.4.1. Modelos experimentais	88
5.4.2. Determinação dos rendimentos e eficiências.....	93

5.5.	Reconfiguração do Secador Solar.....	93
5.6.1.	Investimento e Depreciação.....	100
5.6.2.	Estimativa Capital de Giro	101
5.6.3.	Custos e Ritmo de Produção.....	102
5.6.4.	Fluxo de Caixa e Indicadores Financeiros.....	103
6.	Conclusões.....	106
7.	Sugestões para próximos trabalhos	107
	Referências	108

1. Introdução

O surgimento de secadores dimensionados adequadamente para a secagem de frutas e com custos acessíveis se faz necessário para contornar o grave problema de desperdício de alimentos em toda cadeia produtiva. Nos países em desenvolvimento, cerca de 30 a 40 % da produção é perdida nas etapas de pós colheita, processamento e distribuição, representando um desperdício de recursos utilizados na produção, como terra, água, energia e insumos (GUSTAVSSON et al., 2011).

A utilização de secadores geralmente exige um alto investimento inicial, além de utilizarem energia oriunda da eletricidade ou gás, e de possuírem certo grau de complexidade para manuseio e operação. Em comunidades rurais descapitalizadas, os custos com consumo de energia, bem como o investimento em secadores convencionais e a dificuldade de manuseio, tornam inviável a aplicação desse tipo de equipamento em seu sistema produtivo.

Somado a isso há o desconhecimento do pequeno produtor rural com relação às exigências de órgãos reguladores como a ANVISA no que tange às adequações da inspeção sanitária e inocuidade alimentar. Tal fato é uma barreira para a comercialização de produtos oriundos de determinadas comunidades rurais, causando perdas em suas rendas uma vez que não podem expandir sua área de atuação comercial.

Segundo SOUZA et al. (2010), o uso de equipamentos simples, que utilizem energias alternativas e atendam exigências sanitárias, são imprescindíveis para combater e minimizar as perdas de alimentos e diminuir a desigualdade social em determinadas regiões do Brasil e do mundo. Assim, faz-se necessária a associação dos conhecimentos populares e técnico científicos para desenvolver soluções que atendam a esses critérios.

A Tecnologia Social apresenta-se como uma ferramenta capaz de unir os conhecimentos populares e técnico-científicos tendo como ponto de partida sua elaboração e as necessidades de comunidades em situação de exclusão social ou que não possuam capital para adquirir a solução tecnológica necessária no mercado da ciência e tecnologia (DAGNINO et al., 2004).

Na bibliografia consultada, encontram-se estudos sobre sistemas de secagem para conservação de alimentos utilizados em pequenas comunidades, estudos sobre as exigências da ANVISA na produção de alimentos e o conceito e aplicação da tecnologia social. Assim, pretende-se, com o presente projeto, desenvolver uma tecnologia social na construção e operação de um secador solar que atenda às necessidades da Associação de Mulheres Agroecológicas Vergel (AMA) e às exigências sanitárias da legislação brasileira.

A pesquisa realizada neste projeto difere das demais realizadas até o momento no desenvolvimento de secadores solares por dois aspectos:

- A construção do secador foi realizada em contato direto com o usuário final, que pode se apropriar de toda tecnologia utilizada na montagem do equipamento, bem como sua operação;
- Além do foco em construir um equipamento que atenda às demandas do usuário final, esta pesquisa levou em consideração aspectos de vigilância sanitária e segurança alimentar, conforme especificado na RDC 216 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

2. Objetivos

O objetivo deste estudo é desenvolver uma tecnologia social na construção e operação de um secador solar que atenda às exigências sanitárias da legislação brasileira com aplicação junto às agricultoras rurais da Associação de Mulheres Agroecológicas Vergel (AMA) do antigo Assentamento 12 de Outubro, em Mogi Mirim.

2.1. Objetivos específicos

- Construir um secador adequado às necessidades do grupo em estudo, acoplado a um coletor solar;
- Determinar o rendimento do equipamento desenvolvido (kg de água removida/kg de água total) e a umidade do produto em base seca em relação do tempo de secagem levando em consideração as condições ambientais e as características da matéria prima;
- Avaliar a apropriação tecnológica do equipamento pelos usuários com base em oficinas participativas e questionários;
- Identificar e realizar alterações propostas pelos usuários no projeto inicial.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Tecnologia Social

Segundo Dagnino (2009), o termo Tecnologia Social (TS) surgiu e originou-se no Brasil nos anos 2000. Esse termo nasce a partir do conceito de Tecnologia Apropriada (TA) e busca atender às demandas sociais de cada comunidade que surgissem a partir dessa (DAGNINO, 2004). Uma definição de Tecnologia Social proposta pelo Instituto de Tecnologia Social (ITS, 2004) é a seguinte: “um conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para a inclusão social e melhoria das condições de vida”.

As iniciativas das TS devem ser sustentáveis, reaplicáveis em outros lugares e devem contemplar a participação coletiva e integrada no processo de implementação. Exemplos dessas ações são: a implementação de técnicas aplicadas à agricultura familiar e à agroecologia; a agregação de valor aos produtos e processos; o apoio ao desenvolvimento de tecnologias sociais apropriadas e voltadas para a segurança alimentar e nutricional; a promoção da igualdade étnico racial, de forma a favorecer oportunidades de inserção nas atividades produtivas; a inclusão de pessoas por meio de tecnologias assistidas; a inclusão social da reciclagem popular e das comunidades indígenas; além da valorização do idoso na sociedade (DAGNINO et al., 2004).

A Figura 3.1 ilustra o percurso que conformou o marco da TS a partir da incorporação ao movimento da TA das críticas e contribuições dos Estudos Sociais da Ciência e Tecnologia. Nessa figura aparece, no centro de uma espiral, um processo acumulativo que procura denotar a visão da TA predominante nos anos 1970. À sua volta, ao longo de cada uma das seis setas que para ela convergem, são apresentados os principais elementos que contribuíram para o desenvolvimento conceitual a partir da TA. Cada um desses elementos - Crítica da TA, Economia da Inovação, Sociologia da Inovação, Construção Social da Ciência e da Tecnologia, Filosofia da Tecnologia, Análise de Política e Crítica à Política Científica e Tecnológica latino-americana – encontra-se associado aos autores, cuja contribuição foi considerada central e algumas palavras-chave que a identificam (DAGNINO et al., 2004).

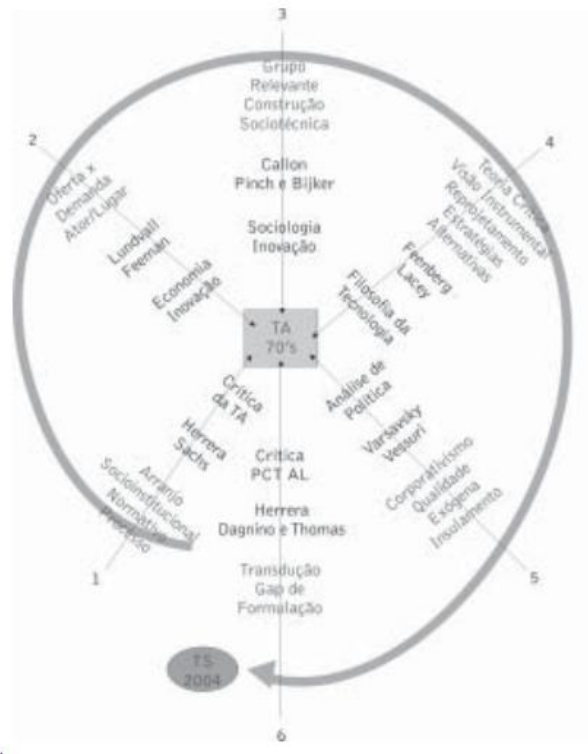


Figura 3-1. Contribuições ao marco analítico social da Tecnologia Social.

Fonte: DAGNINO et al., (2004).

3.2. Tecnologia apropriada

Diversos foram os motivos que propiciaram o surgimento do movimento da Tecnologia Apropriada (TA) nas décadas de 1960 e 1970. Segundo Kaplinski (1990), a origem desse movimento foi uma reação aos padrões de crescimento econômico do pós-guerra e foi motivado também pelo desencanto e pelo ceticismo em relação aos processos de desenvolvimento praticados até então.

Para Dagnino, Brandão e Novaes (2004), a TA teria sido originada na Índia do século XIX. O pensamento dos reformadores daquela sociedade estava voltado para a reabilitação e o desenvolvimento das tecnologias tradicionais praticadas em suas aldeias como estratégia de luta contra o domínio britânico. Esses autores destacam a figura de Gandhi que, entre 1924 e 1927, dedicou-se a construir programas visando à popularização da fiação manual realizada em uma roca de fiar reconhecida como o primeiro equipamento tecnologicamente apropriado, a *Charkha*, como forma de lutar contra a injustiça social e o sistema de castas na Índia. A ação de Gandhi teve resultados significativos conforme DAGNINO, BRANDÃO e NOVAES (2004, p. 20):

“Isso despertou a consciência política de milhões de habitantes das vilas daquele país sobre a necessidade da autodeterminação do povo e da renovação da indústria nativa hindu, o que pode ser avaliado pela significativa frase por ele cunhada: Produção pelas massas, não produção em massa”.

As ideias de Gandhi foram aplicadas na República Popular da China, além da Índia, e, mais tarde, influenciaram um economista alemão – Schumacher. As obras desse economista, entre elas *Small is beautiful*, de 1973, são reconhecidas como marcos importantes na evolução do movimento da tecnologia apropriada, tornando-o conhecido como introdutor da TA no mundo ocidental (RODRIGUES, BARBIERI, 2008). A influência da TA em Schumacher deu origem, em 1979, à expressão “tecnologia intermediária” para indicar uma tecnologia que por combinar elementos das tecnologias tradicionais (baixo custo de capital e pequena escala) com os das tecnologias avançadas, seria a mais adequada aos países pobres (DAGNINO et al., 2004).

O movimento da TA foi uma importante inovação em termos da teoria do desenvolvimento econômico. Por meio da crítica e proposição de alternativas à adoção indiscriminada das tecnologias implantadas pelas multinacionais em países da periferia do capitalismo, o movimento da tecnologia apropriada contribuiu para o debate a respeito dos projetos de desenvolvimento nacionais (RODRIGUES, BARBIERI, 2008).

Críticas às concepções do movimento da TA não faltaram e, com o processo de reestruturação industrial na década de 1980, esse perde força. Frente à intensificação da globalização, as tecnologias avançadas dos países desenvolvidos não eram mais inapropriadas para os países em desenvolvimento, dependendo do modo de transferi-las e de assimilá-las (GRIEVE, 2004). Algumas das críticas ao movimento TA são:

- “Para muitos, tecnologia apropriada é sinônimo de tecnologia atrasada, superada pelos avanços sistematicamente proporcionados pela incorporação de novos conhecimentos gerados pelas atividades de P&D” (RODRIGUES, BARBIERI, 2008, p. 1073).
- A crítica frequente às concepções tecnológicas desse movimento baseia-se na suspeita de que ele contribuiria para congelar as diferenças entre países pobres e ricos constituindo, assim, um instrumento dos últimos para manter os seus privilégios. Ela deveria ser considerada mais um resultado de um “sentimento de culpa” de pesquisadores e empresários aposentados do Primeiro Mundo do que uma iniciativa capaz de alterar significativamente a situação que denunciava (DAGNINO, 2002; RODRIGUES e BARBIERI, 2008).
- Não se tratava, na maioria das vezes, de uma nova concepção tecnológica desenvolvida a partir das realidades socioeconômicas que se pretendia mudar, mas sim de tecnologias

desenvolvidas no contexto dos países centrais, já defasadas em relação às aquelas em uso nesses países por causa do intenso ritmo de inovações verificado; (DAGNINO, 2004; RODRIGUES e BARBIERI, 2008).

- “Muitos praticantes desse movimento, à semelhança dos defensores exaltados da tecnologia dominante produzida pelos centros de pesquisas das grandes corporações, também apresentavam um viés exclusivista e mostravam-se intolerantes com os defensores de propostas diferentes. Ao recusar diálogos e articulações com outros atores sociais ficaram isolados em círculos restritos de pouco alcance” (RODRIGUES e BARBIERI, 2008, p. 1074).

- A falta de visão de mercado da TA era antagônica às necessidades decorrentes de uma competitividade em escala global, cada vez mais dependente de tecnologias intensivas em capital (RODRIGUES e BARBIERI, 2008).

Frente às críticas e à globalização, o movimento da Tecnologia Apropriada refluíu, ficando restrito em circuitos mais fechados, como: o *Consortium Rural Technology*, na Índia; a *Asian Alliance of Appropriate Technology Practitioners*, nas Filipinas; o *Appropriate Technologies for Enterprise Creation*, no Quênia; e a organização criada por Schumacher (RODRIGUES e BARBIERI, 2008).

3.3. Tecnologia Social no Brasil

No início dos anos 2000, no Brasil, parte da área acadêmica, do Estado e dos movimentos sociais, preocupados com a crescente exclusão social, miséria e precarização do trabalho, buscam uma alternativa de incluir os excluídos na informalização por meio do domínio de tecnologias do processo de produção, no qual seriam inseridos, em empreendimentos solidários de forma autônoma e autogestionária.

Assim, em 2003, há a formação da Rede de Tecnologia Social (RTS) trazendo uma nova maneira de abordar a questão das demandas sociais: por meio da visão dos excluídos. Esse ponto é importante para entender a forma como essa percepção foi levada à prática. As iniciativas anteriores da Tecnologia Apropriada que buscavam solucionar problemas ou atender demandas sociais vinham de uma interpretação feita *a priori* de outros atores, como o Estado e de organizações não governamentais (ONGs). Esse modo convencional de interpretar demandas levava a entender as necessidades sociais que não eram sentidas pelos excluídos (DAGNINO, 2009). Este mesmo autor diz:

“No plano das premissas ideológicas que orientam a ideia da TS, isso pode levar à postulação de “necessidades sociais” que não são de fato necessidades sentidas pelos excluídos. O resultado desse viés paternalista, assistencialista e, no limite, autoritário, tem sido ineficaz. Não se tem logrado a participação plena dos “usuários” no processo de construção do conhecimento. De fato, essas demandas só poderiam ser efetivamente

expressas pelos excluídos e adequadamente equacionadas caso eles possuísem habilidades políticas e cognitivas e estivessem em condições de se relacionar adequadamente com atores como, inclusive, a própria comunidade de pesquisa” (DAGNINO, 2009; p. 6).

De maneira diferente da TA, a Tecnologia Social (TS) parte da abordagem na qual as demandas sociais não devem ser determinadas *a priori*, mas a partir do contato incipiente com o usuário, como os movimentos sociais, as associações de comunidades, as cooperativas de reciclagem, os assentamentos dos trabalhadores sem-terra, entre outros. É por meio da participação que esses poderão colocar seus interesses e valores em evidência e assim atuar nas escolhas envolvidas e apropriação da tecnologia (DAGNINO, 2009).

Além disso, por ter como fundamento a geração coletiva e a participação dos seus usuários no seu desenvolvimento, a TS tem como objetivo — ao mesmo tempo imediato e estratégico — a construção de um novo estilo de desenvolvimento, mais inclusivo e participativo (DAGNINO, 2004). Nas palavras do autor Dagnino (2014), autor a Tecnologia Social deve ser:

Liberadora do potencial físico e financeiro; e da criatividade do produtor direto; Não discriminatória (patrão × empregado). Capaz de viabilizar economicamente os empreendimentos autogestionários e as pequenas empresas; Orientada para o mercado interno de massa. Ela deve ser adaptada ao reduzido tamanho físico e financeiro; não discriminatória; liberada da diferenciação – disfuncional, anacrônica e prejudicial nos ambientes autogestionários – entre patrão e empregado; orientada para um mercado interno de massa; libertadora do potencial e da criatividade do produtor direto. Resumindo, deve ser capaz de viabilizar economicamente os empreendimentos autogestionários (DAGNINO, 2014, p. 23).

Como exemplos de aplicação da tecnologia no Brasil, pode-se citar:

- Tecnologia Social de gestão comunitária de redes de produção e armazenamento de sementes no semiárido (REIS, 2012).

Esta tecnologia social foi implantada em comunidades rurais da região do semiárido brasileiro e teve como objetivo formar um banco comunitário de sementes de forma a permitir que a plantação seja realizada em diversos períodos do ano. Dessa forma, o agricultor faz um empréstimo de sementes e quando a produção é colhida, uma quantidade maior de sementes é devolvida ao banco.

Além disso, essa tecnologia social permitiu o aumento de variedades de sementes nessa região graças ao intercâmbio de sementes entre agricultores e ao *pool* gênico local com novos materiais e características.

- **Tecnologia Social de arranjo produtivo local (APL) de redes de dormir em Jaguaruana/CE** (IPIRINGA, A.S.R., AMORIN, M.A., FARIA, M.V.C.M, 2007).

Esta tecnologia social foi aplicada na região de Jaguaruana/CE, a qual caracteriza-se pela produção de fios de algodão, que é a base para produção de redes de dormir. Mesmo com oferta da matéria prima na região e boa aceitação do produto no mercado internacional, os produtores de redes passaram por um período de declínio pela desconfiança do trabalho em cooperativas. Esse individualismo levou os produtores a encontrarem problemas com a produção, desde a aquisição de matéria prima até o escoamento da produção.

Tendo por bases essas dificuldades, foi realizado pela governança pública e privada um Fórum para Mudança com os produtores de rede, Prefeitura, SEBRAE, Banco do Brasil, entre outros, no qual foram expostos os problemas encontrados e discutidas as possíveis soluções. Identificados os problemas, aplicou-se uma ferramenta chamada “*Laboratório de Inovações*”, que teve como objetivo a aplicação de diversos tipos de ações (desde a promoção de exercícios de vivência interpessoal até divulgação do produto em revistas), as quais tiveram potencial de gerar sinergias para avançar de forma inovadora em benefício do desenvolvimento da produção local.

- **Artesanato em fibra de bananeira: Oficina de Fibra** (FUNDO DE TECNOLOGIA SOCIAL BANCO DO BRASIL, 2008).

Essa tecnologia social foi desenvolvida junto a Associação de Mulheres Artesãs da Área Rural de Mongaguá. Sua origem veio da necessidade de geração de renda por este grupo por meio de uma matéria prima abundante no local: o pseudocaulo da bananeira, subproduto da produção local. Assim, foi criado o projeto “Adaptação de tecnologias para o desenvolvimento socioeconômico da microbacia da Água Branca, Mongaguá/SP: valorização do conhecimento e dos recursos locais, geração de renda, participação e sustentabilidade”, financiado pelo CNPq que teve como objetivo promover apoio às atividades produtivas da microbacia.

Foram realizadas oficinas participativas para discutir a confecção dos artesanatos nessa Associação. Identificadas às necessidades, as associadas passaram por cursos de aperfeiçoamento, relacionamento interpessoal e associativismo. Como resultado, houve melhora na produtividade do artesanato e as associadas foram convidadas a participar de 17 feiras para divulgação de seu trabalho. Além disso, ocorreram outros resultados: duas agricultoras foram convidadas a participar de um ciclo de palestras do Ministério do Desenvolvimento Agrário, ganho ambiental para o município por meio do reaproveitamento de um resíduo, a valorização da mulher e o fortalecimento da associação agrária por meio do trabalho das mulheres. Diversas outras tecnologias sociais podem ser encontradas no Banco de Tecnologia Social do Banco do Brasil através do site:

<http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/principal.htm>

3.4. Histórico AMA

A AMA (Associação de Mulheres Agroecológicas do Horto Vergel) foi criada por um grupo de mulheres pertencentes ao Assentamento “12 de outubro”, ou Assentamento Vergel, como é chamado pelos assentados, localizado em Mogi-Mirim, estado de São Paulo, na estrada Itapira – Mogi Mirim (VASCONCELOS, B. M., 2011). Está situado numa área em que antes havia o Horto Florestal Vergel da FEPASA, destinado à plantação de eucaliptos que eram utilizados como combustível e dormentes para a ferrovia, contando também com uma estação no local. O Assentamento tem uma área de 1216 hectares, dos quais 360 são Área de Preservação Permanente, 20 compõem uma área comunitária e o restante está dividido em 90 lotes de 8,6 ha cada (VASCONCELOS, 2011).

Segundo Vasconcelos (2011), a Associação se consolidou com o atual nome em junho de 2005, foi formalmente legalizada apenas no ano de 2010, porém sua história teve início no ano de 1997 (mesmo ano da ocupação do assentamento) com a organização de uma cozinha comunitária, a qual teve duração até 1999. O pensamento inicial para a cozinha comunitária era atender as crianças do assentamento, mas funcionou tão bem que atendeu todo o assentamento e mais tarde tornou-se também uma creche.

Ao longo de sua história, a AMA mobilizou processos de construção tecnológica a partir de recursos materiais, sobretudo locais, para viabilizar suas atividades produtivas. Dentre estas atividades destacam-se (VASCONCELOS, 2011):

- **Fogões da cozinha comunitária:** O primeiro fogão utilizado pelas associadas foi feito com um cupinzeiro. O cupinzeiro foi perfurado na parte lateral baixa, onde se colocava lenha, e outro na parte de cima para as panelas. Nessa mesma época o assentamento recebeu doação também de um fogão industrial de sitiantes da região, mas o fogão estava desregulado e por isso as chamas eram muito altas. Ao invés de deixar de usar o fogão, esse foi adaptado para a utilização de lenha, deixando-o mais cômodo para uso das associadas.

- **Produção de farinha de mandioca:** Uma das atividades desenvolvidas pelas mulheres, durante os anos de 2005-2006, foi a produção da farinha de mandioca e seus derivados. Dentre todas as ferramentas utilizadas nessa atividade produtiva, a maior parte era encontrada com frequência nas cozinhas do assentamento, como: facas, tonéis, mesas e peneiras.

Os equipamentos utilizados para ralar e prensar foram desenvolvidos na própria associação. Inicialmente esses equipamentos ofereciam riscos à segurança das associadas por possuírem lâminas expostas, ter má fixação e alto peso. Para solucionar esse problema e também buscar alternativa para reduzir o custo de produção, as associadas passaram a utilizar apenas peças que já existiam no assentamento e partes de equipamentos comprados de sucata e construíram outros equipamentos, os quais eram mais práticos e mais leves que aqueles utilizados pelas mulheres no período anterior. Já o tacho para realizar a torra da farinha foi adquirido com recursos próprios da AMA.

Além da cozinha comunitária e do processamento de farinha, a associação se responsabilizou pela cozinha da creche (1998-2000), organizou um restaurante (2001-2003), e processou compotas, pães e salgados a partir da agroecologia (2004-2006) (VASCONCELOS, 2011).

Atualmente, as associadas da AMA se dedicam ao trabalho com a terra, como: plantação de banana e estufa de vegetais, a qual é voltada para o trabalho com jovens do assentamento, ao processamento dos produtos gerados com a agricultura, como chips de mandioca e, em 2017, organizaram uma escola de informática para os moradores do assentamento.

3.5. Banana

As bananas são provavelmente oriundas do quente e úmido sudeste asiático, de onde provêm os mais antigos registros de seu cultivo e as mais antigas lendas construídas ao seu redor. Para muitos, a antiguidade e a origem asiática da banana são fatos incontestáveis (SILVA e TASSARA, 2001). Antes da chegada dos europeus à América, ao que tudo indica, existiam algumas espécies de bananeiras nativas. Seus frutos, todavia, não eram consumidos

crus, necessitando de preparo ou cozimento prévio, e não constituíam parte principal da dieta das populações autóctones. Presume-se que foi apenas a partir do século XV que a banana, seu cultivo e seus usos foram introduzidos no continente americano (SILVA e TASSARA, 2001).

Atualmente, no Brasil, encontram-se bananas em qualquer parte, destacando-se as regiões Nordeste e Sudeste como as maiores produtoras nacionais da fruta (SILVA e TASSARA, 2001). Destaca-se, depois da laranja, como a fruta mais importante em termos de área colhida, quantidade produzida, valor de produção e consumo. Na Figura 3.2 é apresentada a distribuição da produção de bananas por região do Brasil no ano de 2016, a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

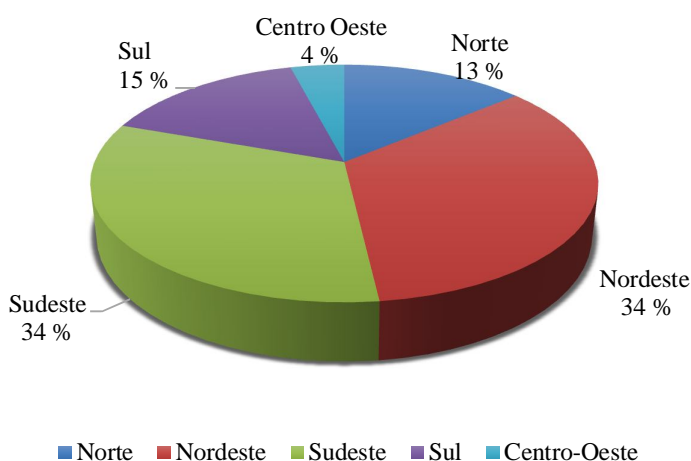


Figura 3.2 - Produção brasileira de banana por região geográfica em 2016

Fonte: IBGE - Produção de bananas por região do Brasil, 2016.

As variedades mais difundidas no Brasil são: *Prata*, *Pacovan*, *Prata Anã*, *Maçã*, *Thap Maeo*, *Terra* e *D'Angola*, do grupo AAB, utilizadas unicamente para o mercado interno, representando aproximadamente 60 % da área cultivada no Brasil. As variedades *Nanica* e *Nanicão* (AAA), também conhecidas como banana *d'água*, são de elevada importância econômica no Brasil – por conta de sua alta produtividade, são destinadas à exportação – e apresentam frutos delgados, longos, encurvados, de cor amarelo-esverdeada ao amadurecer e uma polpa muito doce (MEDINA; PEREIRA, 2004). Em menor escala, são plantadas: *Ouro AA*, *Figo Cinza* e *Figo Vermelho ABB*, *Caru Verde* e *Caru Roxa AAA* (SILVA; SANTOS-SEREJO; CORDEIRO, 2006).

A banana é uma fruta de padrão respiratório climatérico, caracterizada pelo aumento da taxa respiratória e da produção do etileno durante esse período. Pode, então, ser

colhida antes do seu completo amadurecimento. É na fase do climatério que se iniciam as principais alterações sensoriais da fruta, tais como pigmentação amarela da casca, amaciamento da polpa e alterações de sabor e aroma, que se tornam característicos da fruta madura (MEDINA; PEREIRA, 2004).

Com o amadurecimento da banana ocorre a hidrólise do amido e o consequente acúmulo de açúcares solúveis, a redução da adstringência e o amaciamento da polpa. Paralelamente, na casca, observa-se a aparição da cor amarela (Figura 3.3), originada pela degradação da clorofila (pigmento que confere a cor verde) e a síntese de pigmentos carotenóides. A cor da casca é um bom indicativo do grau de amadurecimento da banana e é o seu principal critério para a colheita, aliado à idade do cacho (MEDINA; PEREIRA, 2004).

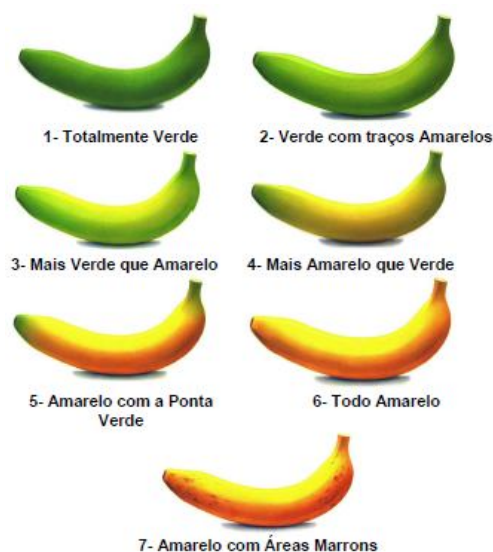


Figura 3.3 - Evolução da coloração da casca da banana.

Fonte: Normas de classificação da Banana. CEAGESP, 2006

Os sete estágios de maturação da banana, mostrados na Figura 3.3, são descritos como: 1 fruto totalmente verde; 2 fruto verde com traços amarelos; 3 fruto mais verde que amarelo; 4 fruto mais amarelo que verde; 5 fruto amarelo com pontas verdes; 6 fruto totalmente amarelo e 7 fruto amarelo com manchas marrons (CEAGESP, 2006).

3.5.1. Consumo da banana

Dentro do setor alimentício, além do consumo *in natura*, a banana possui uma demanda voltada para o processamento industrial. Relativamente, poucos produtores se dedicam às atividades de beneficiamento da fruta; em geral, essa etapa fica a cargo de terceiros. No entanto, alguns produtos derivados da banana podem ser facilmente convertidos em produtos de maior valor agregado. Uma importante vantagem no processamento de derivados está na redução das dificuldades logísticas (incluindo nelas o transporte e

armazenamento), uma vez que, os processos de industrialização reduzem o peso e volume dos alimentos, além de torná-los menos perecíveis e mais lucrativos (SEBRAE, 2008). Dentre esses produtos, destacam-se:

◦ *Banana passa*

Esse produto é um dos mais tradicionais. O processo é simples, executado por equipamentos de desidratação de frutas – há modelos que utilizam energia elétrica e, outros, energia solar. As bananas podem ser desidratadas inteiras, em pedaços ou rodela até chegar na umidade final de (20 a 25) g/100 g b.u.

◦ *Banana chips*

São chips de banana com sabor adocicado ou salgados. Diferentes variedades de banana, em diferentes estádios de maturação, podem ser usadas como matéria prima para a produção de chips (FOLEGATTI et al, 2003). O processamento desse produto necessariamente envolve as etapas de descascamento, fatiamento, fritura, salga e embalagem do produto (NOGUEIRA & TORREZAN, 1999).

◦ *Doces e geleia de banana*

A partir de processos de industrialização razoavelmente simples, as bananas que se soltam das pencas e que, geralmente, são descartadas no momento da colheita podem ser transformadas em doces ou em geleias. As variedades mais utilizadas são a *Prata* para as bananadas e a *Nanica* para os doces em compota. Há boas perspectivas de mercado para esses produtos, uma vez que a larga aceitação da fruta se transfere para os seus derivados.

◦ *Farinha de banana verde*

Com banana verde pode se produzir uma farinha extremamente nutritiva, com potencial uso em formulações alimentícias (SILVA e TASSARA, 2001). Pode ser usada como ingrediente na produção de outros alimentos como pães, barras de cereais, biscoitos e sopas desidratadas. Os principais compostos da farinha de banana verde são a água e o amido resistente, com concentrações que variam entre 40 e 59 g/100 g (b.s.) (TRIBESS, 2009).

Segundo Gustavsson et al (2011), são perdidos 1.3 bilhão de toneladas de alimento anualmente na cadeia produtiva em todo mundo. No caso da Banana, 30% da produção brasileira se perde antes de chegar ao consumidor final, o que representa um significativo desperdício (SILVA NETO; GUIMARÃES, 2011; SOTO, 2011). As principais

causas são: o manuseio excessivo, transporte inadequado, a falta de transparência na formação de preços e o uso de embalagens inadequadas, como as caixas de madeira, que além de causar sérios problemas de contaminação dos frutos, ocasionam injúrias mecânicas e são pouco econômicas. (CAVALLINI, 2015).

3.6. Secagem

Uma das primeiras regras de processamento de alimentos é a de converter os alimentos perecíveis – tais como frutas – em produtos estáveis que podem ser armazenados por longos períodos de tempo, reduzindo, dessa forma, as suas perdas. Vários processos tecnológicos têm sido explorados em escala industrial a fim de preservar alimentos perecíveis, tais como: o enlatamento, congelamento e a desidratação, sendo esta última a mais antiga (LIMA; NEBRA; QUEIROZ, 2000).

A secagem de sólidos é uma das mais antigas e usuais operações unitárias encontradas nos mais diversos processos usados em indústrias agrícolas, químicas, alimentícias, farmacêuticas, de papel e celulose, mineral e de polímeros. Segundo Mujumdar (2006) é também uma das operações mais complexas e menos entendida devido à dificuldade e deficiência da descrição matemática dos fenômenos envolvidos da transferência simultânea de calor e massa no sólido.

Do ponto de vista de fornecimento de calor, os mecanismos básicos de transferência de calor empregados indicam os possíveis equipamentos necessários. A retirada do vapor de água formado na superfície do material é analisada do ponto de vista de movimento do fluido, indicando também os possíveis equipamentos para esta finalidade. Assim, observa-se que dois fenômenos ocorrem simultaneamente quando um sólido úmido é submetido à secagem (DAUDIN, 1983):

- ° Transferência de energia (calor) do ambiente para evaporar a Umidade superficial. Essa transferência depende de condições externas de temperatura, umidade do ar, fluxo e direção de ar, área de exposição do sólido (forma física) e pressão.
- ° Transferência de massa (umidade) do interior para a superfície do material e sua subsequente evaporação devido ao primeiro processo. O movimento interno da umidade no material sólido é função da natureza física do sólido, sua temperatura e teor de água.

A evolução das transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação de secagem faz com que esta seja dividida, esquematicamente, em períodos, apresentados na Figura 3.4.

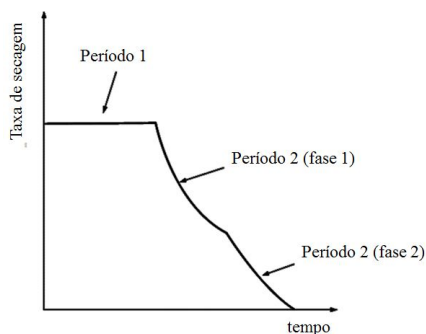


Figura 3.4 – Períodos durante o processo de secagem.

Fonte: Adaptado de Mujumdar (2006).

Foust, A.S et al (1980) descreveu os períodos no processo da secagem:

- *Período 0:* de indução ou o período de entrar em regime operacional. No começo, o produto é geralmente mais frio do que o ar, a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto é débil e, por consequência, a transferência de massa e a taxa de secagem também são débeis. A duração deste período é insignificante em relação ao período total de secagem e não é visível na Figura 3.4.
- *Período 1:* consiste no período de taxa constante de secagem. Durante este período, assim como no anterior, a quantidade de água disponível dentro do produto é bem grande. A água evapora como água livre. A pressão de vapor de água na superfície é constante e é igual à pressão de vapor de água pura à temperatura do produto. Esse período continua enquanto a migração de água do interior até a superfície do produto for o suficiente para acompanhar a perda por evaporação de água na superfície. É bom ressaltar que, para os materiais biológicos, é difícil a existência deste período.
- *Período 2:* Consiste no período de taxa decrescente de secagem. A taxa de secagem diminui desde o momento em que a água começa a ser deficiente na superfície. Apesar de alguns autores definirem o valor do teor de água do produto no ponto de transição entre os períodos 1 e 2, como conteúdo crítico de água, seria conveniente denominar esse ponto como o de inflexão. Essa transição é frequentemente pouco nítida e o teor de água, nesse ponto, varia de acordo com a natureza do material, a sua espessura e a velocidade de secagem.

O período 2 é quase sempre o único utilizado para a secagem de produtos agrícolas e alimentícios. A complexidade dos fenômenos, colocados em jogo, durante a secagem, conduz os pesquisadores a propor numerosas teorias e múltiplas fórmulas empíricas para predizer a taxa de secagem nesse período. Ele ainda é subdividido em duas fases, como

observado na Figura 3.4. Entretanto, é bem difícil indicar com clareza as divisões nas curvas experimentais de secagem (BROD, 2003).

Segundo Medina et al. (1978), a utilização de técnicas adequadas de secagem pode levar à obtenção de banana passa de coloração clara, consistência macia e de sabor e aroma agradáveis. O produto seco pode ser armazenado satisfatoriamente por mais de alguns anos sem adição de conservantes - presume-se que seja por seu elevado teor de açúcares que excede 50 % (LIMA, NEBRA; QUEIROZ, 2000).

Medina et al. (1978), realizaram a secagem da banana em secador tipo túnel e as melhores condições do processo foram temperatura de 70 °C e velocidade de ar 3 m/s. Nessas condições, o processo demorou entre 12 e 16 horas até a banana atingir umidade em torno de 25 g H₂O/100 g (b.u). Nogueira e Park (1992) também estudaram a secagem da banana *Nanica* em estufa para obtenção de banana-passa, às temperaturas de 50, 60 e 70 °C e velocidades do ar de secagem de 0,5; 1,0 e 1,5 m/s. Os dados experimentais foram ajustados usando o modelo difusional, assumindo forma cilíndrica e apresentaram resultados satisfatórios.

Segundo Park et al. (2006), existe mais de um tipo de secador adequado para um determinado produto, sendo viável a escolha de um secador que seja capaz de atingir as propriedades desejadas no produto final. Desse modo, a utilização de secadores em escala pequena ou laboratoriais é sempre uma boa alternativa para a escolha final do secador industrial, pois esses possibilitam a determinação das características de secagem do material que são requeridas para predizer o modo como a matéria prima irá secar em escala industrial. O fluxograma indicativo dos passos a serem seguidos no projeto de secadores está mostrado na Figura 3.5.

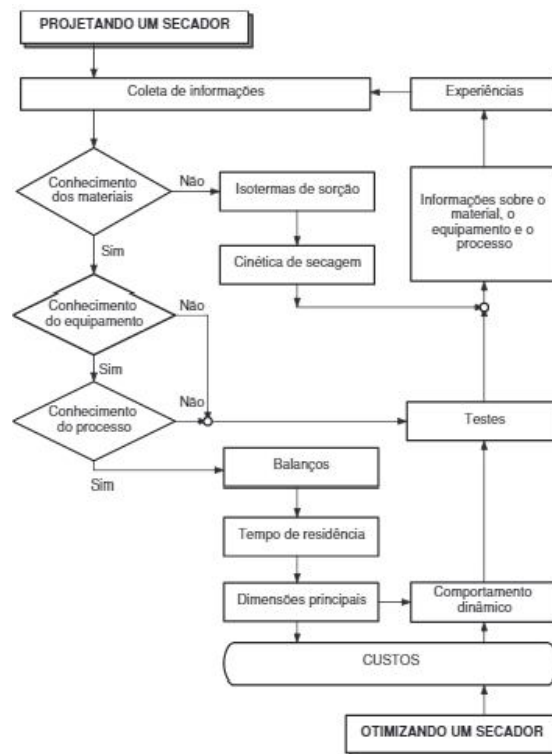


Figura 3-5. Fluxograma dos passos a serem seguidos no projeto de secadores.

Fonte: Park et al., (2006).

3.6.1. Conceitos de Secagem

Um dos parâmetros importantes do produto a ser seco é o seu teor de água. Não é o teor de água que nos dá ideia de sua disponibilidade aos agentes deteriorantes, mas sim a sua condição no alimento. Muitas vezes um alimento com conteúdo de água de 30 % tem menos água disponível que um alimento com 12 % (SILVA, 2000). Isso vai depender das condições nas quais a água está ligada aos componentes dos alimentos (FONSECA; CANTARELLI, 1984). Assim, é evidente que o conhecimento das propriedades e distribuição da água contida num alimento é mais importante do que simplesmente o conhecimento da quantidade total de água (BOBBIO, BOBBIO, 2001).

A literatura mostra que há dois tipos de água num alimento: a água livre ou não ligada e a água não livre ou ligada à estrutura do alimento. A água livre se comporta como água pura e, por estar em pouca interação com o substrato, possui alta pressão de vapor. Essa água que é removida do alimento durante o processo de secagem e que, por estar disponível, dá condições ao crescimento de microrganismos e às reações químicas nos alimentos. A quantidade dessa água é determinada pela atividade de água de um material. A água ligada

apresenta baixa mobilidade no alimento, visto que possui alta interação com o substrato e consequentemente baixa pressão de vapor (BOBBIO, BOBBIO, 2001).

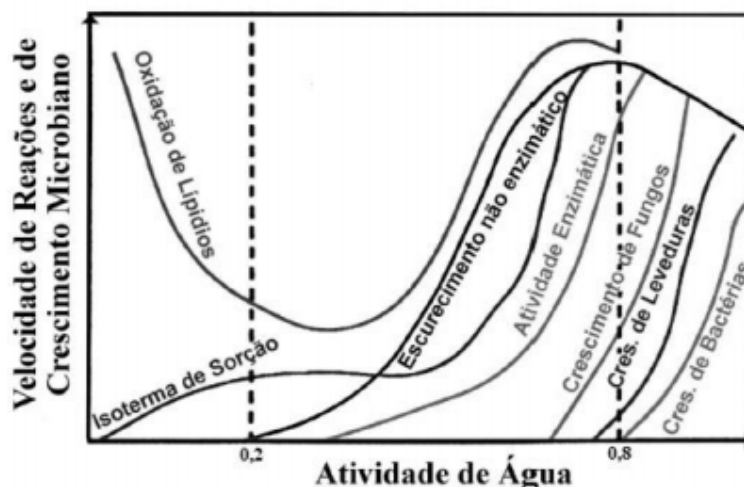


Figura 3-6. Velocidade das Reações e Crescimento Microbiano x Atividade de Água

Fonte: LABUZA (1970)

3.6.2. Secagem Solar

A secagem solar pode ser obtida através de dois processos: a secagem de exposição direta e a secagem de exposição indireta. No primeiro tipo de secagem, o alimento é exposto à radiação solar e, por absorção de energia e em contato com um ar circulante, a umidade se vaporiza na atmosfera. Nesse caso, a circulação de ar pode ser natural ou forçada. No segundo caso, a secagem é obtida através de um aquecedor solar de ar, que fornece ar quente a uma câmara de secagem separada. Nesse caso, outra fonte de calor pode ser usada conjuntamente com a energia solar na mesma unidade de secagem (SILVA, 2013).

Com o desenvolvimento tecnológico, o aproveitamento da energia solar, utilizando equipamentos que possam transformar energia solar em calor, é extremamente importante no momento atual frente à escassez e o alto custo das fontes de combustíveis fósseis. O Brasil dispõe de um grande potencial para uso da energia solar em quase todo o território nacional, principalmente na região Nordeste onde se tem incidência solar significativa por quase todo ano (MACHADO et al., 2011). Uma classificação dos secadores solares é apresentada na Figura 3.7.

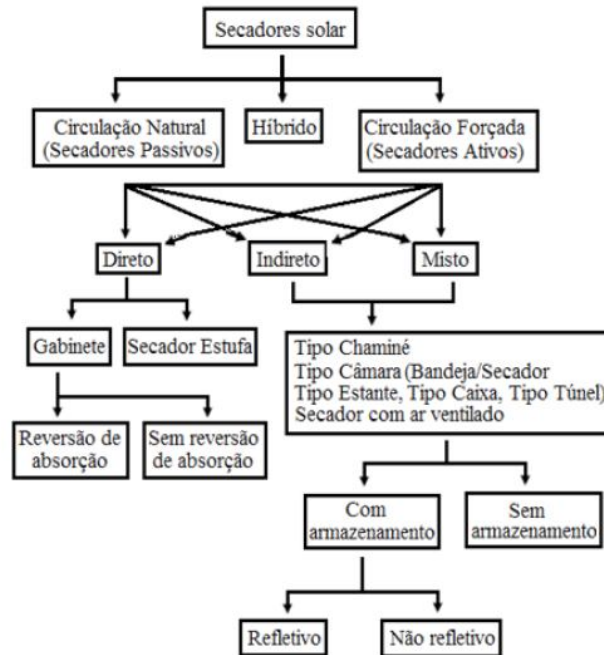


Figura 3-7. Classificação dos secadores solares

Fonte: SILVA (2013).

◦ *Secador Natural*

É o secador em que o ar apresenta uma circulação espontânea em seu interior, ou seja, o ar é aquecido na parte interior do secador e, em função de sua densidade menor, sobe gerando corrente de ar no interior do equipamento, promovendo a secagem do produto (SILVA, 2013), como apresentado na Figura 3.8.

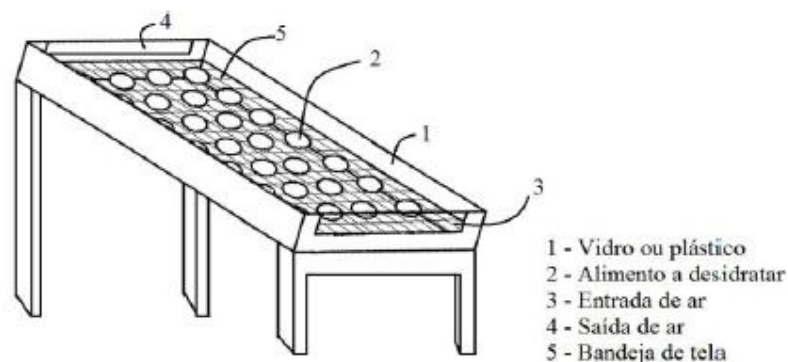


Figura 3-8. Secador Natural

Fonte: SILVA (2013).

Souza et al. (2009), apresentaram um secador solar de baixo custo feito com garrafas PET como unidades de aquecimento. O secador que trabalhava em regime natural foi destinado à secagem de frutas tropicais, como tomate e abacaxi. As principais características apresentadas pelo secador foram: seu fácil processo de fabricação e montagem e seu baixo custo, que poderia contribuir para a socialização da tecnologia de secagem para comunidades descapitalizadas. Outra contribuição importante desse protótipo foi a reutilização de garrafas PETs, de forma ambientalmente correta. A Figura 3.9 apresenta imagem do secador.



Figura 3-9. Secador solar natural de garrafas PET

Fonte: Souza et al. (2009).

◦ *Secador de convecção forçada*

É o sistema de secagem em que o ar é forçado a percorrer toda a câmara de secagem pela ação de equipamentos auxiliares, como um ventilador ou uma bomba (SILVA, 2013). Na Figura 3.10 é apresentado um protótipo de secador de convecção forçada com exposição direta.

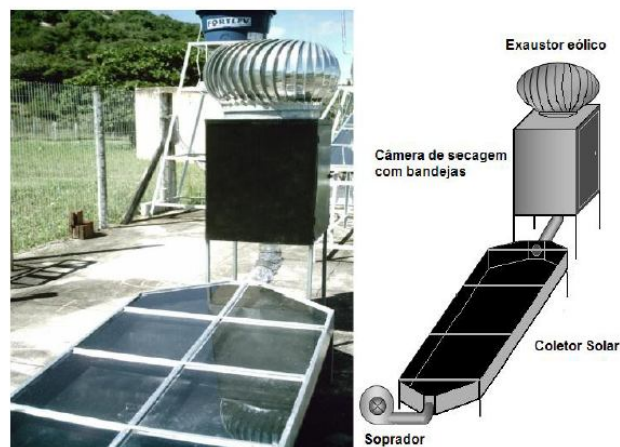


Figura 3-10. Secador de convecção forçada

Fonte: MACHADO et al. (2011).

◦ *Secador híbrido*

Nesse tipo de secador, além da energia solar como fonte de energia para a secagem do produto, outras fontes energéticas são empregadas para realizar a desidratação dos produtos, tais como: energia elétrica, biomassa, GLP, geotérmica, fotovoltaica. O secador solar híbrido dispõe sempre de uma unidade auxiliar, que pode ser uma unidade de armazenamento térmico, um sistema de bomba de calor ou um sistema de aquecimento (SILVA, 2013). Na Figura 3.11 é apresentado um esquema de um secador solar híbrido.

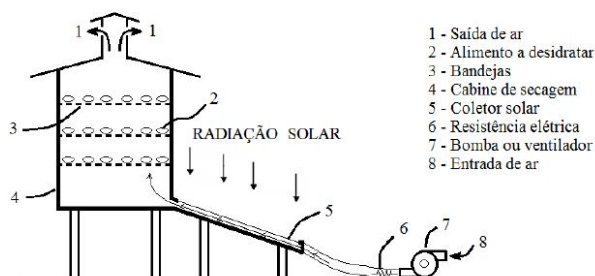


Figura 3-11. Secador solar híbrido

Fonte: SILVA (2013).

◦ *Secador de exposição direta*

No secador de exposição direta, o sol incide diretamente sobre os alimentos a serem desidratados. Os alimentos ficam protegidos por uma cobertura de plástico, vidro ou outro material translúcido que permite a entrada dos raios solares. A circulação do ar é feita por convecção evitando assim a condensação no seu interior. A cobertura cria um efeito de estufa, que aumenta a temperatura e promove a secagem dos alimentos, protegendo o mesmo contra insetos, poeiras, pássaros, etc. Esse tipo de sistema oferece vantagens pela sua simplicidade, apresentam baixo custo, promovem secagem rápida, são necessários poucos materiais e pouca mão de obra para a sua construção, porém a incidência dos raios solares provoca perda de qualidade dos produtos (SILVA, 2013). Na Figura 3.12 é apresentado um esquema de um secador solar de exposição direta.

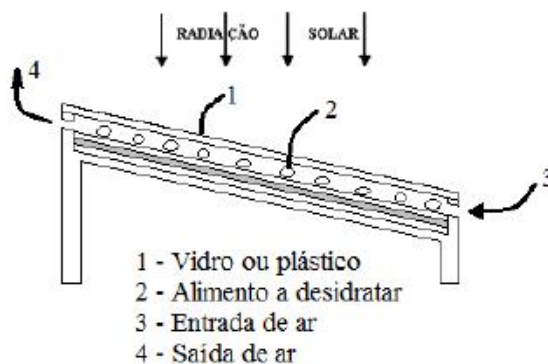


Figura 3-12. Secador solar de exposição direta.

Fonte: SILVA (2013).

Souza et al. (2010), apresentaram um sistema de secagem solar de exposição direta para a secagem de tomate, cenoura, berinjela, quiabo, banana, e goiaba constituído por várias unidades de secagem, fabricadas a partir de sucatas de luminárias. As principais características do secador proposto foram: seu baixo custo e simples processos de fabricação e montagem. Segundo os autores, esse secador mostrou-se viável para realizar, a baixo custo, a secagem de todos os produtos alimentícios experimentados; o processo de secagem por exposição direta mostrou-se eficiente podendo produzir perda de massa compatível como aponta a literatura especializada em desidratação de alimentos. O custo de fabricação de tal secador é muito baixo, sendo competitivo com os secadores convencionais disponíveis. O sistema proposto pode ser, ainda, uma alternativa para a geração de emprego e renda para comunidades descapitalizadas. Na Figura 3.13 é apresentado o secador solar estudado pelos autores.



Figura 3-13.. Secador solar fabricado de sucatas luminárias.

Fonte: SOUZA et al., (2010).

° *Secador solar de exposição solar indireta*

O secador de exposição indireta é constituído por um coletor que converte a energia solar em calor e o conduz a uma câmara de secagem, na qual os alimentos são colocados sem exposição direta ao sol. O interior do coletor deve ser pintado de preto tendo o cuidado para não utilizar tinta tóxica e suas paredes devem ser revestidas de material isolante para evitar perdas de energia. Em alguns modelos o ar entra por orifícios na base do coletor e sai por orifícios pela parte superior da cobertura transparente. Esses modelos de secadores normalmente são mais rápidos e mais eficientes, ou seja, apresentam menor tempo de secagem; em contrapartida são mais difíceis de construir e ligeiramente mais caros em relação aos de exposição direta (SILVA, 2013). Na Figura 3.14 é apresentado um esquema de um secador solar de exposição indireta.

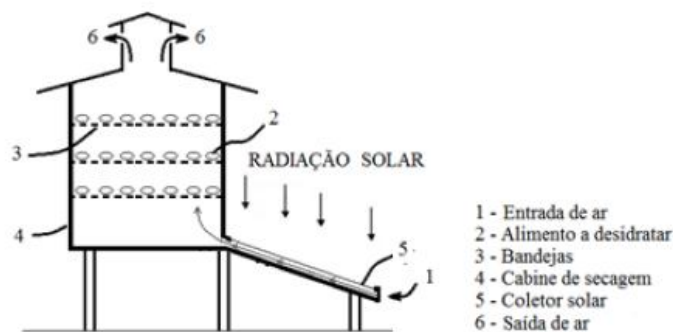


Figura 3-14. Secador solar de exposição indireta.

Fonte: SILVA (2013).

Souza (2004) estudou um secador solar de frutas, que pode ser de exposição direta ou indireta, confeccionado em compósito de matriz cerâmica, utilizando como materiais gesso, isopor e reforço estrutural de tela de aço. As frutas testadas foram: caju, abacaxi, banana, manga e tomate. Segundo o autor os testes realizados com essas frutas apresentaram resultados bastantes competitivos comparados com secadores solares convencionais disponíveis. A Figura 3.15 apresenta o secador proposto.



Figura 3-15. Secador solar de exposição direta.

Fonte: SOUZA, (2004).

3.6.3. Secagem solar da banana

Altemani (1976) desenvolveu um sistema de secagem solar com coletores solares planos de convecção natural. O sistema desenvolvido foi aplicado para secagem de frutas, particularmente bananas inteiras, em metades cortadas longitudinalmente e em rodela (1 cm de espessura). Testes experimentais foram realizados com temperaturas do ar na entrada da câmara, variando de 30 a 67 °C. Segundo o autor, a influência da geometria na taxa de secagem foi nítida, sendo que as bananas cortadas apresentaram uma taxa de secagem sensivelmente maior do que as inteiras.

Schirmer et al. (1996) estudaram a secagem de banana em secador solar tipo túnel. Segundo os autores, a temperatura do ar de secagem na saída do coletor estava na faixa de 40 a 65 °C durante a secagem, dependendo das condições climáticas e da hora do dia, sendo que o processo demorou de 3 a 5 dias, em comparação aos 5 a 7 dias necessários para a secagem solar só com ar natural.

Costa et al. (2010), desenvolveram um secador simples, de fácil construção e manutenção composto basicamente de três elementos: o corpo, que é uma caixa retangular construída de madeira; duas bandejas, nas quais a banana é colocada para secar; e a cobertura do secador, que lhe dá a característica de estufa. As características construtivas do secador solar são apresentadas na Figura 3.16. Os resultados dos testes preliminares apontam que o uso do policarbonato como cobertura do secador solar, em substituição ao vidro, é positivo e apresenta vantagens competitivas em relação à manutenção do efeito estufa no interior do

secador solar. Segundo o autor, com materiais simples com preços acessíveis e energia solar como fonte térmica, foi possível construir um secador solar individual de baixo custo, usado para produção de banana-passa.

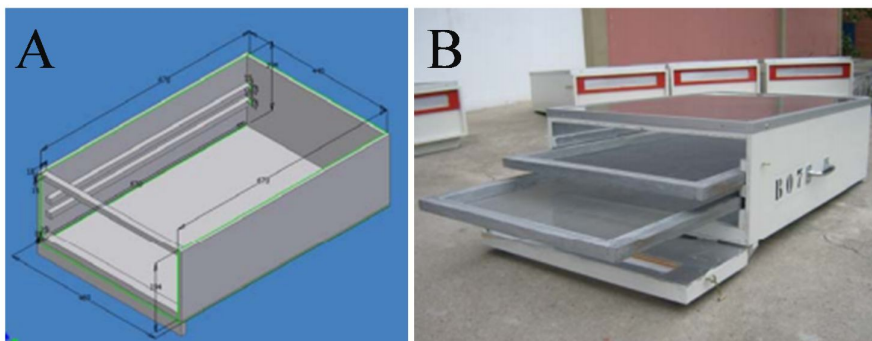


Figura 3-16. Secador solar para produção de banana-passa. Protótipo de secador (A); Fotos do Secador (B).

Fonte: Costa et al. (2010).

Almagro et al. (2014), construíram um secador solar com ventilação forçada para secagem da banana *Prata* constituído de duas estruturas distintas: o coletor e a câmara de secagem, na qual se localizavam as bandejas. O coletor é uma caixa retangular revestida internamente de embalagem cartonada pintada de preto com abertura para entrada e saída do ar nas partes frontal e traseira. A sua parte superior é revestida de um polímero transparente (plástico), enquanto as partes frontal e traseira são revestidas por tela. O coletor foi posicionado junto à câmara de secagem formando uma angulação de aproximadamente 17° a fim de promover maior incidência dos raios solares na latitude da região. A câmara de secagem é uma caixa de madeira revestida por embalagens cartonadas. Essa foi pintada com tinta preta, mantendo-se as faces superior e frontal abertas. Essas faces foram revestidas com tampas e forradas com plástico transparente para facilitar o manuseio das bandejas, posicionadas na parte superior da câmara de secagem, como é apresentado na Figura 3.17.

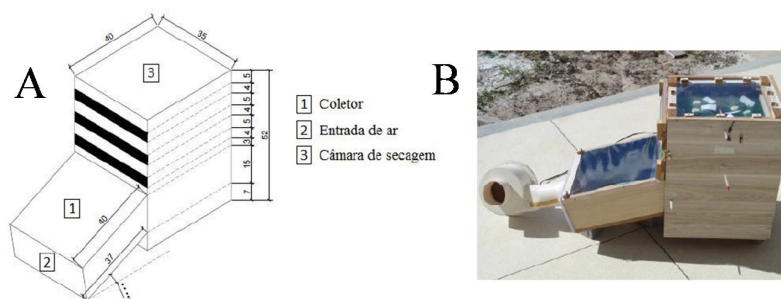


Figura 3-17. Secador solar de bandeja para banana. Desenho esquemático (A); Secador solar (B).

Fonte: Almagro et al. (2014).

As temperaturas de cada bandeja no secador, do coletor e do ar ambiente foram medidas com o auxílio de termômetros convencionais. O ar era aquecido no coletor solar, região que concentra a captação de energia (corpo negro). Por meio do ventilador, o ar aquecido é conduzido à câmara de secagem, entrando em contato com as amostras. Isso faz com que a umidade presente, através da transferência de calor, evapore. O ar úmido sai no topo do secador através de furos situados atrás do equipamento. Para a homogeneização do fluxo de ar aquecido e evitar a presença de insetos em contato com as amostras, foram utilizadas telas no coletor.

Os autores citados nesta revisão bibliográfica focaram em desenvolver secadores de fácil construção, baixo custo e com materiais de fácil acesso. Os equipamentos cumprem com sua função de secagem de alimentos, comprovados por meio de testes ou modelagem, porém esses projetos não levaram em consideração aspectos de vigilância sanitária e segurança alimentar, pois:

- Parte dos materiais utilizados são oriundos reaproveitados de construção/elétrica, os quais não foram designados para produção de alimentos e podem conter substâncias em sua composição que não estão na lista positiva da ANVISA, e que eventualmente migram para o produto no processo de secagem, podendo ser tóxicas ao ser humano ou alterar as características do alimento;
- O desenho mecânico dos secadores não considerou a limpeza do equipamento após seu uso. Observa-se que os cantos do equipamento não foram construídos com cantos arredondados o que dificulta a limpeza nesses pontos. Assim, essa região (conhecida como canto morto) fica susceptível ao crescimento microbológico, vindo a ser tornar um possível ponto de contaminação;
- Materiais como a madeira são de difícil limpeza e absorvem umidade do ambiente, o que a torna um potencial para desenvolvimento de bactérias e fungos.

4. Materiais e Métodos

4.1. Matéria-prima

Para a realização dos experimentos foi utilizada como matéria prima a banana da variedade Nanica (*Musa acuminata Colla* – subgrupo *Cavendish*). As bananas foram higienizadas, descascadas e dispostas inteiras nas bandejas de secagem após a retirada dos pontos escuros.

4.1.1. Caracterização físico-química

A matéria-prima foi caracterizada em função dos seguintes parâmetros:

o Umidade

A determinação da umidade da banana foi realizada em triplicata em estufa a vácuo modelo TE 395 da TECNAL, a 70 °C sob vácuo de $\leq 13,3$ kPa até peso constante, de acordo com a metodologia oficial da A.O.A.C. Official Method n° 934.06 (AOAC, 2006).

o Teor de sólidos solúveis

A determinação de sólidos solúveis foi realizada por medida direta em um refratômetro de bancada (AKSO modelo RHB32) em triplicata, à temperatura ambiente. Pedacos de banana foram amassados com garfo, dispostos em tecido estéril e de textura porosa e macerados até a obtenção de gotas de suco. Os dados foram corrigidos e apresentados a 20 °C, segundo Zenebon et al. (2008).

4.2. Desenvolvimento de uma Tecnologia Social

Fraga et al., (2011) desenvolveram uma tecnologia social para triagem de resíduos sólidos e apresentaram em seu trabalho que o método participativo é o melhor caminho para que os valores e interesses dos trabalhadores sejam incorporados às tecnologias.

Neste trabalho foram realizadas reuniões e oficinas participativas com os associados para entender a real necessidade socioeconômica desse grupo. As oficinas participativas foram ferramentas interessantes, pois foram propostas atividades simples, como montagem de miniaturas de mesas e equipamentos, as associadas, as quais utilizaram sua criatividade para apresentar soluções aos problemas que enfrentavam em seu cotidiano.

Seguindo o mesmo modelo participativo apresentado por Fraga et al (2011), no qual o usuário da tecnologia é inserido no seu desenvolvimento por meio de atividades, este trabalho adotou a realização de reuniões, dinâmicas de grupo e oficinas participativas, sendo cada resultado de discussões utilizado conforme a necessidade do momento. Não foi definida uma regra, mas optou-se por utilizar essas ferramentas da seguinte forma:

- Encontros: foram utilizados na forma de mesa redonda para discutir assuntos operacionais do processo de secagem ou com fins didáticos;
- Dinâmicas de Grupo: foram utilizadas para promover a apresentação e aproximação de pessoas novas e entre as associadas da AMA e a equipe da UNICAMP;
- Oficinas Participativas: foram utilizadas para discutir pontos a respeito da montagem do secador e a adequação da sala de secagem. Nessas oficinas geralmente eram utilizados acessórios para estimular a discussão e a exposição da demanda social da AMA, como folhas de papel, desenhos, apresentações, entre outros.

O desenvolvimento de um processo participativo não é simples, já que envolve a fusão de diferentes tipos de conhecimento e, portanto, faz-se necessário desenvolver atividades nas quais o grupo em estudo conseguisse expor sua demanda social, para evitar interpretações erradas e se envolver da tecnologia que será desenvolvida, de forma a apropriar-se da mesma. Assim, foi realizado um acompanhamento constante das associadas da AMA ao longo da montagem e operação do secador de forma a propor um equipamento baseado em um diagnóstico realista.

A metodologia para o desenvolvimento do presente projeto está esquematizada na Figura 4.1. As etapas que a envolvem são: oficinas para levantamento dos parâmetros para desenho do secador, levando em consideração as características dos usuários (estatura, peso, entre outros); elaboração do desenho e construção do secador; ensaios de secagem.

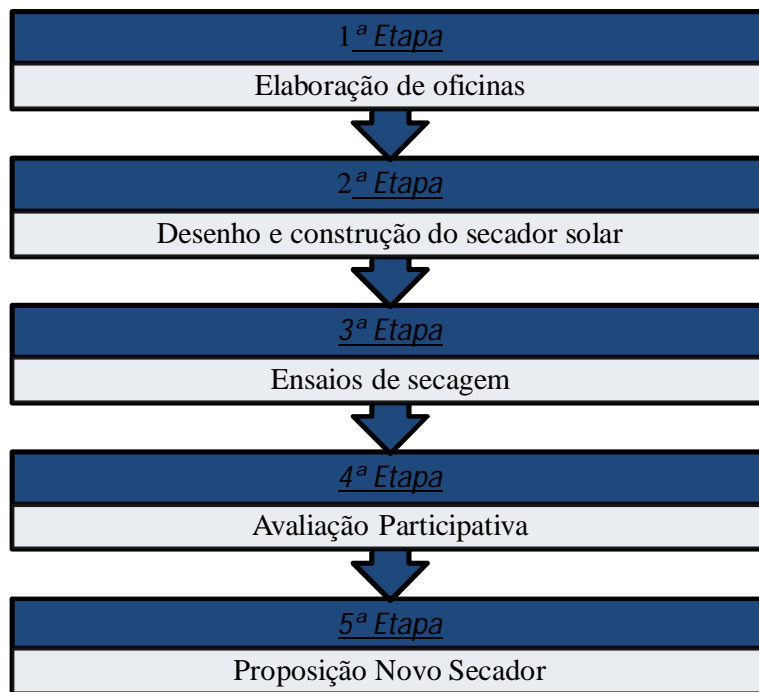


Figura 4-1. Metodologia para o desenvolvimento deste projeto.

4.2.1. Elaboração de oficinas

As oficinas foram realizadas na forma de encontro ou reunião da equipe executora do projeto com os trabalhadores da associação. As oficinas foram realizadas sempre que necessário e tinham como finalidade:

- Definir parâmetros do projeto;
- Entender a necessidade das usuárias;
- Gerar conhecimento por meio das diversas opiniões;
- Estimular o aprendizado.

4.2.2. Desenho e construção do secador solar

O secador foi instalado no prédio da AMA, situado no Assentamento “12 de outubro”, localizado no bairro Vergel na cidade de Mogi Mirim, estado de São Paulo, na rodovia Sp-147, zona rural.

Para o desenho do secador solar foram levados em consideração os princípios da tecnologia social: utilização de técnicas e metodologias reaplicáveis e desenvolvimento em interação com a comunidade. Além disso, o secador atendeu a legislação da ANVISA, de maneira a permitir a eventual utilização desse equipamento para produção de alimentos desidratados com fins comerciais. Esse órgão estabelece, na Resolução RDC nº 216, de 15 de setembro, de 2004, as características necessárias aos materiais de equipamentos utilizados para produção de alimentos (BRASIL, 2004):

- Os equipamentos, móveis e utensílios que entram em contato com alimentos devem ser de materiais que não transmitam substâncias tóxicas, odores, nem sabores aos mesmos, conforme estabelecido em legislação específica. Devem ser mantidos em adequado estado de conservação e ser resistentes à corrosão e a repetidas operações de limpeza e desinfecção.
- As superfícies dos equipamentos, móveis e utensílios utilizados na preparação, embalagem, armazenamento, transporte, distribuição e exposição à venda dos alimentos devem ser lisas, impermeáveis, laváveis e estar isentas de rugosidades, frestas e outras imperfeições que possam comprometer a higienização dos mesmos e serem fontes de contaminação dos alimentos.
- As instalações, os equipamentos, os móveis e os utensílios devem ser mantidos em condições higiênico-sanitárias apropriadas. As operações de higienização devem ser realizadas por funcionários comprovadamente capacitados e com frequência que garanta a manutenção dessas condições e a minimização do risco de contaminação do alimento.

As etapas seguidas para desenvolvimento do secador foram: *a)* pesquisa bibliográfica sobre os diferentes tipos de secadores; *b)* definição do tipo de secador; *c)* desenho do secador e definição dos materiais a serem utilizados; *d)* consulta prévia às usuárias para construção de expectativas compartilhadas; *e)* construção do secador; e *f)* análise do equipamento com usuário por meio do método participativo para avaliar e executar melhorias no equipamento. Foram levantadas as seguintes premissas para a construção de um secador solar:

- O material utilizado deve ser resistente, duradouro e de baixo custo partindo do princípio que o público alvo para este secador não dispõe de capital para investimento em equipamentos. Além disso, eles não devem transmitir substâncias tóxicas, odores, nem sabores aos alimentos a serem processados conforme estabelecido em legislação específica.

- O projeto do equipamento deve contemplar fácil acesso a área interna do secador, bem como uma manutenção simples e de baixo custo;
- As superfícies internas do secador devem ser lisas, impermeáveis, laváveis e isentas de rugosidades, frestas e outras imperfeições que possam comprometer a higienização dos mesmos e serem fontes de contaminação dos alimentos;
- As dimensões do secador devem ser apropriadas à estatura dos operadores do equipamento, de forma a não causar desconforto e evitar problemas de saúde (lesão por esforço repetitivo entre outras).

Dessa forma, foi escolhido como objeto deste trabalho o secador solar de circulação forçada indireta. Segundo Sharma et al., (2009) esse tipo de equipamento apresenta certas vantagens sobre os demais tipos de secadores solares, especialmente porque:

- O produto não fica exposto à radiação solar, fato que permite ao usuário controlar o processo de secagem, além de evitar descoloração e ressecamento da parte externa do produto;
- Não há condensação de vapor d'água na cobertura, fato que otimiza a transmissão de radiação ao interior do coletor.

Na Figura 4.2 é apresentado um croqui do secador realizado com base no material e os modelos estudados, com capacidade de 20 Kg de banana, distribuídos em 5 bandejas a serem dispostas no interior do secador, como mostrado no ponto 5 da Figura 4.2.

Após a escolha do tipo de secador, passou-se a pesquisar materiais e formatos que atendessem às premissas da tecnologia social e as exigências da RDC 216 (BRASIL, 2004) da ANVISA. Dentre as alternativas levantadas para este tipo de secador, escolheu-se, para a câmara de secagem, tambores metálicos utilizados na indústria de sucos. As dimensões de cada tambor permitem uma capacidade de 20 kg de banana descascada, distribuídos em 5 bandejas no interior do secador. Para evitar fluxos de ar heterogêneos nas bandejas, definiu-se pela utilização de mais um tambor colocado previamente à câmara de secagem. Completando o sistema, de maneira a permitir condições higiênicas em sua operação, definiu-se que a conexão do secador com o coletor solar seria feita a través de tubulação flexível; assim, o secador poderia ficar no interior de uma sala adequada higienicamente e o coletor ficaria situado na área externa. A utilização de reciclagem do ar foi, nesse primeiro protótipo, descartada, para simplificar o desenvolvimento da tecnologia junto à comunidade e para manter o estudo focado em seus objetivos. As características dos materiais escolhidos estão descritas a seguir.

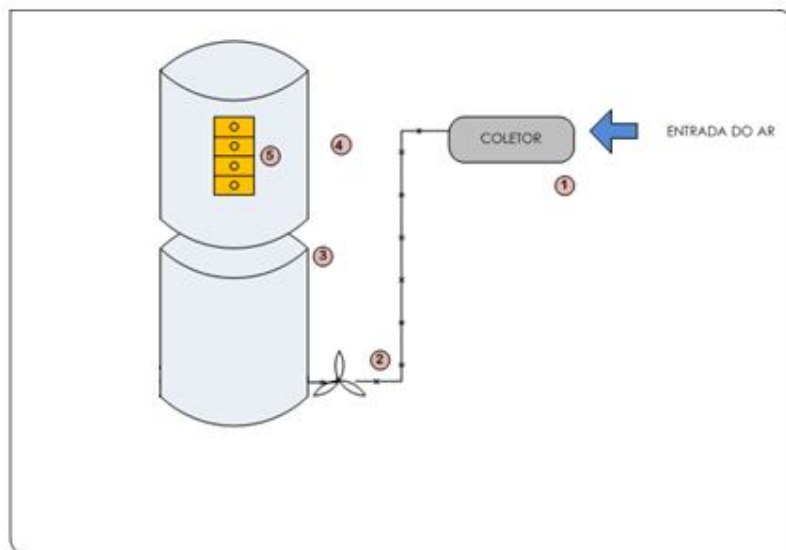


Figura 4-2. Esquema do secador solar desenvolvido neste estudo. 1) Coletor solar. 2) Ventilador axial. 3) Antecâmara. 4) Câmara de Secagem. 5) Bandejas.

Tambores

Os tambores metálicos fornecidos pela empresa Tambores Araras (Araras, São Paulo, Brasil), de 200 L, sendo um deles destinado para ser a antecâmara e o outro para ser a câmara de secagem, com revestimento epoxifenólico. Esses tambores foram escolhidos devido as seguintes características:

- Possuem superfície lisa, impermeável, lavável e isenta de rugosidades;
- Por terem formato cilíndrico não possuem cantos mortos, os quais são passíveis de contaminação;
- Apesar de serem feitos com aço carbono, sua parte interna é revestida com verniz epóxifenólico, fato que os tornam resistentes à corrosão. Segundo o item 3.1.5 da Resolução RDC n.20/2007 pode ser utilizado o “aço não revestido (chapa negra) protegido em toda sua superfície com revestimentos poliméricos, em louças, vitrificados ou esmaltados” (BRASIL, 2007);
- O Tambor metálico com revestimento epóxifenólico é utilizado para acondicionar produtos como xarope de glucose e maltose, utilizados nas indústrias de alimentos e bebidas. Os monômeros responsáveis pela composição desse revestimento estão autorizados na lista positiva da RDC 26/2012 da ANVISA (BRASIL, 2012);

° Por serem amplamente utilizados nas indústrias os tambores metálicos são de fácil acesso e baixo custo.

Coletor solar

Foram desenvolvidos dois coletores solares (A e B) de forma a evitar a recirculação do ar no secador com base no trabalho desenvolvido por Ahmad (2001), o qual utilizou folhas flexíveis de polietileno envolvidas em uma estrutura de ferro utilizado na construção civil. Testes realizados na Arábia Saudita com esse coletor apresentaram resultados semelhantes aos coletores convencionais. Para evitar a entrada de insetos e sujidades no secador foram utilizadas telas na entrada e saída de ar do coletor. Para enviar o ar do coletor ao secador foi utilizado ventilador axial da (VENT AIR, modelo Exaustor 30, Brasil) de alta vazão, modelo 25 cm bivolt. As especificações estão apresentadas na Tabela 4.1.

Tabela 4-1 – Especificações ventilador.

Características	Unidade
Diâmetro	300 mm
Tensão	110/220 V
Potência	400 W
Rotação	1650 rpm
Vazão	4000 m ³ /h
Isolação	Classe H (180°)
Pressão	20 mca

Fonte: Manual de VENT AIR

Para fazer a conexão do coletor com o secador, foi utilizado duto flexível aluminizado com 200 mm. Para permitir os encaixes com o ventilador e do ventilador com a entrada do secador foram utilizadas reduções de 300 mm para 200 mm. A redução utilizada do duto aluminizado para o ventilador foi do tipo *Placa de Orifício*. Já do ventilador para o secador foi utilizada uma redução tipo *Tube de Venturi* para reduzir a perda de carga.

Bandejas

As bandejas do secador foram construídas com tela de alumínio adquiridas em casa de comercialização de telas para jardinagem. O material é disponibilizado em bobinas com 1 metro de largura e comercializado por metro linear. Para a fabricação das bandejas foram adquiridos 1,5 m desse material o qual foi dividido em 6 circunferências com 500 mm de diâmetro. O desenho da circunferência foi realizado com auxílio de gabarito e um prego.

O corte das bandejas foi feito com alicate de jardinagem, ferramenta resistente para cortar a tela de alumínio.

4.3. Ensaios de secagem

Os ensaios de secagem foram realizados no secador solar nos períodos de maio de 2017 e janeiro de 2018. A velocidade do ar nas bandejas foi de 1,3 m/s, determinada com um termo-anemômetro (TESTO 405, Brasil). O diagrama esquemático do procedimento está apresentado na Figura 4.3.

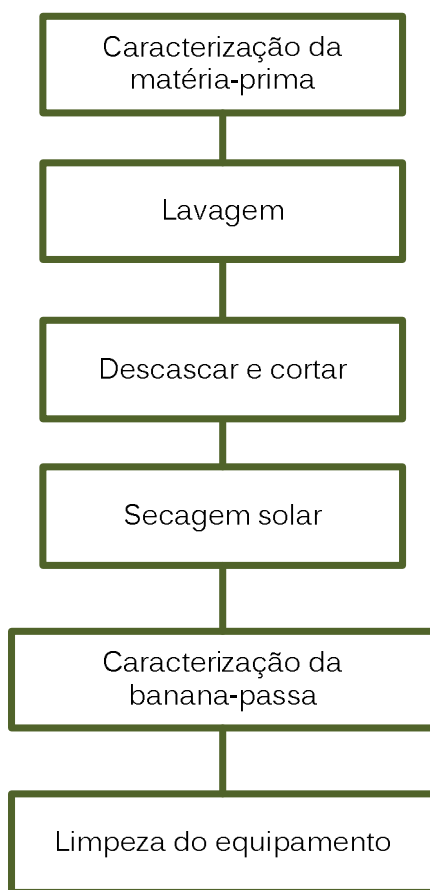


Figura 4-3. Diagrama esquemático do procedimento realizado na produção de banana passa.

Foi feito o acompanhamento da perda de massa no decorrer do processo, para a obtenção das curvas de secagem. As amostras foram pesadas diariamente em uma balança industrial (TOLEDO, modelo S3102, Brasil) até atingir-se o equilíbrio (5 dias, aproximadamente).

Para avaliar a eficiência do secador, foi realizado o acompanhamento da temperatura e umidade do ar na entrada da cabine, na saída da cabine e do ambiente. Os

termo-higrômetros utilizados foram da marca TESTO do tipo *DATA LOGGER*”, com faixa de operação de 0 °C a 70°C com precisão de $\pm 0,1$ °C e 0% UR a 100% UR com precisão de $\pm 0,1$ % UR. Foram colocados três termo-higrômetros para monitoramento em diferentes pontos do equipamento, sendo um na saída do coletor, um na saída do secador e outro para monitoramento da temperatura ambiente. Foi feita a coleta de dados a cada 5 minutos no dispositivo e os dados foram descarregados com programa *testo confort software basic 5.0* em computador com sistema operacional Windows 8.

Limpeza e Análise microbiológica do equipamento

A limpeza do equipamento foi realizada, antes e depois de cada batelada de produção, com água e detergente neutro e para a sanitização do equipamento foi usado álcool 70° GL. Foi avaliada a contaminação do equipamento em suas superfícies internas e para tanto foram utilizados *swabs* estéreis e descartáveis, com coleta por amostragem em cinco locais. As amostras foram coletadas em duplicata com auxílio de moldes estéreis determinantes da área de 10 cm² de esfregaço. Após a coleta dos *swabs*, os mesmos foram colocados em tubos de ensaio contendo 10 mL de solução salina peptonada 0,1%. Posteriormente os tubos foram transportados para o Laboratório de Toxicologia de Alimentos no Departamento de Ciência de Alimentos na Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP) sob cuidados da Professora Dra. Nathália Cirone, onde foi realizada a contagem de microrganismos aeróbios, bolores e leveduras, expressos em UFC/cm² (APHA, 1992).

4.3.1. Modelos empíricos

Comumente, a relação entre as umidades é expressa como a razão do conteúdo de umidade (*MR*) de acordo com a eq. (1)

$$MR = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (1)$$

Para tempos longos de secagem, a eq. (2) pode ser simplificada considerando X_e tende a zero (SCHÖSSLER et al., 2012), tornando-se a eq. 2:

$$MR = \frac{X}{X_0} \quad (2)$$

Em algumas situações, a aplicação da teoria difusional ou capilar não é adequada para ajustar a cinética de secagem, tendo em vista o efeito das resistências interna e externa sobre o material. Nesses casos, modelos empíricos podem ser aplicados para ajustar os dados

experimentais. Conseqüentemente, os modelos serão válidos somente no domínio da pesquisa experimental, na qual foram estabelecidos (BROD, 2003). Na literatura, vários modelos empíricos são propostos e, na Tabela 4.2, alguns dos mais empregados na secagem de frutas e verduras, são apresentados.

Tabela 4-2 - Modelos empíricos propostos na literatura

Modelo	Equação	Referência
Newton	$MR = \exp(-kt)$	O' CALLAGHAN et al. (1971)
Henderson & Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	HENDERSON & PABIS (1961)
Logarítmico	$MR = a \exp(-kt) + c$	YALDIZ et al. (2001)

O coeficiente de correlação (r^2) é um dos primeiros critérios estatísticos para a seleção do melhor modelo. Adicionalmente, foi calculado o erro quadrático médio (RMSE) e o chi-quadrado (χ^2) para determinar a qualidade do ajuste. De acordo as seguintes equações:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (MR_{\text{modelo } i} - MR_{\text{exp } i})^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=0}^N (MR_{\text{modelo } i} - MR_{\text{exp } i})^2}{N - n} \quad (4)$$

Em que:

$MR_{\text{modelo } i}$ = relação de umidades predita pelo modelo;

$MR_{\text{exp } i}$ = relação de umidades experimental;

N = número de observações;

n = número de constantes.

4.4. Eficiência do processo de secagem

A eficiência do processo de secagem pode ser avaliada através das umidades do ar no processo de secagem ou das massas do produto a ser seco, como descrito na eq. 5. A massa do líquido retirado do alimento é função do percentual de umidade de cada produto *in natura* (DUFFIE & BECKMAN, 1991 APUD SILVA, 2013)

$$\eta_p = \frac{(m_{inicial} - m_{final})}{m_{\acute{a}gua}} \quad (5)$$

Em que:

η_p = rendimento do processo (%)

$m_{\acute{a}gua}$ = massa da água em função da umidade do produto (g).

4.5. Caracterização físico-química da banana passa

A banana passa foi caracterizada em função dos seguintes parâmetros:

o Umidade

A determinação da umidade da banana foi realizada em triplicata em estufa modelo TE-395 da Tecnal, a 70 °C sob vácuo de $\leq 13,3$ kPa até peso constante, de acordo com a metodologia oficial da A.O.A.C. Official Method n° 934.06 (AOAC, 2006).

o Determinação da atividade de água

A atividade de água das amostras foi determinada por leitura direta à temperatura de 25 °C, através do equipamento Decagon (AQUALAB, modelo Series 3 TE, EUA). As leituras foram feitas em triplicata.

o Microbiologia

As análises de microbiologia foram conduzidas no laboratório de Toxicologia de Alimentos no Departamento de Ciência de Alimentos na Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP) sob cuidados da Professora Doutora Nathália Cirone. As metodologias para amostragem, colheita, acondicionamento, transporte e para análise microbiológica de amostras de produtos alimentícios obedeceram ao RDC 12 da ANVISA (BRASIL, 2001) com contagem total de bactérias, bolores e leveduras.

a) *Coliforme termo tolerantes*

Para a análise de alimentos, 25g ou 25mL da amostra foram homogeneizados em 225 ml de água tamponada esterilizada, em sacos plásticos apropriados, que foram levados ao *Stomacher* por trinta segundos. A partir da diluição inicial de cada amostra, foi preparada uma série de diluições decimais, utilizando-se solução salina. Para cada diluição foi inoculada 1 mL, em séries de três tubos contendo 10 mL de caldo Lauril sulfato por diluição; cada tubo teve um tubo de Durham invertido. Os tubos foram incubados a 35 °C por (24 a 48) h. Os inóculos são considerados positivos através da observação da produção de gás no tubo de Durham. Para a confirmação de coliformes termo-tolerantes (CT), três alçadas de cada tubo

positivo foram repicadas em tubos de ensaio com 5 mL de caldo EC com tubos de Durham invertidos e os mesmos foram incubados a 45 °C por 24 horas. Após o período de incubação, a leitura foi realizada pela observação da presença de gás no tubo de Durham invertido. A seguir, utilizando-se a tabela do NMP foram calculados os NMP de CT por grama de amostra analisada (KORRNACKI e JOHNSON, 2001). Em caso de análise positiva para coliformes termo-tolerantes faz-se necessária a análise de *Salmonella*.

b) Salmonella

Para a análise de alimentos, 25g da amostra foram homogeneizados em 225 ml de água tamponada esterilizada, em sacos plásticos apropriados, que foram levados ao Stomacher por trinta segundos. As diluições foram incubadas a 35°C/24 horas.

Em seguida, foi transferido 1 mL do homogeneizado para um tubo com 10 mL de caldo tetracionato, suplementado imediatamente antes do uso com 0,2 ml de solução de iodo e incubado a 35°C/24 horas. Outra alíquota de 0,1 mL foi transferida para um tubo com 10 mL de caldo Rapapporte-Vassiliadis, sendo incubado a 42°C/24 horas. Após esse período, uma alçada de cada tubo foi semeada em placas contendo ágar Xilose-Lisina-Desoxicolato (XLD), Agar *Shiguella-Salmonella* (SS) e Agar Bismuto Sulfito (BSA). Após o período de incubação a 35°C/24 horas, as colônias características de *Salmonella* foram repicadas para tubos inclinados de ágar Trypticase Soja (TSA). A partir desses, foram realizados testes bioquímicos de triagem, em tubos inclinados de ágar Tríplice Açúcar Ferro (TSI), ágar Fenil (Ágar Fenilalanina) e Agar lisina descarboxilase. As cepas que apresentaram confirmação positiva foram testadas frente aos soros polivalentes somático e flagelar (ANDREWS et al., 2001). O Quadro 4.1 apresenta os padrões microbiológicos sanitários para banana passa. Em que: **m** é o limite que, em um plano de três classes, separa o lote aceitável do produto ou lote com qualidade intermediária aceitável. **M**: é o limite que, em plano de duas classes, separa o produto aceitável do inaceitável. Em um plano de três classes, **M** separa o lote com qualidade intermediária aceitável do lote inaceitável. **n**: é o número de unidades a serem colhidas aleatoriamente de um mesmo lote e analisadas individualmente. **c**: é o número máximo aceitável de unidades de amostras com contagens entre os limites de m e M (plano de três classes).

Quadro 4.1. Padrões Microbiológicos Sanitários para banana passa.

Grupo de alimentos	Microrganismo	Tolerância para Amostra Indicativa	Tolerância para Amostra Representativa			
			n	c	m	M
Frutas branqueadas ou cozidas, inteiras ou picadas, estéveis a temperatura ambiente, refrigeradas ou congeladas, consumidas diretamente; passa , com ou sem adição de açúcar ou mel; desidratadas, secas (excluídas as passas), liofilizadas, com ou sem adição de açúcar ou mel, incluindo as cristalizadas ou glaciadas e similares); polpa de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas.	Coliformes a 45°C/g	10 ²	5	2	10	10 ²

Fonte: Brasil (2001).

4.6. Análise estatística

A interação das variáveis foi avaliada estatisticamente, por meio da Análise da Variância (ANOVA) multifatorial, aplicando o teste de Tukey para o nível de confiança de 5 %, com o auxílio do *software* Statgraphics Centurion XV (StatPoint, Inc., USA).

4.7. Análise Financeira do Projeto

Para análise financeira do projeto foram calculados Valor Presente Líquido (VPL), Taxa de Retorno Interno (TIR), Período de Retorno do Investimento Descontado (PRI) e depreciação do equipamento com base no fluxo de caixa mensal (FC), conforme eq. (6) (HOLANDA, 1976).

$$VPL = -Investimento + \sum_{n=1}^m \frac{FC_t}{(1+i)^n} \quad (6)$$

O cálculo da TIR é obtido igualando o VPL a zero, de forma a obter a taxa de juros (*i*) que torna nulo esse valor. Assim tem-se as eq. (7) e (8).

$$0 = -Investimento_{inicial} + \sum_{n=1}^m \frac{FC_t}{(1+i)^n} \quad (7)$$

$$Investimento_{inicial} = \sum_{n=1}^m \frac{FC_t}{(1+i)^n} \quad (8)$$

O cálculo da depreciação é realizado pela razão entre o valor total do equipamento, pela vida útil do mesmo, a qual neste trabalho foi estimada em 5 anos para o secador e projeto e em 3 anos para o coletor. Já o Período de Retorno do Investimento Descontado é o ano em que a somatória dos ingressos se iguala à somatória das saídas do caixa, ambas em valores descontados, ou seja, quando o acumulado da somatória do fluxo de caixa é nulo.

5. Resultados e discussão

No total foram realizados 10 ensaios de secagem. Os resultados de todos os ensaios estão mostrados nas Tabelas 5.2 a 5.4

05/11/16 – Oficina Desenvolvendo um Secador Solar – Experiências e Expectativas

23/12/16 – Reforma da sala para secagem

30/12/16 – Reforma da sala para secagem

07/01/17 – Reforma da sala para secagem

20/01/17 – Montagem do Secador

27/01/17 – Montagem do Secador

17/02/17 – Montagem do Coletor

10/03/17 – Instalação do ventilador

29/04/17 – Avaliação da sala do secador

05/05/17 – Oficina participativa – Caminho do Processo

31/05/17 – Avaliação do Secador / Reunião de Planejamento

05/06/17 – Primeiro ensaio de secagem

10/07/17 – Segundo ensaio de secagem

30/07/17 – Avaliação do segundo ensaio de secagem

25/08/17 – Terceiro ensaio de secagem

27/09/17 – Quarto ensaio de secagem

30/09/17 – Oficina Velocidade do Ar na Secagem

27/10/17 – Quinto ensaio de secagem

25/11/17 – Sexto ensaio de secagem

30/11/17 – Sétimo ensaio de secagem

06/12/17 – Oitavo ensaio de secagem

11/12/17 – Nono ensaio de secagem

15/01/18 – Décimo ensaio de secagem

5.1. Elaboração de oficinas

As oficinas foram programadas na forma de encontros para discussão e construção do conhecimento entre os participantes. Os encontros foram realizados com frequência, porém sem regularidade, para evitar que as oficinas ficassem maçantes e desestimulassem os participantes. Ao longo do projeto foram realizadas as oficinas descritas a seguir.

Oficina: Desenvolvendo um Secador Solar

Essa oficina foi dividida em duas etapas, sendo a primeira uma dinâmica de grupo e a segunda uma apresentação sobre processos de secagem e secadores solares seguida de roda de conversa.

A dinâmica de grupo teve como objetivo realizar a integração e apresentação de todos os participantes. Nessa atividade os membros foram divididos em duplas e tiveram como desafio conhecer seu par e apresenta-lo a todos do grupo. Tomou-se o cuidado de formar as duplas com pessoas que não se conheciam dando preferência a unir as mulheres da AMA com estudantes da UNICAMP que participaram do projeto.

Para facilitar o desenvolvimento desta atividade foi distribuído a cada participante um formulário com as seguintes perguntas: Qual seu nome? Onde mora? O que gosta de fazer em seu momento de lazer? Conhece algum sistema de secagem solar? Além disso, foram distribuídos para cada dupla folhas de *flipchart* e pincéis atômicos para auxiliar na apresentação.

Finalizada essa etapa, realizou-se uma conversa para entender quais as expectativas da AMA com o secador solar. As mulheres informaram que desejariam secar os produtos que cultivam em seus sítios, principalmente a banana, para comercializá-los no futuro. Foi esclarecido que, em conjunto, seria possível desenvolver um equipamento capaz de atender as necessidades da associação, também ficou claro que a comercialização envolve aspectos com órgãos reguladores e fiscais e que isso não estava no alcance desse projeto.

Verificadas as necessidades da AMA, iniciou-se a segunda parte da oficina, com a apresentação dos secadores solares. A apresentação teve como objetivo expor os fatores que influenciam a secagem, como temperatura e umidade relativa do ambiente, bem como os tipos de secador solar existentes.

Com o objetivo de estimular o raciocínio e construir o conhecimento com as mulheres da AMA, foram entregues 4 desenhos, apresentados na Figura 5.1, simulando a secagem de roupas com situações climáticas distintas, sendo:

1. Desenho A). Ambiente com sol e vento
2. Desenho B). Ambiente com sol sem vento
3. Desenho C). Ambiente nublado e com vento
4. Desenho D). Ambiente nublado sem vento

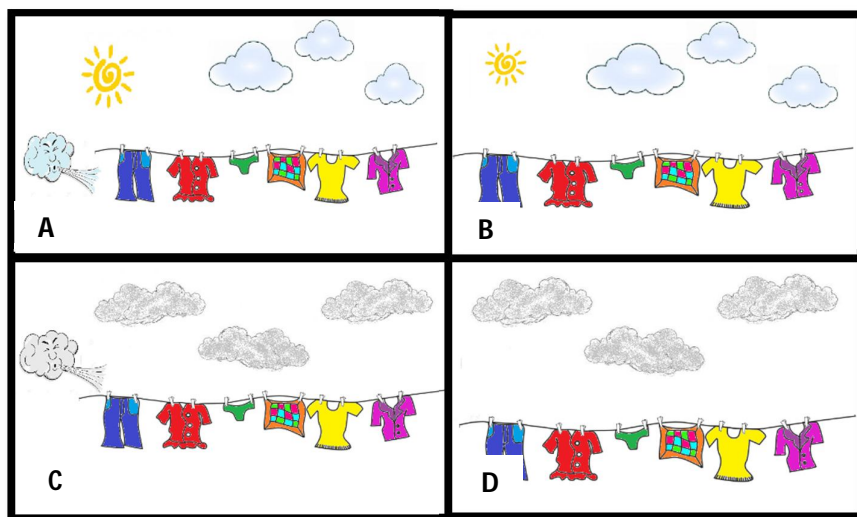


Figura 5-1. Desenhos utilizados na Oficina

A classificação em ordem decrescente esperada para os ambiente é:

1. Desenho A, pois apresenta sol (fonte de calor) e vento (velocidade do ar de secagem).
2. Desenho B, pois apresenta sol (fonte de calor).
3. Desenho C, o ambiente é úmido, porém apresenta vento (velocidade do ar de secagem).
4. Desenho D, pois o ambiente é úmido.

Foi solicitado às mulheres da AMA que realizassem uma classificação de ordem decrescente dos melhores ambientes para secagem. Após 10 minutos, aproximadamente, de análise foi entregue a seguinte classificação (em ordem decrescente de cima para baixo):

1. Desenho B
2. Desenho A
3. Desenho D
4. Desenho C

Questionadas sobre os resultados, todas argumentaram que a disponibilidade do sol era fator de grande influência no processo de secagem; que o ambiente chuvoso era inapropriado para secagem do tipo solar e que o vento retirava calor do ambiente. Aproveitou-se esse momento para aprofundar a discussão com a seguinte pergunta: “A calça jeans poderia secar à noite?” A resposta de todas as participantes foi: “Sim”. A Sra. Eunice, membra da AMA, fez a seguinte observação:

“A roupa seca, mas ela não fica sequinha”.

Com esse comentário foi dirigida outra pergunta às mulheres da AMA: A calça secará mais rápido em uma noite seca ou com chuva? A resposta foi unanime: Uma noite seca. Nesse momento foi introduzido o conceito de umidade relativa do ambiente, e foi entendido que era também um fator importante de monitoramento da secagem.

Apesar de explorar mais o assunto, não foi possível, nessa oficina, construir o conhecimento com relação à importância da velocidade do ar no processo de secagem. Para otimizar tempo da visita, iniciou-se a abordagem sobre os tipos de secadores solares e optou-se por retomar esse assunto em outra oficina.

Após a abordagem sobre os tipos de secadores solares, a Sra. Ileide, membro da AMA, informou que já trabalhou com secador solar que foi adaptado a partir de um secador a gás. Ela retirou o isolamento térmico do secador e o expôs ao sol, colocando diversos tipos de frutas em seu interior para secar. Segundo ela, as frutas não secavam por dentro e ficavam cristalizadas por fora.

Com base nesse comentário, a conversa foi direcionada para construção mecânica de um secador. Aproveitou-se esse momento para apresentar o desenho do secador, representado na Figura 5.1, com auxílio de um projetor, os materiais que seriam utilizados em sua construção. A ideia de levar um desenho pronto foi ter um modelo de secador para iniciar a discussão sobre sua construção e operação. Foi uma iniciativa interessante; no entanto, notou-se que as participantes tiveram dificuldade em entender o desenho em perspectiva do secador. Nesse primeiro momento, foram realizadas mais perguntas sobre o funcionamento do secador e não foram solicitadas alterações no projeto de construção. Após definição do projeto do secador, iniciou-se a discussão para definir em qual local seria instalado o equipamento.

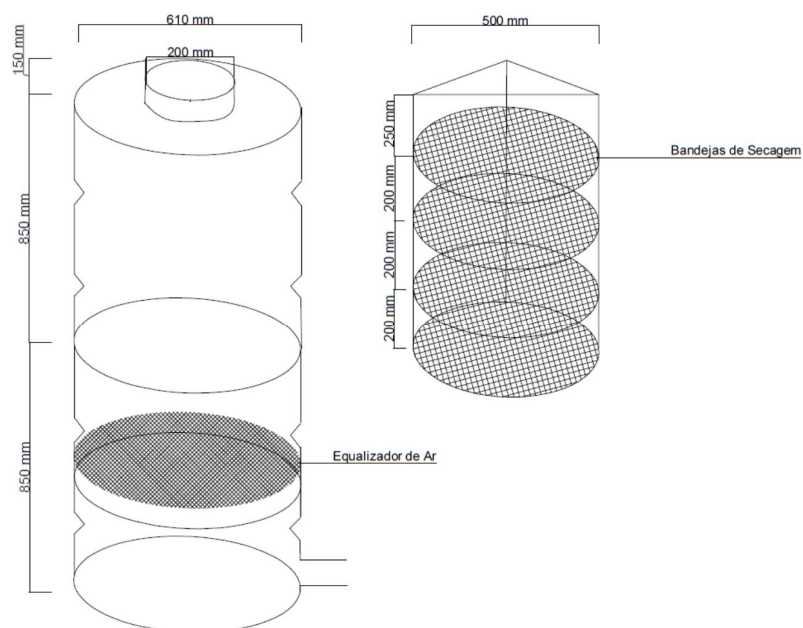


Figura 5-2. Desenho do Secador, apresentado na primeira reunião com associadas da AMA.

1. O local a ser instalado deve ser fechado;
2. O local deve ter amplo espaço livre ao norte para instalação do coletor solar;
3. O local dever ser de acesso comum a todas as mulheres da associação;

Com base nestes pontos foi definido que o secador seria instalado na sede da AMA, no mesmo prédio onde se encontra a fábrica de *chips* de banana e de mandioca. Nesse mesmo momento foi realizado levantamento de adequações a serem realizadas no local de forma a deixá-lo em condições de receber o equipamento. Finalizado esse assunto, deu-se por encerrada a primeira oficina em que a Sra. Eunice, Sra. Irleida, Sra. Cida, Sra. Maria e Sra. Neide participariam do projeto, colaborando com a pesagem diária das bananas.

Oficina: Caminho do processo

Essa oficina foi realizada no formato de reunião com perguntas e respostas. O objetivo foi definir todas as etapas do processamento da banana, desde sua chegada na AMA, higienização, descascamento, transferência para as bandejas do secador, monitoramento da secagem até o armazenamento do produto final.

A atividade iniciou-se com a seguinte pergunta: Quais os cuidados que devemos tomar para processar a banana? Respondendo à pergunta, a Sra. Eunice comentou que as bananas vêm em caixas da roça, entram na fábrica da AMA e passam pelo processo de higienização, com água e depois com cloro. Ela também fez o seguinte comentário:

“Só não sei se a banana madura pode entrar em contato com o cloro”.

Com o objetivo de estimular a discussão foi lançado o seguinte comentário: Para comer uma banana é necessário higienizá-la com cloro? A primeira resposta do grupo foi não, porém a Sra. Eunice mais uma vez fez o seguinte raciocínio:

“A banana chega e é higienizada com água”.

No momento em que a banana é descascada, a mão entra em contato com a casca e com o fruto. Isso pode levar contaminação da casca da fruta para o seu interior. A Sra. Neide perguntou se poderia utilizar vinagre no lugar do cloro para a higienização da banana. Aproveitou-se esse comentário para explicar a capacidade sanitizante do cloro e do vinagre e também para fazer, em conjunto, uma pesquisa sobre qual era a recomendação da legislação para higienização da banana passa. Esclarecida a questão da higienização das bananas a oficina seguiu com a pesagem das bananas e sua distribuição no secador. A Sra. Ileide sugeriu que a pesagem das bananas fosse realizada em partes para facilitar o manuseio, visto que o local da higienização e o secador são distantes um do outro. Também partiu da Sra. Ileide que as bananas, já descascadas, fossem transferidas ao secador em uma caixa plástica com tampa, para evitar contaminação do ambiente.

Para distribuição das bananas no interior do secador surgiu a dúvida sobre como higienizar as mãos para posicionar as bananas nas bandejas, já que no trânsito da sala de higienização até o secador havia risco de contaminação. A Sr. Eunice sugeriu que fosse instalada uma pia na sala do secador para higienização das mãos. Tal sugestão foi interessante, mas esbarrou na questão capital, visto que a AMA não possuía verba para essa adequação naquele momento. Dando continuidade a esse assunto, as mulheres da AMA foram motivadas a pensar de outra forma. Foi feita a seguinte pergunta: Como as pessoas higienizam as mãos em fábricas de alimentos e hospitais? A Sra. Eunice comentou:

“As pessoas lavam as mãos com água e sabão e depois aplicam álcool em gel”.

Foi sugerido que, após as bananas já descascadas serem depositadas na caixa plástica com tampa, elas lavassem as mãos. Na sala do secador seria disponibilizado álcool em gel para sanitização das mãos. Assim, elas poderiam manusear as bananas para distribuição nas bandejas sem oferecer riscos de contaminação ao produto. Finalizada essa etapa, a discussão foi para o monitoramento do secador. As associadas foram estimuladas a pensar sobre como controlariam o processo de secagem. A Sr. Eunice fez a seguinte pergunta:

“Quanto tempo leva para secar toda a banana?”.

Essa pergunta foi utilizada para seguir estimulando a ideia da solução para a questão. Foi realizada outra pergunta à AMA sobre a secagem da banana: “Ao secar a banana ela perde água e conseqüentemente peso. O que ocorre quando a banana está totalmente seca? A resposta dada foi:

“O peso fica constante”.

Dessa forma, ficou definido que, para avaliar quando toda banana estiver seca, é necessário que não haja mais variação entre as pesagens das bandejas. Assim, foi explicado às associadas que o processo levaria em torno de 3 a 5 dias e que o controle da umidade no produto final seria definido ao longo do processo de secagem.

O último ponto da discussão, nessa oficina, foi o armazenamento do produto final. A AMA sugeriu que as bananas fossem fracionadas em porções de 150 gramas e embaladas como produto *single service*. Essa sugestão foi arquivada por dois motivos: 1) O secador ainda estava em desenvolvimento e neste momento era interessante avaliar seu funcionamento e se atenderia às expectativas definidas na oficina 1; 2) Ainda não estavam disponíveis as características físico químicas e microbiológicas do produto final. Encerrou-se assim a oficina Caminho do Processo e ficou agendada a primeira corrida de secagem de bananas.

Oficina: Velocidade do ar na secagem

Nessa oficina foi abordada, com as associadas, a importância da velocidade do ar no processo de secagem, para fechar a pendência que havia ficado na oficina “Desenvolvendo um Secador Solar”, e como definir o peso final de um produto pós secagem. As mulheres da AMA já haviam realizado 7 ensaios de secagem até a data dessa oficina e já possuíam o domínio do funcionamento do secador e das características do produto final. Para iniciar a discussão, foi realizada a seguinte pergunta: Quantos quilos de água há em 10 kg de banana? A Sra. Eunice fez um raciocínio bem interessante, com base no processo de secagem utilizado nesse projeto:

“Em nosso secador colocamos aproximadamente 12 kg de banana e retiramos entre 3 e 4 kg de banana passa, então acredito que 10 Kg de banana deve ter uns 6 kg de água”.

A Sra. Ileide, associada da AMA presente no local, a princípio discordou dizendo que a banana era muito “sólida” para ter tanta água. No entanto, ela lembrou que o principal objetivo da secagem é retirar água do alimento e que esse dado poderia fazer sentido. Com o objetivo de estimular a discussão, foram apresentados os resultados de umidade inicial e final das bananas utilizadas no processo de secagem, as quais tinham entre

(72% a 74% e 20% a 25%, respectivamente), o que permitiu a análise da quantidade de água retirada no processo de secagem. Foi apresentada também a Tabela 5.1 com a porcentagem de água em diversos tipos de alimentos.

Tabela 5-1. Teor de água para diferentes frutas e hortaliças.

Produto	Teor de água (g H₂O/100 g b.u.)
Tomate	94-96
Banana	75
Goiaba	85
Cenoura	80-85
Beterraba	85-90
Pepino	95-97

Fonte: Barbosa (2011).

Com base nas umidades da tabela 5.1, foi discutido como determinar o peso final de um produto após o processo de secagem, de forma a não se basear somente em sucessivas pesagens até alcançar peso constante. Para seguir com a atividade, foi perguntado às mulheres da AMA qual alimento da tabela elas gostariam de secar (sem ser a banana, visto que já haviam secado) e foi escolhido, então, o abacaxi. Observando os valores da tabela, foi aplicada regra de três simples para determinar o peso final 1 kg da fruta (teste 1) e, posteriormente, foi dado o desafio para que as mulheres da AMA determinassem sozinhas qual seria o peso final para secagem de 10 e 20 kg. Como houve dificuldade na parte de multiplicação e divisão, o teste 1 foi realizado novamente com auxílio de calculadora e também com pesos de 3 e 5 kg iniciais para estimular o raciocínio.

Finalizada a etapa de determinação do peso final de um alimento após a secagem, foi retomada a questão da importância da ventilação no processo de secagem. Foi citado o secador solar comentado pela Sra. Ildeide na oficina Desenvolvendo um Secador Solar, o qual não possuía sistema de ventilação forçada, como o secador solar deste projeto.

Ao comparar os dois equipamentos, foram destacados dois pontos:

- 1) As associadas comentaram que as frutas secadas no primeiro secador (sem ventilação forçada) não secavam por dentro, ficando cristalizadas por fora;
- 2) O tempo de secagem no secador sem ventilação era muito maior quando comparado ao secador atual.

A oficina seguiu com a discussão baseada nesses dois pontos. O ponto 1 precisou ser mais trabalhado e detalhado porque o secador comentado difere quanto à classificação e a montagem do secador utilizado neste projeto, itens que impactam também no processo de secagem. Já o ponto 2 foi explorado para o aprendizado. A Sra. Eunice teve a seguinte dúvida:

“Pelo que observamos, quanto mais vento e mais calor tivermos, mais rápido será o processo de secagem, mas ainda não entendo porque a água não escorre pelas bandejas”.

Para responder à pergunta da Sra. Eunice, foi utilizado o próprio secador deste projeto. Analisando o equipamento *in loco* foi explicado que a água não sai do alimento no estado líquido, mas sim em estado de vapor. O fluxo de ar gerado pela ventilação e o aquecimento faz com que o vapor d'água saia do equipamento. Essa análise respondeu outra dúvida do grupo sobre umidade do ambiente: quanto mais seco o ambiente mais rápido é o processo de secagem.

5.2. Construção do Secador solar

Adequação da sala de secagem

Foi necessário fazer a adequação do espaço físico para receber o secador e ser realizado o processamento, com colocação de forro, substituição de janela e porta, alteração da instalação elétrica e colocação de cobertura vinílica no piso.

Simultaneamente, o secador e o coletor foram construídos. Nem toda a construção foi feita no local, pois alguns materiais foram doados e os doadores fizeram as adaptações necessárias. Mas todas as atividades feitas na sede da AMA foram acompanhadas por pelo menos uma das comunitárias participantes do projeto.

Construção do Secador Solar

Previamente foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica para entender o sistema de secagem solar e secadores solares. Essa pesquisa foi necessária para que se conhecesse os diferentes tipos de secadores solares já desenvolvidos, entender suas características e assim reunir elementos para a elaboração de um secador solar que atenda às premissas apresentadas no objetivo deste trabalho. Essas premissas podem levar à elaboração de vários projetos (a construção de um secador pode ser feita com base em cada tipo de situação, considerando os interesses específicos e a dinâmica de trabalho de cada cooperativa). No entanto, como há o fator capital, este trabalho leva em consideração a premissa de baixo investimento.

Para construção da antecâmara foi realizado um corte de 200 mm de diâmetro na parte lateral do tambor (rente a base do mesmo) e adicionado, por solda, uma tubulação de 100 mm de comprimento. Essa abertura foi dimensionada para ser a entrada de ar quente no secador, como apresentado na Figura 5.3.



Figura 5-3. Antecâmara do secador.

Com o objetivo de equalizar a distribuição do ar no interior do secador, foi adicionada uma bandeja perfurada na metade da altura da antecâmara. Duas hastes de aço carbono foram soldadas em formato de cruz na metade do tambor para que fossem utilizadas como suporte da bandeja. Na virola do tambor, foram soldadas três “Ls” adequados para encaixe de parafuso, os quais permitem a fixação da câmara na antecâmara. Para a construção da câmara de secagem, optou-se pelo corte do tambor em duas metades. Em uma das metades foram fixadas, com solda, 5 hastes de aço carbono, distanciadas 100 mm uma da outra, em formato de cruz, as quais atuam como suporte das bandejas com produto, conforme Figura 5.4. Essa parte ficou definida como corpo do secador. A outra metade foi dividida ao meio para construção da porta de acesso ao equipamento. Elas foram unidas ao corpo do secador por meio de dobradiças fixadas por meio de solda, que permitem a abertura das portas em 90° para abastecimento e limpeza; também foi adicionado um puxador em cada porta para facilitar sua abertura.

Para evitar oxidação nos pontos de solda, foi feito acabamento com tinta a óleo na parte externa do tambor. Na parte interna, os pontos de solda e as hastes de aço carbono foram revestidas de verniz atóxico de grau alimentício, atendendo a lista positiva da RDC 216 da ANVISA (BRASIL, 2004). Na Figura 5.4, apresentam-se as fotos dos tambores utilizados e na Figura 5.5, as fotos do processo de montagem da antecâmara e da câmara do secador.



Figura 5-4.– Câmara de Secagem (A); Antecâmara (B).



Figura 5-5. Fotos do secador solar montado. Tambores montados (A); Secador solar montado (B).

A construção do coletor foi realizada com base no trabalho de Ahmad (2001). No coletor desenvolvido com a AMA foi aplicado o conceito de construção desse autor com os materiais disponíveis no local. Foram utilizadas duas telhas de aço galvanizado, reaproveitadas de uma cobertura, com 4100 mm (comprimento) x 100 mm (largura), placas de madeirite nas dimensões naval com 1000 mm (comprimento) x 100 mm (altura) x 10 mm (largura) e folhas de policarbonato cristal alveolar, nas dimensões de 1000 mm x 1000 mm. As telhas foram cortadas com auxílio de uma lixadeira elétrica em quatro partes cada, originando seis placas nas medidas de 1 m x 1m e duas placas nas medidas de 1,10 m (comprimento) x 1,00 m (largura). Após a divisão, as placas foram higienizadas com água e sabão e expostas ao sol para retirada de umidade. Finalizada a secagem, as placas foram pintadas com tinta preta atóxica à base de água, conforme mostrado na Figura 5.6, e armazenadas por 12 horas conforme orientação do fabricante.



Figura 5-6. Placas do coletor pintadas

Com auxílio de martelo e pregos, as placas de madeirite naval foram fixadas nas laterais das placas do coletor (Figura 5.7A), originando seus módulos. Os módulos foram enfileirados e sobrepostos 10 mm, de modo a permitir a montagem da base do coletor solar (Figura 5.7B). A fixação entre módulos foi feita com o auxílio de placas de madeirite naval nas dimensões de 100 mm (comprimento) x 100 mm (altura) x 10 mm (largura).

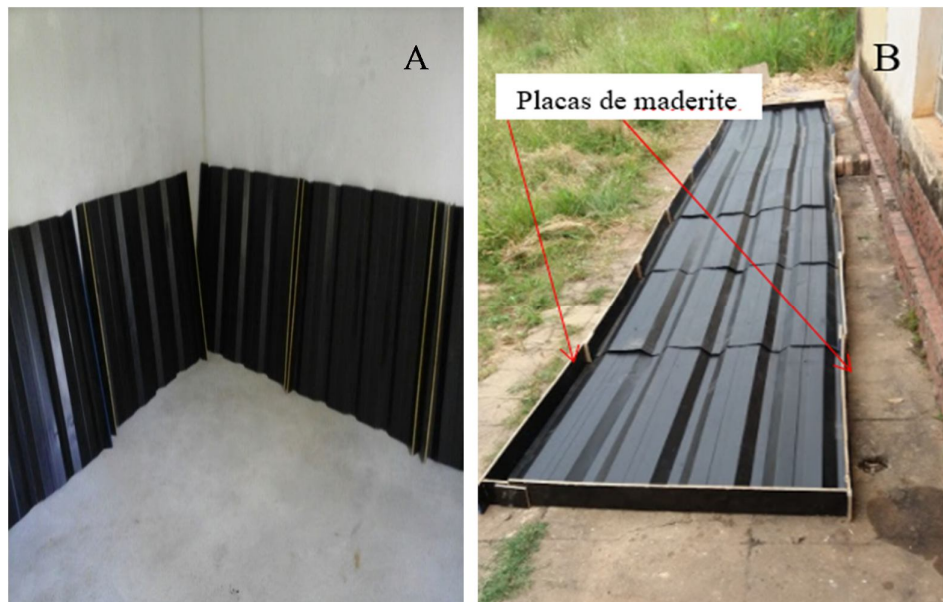


Figura 5-7. –Coletor Solar. Módulos (A); Base (B).

Foram utilizados seis módulos nas dimensões 1000 mm x 1000 mm e um módulo nas dimensões de 1100 mm x 1000 mm para formar a base do coletor solar, totalizando uma área de 7,10 m². A base foi coberta com as placas de policarbonato translúcido alveolar para

permitir a entrada de luz (Figura 5.8A). Para vedar os espaçamentos entre as folhas de polycarbonato, foi utilizada fita adesiva aluminizada (Figura 5-8B).

Como a premissa do projeto, o coletor solar ficou exposto na parte externa da sala do secador voltado para face norte. Para permitir a entrada de ar no coletor foi feito um corte quadrado nas dimensões de 100 mm x 100 mm em uma das extremidade do coletor, de forma a permitir que o ar percorresse toda a extensão desse equipamento. Na outra extremidade, foi realizado um corte circular, com diâmetro de 200 mm, para permitir a saída do ar. Fez-se a ligação da saída do coletor com a entrada do secador com a conexão de um duto flexível aluminizado, utilizado nas instalações para exaustão de ambientes. Para permitir essa instalação, foi necessário abrir um acesso com 200 mm de diâmetro na parede da sala do secador, o qual foi revestido com cimento e tinta. A fixação do duto na saída do coletor e na entrada do secador foi realizada com fita adesiva aluminizada.

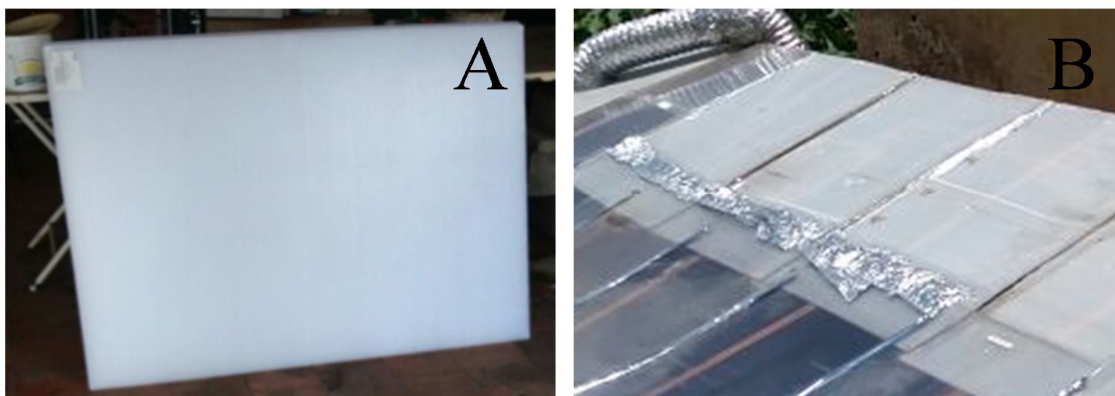


Figura 5-8. – Coletor solar. Policarbonato translucido alveolar (A); Fita Adesiva Aluminizada (B).

Os testes de secagem com o primeiro coletor solar permitiram a secagem da banana e o atendimento às exigências de umidade final do produto, porém o período de secagem era em torno de 10 dias e considerado relativamente longo se comparado com os dados da literatura. Além disso, a temperatura máxima alcançada foi de 50 °C, ficando 10°C abaixo da temperatura esperada no projeto (60 °C). Com o objetivo de reduzir o tempo de secagem foi construída uma expansão do coletor solar (Figura 5.9), utilizando o material do coletor A com material adicional para aumentar a área do novo coletor. O coletor A foi desmontado e a estrutura de madeira foi separada das chapas metálicas e das folhas de polycarbonato (esses dois últimos foram lavados com água e sabão e expostos ao sol para secagem).



Figura 5-9– Estrutura Coletor Solar.

Com auxílio de martelo e serrote, foi criada uma estrutura para o novo coletor com caibros 50 mm x 50 mm, ripas de 50 mm e sarrafos de 25 mm x 50 mm (Figura 5.7). Caibros tiveram suas pontas cortadas em chanfro em 45° e foram alinhados em 3 fileiras paralelas de 7 m comprimento cada, separadas em 1m cada uma, na largura, formando assim duas pistas. As chapas metálicas já pintadas com tinta atóxica negra foram fixadas às duas pistas com auxílio de martelo e pregos, formando assim a base do coletor (Figura 5.10).



Figura 5-10– Módulos e Base Coletor Solar.

O coletor B (Figura 5.11) foi inclinado com ângulo de 22,5°, mesmo ângulo de latitude da cidade de Mogi Mirim, diferente do coletor A, o qual ficou paralelo ao piso. Isto permitiu que os raios solares incidissem perpendicularmente à base do coletor aumentando assim a absorção de calor pelas chapas. Para evitar perda de calor pela parte oposta da base do coletor, foram adicionadas chapas de isopor nas medidas de 1m x 1m com 20 mm de espessura. As placas de isopor, após serem adicionadas, foram revestidas com lona plástica, a qual tomou toda extensão da base, para evitar a entrada de umidade.



Figura 5-11– Estrutura Coletor Solar.

A lateral do coletor foi construída com madeirite com espessura de 10 mm, a qual foi fixada aos caibros com auxílio de martelo e prego. A cobertura do coletor foi construída com a aplicação de chapas de policarbonato fixadas com pregos ao madeirite do coletor. Todas as frestas, pontas de pregos e espaços que permitiam saída ou entrada de ar no coletor foram vedados com silicone para evitar entrada de umidade (Figura 5.12).



Figura 5-12– Frestas vedadas com Silicone.

5.3. Caracterização da matéria-prima

Na Tabela 5.2 estão apresentados os resultados do teor de água e sólidos solúveis da matéria-prima, para os ensaios realizados entre maio 2017 e janeiro 2018.

Tabela 5-2- Caracterização da matéria prima nos períodos entre maio 2017 e janeiro 2018

Ensaio	Teor de água	Sólidos solúveis
	(g H ₂ O/100 g b.u.)	(°Brix)
1	73,40 ^{bc}	19,3 ^{ab}
2	72,80 ^{ab}	19,5 ^b
3	73,50 ^{bc}	19,5 ^{ab}

4	72,91 ^{ab}	19,4 ^{ab}
5	72,85 ^a	19,5 ^b
6	73,92 ^{cd}	19,1 ^a
7	73,20 ^{ab}	19,3 ^{ab}
8	74,10 ^d	20,1 ^c
9	74,78 ^e	22,2 ^d
10	73,82 ^{cd}	23,6 ^e

Os valores para umidade e °Brix encontrados para banana nanica, neste trabalho, ficaram próximos dos valores verificados na literatura. Matsuura et al (2001), encontraram os valores de 72,6% para umidade e 24,2 para °Brix; 77,12±0,04 para umidade e 21,3 ± 0,00 para °Brix; Oliveira (2007) encontrou 75,26±0,01 para umidade e 23,17±0,14 para °Brix.

5.4. Ensaio de secagem

Os ensaios de secagem aconteceram nos períodos de maio de 2017 a janeiro de 2018.

Primeiro ensaio de secagem – 05/06/17

Este primeiro ensaio teve como objetivo aplicar o conhecimento adquirido nas oficinas participativas na operação do secador. Foram utilizados 20,540 kg de banana nanica, higienizadas, descascadas, pesadas, totalizando peso de 12,180 kg, e colocadas no secador pelas associadas. Essas também foram responsáveis pela higienização do equipamento e realizaram o monitoramento da secagem duas vezes ao dia por meio de pesagem do produto. Nesse primeiro ensaio de secagem, não se obteve o produto adequado. O equipamento não funcionou conforme o esperado, visto que o ar aquecido no coletor não foi enviado para câmara de secagem. Além disso, o tempo chuvoso aumentou a umidade relativa do ambiente e houve crescimento de fungos nas bananas. A corrida de secagem foi encerrada e as bananas foram utilizadas como adubo em plantações da AMA.

Nas Figuras 5.13 e 5.14 são apresentadas imagens do processo de preparo da matéria prima com as mulheres da AMA.



Figura 5-13. Ensaios de secagem. Higienização do secador da câmara e antecâmara (A) e (B); descasque e pesagem da banana (C) e (D).



Figura 5-14. Câmara de secagem com as bandejas carregadas (A) e (B).

Em reunião com as comunitárias, foram discutidos os problemas encontrados nesse primeiro ensaio e os seguintes pontos foram destacados por elas:

- Não havia aquecimento na câmara de secagem;
- Observou-se que havia passagem de ar entre o duto flexível e o ventilador axial, porém não foi observado esse fluxo na câmara de secagem;
- A oscilação entre clima chuvoso e quente dificultou o processo de secagem.

A partir dessas informações, ficou claro que havia muita dificuldade no fluxo de ar entre o coletor e o secador. Dessa forma, foi definido, com as comunitárias, a substituição do ventilador por outro de maior potência. Foi utilizado o ventilador axial (VENT AIR, modelo Exaustor 30, Brasil) de alta vazão modelo 30 cm bivolt.

Segundo ensaio de secagem 10/07/2017

O segundo ensaio teve como objetivo aplicar o conhecimento adquirido nas oficinas participativas na operação do secador. Foram utilizados 20,380 kg de banana nanica, higienizadas, descascadas, pesadas e colocadas no secador pelas associadas. Após o processo de descasque das bananas, foi obtido peso 12,130 kg de banana para secagem, as quais foram distribuídas nas bandejas de secagem. Essa atividade ocorreu depois da substituição do ventilador e foi realizada com os mesmos procedimentos do primeiro ensaio. No segundo ensaio foi possível obter bananas passa, como apresentadas na Figura 5.15 o e processo foi finalizado em 21/07/2017, após 11 dias de secagem.



Figura 5-15- Banana Passa. Banana inteira (A); Banana cortada pela metade (B).

Nesse ensaio as bandejas foram retiradas do secador e levadas até a fábrica das AMA (cerca de 20 m) para pesagem em balança. Não houve rotatividade de bandejas e as mesmas permaneceram na mesma posição na qual foram colocadas inicialmente no secador. As associadas da AMA comentaram que, ao longo da pesagem das bandejas, foi observado que as bandejas 1 e 2, que ficam na parte de baixo da câmara, secaram mais rápido do que as bandejas 3, 4 e 5. Mesmo com essa observação, todas as bandejas foram retiradas juntas quando todas atingiram o peso constante.

Aproveitou-se esse comentário para estimular uma discussão a fim de gerar aprendizado sobre o processo de funcionamento do secador. As associadas foram estimuladas a pensar sobre a distribuição de temperatura na câmara do secador e sobre a umidade inicial do ar de entrada. Após análise, a Sra. Eunice disse:

“As bandejas de baixo seca mais rápido porque elas estão mais perto da entrada de ar. O ar entra quente e... e.... a maior parte da quentura fica nessas bandeja e o que sobra pras bandeja de cima, mas como é pouco ai elas demora mais para seca. Tem também o ponto que o ar leva a umidade que tirou das bandejas de baixo pras bandeja de cima”

As amostras desse ensaio foram armazenadas em caixa plástica com tampa e foram devidamente higienizadas com álcool 70° GL para desinfetar essa embalagem e evitar contaminação cruzada com o produto. No dia 27/09/17 as amostras foram embaladas para serem enviadas aos laboratórios da UNICAMP com o objetivo de seguir com as análises de umidade, atividade de água e microbiológica. O número de UFC para bolores e leveduras, bem como para mesófilos totais, ficou acima do esperado, mesmo com a umidade e a atividade atendendo os padrões de legislação, ocorrendo crescimento de bolores, apresentados na Figura 5.16. Tal fato está associado ao manuseio entre a sala de secagem e a fábrica da AMA, uma vez que entre os dois ambientes não há cobertura e as bananas ficaram expostas ao ambiente. Além disso, houve a manipulação do produto sem higienização das mãos após o contato com outros objetos, o que provavelmente contribuiu para contaminação cruzada.



Figura 5-16 – Crescimento de Fungos na Banana Passa.

Terceiro ensaio de secagem 28/08/2017

No terceiro ensaio foram usados os mesmos procedimentos dos ensaios 1 e 2. Foram utilizados 19,900 kg de banana, as quais, após o descasque, resultaram em 12,050 kg de bananas que foram distribuídas nas bandejas. O processo de secagem foi finalizado no dia 06/09/17, após 9 dias de secagem. As amostras deste ensaio foram armazenadas em saco plástico, os mesmos que a AMA utiliza para embalar *chips* de mandioca e banana, fechados

com selagem térmica, para enviar aos laboratórios da UNICAMP com o objetivo de seguir com as análises de umidade, atividade de água e microbiológica.

Esse ensaio foi realizado com o mesmo procedimento do segundo ensaio. Não houve rotatividade das bandejas, porém as associadas da AMA, por conta própria, foram retirando as bandejas do secador e armazenando a banana passa conforme era atingido o peso constante. As associadas questionaram se não havia uma maneira de padronizar o processo de secagem das bandejas, ou seja, que todas secassem por igual de forma a reduzir o tempo de secagem e otimizar a quantidade de pesagens diárias. Foi sugerido pela Sra. Eunice um sistema de aquecimento na parte superior da câmara, próximo a bandeja 5, para facilitar a secagem nesta região. Foi sugerido pelo autor deste trabalho que as usuárias avaliassem a rotatividade das bandejas para verificar se com a ação a secagem das bandejas seria realizada de forma mais regular. Ficou decidido que essa análise seria realizada no quarto teste de secagem.

Houve maior cuidado com o manuseio das bananas para realizar a pesagem diária das bandejas. Nesse ensaio a balança foi levada até a sala de secagem e apoiada sobre uma mesa plástica, higienizada sempre antes de cada pesagem. A cada pesagem as associadas realizavam a higienização as mãos e o prato da balança com álcool 70 °GL, para reduzir o risco de contaminação cruzada. Nota-se na Tabela 5.5 que o número de UFC para bolores e leveduras, bem como para mesófilos totais ficou acima do esperado, mesmo com a umidade e a atividade atendendo aos padrões de legislação. Porém apresentaram melhora quando comparados com os resultados do segundo ensaio de secagem.

Quarto ensaio de secagem 27/09/17

No quarto ensaio de secagem foi utilizado o mesmo procedimento do terceiro ensaio. Foram utilizados 21,220 kg de banana, as quais após o descasque resultaram em 12,930 kg de bananas e foram distribuídas nas bandejas para secagem. O processo de secagem foi finalizado no dia 09/10/17, após 12 dias de secagem. Esse ensaio foi realizado com a rotatividade das bandejas no interior do secador, procedimento adotado para avaliar se a secagem das bandejas seria por igual. A rotatividade proposta pelas associadas seguia o fluxo dos números das bandejas. A bandeja 1 era retirada, as bandejas 2, 3, 4 e 5 desciam um nível e então a bandeja 1 era posicionada na posição 5 do secador, conforme Figura 5.17.

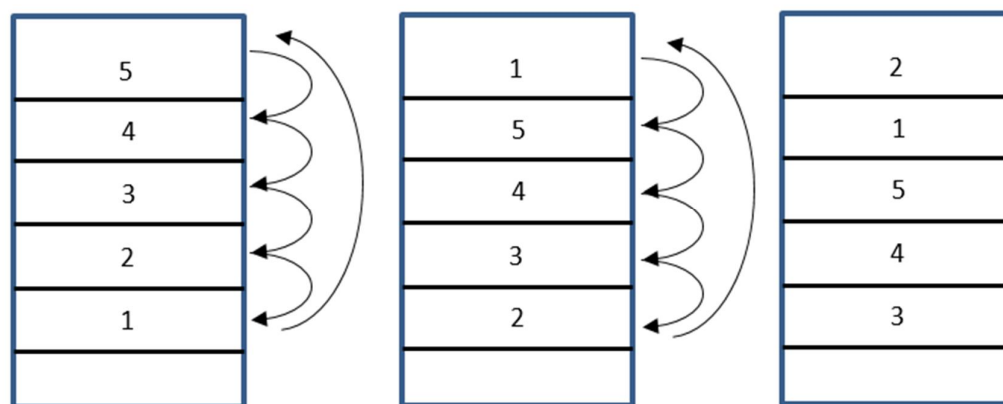


Figura 5-17 - Rotatividade das bandejas no secador.

Com a rotatividade do produto no interior do secador, as associadas notaram uma secagem melhor distribuída nas bandejas. As bananas secaram por igual e o processo de secagem foi encerrado com retirada simultânea de todo o produto do secador. As associadas comentaram que houve dificuldade na identificação das bandejas, uma vez que todas eram iguais e era difícil distinguir uma bandeja da outra a olho nu. Para solucionar este problema foi realizada marcação nas bordas das bandejas com auxílio de alicate, conforme Figura 5.18. As marcações foram definidas conforme o número da bandeja (a Bandeja 1 possui uma marcação, a Bandeja 2 duas marcações, assim até a bandeja 5, com cinco marcações). Tomou-se o cuidado, ao realizar as marcações, em atender a RDC 216 da ANVISA, não gerando ranhuras ou cantos mortos evitando pontos de contaminação.

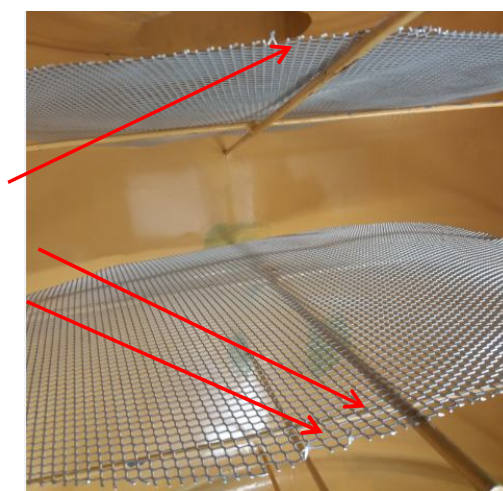


Figura 5-18 – Marcações para identificação das bandejas.

Nesse ensaio, as associadas seguiram os mesmos cuidados do terceiro ensaio de secagem com a higienização das mãos e utensílios para o manuseio das bananas. Nesse ensaio

o número de UFC para bolores e leveduras ficou dentro dos limites especificados pela legislação (Tabela 5.5).

Quinto ensaio de secagem 27/10/17

Para o quinto ensaio de secagem, foram utilizados 19,680 kg de banana, que, após o descasque, resultaram em 11,530 kg e foram distribuídas nas bandejas para secagem. Os resultados de umidade e °Brix são apresentados na Tabela 5.3. O processo de secagem e foi encerrado no dia 06/11/17, após 10 dias de secagem. As amostras desse ensaio foram embaladas em sacos plásticos para enviar aos laboratórios da UNICAMP com o objetivo de seguir com as análises de umidade, atividade de água e microbiológica.

Esse ensaio foi realizado com a rotatividade das bandejas no interior do secador, como procedimento adotado no quarto ensaio de secagem. As associadas comentaram que a identificação das bandejas ficou fácil após a marcação realizada, facilitando o controle das pesagens e o reposicionamento no interior do secador. O produto secou por igual e o processo de secagem foi finalizado com a retirada de todas as bandejas ao mesmo tempo. Em acordo com as associadas, foi definido que para o próximo ensaio de secagem seria projetado e instalado um coletor maior. Isso porque o tempo de secagem estava longo até o momento e a temperatura máxima operada no processo de secagem era de 50 °C. Ficou agendado que a construção seria realizada em conjunto com a AMA de 11 a 15 de novembro.

Nesse ensaio as associadas, por julgarem que o secador estava limpo na saída do quarto ensaio de secagem, realizaram a higienização do secador apenas com pano úmido, o qual era torcido em uma panela com água e novamente utilizado. Segundo a Sra. Ileide:

“Já que na última secagem o resultado das bananas deu bom, né, então o secador está limpinho e é só passa um paninho úmido para tirar esses restinhos de banana e passar o álcool para garantir”.

Após essa operação as associadas seguiram a limpeza com a aplicação de álcool 70 °Gl. Os resultados da análise microbiológica são apresentados na Tabela 5.5. Nesse ensaio o número de UFC para bolores e leveduras, bem como para bactérias mesófilas ficaram fora dos padrões de legislação. Esse resultado era esperado visto que não houve correta higienização do secador. Apesar da aplicação de álcool as sujidades do equipamento não foram retiradas, o que contribuiu para o crescimento de microrganismos.

Sexto ensaio de secagem 25/11/17

Para o sexto ensaio de secagem, foram utilizados 21,780 kg de banana, que, após o descasque, resultaram em 13,160 Kg e foram distribuídas nas bandejas para secagem. Os resultados de umidade e °Brix são apresentados na Tabela 5.4. O processo de secagem foi

encerrado no dia 30/11/17, após 5 dias de secagem. Esse ensaio de secagem foi realizado já com o novo coletor, com maior área quando comparado ao primeiro (13m² contra 7 m², 6 m² maior) e com inclinação maior para otimizar a absorção de radiação solar. Os aumentos da área bem como a inclinação explicam a redução do período de secagem.

Com esse novo sistema foi possível atingir maior temperatura do ar na saída do coletor, reduzindo o tempo do processo de secagem. Esse ponto foi destacado pelas associadas, as quais comentaram que a mudança de temperatura foi perceptível ao longo do manuseio do secador, tanto pelo tato quanto pela cor das bananas. Manteve-se a rotatividade das bandejas no interior do secador, como procedimento adotado no quarto e quinto ensaio de secagem. As amostras desse ensaio foram embaladas em sacos plásticos termicamente selados, para enviar aos laboratórios da UNICAMP com o objetivo de seguir com as análises de umidade, atividade de água e microbiológica.

No momento da higienização do secador foi realizada uma reunião na qual foram discutidos os resultados microbiológicos dos últimos testes com as associadas. Foi enfatizada a importância da correta higienização do secador com água e sabão para posterior aplicação do álcool 70 °GL. Após discussão a Sra. Ileide disse:

“Tem que limpar sempre mesmo, não, mesmo depois que o resultado deu bom a gente precisa limpar o secador como se o resultado anterior fosse ruim para não correr risco, né”

Após a reunião ficou definido, como padrão de higienização, o mesmo adotado no quarto ensaio de secagem. Os resultados da análise microbiológica são apresentados na Tabela 5.5. Nesse ensaio o número de UFC para bolores e leveduras, bem como para bactérias mesófilas, ficaram fora dos padrões de legislação. Esse resultado não era esperado visto que a limpeza do secador seguiu os mesmos parâmetros do quarto ensaio. Foi realizada uma visita às associadas para avaliar em conjunto esse resultado. Na sala do secador foi observado que haviam depositado materiais de escritório (mesas e cadeiras) e materiais de trabalho da estufa de mudas, com sujidade e empoeirados. As associadas informaram que os materiais faziam parte de um projeto da AMA com outra entidade e que foram armazenados na sala do secador por não haver outro lugar para guardá-los na AMA.

As associadas comentaram também que uma das pesagens foi feita ao mesmo tempo em que a movimentação dos materiais foi realizada, o que possivelmente permitiu contaminação cruzada do produto com o ambiente. No entanto, não foi possível confirmar se a contaminação veio desta movimentação uma vez que não foi feita a coleta SWAB no secador após a higienização. Conforme relatado pela Sra. Eunice:

“Eu realizei uma pesagem quando a gente tava trazendo esse material aqui pra dentro da sala de secagem. Como esse material tava com poeira, o chão tava com poeira, e a gente não teve tempo de limpar pode ser que essa poerinha tenha caído nas bananas e trazido alguma bactéria com ela, ou outra coisa, sei lá, mas isso pode ter contaminado o produto”.

Sétimo ensaio de secagem – 30/11/17

Para o sétimo ensaio de secagem foram utilizados 20,970 kg de banana, as quais após o descasque resultaram em 12,290 kg e foram distribuídas nas bandejas para secagem. Os resultados de umidade e °Brix são apresentados na Tabela 5.4. O processo de secagem foi encerrado no dia 06/12/17, após 6 dias de secagem. Manteve-se a rotatividade das bandejas no interior do secador, como procedimento adotado no ensaio anterior. As amostras desse ensaio foram embaladas em sacos plásticos termicamente lacrados e enviados aos laboratórios da UNICAMP com o objetivo de seguir com as análises de umidade, atividade de água e microbiológica.

A higienização do equipamento foi realizada conforme padrão definido (o mesmo utilizado no quarto ensaio de secagem). Foi coletado SWAB após a higienização e as associadas foram orientadas, por meio de uma mini oficina participativa, a não armazenar utensílios na sala de secagem para evitar contaminação cruzada. Os resultados da análise microbiológica são apresentados na Tabela 5.5. Neste ensaio o número de UFC para bolores e leveduras, bem como para bactérias mesófilas ficaram dentro dos padrões de legislação. Esse resultado já era esperado visto que houve limpeza correta do secador.

Oitavo ensaio de secagem 06/12/17

Para o oitavo ensaio de secagem foram utilizados 20,320 kg de banana, as quais após o descasque resultaram em 12,110 kg e foram distribuídas nas bandejas para secagem. Os resultados de umidade inicial e °Brix são apresentados na Tabela 5.4. O processo de secagem foi encerrado no dia 11/12/17, após 5 dias de secagem. Manteve-se a rotatividade das bandejas no interior do secador, como procedimento adotado no quarto e quinto ensaio de secagem. As amostras desse ensaio foram embaladas em sacos plásticos termicamente selados e enviados aos laboratórios da UNICAMP com o objetivo de seguir com as análises de umidade, atividade de água e microbiológica.

A higienização do equipamento foi realizada conforme padrão definido (o mesmo utilizado no quarto ensaio de secagem). Os resultados da análise microbiológica são apresentados na Tabela 5.5. Neste ensaio o número de UFC para bolores e leveduras, bem como para bactérias mesófilas, ficaram dentro dos padrões de legislação. Esse resultado já era esperado visto que houve limpeza correta do secador.

Nono ensaio de secagem 11/12/17

Para o nono ensaio de secagem foram utilizados 17,090 kg de banana, as quais após o descasque resultaram em 8,810 kg e foram distribuídas nas bandejas para secagem. Os resultados de umidade inicial e °Brix são apresentados na Tabela 5.4. O processo de secagem foi encerrado no dia 15/12/17, após 4 dias de secagem. Manteve-se a rotatividade das bandejas no interior do secador, como procedimento adotado no quarto e quinto ensaio de secagem. As amostras deste ensaio foram embaladas em sacos plásticos termicamente selados e enviados aos laboratórios da UNICAMP com o objetivo de seguir com as análises de umidade, atividade de água e microbiológica.

Notou-se redução de 1 dia no período de secagem das bananas, conforme comentado pela Sra. Ileide:

“Nossa, agora o secador ficou bom, você vê a quentura saindo dele. Até a banana tá secando mais rápido”.

A higienização do equipamento foi realizada conforme padrão definido (o mesmo utilizado no quarto ensaio de secagem). Os resultados da análise microbiológica são apresentados na Tabela 5.5. Nesse ensaio, o número de UFC para bolores e leveduras, bem como para bactérias mesófilas, ficaram dentro dos padrões de legislação. Esse resultado já era esperado visto que houve limpeza correta do secador.

Décimo ensaio de secagem 15/01/18

Para o décimo ensaio de secagem foram utilizados 20,100 kg de banana, as quais após o descasque resultaram em 11,6500 kg e foram distribuídas nas bandejas para secagem. Os resultados de umidade e °Brix são apresentados na Tabela 5.4. O processo de secagem foi encerrado no dia 20/01/18, após 5 dias de secagem. Manteve-se a rotatividade das bandejas no interior do secador, como procedimento adotado no quarto e quinto ensaio de secagem. As amostras deste ensaio foram embaladas em sacos plásticos termicamente selados e enviados aos laboratórios da UNICAMP com o objetivo de seguir com as análises de umidade, atividade de água e microbiológica.

A higienização do equipamento foi realizada conforme padrão definido (o mesmo utilizado no quarto ensaio de secagem). Os resultados da análise microbiológica são apresentados na Tabela 5.5. Nesse ensaio o número de UFC para bolores e leveduras, bem como para bactérias mesófilas ficaram dentro dos padrões de legislação. Esse resultado já era esperado, visto que houve limpeza correta do secador. Os resultados de umidade e °Brix são apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5-3– Caracterização da banana passa nos períodos Maio de 2017 a Janeiro 2018

Ensaio	Tempo de Secagem	Rodízio Bandejas	Coletor utilizado	Higienização	Contaminação
1	NA*	Não	A	NA	Crescimento de fungos
2	11	Não	A	Água e sabão	UFC para bolores e leveduras, bem como para mesófilos totais ficou acima do esperado.
3	9	Retirada progressiva das bandejas	A	Água e sabão/sanitização com álcool 70°	UFC para bolores e leveduras, bem como para mesófilos totais ficou acima do esperado
4	12	Sim	A	Água e sabão/sanitização com álcool 70°	Resultado microbiológico das amostras ficou dentro da legislação.
5	10	Sim	B	Água	UFC para bolores e leveduras, bem como para mesófilos totais ficou acima do esperado.
6	5	Sim	B	Água e sabão/sanitização com álcool 70°	UFC para bolores e leveduras, bem como para mesófilos totais ficou acima do esperado. Neste ensaio houve manuseio de outros equipamentos na sala de secagem o que possibilitou contaminação cruzada.
7	6	Sim	B	Água e sabão/sanitização com álcool 70°	Resultado microbiológico das amostras ficou dentro da legislação.
8	5	Sim	B	Água e sabão/sanitização com álcool 70°	Resultado microbiológico das amostras ficou dentro da legislação
9	4	Sim	B	Água e sabão/sanitização com álcool 70°	Resultado microbiológico das amostras ficou dentro da legislação.
10	5	Sim	B	Água e sabão/sanitização com álcool 70°	Resultado microbiológico das amostras ficou dentro da legislação.

Tabela 5-4– Caracterização da banana passa nos períodos Maio de 2017 a Janeiro 2018

Ensaio	Data de início da secagem	Duração da secagem (dias)	Teor de água (g H₂O/100 g b.u.)	<i>a_w</i> (-)
1	05/06/17	NA	NA	NA
2	10/07/17	11	24,67 ± 0,3626 ^c	0,773 ± 0,0016 ⁱ
3	28/08/17	9	22,15 ± 0,3610 ^c	0,671 ± 0,0018 ^f
4	27/09/17	12	23,42 ± 0,3599 ^d	0,713 ± 0,0016 ^h
5	27/10/17	10	23,19 ± 0,3614 ^d	0,692 ± 0,0015 ^g
6	25/11/17	5	20,74 ± 0,3042 ^{ab}	0,650 ± 0,0011 ^d
7	30/11/17	6	20,19 ± 0,1068 ^{ab}	0,623 ± 0,0015 ^a
8	06/12/17	5	20,54 ± 0,2254 ^{ab}	0,655 ± 0,0013 ^e
9	11/12/17	4	20,31 ± 0,2171 ^a	0,631 ± 0,0013 ^b
10	15/01/18	5	20,99 ± 0,0007 ^b	0,643 ± 0,0016 ^c
Dados da literatura			20 – 25¹	0,60 a 0,84 (25 °C)²

Fonte: ¹SEBRAE (2008); ²ERICKSON, (1982).

NA: Não aplicável. Primeira produção de banana foi interrompida por desenvolver bolores antes do final da secagem.

Tabela 5-5– Caracterização Microbiológica da banana passa nos períodos de Maio de 2017 a Janeiro 2018

Ensaio	Amostra	Mesófilos Totais	Coliformes	<i>Samonella</i>	Bolores e leveduras
2	I	2X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	7X10 ² UFC/g
	II	8X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	4X10 ² UFC/g
	III	3X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	2,5X10 ³ UFC/g
	IV	1,2X10 ² UFC/g	<3NMP/g	negativo	1,5X10 ³ UFC/g
	V	3X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	4X10 ² UFC/g
3	I	8X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	II	3X10 ⁴ UFC/g	<3NMP/g	negativo	4,7 x 10 ³ UFC/g
	III	1,2X10 ² UFC/g	<3NMP/g	negativo	6x10 ² UFC/g
	IV	5X10 ² UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
4	I	5X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	II	7X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	III	6X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	IV	4,5X10 ² UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	V	2X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
Tolerância para amostra indicativa*		<10 ²	<3NMP	negativo	< 10 ² UFC/g

*Fonte: BRASIL, 2001

Tabela 5-5– Caracterização Microbiológica da banana passa nos períodos de Maio de 2017 a Fevereiro 2018 – Continuação.

Ensaio	Amostra	Mesófilos Totais	Coliformes	Samonella	Bolores e leveduras
5	I	9 X 10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	2 X 10 ² UFC/g
	II	2,1 X 10 ² UFC/g	<3NMP/g	negativo	2,7 X 10 ² UFC/g
	III	1,6 X 10 ² UFC/g	<3NMP/g	negativo	1 X 10 ² UFC/g
6	I	2,4X10 ² UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	II	5X10 ² UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	III	1,6X10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
7	I	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	II	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	III	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
8	I	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	II	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	III	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
Tolerância para amostra indicativa*		<10 ²	<3NMP	negativo	< 10 ² UFC/g

*Fonte: Brasil, 2001

Tabela 5-5– Caracterização Microbiológica da banana passa nos períodos de Maio de 2017 a Fevereiro 2018 – Continuação.

Ensaio	Amostra	Mesófilos Totais	Coliformes	<i>Samonella</i>	Bolores e leveduras
9	I	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	II	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	III	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
10	I	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	II	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
	III	<10 UFC/g	<3NMP/g	negativo	< 10 ² UFC/g
Tolerância para amostra indicativa*		<10 ²	<3NMP	negativo	< 10 ² UFC/g

*Fonte: Brasil, 2001

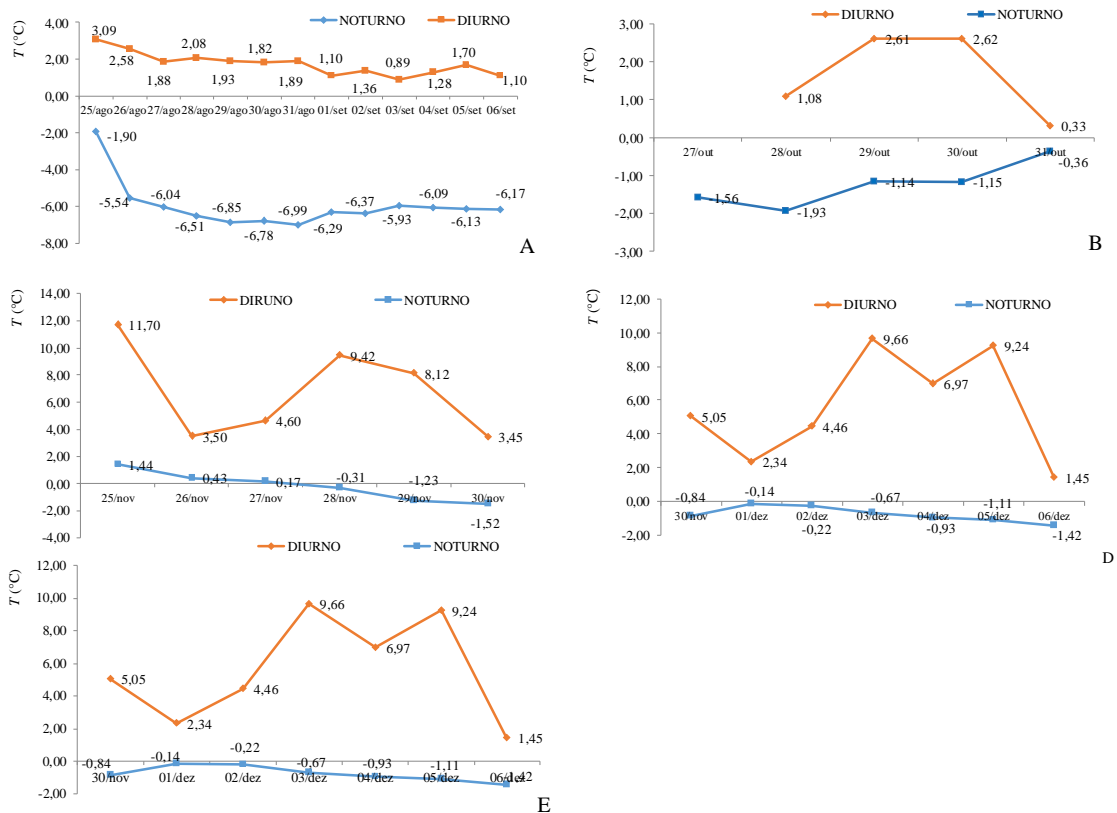


Figura 5-19 – Diferença média diária da temperatura entrada x saída secador. 3º Ensaio de Secagem (A); 5º Ensaio de Secagem (B); 6º Ensaio de Secagem (C); 7º Ensaio de Secagem (D); 8º Ensaio de Secagem (E).

A Figura 5-19 apresenta a variação de temperatura entre o ar de entrada no secador (oriundo do coletor) e o ar de saída (após passagem pelo produto). Nota-se que em todos os ensaios analisados (3º, 5º, 6º, 7º e 8º), o período diurno apresentou uma variação positiva entre esses pontos, sendo a temperatura de entrada no secador maior que a temperatura do ar de saída. Houve transferência de calor do ar de entrada para o interior do equipamento e o produto, facilitando a evaporação da água nas bananas.

Já no período noturno houve uma inversão desse fenômeno: a temperatura do ar de saída é maior que a temperatura do ar de entrada, ou seja, o interior do secador perde calor para o ambiente. O calor acumulado ao longo do dia no interior do secador começa a ser dissipado no ambiente uma vez que a entrada de ar do ambiente externo é constante. Sem a irradiação solar o coletor deixa de cumprir sua função de aquecimento do ar, o qual entra no secador com a temperatura do ambiente. Tal fato gera uma inversão do gradiente de transferência de calor, o secador, que está com uma temperatura maior que a do ambiente, começa a perder calor para o mesmo.

A diferença de temperatura seguiu o mesmo padrão para os meses analisados (ganho de temperatura ao longo do dia e perda de calor ao longo da noite) e notou-se que o ganho de calor no secador foi maior nos meses de setembro, outubro e novembro, comparados ao mês de julho. Já perda de calor no ambiente foi maior no mês de julho, comparado aos demais meses. No mês de julho a irradiação solar é menor, fator que reduz o tempo de aquecimento do ar no coletor. Comparando com o mês de dezembro, no qual a irradiação solar é maior, nota-se que há uma diferença no tempo de aquecimento do ar no coletor: no mês de julho o aquecimento iniciou às 8h10 e encerrou por volta das 16h10, já no mês de dezembro o aquecimento iniciou às 07h10 e encerrou por volta das 18h30.

A Figura 5-20 apresenta a variação de umidade relativa entre o ar de saída no secador e o ar de entrada. Nota-se que dos dias analisados (exceto em alguns dias dos ensaios 3, 5 e 6) a diferença entre a umidade do ar de saída do secador pela umidade do ar de entrada foi positiva, ou seja, houve transferência de umidade dos produtos para o ambiente. Esse comportamento era esperado porque ao longo das pesagens nos ensaios foi observada perda de massa nas bananas.

Já no período noturno observa-se uma inversão deste fenômeno: a umidade do ar de saída é maior que a umidade do ar de entrada. Neste trabalho não foi possível avaliar se o produto ganhou umidade nesse período, visto que não foi realizada pesagem das bandejas no período noturno.

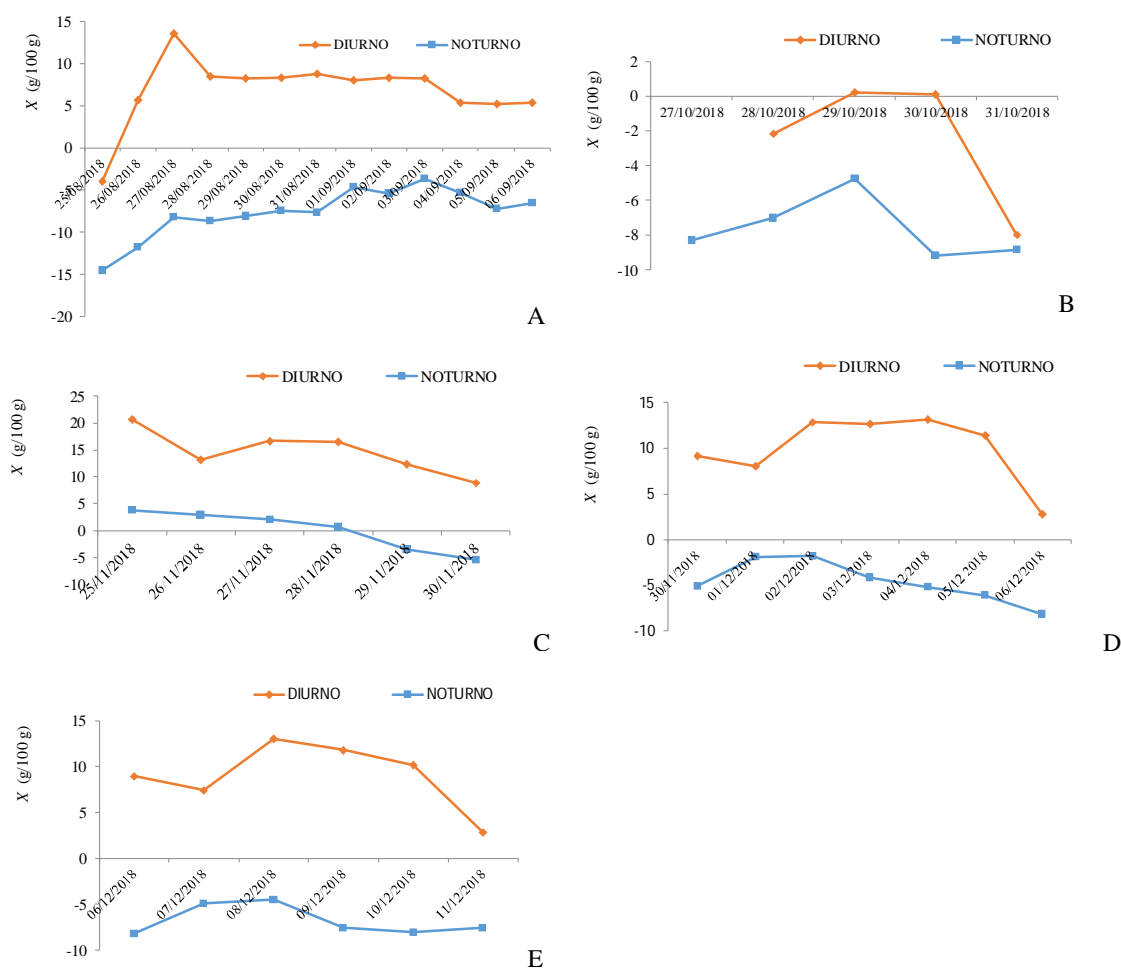


Figura 5-20 – Diferença média diária da umidade relativa saída x entrada secador. 3º ensaio de secagem (A); 5º ensaio de secagem (B); 6º ensaio de secagem (C); 7º ensaio de secagem (D); 8º ensaio de secagem (E).

5.4.1. Modelos experimentais

Na Tabela 5.7 são apresentados os coeficientes de regressão para todos os modelos empregados aplicados no segundo ensaio de secagem. Essa análise foi realizada somente para esse ensaio, pois as condições de contorno foram mantidas (sem rotatividade das bandejas e o controle de pesagem das bandejas foi realizada em duplicata diariamente). Observa-se que o modelo logarítmico, com três parâmetros, resultou em bons ajustes, sendo que, $r^2 \geq 0,995$, $RMSE \leq 0,0913$ e $\chi^2 \leq 0,00884$. Já os modelos de Newton e Henderson & Pabis não mostraram um bom ajuste entre os valores experimentais e os determinados pelo modelo.

Tabela 5-6– Constantes e coeficientes obtidos do ajuste dos dados experimentais aos modelos Newton, Henderson & Pabis e Logarítmico, banana seca em secador solar.

Ensaio	Modelo	k (1/min)	a	c	r^2	RMSE x 10^{-2}	χ^2 x 10^{-3}
1	Newton	0,1382	-	-	95,08	4,93	4,48
	Henderson & Pabis	0,1293	0,9540	-	95,77	4,57	4,57
	Logarítmico	0,2669	0,7618	0,2602	99,5	1,57	1,75
2	Newton	0,1364	-	-	93,84	5,28	4,80
	Henderson & Pabis	0,1231	0,9321	-	95,51	4,50	4,50
	Logarítmico	0,2758	0,7273	0,2784	99,82	9,13	1,01
3	Newton	0,1525	-	-	93,96	5,44	4,94
	Henderson & Pabis	0,1376	0,9279	-	95,61	4,63	4,63
	Logarítmico	0,2932	0,7525	0,2509	99,87	7,96	8,84
4	Newton	0,1925	-	-	97,06	4,22	6,03
	Henderson & Pabis	0,1817	0,9587	-	97,62	3,8	6,34
	Logarítmico	0,3203	0,7842	0,2191	99,73	1,28	2,57
5	Newton	0,2316	-	-	98,64	2,89	7,22
	Henderson & Pabis	0,2263	0,9850	-	98,74	2,78	9,27
	Logarítmico	0,3653	0,7827	0,2247	99,68	1,39	6,95

Nas Figuras 5-19 a 5-21 apresentam-se as curvas de secagem do segundo ensaio. Os modelos de Newton, Henderson & Pabis e logarítmico foram aplicados a cada uma das bandejas de 1 ao 5 separadamente.

• Modelo de Newton

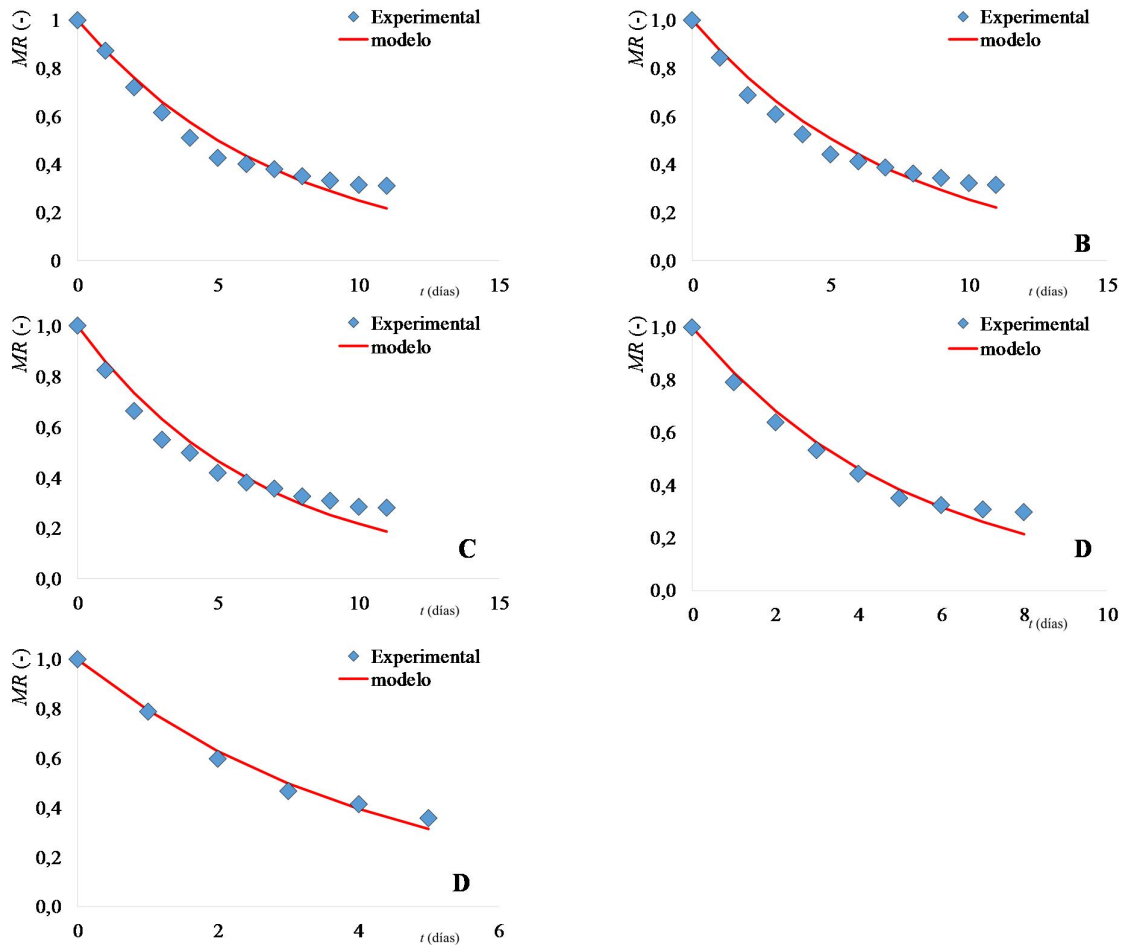


Figura 5-21. Curvas de secagem do ensaio 2 ajustadas ao modelo de Newton. Bandeja 1 (A); Bandeja 2(B); Bandeja 3 (C); Bandeja 4 (D); e Bandeja 5 (E).

Na Figura 5.21, observa-se que o modelo de Newton teve um bom ajuste no início do processo de secagem, um leve desvio da curva no meio do processo, o qual aumenta no final do processo de secagem.

• Modelo de Henderson & Pabis

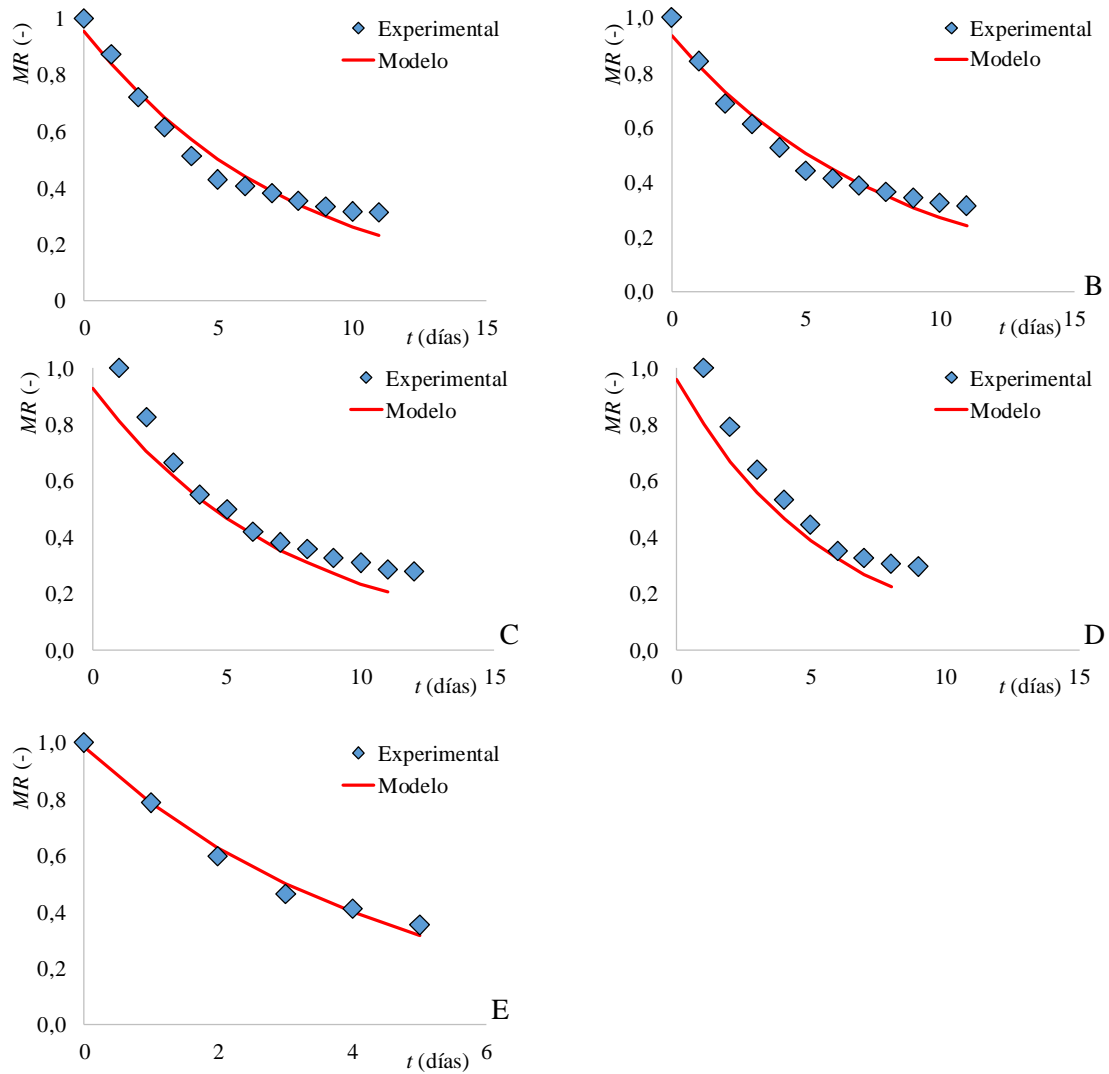


Figura 5-22. Curvas de secagem do ensaio 2 ajustadas ao modelo de Henderson & Pabis. Bandeja 1 (A); Bandeja 2(B); Bandeja 3 (C); Bandeja 4 (D); e Bandeja 5 (E).

Na Figura 5.22 observa-se que o modelo experimental de Henderson & Pabis consegue representar melhor os dados experimentais comparados ao modelo de Newton, porque possui dois parâmetros para ajuste frente a um parâmetro do modelo de Newton. O modelo de Henderson & Pabis teve um melhor ajuste no início do processo de secagem, acompanhou a curva no meio do processo, porém apresentou desvio no final do processo e secagem.

• **Modelo Logarítmico**

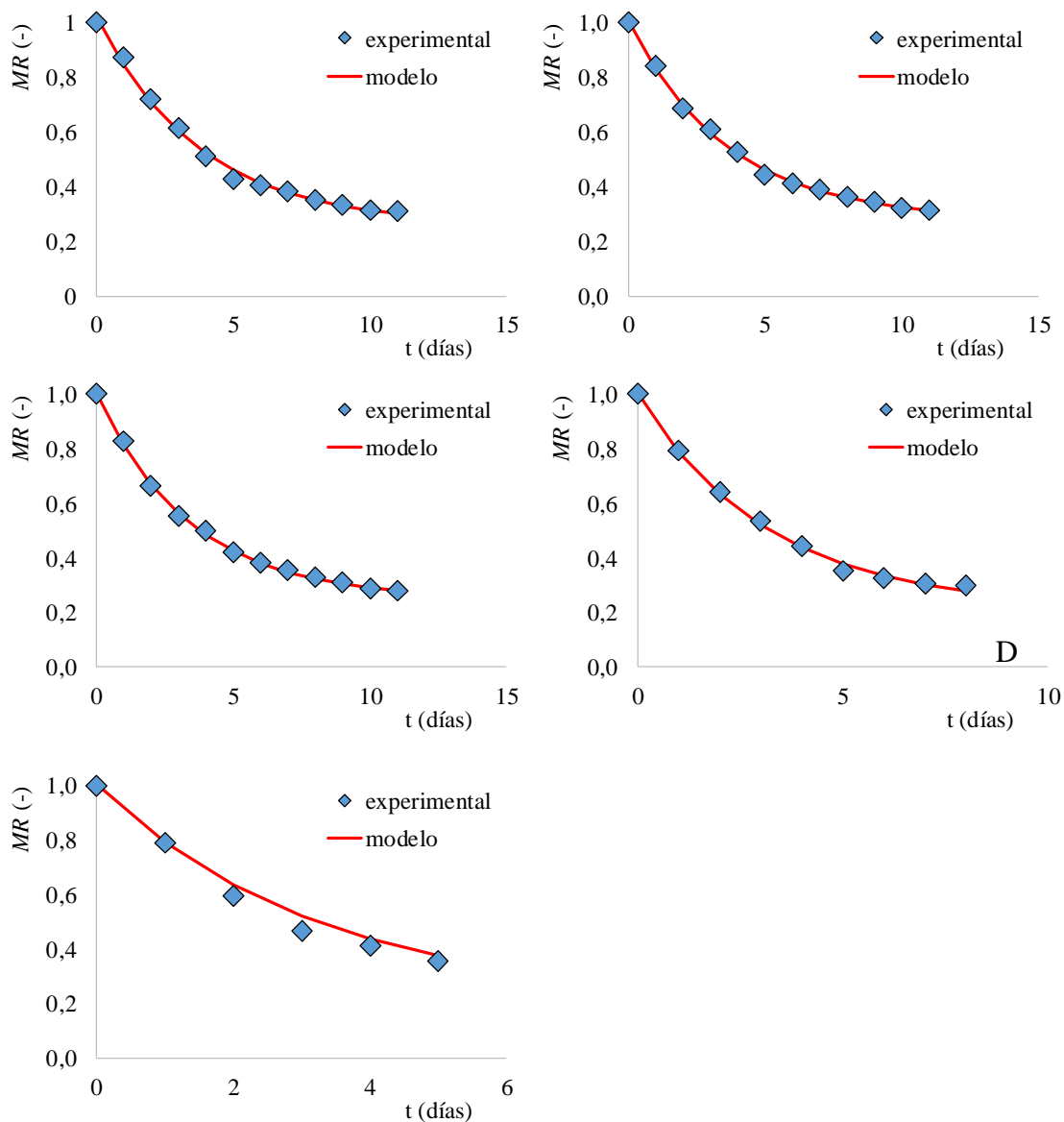


Figura 5-23. Curvas de secagem do ensaio 2 ajustadas ao modelo Logarítmico. Bandeja 1 (A); Bandeja 2(B); Bandeja 3 (C); Bandeja 4 (D); e Bandeja 5 (E).

Na Figura 5.23 observa-se que o modelo logarítmico teve um bom ajuste em todo processo de secagem, acompanhando a curva no início, meio e final do processo. Esse modelo

experimental consegue representar melhor os dados experimentais porque realiza o ajuste da curva utilizando 3 parâmetros como apresentado na Tabela 5.7.

5.4.2. Determinação dos rendimentos e eficiências

Na Tabela 5.8 os parâmetros de rendimentos de secagem são apresentados.

Tabela 5-7- Rendimento Processo de Secagem

Ensaio	Umidade (g H ₂ O/100 g b.u.)	Massa Inicial (kg)	Massa Final (kg)	Rendimento (%)
1	73,44	12,18	-	-
2	73,21	12,13	4,22	89,07
3	73,50	10,26	3,635	87,84
4	72,91	13,93	4,93	87,44
5	72,85	11,53	4,08	88,69
6	73,92	13,16	4,33	90,77
7	73,20	12,29	4,15	90,48
8	74,10	12,125	3,95	91,15
9	74,78	8,81	2,845	90,54
10	73,82	11,65	3,8	91,08

O sensor que registrava a temperatura e umidade relativa do ambiente apresentou problemas e impossibilitou a retirada desses dados para análise. Assim, não foi possível seguir com as demais análises apresentadas no item 4.4. Cálculo do Rendimento Térmico, em Materiais e Métodos.

5.5. Reconfiguração do Secador Solar

Como parte da tecnologia social aplicada neste trabalho envolve análise pós projeto do secador, foi realizado um encontro com a associadas para avaliar melhorias e atender pontos que não foram observados na etapa de projeto. As associadas comentaram os seguintes pontos:

- 1) O acesso para limpeza da antecâmara apresenta dificuldade. As associadas reclamam que para acessar a parte inferior é necessário forçar a coluna vertebral;
- 2) O travamento das portas do secador é realizado com auxílio de um fio de cobre, o qual era envolvido entre os puxadores das portas. Apesar de funcional, as associadas reclamam que a abertura e fechamento do secador não é uma operação prática;

- 3) A antecâmara fica em contato direto com o piso, dificultando a limpeza do piso da parte inferior do secador;
- 4) As portas não possuem vedação o que permite a saída de ar pelas frestas do secador;
- 5) As bandejas não possuem acabamento nas bordas, o que causa incômodo e risco de acidente durante o manuseio;
- 6) As hastes do secador possuem pontas que causam incômodo e risco de acidente durante o manuseio;

Para discutir cada um desses pontos foi proposta uma oficina participativa. A adequação para cada um desses itens partiu das associadas, conforme apresentado abaixo.

Adequação ao ponto 1

Para facilitar o acesso ao interior da antecâmara, as associadas sugeriram que fosse realizado um corte na metade da altura para construção de uma porta de acesso, com trava e vedação para permitir seu correto fechamento. A porta, apresentada na Figura 5.24, dá acesso à parte inferior da antecâmara e permite que as associadas realizem a higienização dessa região sem forçar a coluna.

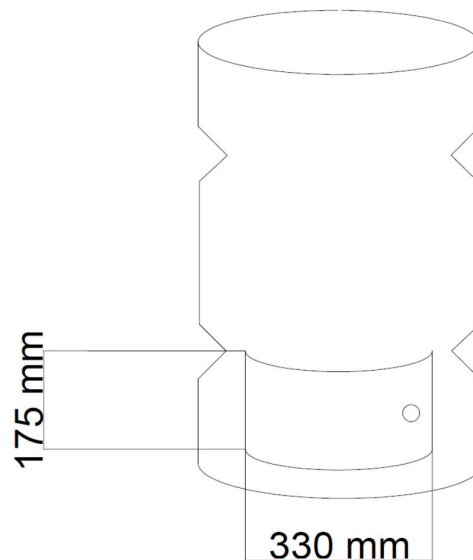


Figura 5-24. – Desenho porta para acesso ao interior da antecâmara.

Adequação ao ponto 2

As associadas sugeriram que o travamento das portas fosse realizado de forma mais rápida, com um sistema que fosse acoplado às portas do secador. Foi citada pelo autor deste trabalho a trava do tipo Tranqueta para porta (Figura 5.25), a qual poderia ser instalada

de forma simples (com o auxílio de adesivo acrílico, por exemplo) na parte exterior das portas do secador.

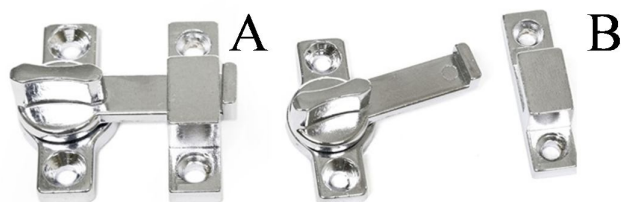


Figura 5-25. – Trava tipo Tranqueta - Fechada (A) e Aberta (B).

Fonte: C&C, 2018

Para atender à solicitação das associadas devem ser instaladas duas travas desse tipo no secador, sendo uma acima dos pegasores das portas e outra entre os pegasores e virola inferior das portas. No entanto, a área lateral do secador é um fator limitante para esse tipo de trava. O formato circular das portas dificulta que as partes dessa trava fiquem alinhadas no momento da instalação, condição fundamental para o travamento.

Como alternativa ao problema observado foi sugerido pelo Sr. Valter, esposo da Sra. Ileide, avaliar a utilização da trava fecho pega ladrão (Figura 5.24). Essa trava, comum em portas residenciais, possui funcionamento semelhante ao da trava tipo tranqueta e, por possuir uma corrente como interligação entre as partes, permite sua aplicação em superfícies circulares. A trava fecho pega ladrão evita a abertura total das portas, porém como não é possível manter a corrente estirada, há o risco do deslocamento entre portas o que deixará o secador parcialmente aberto, permitindo a entrada de insetos, roedores e sujeira. Como a aplicação dessa trava traz risco de segurança alimentar ao equipamento, ponto que foge ao atendimento os requisitos da RDC 216 da ANVISA, a utilização desse tipo de trava foi descartada pelas associadas.



Figura 5-26. – Trava Fecho Pega Ladrão

Fonte: Site vamos construir, 2018

A equipe da UNICAMP, envolvida no projeto, sugeriu às associadas da AMA que avaliassem a utilização de uma trava magnética (Figura 5.25). Esse tipo de trava possui como vantagens, quando comparada com as travas apresentadas, os seguintes pontos:

- I) A trava magnética não exige operação manual para o travamento das portas, o que permite que essa operação seja realizada de forma rápida e bastante prática, o que diminui o contato das mãos com a parte externa do secador, reduzindo assim o risco de contaminação cruzada;
- II) A trava magnética permite o fechamento total do secador, não deixando frestas abertas (desde que o ímã esteja em boas condições);
- III) Por funcionar por princípio magnético, a trava pode ser instalada em diversos tipos de superfície.

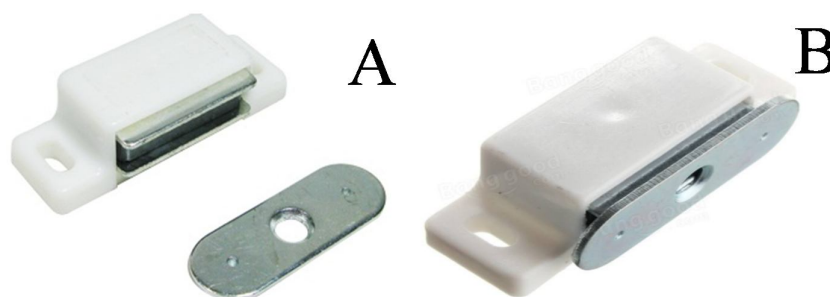


Figura 5-27. Trava Magnética

Fonte: Banggood, 2018

Com base nos dados apresentados acima, as associadas aceitaram a sugestão. Foi proposta a instalação de três travas magnéticas na parte exterior do secador, sendo duas na parte superior e uma próxima aos pegadores das portas. Optou-se pela externa para não alterar o desenho interno do secador, visto que a instalação das travas magnéticas na parte interna poderia gerar cantos mortos ou pontos de difícil acesso para limpeza. A parte superior foi escolhida por ter uma superfície plana e para atuar como parte da vedação dessa região. Já a região dos pegadores das portas foi escolhida para que as portas fiquem alinhadas, além de contribuir para vedação dessa parte do equipamento.

Adequação ao ponto 3

Para evitar o contato da antecâmara direto com o piso da sala de secagem, as associadas sugeriram que uma base circular com 100 mm de altura fosse projetada para atuar como suporte do secador. A associada Sra. Ileide comentou que seria interessante que essa base possuísse pés com rodinha para facilitar a movimentação do secador.

Com base nas informações recomendadas pelas associadas somadas a informações do secador, foi elaborado um croqui da base, apresentada na Figura 5.26. Essa base permite que o secador fique elevado 10 cm para permitir limpeza com água e escova dessa área do piso. Ela também atende à questão de movimentação do secador com a inclusão de rodas nos suportes. Cada roda possui um sistema de travas para que após posicionado o secador permaneça fixo.

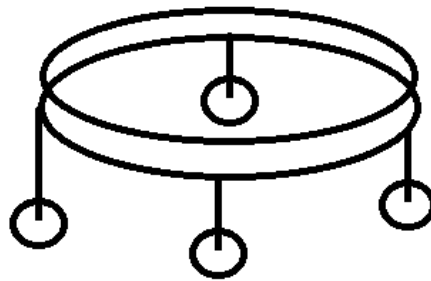


Figura 5-28. – Desenho Base Antecâmara.

O desenho da base foi apresentado para avaliação das associadas da AMA. Não houve sugestão por parte das associadas.

Adequação ao ponto 4

As associadas apontaram como ponto de melhoria a vedação das frestas nas portas do secador. As travas magnéticas apresentadas no item 1 também contribuem como parte da solução para esse apontamento, porém não resolve o problema por completo, sendo necessária aplicação de outros recursos. Em conversa com as associadas a Sra. Eunice sugeriu:

“Seria bom se o secador fosse vedado igual uma geladeira, com aquela borracha que gruda na porta. Assim aquela quentura, aquele... aquele calor ficaria preso lá dentro, igual o frio fica na geladeira. Eu acho que ficaria bom um silicone, uma borracha, mas por fora já que não é bom mexer dentro do secador”

Assim, as laterais receberiam o revestimento de borrachas de grau alimentício em formato de fita com 50 mm de largura por 860 mm de comprimento, suficientes para vedar toda fresta lateral. Já a parte superior uma borracha grau alimentício também em formato de fita, porém nas dimensões de 50 mm de largura por 500 mm de comprimento. Conforme comentário da Sra. Ileide:

“O bom da borracha é que ela é flexível e vai deixar a gente abrir as portas sem dificuldade. A gente viu também que os fornos que a gente usa aqui na fábrica tem vedação de borracha, que não derrete com a quentura”

A parte externa do secador foi escolhida para instalação das vedações a fim de evitar que o desenho interno do secador fosse alterado, o que poderia trazer pontos mortos ou de difícil acesso para limpeza. Na parte superior do secador a borracha será aplicada somente no corpo do mesmo, de forma a deixar as portas livres para movimentação. Quando fechadas, as portas ficarão com 25 mm da borracha após a fresta, o que evitará saída de ar por esse ponto.

Adequação ao ponto 5

A solução para esse ponto envolve o desafio de fazer uma bandeja que seja confortável ao manuseio e que atenda aos requisitos da RDC 216. Acabamento com aplicação de lixadeira nas bordas não é a solução para esse ponto, uma vez que os orifícios da bandeja são na forma de losangos e com uma configuração circular sempre haverá pontas após o corte da rede. As associadas sugeriram que as laterais fossem revestidas com perfil de alumínio, conforme Figura 5.28. Essa sugestão retira o incômodo das pontas na borda da bandeja, porém ela gera cantos mortos e regiões de difícil acesso para limpeza. Como isso não encontra ao solicitado na RDC 216 da ANVISA e essa sugestão foi descartada.



Figura 5-29. – Bandeja utilizada no secador desenvolvido com AMA.



Figura 5-30. – Bandeja proposta pelas mulheres da AMA.

Após discussão desse item com as associadas surgiram as seguintes sugestões para avaliação:

- I) Aplicar perfil de alumínio somente na parte superior;
- II) Projetar nova bandeja partindo de uma chapa lisa.

Para analisar a sugestão I foi utilizada uma bandeja do próprio secador e uma cartolina, a qual foi cortada na forma de um anel simulando o perfil de alumínio. A aplicação em apenas uma das faces evita a criação de pontos mortos e permite a limpeza total da bandeja, atendendo às exigências da ANVISA. O revestimento reduz o incômodo e o risco de acidente com as bandejas, porém deve-se cuidar do acabamento do perfil, visto que o mesmo pode atuar como lâmina e ser tão desconfortável quanto às bandejas sem acabamento.

Outra opção avaliada pelas associadas foi projetar uma nova bandeja com base em uma chapa lisa, realizando perfurações por meio de uma furadeira. O desejo das associadas inicialmente foi trabalhar com chapa de aço inox, por associarem esse material a cozinhas profissionais. Apesar de ser um material comum na indústria de alimentos e recomendado para diversas aplicações, o aço inox não foi recomendado para essa aplicação pelos seguintes motivos:

- I) O trabalho de corte e furação exige ferramentas e técnicas específicas;
- II) Apresenta custo elevado.

Frente ao apresentado foi proposto às associadas projetar uma nova bandeja, partindo de uma assadeira circular de alumínio. Com essa proposta uma das associadas sugeriu utilizar bandejas usadas para assar alimentos em fornos domésticos, em geral pizzas, e realizar perfurações em uma oficina de usinagem ou com uma furadeira doméstica, se não houver dificuldades. Dessa forma, a bandeja ficaria similar à apresentada na Figura 5.29.



Figura 5-31. – Bandeja de alumínio perfurada.

Fonte: Site Alibaba, 2018.

5.6. Análise financeira do projeto

5.6.1. Investimento e Depreciação

Os materiais, suas quantidades e seu custo, utilizados na construção do secador solar são apresentados na tabela 5.9. Boa parte dos materiais foi oriunda de doação de empresas e terceiros e, para fins de análise de custos, seus valores foram estimados.

Tabela 5-8. Materiais Utilizados na construção do secador solar.

	Materiais	Quantidade	Custo (R\$)	Custo Total (R\$)	Observação	Total (R\$)
Secador	Tambor Metálico	2 unidades	75,00	150,00	Custo Estimado - Material de doação	895,00
	Tela de Alumínio	1,5 m	30,00	45,00	-	
	Duto flexível de 200 mm	20 m	30,00	30,00	-	
	Mão de obra Solda		250,00	250,00	Custo estimado - serviço serralheiro	
	Dutos de Redução		120,00	120,00	-	
	Ventilador		300,00	300,00	-	
Coletor	Telhas metálicas	7 m ²	80,00	80,00	Custo estimado em ferro velho – Material de doação	830,00
	Chapa metálica	6 m ²	70,00	70,00	-	
	Policarbonato alveolar	13 m ²	370,00	370,00	Custo médio: Foi utilizada chapa nova e chapas de sucata	
	Silicone		20,00	20,00	-	
	Pregos		10,00	10,00	-	
	Madeirite		100,00	100,00	-	
	Madeira	Caibros	150,00	150,00	-	
	Tinta atóxica		30,00	30,00	-	
TOTAL				1725,00		

Obs: Não foram considerados nestes custos ferramental utilizado na montagem.

Para o projeto foram considerados 5 anos de vida útil, sendo que para o secador foi estimado o mesmo tempo de vida útil (5 anos) e para o coletor 3 anos de vida útil. Com essa consideração, nota-se que é necessário o investimento em um novo coletor dentro dos 5 anos de projeto para continuar com a produção de banana, conforme apresentado na tabela 5.10.

Tabela 5-9 – Investimento Fixo

Investimento fixo			
	Secador	Coletor	Total
Referência	R\$	R\$	R\$
Ano 0	895,00	830,00	1.725,00
Ano 1			
Ano 2			
Ano 3		830,00	
Ano 4			
Ano 5			
Total	895,00	1.660,00	1.725,00

Com as informações da Tabela 5.10 obtêm-se os valores de depreciação do secador e do coletor, sendo R\$ 179,00 e R\$ 276,67 respectivamente, totalizando R\$ 455,67 ao ano.

5.6.2. Estimativa Capital de Giro

Para estimativa do Capital de Giro foram considerados os valores de aquisição da banana nanica e a venda da passa apresentados abaixo:

Preço da banana nanica no mercado: R\$ 2,50/kg (AGROLINK, 2018).

Preço da banana passa a granel no mercado: R\$ 23,47/kg (ZONA CEREALISTA).

Considerando a aquisição da banana (1 dia), ciclo de produção (10 dias), venda do produto e recebimento da venda (10 dias) tem-se um ciclo financeiro de 21 dias. Mantendo o ciclo de bateladas de produção em 5 dias e considerando que haverá produção em todo ciclo financeiro (20 kg de banana nanica por batelada) observa-se que é necessário adquirir bananas para 5 bateladas.

Para cada batelada de produção são produzidos 3,9 kg de banana passa, o que gera um valor de venda de R\$ 91,53 por batelada. Multiplicando esse valor pelo ciclo financeiro

(21 dias) e dividindo pelo total de bateladas nesse período (5 bateladas) conclui-se que é necessário um Capital de Giro de R\$ 384,44, conforme apresentado na Tabela 5.11.

Tabela 5-10 – Estimativa Capital de Giro

Evento	dia	Valor
		Entrada/Saída (R\$)
Recebimento da matéria-prima	1	
Pagamento da matéria-prima	1	50
Início do Ciclo de Produção	2	
Fim do Ciclo de Produção	7	
Final do Armazenamento	12	
Entrega do Produto Acabado ao Cliente	22	
Recebimento da Venda	22	91,53
Dias no ciclo financeiro	21	
Número de bateladas contínuas no período do ciclo financeiro	5	
Capital de Giro calculado pelo preço de venda		384,44

5.6.3. Custos e Ritmo de Produção

Para os custos de produção foram consideradas despesas operacionais e com embalagem e comercialização do produto. Esses custos foram estimados sobre o valor da matéria prima em 10% e 5 %, respectivamente.

A operação do secador não exige permanência constante do produtor, o que permite uma operação flexível, com funcionamento aos sábados, domingos, feriados e períodos noturnos. O único impeditivo para seu funcionamento são dias com baixa incidência da luz solar (chuvosos/nublados). Como estimativa considerou-se que o secador opera em 40 semanas ao longo do ano, sendo as demais semanas consideradas como inapropriadas para secagem.

Tabela 5-11 – Despesas de Produção e Tempo Operacional

Valores de Projeto			Valor de Mercado	Valores sobre a Matéria Prima	
Ritmo de produção	Ritmo de produção	Carga da batelada	Preço banana nanica	Despesas de embalagem e comercialização	Despesas operacionais
dias / semana	semanas / ano	kg	R\$/kg	%	%
5	40	20	2,50	10	5

5.6.4. Fluxo de Caixa e Indicadores Financeiros

Considerando o ritmo de produção em 40 semanas /ano utiliza-se 20 kg de banana nanica por batelada ao preço de R\$ 2,50/kg banana nanica, totalizando R\$ 2.000,00 com despesas em matéria prima ao ano. Utilizando os dados da Tabela 5.12 é possível estimar as despesas operacionais com embalagem e comercialização, sendo R\$ 100,00 e R\$ 200,00 respectivamente ao ano. Esses valores somados à depreciação anual de todo equipamento (R\$ 455,67), gera um valor total com despesa de R\$ 2.755,67 ao ano. Com o mesmo ritmo de produção gera-se 3,9 Kg de banana passa por batelada com preço de venda em R\$ 23,47/kg de banana passa, totalizando entrada de R\$ 3.661,32 ao ano.

Com diferença entre a entrada e a despesa anual obtém-se um lucro bruto de R\$ 905,65 ao ano. Para esse projeto não foram considerados tributos de impostos sobre pessoa jurídica, pois a produção é realizada por pequenos produtores que não possuem firma aberta, e sobre circulação de mercadorias, uma vez que foi considerada a comercialização em feiras para produtos artesanais ou similares, nas quais há abertura do poder público para comercialização desse tipo de produto.

Tabela 5-12 – Despesas de Produção e Tempo Operacional

Ano	Investimento Fixo	Capital de Giro	Vendas Totais	Custos Totais	Lucro Bruto	Depreciação
Receita Operacional Bruta						
0	R\$ 1.725,00	R\$ 384,44				
1	R\$ -	R\$ -	R\$ 3.661,32	R\$ 2.755,67	R\$ 905,65	R\$ 455,67
2	R\$ -	R\$ -	R\$ 3.661,32	R\$ 2.755,67	R\$ 905,65	R\$ 455,67
3	R\$ 830,00	R\$ -	R\$ 3.661,32	R\$ 2.755,67	R\$ 905,65	R\$ 455,67
4	R\$ -	R\$ -	R\$ 3.661,32	R\$ 2.755,67	R\$ 905,65	R\$ 455,67
5	R\$ -	R\$ -	R\$ 3.661,32	R\$ 2.755,67	R\$ 905,65	R\$ 455,67
Total	R\$ 2.555,00	R\$ 384,44				R\$ 2.278,33

Com base nos dados apresentados anteriormente é possível fazer o Fluxo de Caixa do projeto. Para tanto, foi considerado como fator de desconto o rendimento anual da poupança em março de 2018. A somatória do fluxo de caixa para cada ano foi realizada pela soma do lucro bruto e depreciação subtraindo o valor do investimento total (fixo + capital de giro) do mesmo ano, conforme apresentada na Tabela 5.14. Pela análise do fluxo de caixa do

projeto, nota-se que o retorno do capital ocorre no segundo ano de implantação, conforme apresentado na Figura 5.32.

Tabela 5-13 – Despesas de Produção e Tempo Operacional

Somatória do Fluxo de Caixa	Fator de Desconto	Somatória do Fluxo de Caixa Descontado	Acumulado do Fluxo de Caixa Descontado
	7%		
-R\$ 2.109,44	1,000	-R\$ 2.109,44	-R\$ 2.109,44
R\$ 1.361,32	0,935	R\$ 1.272,26	-R\$ 837,18
R\$ 1.361,32	0,873	R\$ 1.189,03	R\$ 351,85
R\$ 531,32	0,816	R\$ 433,72	R\$ 785,57
R\$ 1.361,32	0,763	R\$ 1.038,54	R\$ 1.824,11
R\$ 2.022,43	0,713	R\$ 1.441,96	R\$ 3.266,07
		R\$ 3.266,07	

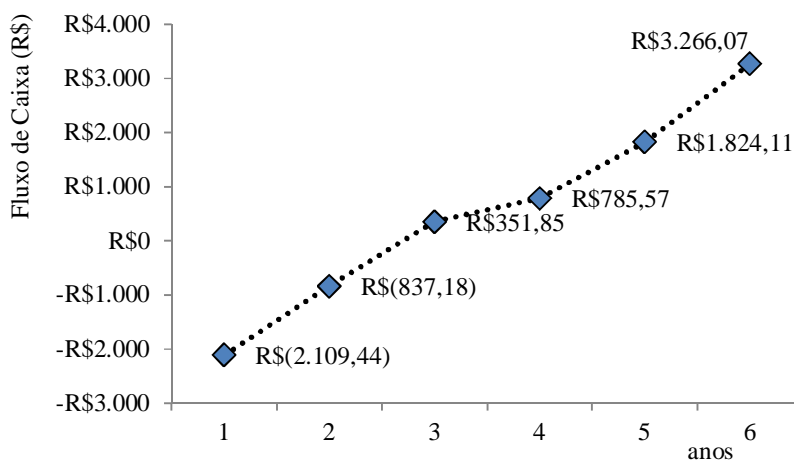


Figura 5-32. – Fluxo de Caixa Acumulado – Projeto com 5 anos de vida útil

Com o fluxo de caixa do projeto e considerando taxa de rendimento anual da poupança (7% ao ano) e vida útil de 5 anos, obtém-se valor presente líquido (VPL) de R\$ 3.266,07 para o projeto e uma taxa de retorno interno (TIR) de 53%, superior ao rendimento anual absoluto pago pela poupança em março de 2018.

Tabela 5-14 – Indicadores TIR, VPL, PAY BACK e Vida Útil do Projeto

TIR	53%
VPL (7%ao ano)	R\$ 3.266,07
Período de Retorno do Investimento Acumulado	2.7 anos
Vida útil do projeto	5 anos

6. Conclusões

- O sistema coletor-secador mostrou-se viável para produção de banana passa a partir da banana nanica, pois permite a secagem desse produto de forma a atender os parâmetros finais de qualidade compatível com a literatura revisada, umidade final entre 20% e 25%, atividade de água entre 0,6 e 0,84, atingindo picos de temperatura ao longo do processo de secagem entre 60 °C e 64°C;
- O secador proposto mostrou eficiência de secagem superior a 87,44%, apresentando como média 89,67%, resultado similar aos demais secadores encontrados na literatura;
- O secador mostrou-se um equipamento capaz de receber processo de higienização e sanitização atendendo resultado microbiológico exigido pela ANVISA;
- O desenvolvimento do secador solar foi realizado com total participação das associadas, as quais mostraram suas necessidades e propuseram soluções para atendê-las por meio de encontros e oficinas participativas;
- O conceito de Tecnologia Social foi atendido ao longo de todo o desenvolvimento deste projeto, pois: as oficinas participativas e os encontros permitiram a soma dos diferentes tipos de conhecimento e entender a demanda social da AMA. As associadas participaram de todo o processo de montagem do secador e puderam utilizar seu potencial de criatividade, desde o desenho do secador até as propostas para reconfiguração do secador solar;
- O secador desenvolvido em conjunto com a AMA é capaz de viabilizar economicamente a produção de banana passa, libertando potencial financeiro do produtor direto, e respeitando o meio ambiente, já que utiliza energia solar como fonte de aquecimento;
- Todo o processo de produção da banana passa (limpeza, secagem, embalagem) foi conduzido pelas próprias associadas em regime de revezamento e compartilhamento das atividades, caracterizando assim um empreendimento auto gestor.
- O projeto mostrou-se financeiramente viável com TIR igual a 53%, superior ao rendimento anual da poupança em março de 2018 (7% a.a.), e VPL de R\$ 3.266,07 (à taxa de 7% a.a.).

7. Sugestões para próximos trabalhos

- Utilizar a tecnologia social para desenvolvimento de um coletor solar;
- Avaliar a eficiência desse secador utilizando a recirculação de ar;
- Avaliar a utilização desse secador para secagem de outros alimentos;
- Avaliar a utilização de sistema de acúmulo de energia térmica no coletor para otimizar a secagem no período noturno.

Referências

- AHMAD, N.T. Agricultural solar air collector made from low cost plastic packing film. **Renewable Energy** (23 Ed.), p 663–671, 2001.
- ALMAGRO, A. S.; SALES, A. B.; MUNIZ, E. P.; PROVETI, J. R. C.; PORTO, P. S. S. Secagem de fatias cilíndricas de bananas em um secador solar artesanal híbrido. **X Congresso Brasileiro de Engenharia Química Iniciação Científica** (COBE IQ), Vassouras (RJ), Brasil, 2014.
- ALTEMANI, C. A. C. **Estudo de aquecedores solares de convecção natural para secagem**. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas (SP), 1976.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18. ed. Washington, 1992.
- ANDREWS, W.H.; FLOWERS, J.S.; BAILEY, J.S. Salmonella. **In: Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. DOWNES, F.P.; ITO, K. American Public Health Association. Washington, 4 ed , p.357-380, 2001.
- AOAC. **Official Methods of Analysis International**. Official Method 934.06 Moisture in Dried Fruits, 2006.
- BANDEJA DE ALUMÍNIO PERFURADA. Disponível em <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/factory-direct-sale-customized-aluminum-pizza-disk-perforated-pizza-pan-bake-tray-60438626614.html>. Acesso: 05/01/2018
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3 ed. São Paulo: Varela, 2001. 143 p
- BRASIL. **Resolução RDC no 12 de 02 de janeiro de 2001**. Dispõe sobre os princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 2001.
- BRASIL. **Resolução RDC 216 de 15 de setembro de 2004**. Aprova o regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 2004.
- BRASIL. **Resolução RDC nº 20 de 22 de março de 2007**. Aprova o regulamento técnico sobre disposições para embalagens, revestimentos, utensílios, tampas e equipamentos

metálicos em contato com alimentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 mar. 2007. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/390501/ALIMENTOS%2BRESOLU%25C3%2587%25C3%2583O%2B2BRDC%2BN%25C2%25BA.%2B20%252C%2BDE%2B2%2DE%2BMAR%25C3%2587O%2BDE%2B2007..pdf/d04ac5a7-f1c9-4eb5-98c1-989ce de53650>. Acesso em: 07/05/2016

BRASIL. **Resolução RDC Nº 26, de 11 de maio de 2012**. Altera a Resolução RDC nº. 07, de 24 de fevereiro de 2010, que dispõe sobre os requisitos mínimos para funcionamento de Unidades de Terapia Intensiva e dá outras providências. Disponível em: http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0026_11_05_2012.html. Acesso em: 07/05/2016

BROD, F. P. **Avaliação de um secador vibro-fluidizado**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas (SP), 2003.

CAVALLINI, D. **Pós-colheita na cultura da Banana** (Casa do Produtor Rural – ESALQ/USP). Disponível em: <http://www.clubeamigosdocampo.com.br/artigo/pos-colheita-na-cultura-da-banana-1350>. Acesso em: 26/01/2017.

PBMH & PIF Programa Brasileiro para a modernização da Horticultura & Produção integrada de frutas. **Normas de Classificação da Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006 (Documentos, 29)

COSTA S.Y.J.; GRILO, M.B.; RAMOS, C.J.Y. Projeto construção e teste de dois protótipos de secador solar de baixo custo usados para produzir banana-passa. **VI Congresso nacional de Engenharia Mecânica**. Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2010.

DAGNINO, R. A relação pesquisa-produção: em busca de um enfoque alternativo. In: SANTOS, Lucy Woelner dos et al. (Orgs.). **Ciência, tecnologia e sociedade: o desafio da integração**. Londrina: Iapar, 2002.

DAGNINO, R. A Tecnologia Social e seus Desafios. Em: LASSANCE Jr, A. et. al. (Eds.) **Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro, Fundação Banco do Brasil, 2004.

DAGNINO, R.; BRANDÃO, F. C.; NOVAES, H.T. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In LASSANCE Jr, A. et. Al (Eds). **Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro, Fundação Banco do Brasil, 2004.

DAGNINO, R.P. **Tecnologia social: ferramenta para construir outra sociedade**. Campinas, SP.: IG/UNICAMP, 2009.

DAGNINO, R.P. **Tecnologia social: contribuições conceituais e metodológicas**, Campina Grande: EDUEPB, 2014.

DAUDIN, J.D. Calcul des cinétiques de séchage par l'air chaud des produits biologiques solides. **Science des Aliments**. v.3, p.1-36, 1983.

ERICKSON, L.E. **Recent developments in intermediate moisture foods**. Journal of Food Protection, v. 45, n. 5, p.484-491, 1982

FRAGA, L.; SILVEIRA, R.; VASCONCELLOS, B.; **O processo de desenvolvimento de uma tecnologia social: mesa de triagem e materiais recicláveis**. In: Coletiva – reflexões sobre incubação e autogestão. Campinas: ITPC, p 241-267, 2011.

FOLEGATTI, M. D. S., MATSUURA, F., FERREIRA, G., & AMORIM, T. D. S. **Avaliação de diferentes variedades de banana para a produção de chips**. In Embrapa Meio Ambiente-Artigo em anais de congresso CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. Tecnologia, competitividade, sustentabilidade: anais. Florianópolis: SBF, 2004. 1 CD ROM.

FONSECA, H.; CANTARELLI, P. R. **Princípios e métodos gerais de conservação de alimentos pelo controle da umidade, por preservativos e por radiações: embalagens**. In: CAMARGO, R.; FONSECA, H. Tecnologia dos produtos agropecuários: alimentos. São Paulo: Nobel, 1984. p. 97- 112.

FUNDO DE TECNOLOGIA SOCIAL BANCO DO BRASIL. Disponível em: <http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/banco-de-tecnologias-sociais/pesquisar-tecnologias/artesanato-em-fibra-de-bananeira-oficina-de-fibra.htm>. Acesso em: 03/03/2018

GRIEVE, Roy H. **Appropriate technology in a globalizing world**. International Journal of Technology Management and Sustainable Development, v. 3, n. 3, p. 173-187, 2004.

GUSTAVSSON, J.; CEDERBERG, C.; SONESSON, U.; OTTERDIJK, R.; MEYBECK, A. **Global food losses and food waste: extent, causes and prevention**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011, p. 1-38.

HERRERA, A. **Transferencia de tecnología y tecnologías apropiadas. Contribución a una visión prospectiva a largo plazo**. Campinas, Unicamp, 1983.

HOLANDA, N. **Planejamento e projetos**. Rio de Janeiro: APEC, 1976.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados agregados. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2013/> Acesso em: 14 de outubro, 2016.

IPIRINGA, A.S.R., AMORIN, M.A., FARIA, M.V.C.M. **Tecnologia Social de Mobilização para Arranjos Produtivos Locais: uma proposta de aplicabilidade**. Cadernos EBABE, v. 5, nº3, p.1 – 23.

ITS (Instituto de Tecnologia Social). Reflexões sobre a construção do conceito de tecnologia social. In: DE PAULO, A. et al. **Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004.

KAPLINSKI, Raphael. The economies of small: appropriate technology in changing world. London: **Intermediate Technology Publications**, 1990.

KORRNACKI, J.L., JOHNSON, J.L. Enterobacteriaceae, coliforms, and Escherichia coli as quality and safety indicators. In: **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. DOWNES, F.P.; ITO, K. American Public Health Association Washington, 4th edition, p.69-82, 2001.

LABUZA, T.P. Properties of Water as Related to the Keeping Quality of Foods. **Proceedings of the Third International Congress on Food Science & Technology**, pp. 618, Institute of Food Technologists, Chicago, 1970.

LIMA, A. A.; NEBRA, S. A.; QUEIROZ, Z. M. R. Aspectos técnicos: Aspecto científico e tecnológico da banana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais (Campina Grande)**, v. 2, n. 1, p. 87-101, 2000.

MACHADO, A.; OLIVEIRA, E.; SANTOS, E. OLIVEIRA, J. FREITAS, L. Avaliação de um secador solar sob convecção forçada para a secagem do pedúnculo de caju. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável - Grupo Verde de Agricultura Alternativa**, v.6, n.1, p.1–7, 2011.

MATSUURA, F.C.A.U.; FOLEGATTI, M.I.S. **Banana: pós-colheita**. In: F.C.A.U Matsuura; M.I.S. Folegatti (Eds.) Frutas do Brasil, 16. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001, 71 p.

MEDINA J. C. **Banana: Da cultura ao processamento e comercialização**. Série Frutas Tropicais. Campinas (SP), ITAL, pp. 8-149, 1978.

MEDINA, V.; PEREIRA, M. Banana: Pós-colheita. **EMBRAPA-Mandioca e frutas (2004)**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/Abertura.html>. Acesso em: 30 abril, 2015

MUJUMDAR, A. S. Principles, Classification, and Selection of Dryers. In: MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. 3th Edition, CRC Press, 2006, p. 4-5.

NOGUEIRA, R.I.; PARK, K.J. Drying parameters to obtain “banana-passa”. In: **International Drying Symposium (IDS 92)**. Montreal: Canada, 1992.

NOGUEIRA, R.I.; TORREZAN, R. Processamento e utilização. In: ALVES, E.J. (org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2 ed. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMF, p. 545-585, 1999

OLIVEIRA, M. (2007). Efeito da composição química, origem e grau de maturação sobre a cor e a crocância da banana nanica obtida por secagem HTST. Campinas: Universidade Estadual de Campinas.

ORMENESE, R. C.; **Obtenção de farinha de banana verde por diferentes processos de secagem e aplicação em produtos alimentícios**. Tese (doutorado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (SP), 2010.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de Pera Bartlett (*Pyrus sp.*). Ciência e tecnologia de alimentos (*Campinas*), v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. **Seleção de processos e equipamentos de secagem**. Faculdade de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas (2006). Disponível em: <http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/selprcequipsec.pdf> Acesso em: 05, novembro, 2015.

PREÇO DA BANANA PASSA. Disponível em : https://zonacerealista.com.br/banana-passa-granel-1-001kg.html?gclid=EAiaIQobChMIn53Mrumo2gIVkIaRCh3YYgzeEAQYBCABEGJmFfD_BwE. Acesso em 07/04/2018

PREÇO BANANA NANICA. Disponível em : <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/ceasa/ceasa---sp/frutas/banana/>. Acesso em 07/04/2018

REIS, M. R. **Tecnologia Social de Produção de Sementes e Agrobiodiversidade**. Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB, Brasília, 2012. 288 p Disponível em: http://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/11240/1/2012_MariaRitaReis.pdf. Acesso em: 14 de março de 2018.

RODRIGUES, I.; BARBIERI, J. C. A emergência da Tecnologia Social: revisitando o movimento da tecnologia apropriada como estratégia de desenvolvimento sustentável. **Rev. Adm. Pública**, v. 42, n. 6, p. 1069-94, nov./dez. 2008.

SHARMA, A.; CHEN, C.R.; LAN, N.V. Solar-energy drying systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 6-7, p. 1185-1210, 2009.

SHERWOOD, T.K. **The drying of solids (I)**. Industrial and Engineering Chemistry, Washington, v.21, n.1, p.12-16, 1929a.

SCHÖSSLER, K.; JÄGER, H.; KNORR, D. Effect of continuous and intermittent ultrasound on drying time and effective diffusivity during convective drying of apple and red bell pepper. **Journal of Food Engineering**, v.108, p.103-110, 2012.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Estudos de Mercado: **Banana**. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8E2336FF6093AD96832574DC0045023C/\\$File/NT0003904A.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8E2336FF6093AD96832574DC0045023C/$File/NT0003904A.pdf). Acesso em: 05/10/2016.

SCHIRMER, P.; JANJAI, S.; ESPER, A.; SMITABHINDU, R.; MUHLBAUER, W. Experimental investigation of the performance of the solar tunnel dryer for drying bananas. **Renewable Energy**, v.7, n. 2, p.119–29, 1996.

SILVA, S. P.; TASSARA, H. **Frutas no Brasil: Banana**. Dados internacionais da Catalogação na Publicação (CIP), 4 ed. Câmara Brasileira do Livro, São Paulo (SP), p. 41-43, 2001.

SILVA, S.T. **Estudo de um secador solar fabricado a partir de sucata de tambor de polietileno.** Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica). Universidade federal de Rio Grande do Norte, Natal (RN), 2013.

SILVA NETO, S.P.; GUIMARÃES, T.G. **Evolução da cultura da banana no Brasil e no Mundo.** Planaltina (DF). Embrapa Cerrados, 2011.

SILVA, S. O.; SANTOS-SEREJO, J.A., CORDEIRO, Z.J.M. Em agência de informação EMBRAPA. **Banana: Variedades.** Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Livro_Banana_Cap_4ID-F7QzQ9c5WB.pdf. Acesso em: 05/10/2016.

SILVA, J. I. **Tópicos da tecnologia de alimentos.** São Paulo, 2000. 227p.

SOTO, M. Situación y avances tecnologicos en la producción bananera mundial. **Rev. Bras Frutic** 2011; 33:13-28

SOUZA et al. Secador solar de baixo custo com unidades de aquecimento formadas por garrafas PETS. **9º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica – CIBIM.** Las Palmas de Gran Canaria, Espanha, 2009.

SOUZA, L.G. M. Secador Solar a Baixo Custo para Frutas Tropicais. **Congresso Nacional de Engenharia Mecânica.** Belém-Pará, 2004.

SOUZA, L.G.M.; MOTA, M.K.F.; COSTA, J.B.S.; BARBOSA, J.R.P.; BATISTA, S.S.; LIMA, F.A.S. Secagem de alimentos utilizando secador solar de exposição direta confeccionado com sucatas de luminária. **VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica.** Campina Grande – Paraíba – Brasil, 2010.

TRAVA FECHO PEGA LADRÃO. Disponível em: <http://vamosconstruir.com/seguranca/fecho-pega-ladrao>. Acesso em 05/01/2018.

TRAVA MAGNÉTICA. Disponível em: https://www.banggood.com/pt/3kg-Pull-Magnetic-Latch-Catches-Touch-Hasp-Padlock-for-Door-Wardrobe-Drawer-Kitchen-Cabinet-p-1004628.html?cur_warehouse=CN. Acesso: 05/01/2018

TRAVA TIPO TRANQUETA. Disponível em: <http://www.cec.com.br/fechadura-e-seguranca/fecho/trinco/tranqueta-para-porta-cromado-303-zc/s?produto=1034149>. Acesso: 05/01/2018

TRIBESS, T. **Processo de obtenção de farinha de banana verde com alto conteúdo de amido resistente**. Tese (doutorado em Engenharia Química). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 2009.

VASCONCELOS, B.M. **Gênero, tecnologia e Economia Solidária: reflexões a partir da experiência de uma associação de mulheres rurais**. Dissertação (mestrado em Política Científica Tecnológica). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo (SP), 2011.

ZENEBO, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. **Métodos físico químicos para análises de alimentos**, 4^a Ed., Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 2008.