

IDELFONSO GENERÔZO DA SILVA



**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SECADORES SOLAR E  
ELÉTRICO NA DESIDRATAÇÃO DE BANANAS NO ESTADO DO ACRE**

RIO BRANCO

2010

IDELFONSO GENERÔZO DA SILVA

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SECADORES SOLAR E ELÉTRICO NA DESIDRATAÇÃO DE BANANAS NO ESTADO DO ACRE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Luzenira de Souza  
Co-orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra

RIO BRANCO

2010

© SILVA, I. G. da, 2010.

SILVA, Idelfonso Generôzo da. **Viabilidade técnica econômica de secadores solar e elétrico na desidratação de bananas no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: UFAC, 2010. 108 f.

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC.**

S586e

Silva, Idelfonso Generôzo da, 1963 -  
Viabilidade técnica e econômica de secadores solar e elétrico na desidratação de bananas no Estado do Acre / Idelfonso Generôzo da Silva --- Rio Branco: UFAC, 2010.  
108 f: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Luzenira de Souza.

Co-orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra.

Inclui bibliografia

1. Desidratação de frutas. 2. Energia solar. 3. Farinha de banana verde. 4. Alimentos – manufatura. I. Título.

CDD: 338.1

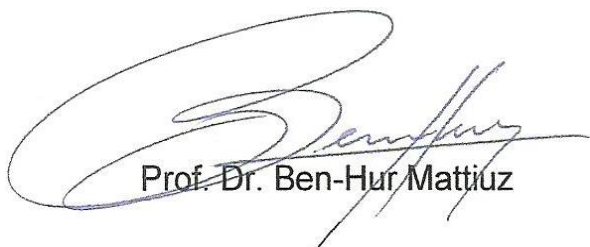
CDU: 664

IDELFONSO GENERÔZO DA SILVA

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SECADORES SOLAR E ELÉTRICO NA DESIDRATAÇÃO DE BANANAS NO ESTADO DO ACRE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

APROVADO em 13 de julho de 2010.



Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz

UNESP



Prof. Dr. Reginado Ferreira da Silva

SEAPROF



Prof. Dra. Maria Luzenira de Souza

UFAC  
Orientadora

RIO BRANCO

2010

À minha esposa Madalena de Abreu Melo Silva  
e aos meus filhos João Pedro e Marcos Paulo  
por terem preenchido o nosso lar  
com harmonia, amor, carinho  
e crescimento mútuo  
Dedico

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo sopro Divino e sua benção, e aos meus pais, Pedro Jorge da Silva e Maria Generosa da Silva, pelos primeiros ensinamentos.

À Profa. Dra. Maria Luzenira de Souza (Orientadora) e ao Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra (Co-orientador) pelas orientações, disponibilidade, colaboração, atenção e amizade demonstrada no desenvolvimento desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Sebastião Elviro de Araújo Neto pelas sugestões quanto à análise de viabilidade econômica para implantação de agroindústrias rurais de base familiar.

Ao Prof. Mestre José Carlos da Silva Oliveira pela colaboração na instalação de aparelho higrômetro de medição da umidade relativa do ar por meio da temperatura do termômetro de bulbo seco e úmido.

À Universidade Federal do Acre, especialmente ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportuna e contínua formação acadêmica.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Agronomia pela troca de experiências e conhecimentos construídos em suas disciplinas.

Aos membros da banca examinadora pela análise crítica deste trabalho bem como pelas valiosas sugestões apresentadas.

Aos técnicos, Rui Sant'Ana de Menezes, Cydia Furtado de Menezes e Francisco da Silva Rebouças do Laboratório da UTAL/UFAC, pelo auxílio durante as análises físico-químicas e microbiológicas. Aos marceneiros José Maria Maia Martins, José Peixoto e Manoel Martins de Almeida e aos serralheiros Francisco de Souza Lima e Elias Batista de Lima da UFAC pelo apoio durante a construção dos secadores solar.

À Embrapa Acre na pessoa da Pesquisadora Joana Maria Leite de Souza pelo apoio no laboratório durante a determinação da atividade de água das amostras de farinha de banana verde.

À minha esposa, filhos e demais familiares, pela compreensão, estímulo, paciência e amor, dedicados durante toda a realização do Curso.

Aos amigos de curso pelos momentos de alegria e experiências compartilhadas.

Ao Governo do Estado do Acre, por meio da Secretaria de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar pela liberação para participar do Curso de Pós-Graduação em Agronomia.

Ao Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FDCT/FUNTAC pelo auxílio financeiro ao projeto de pesquisa e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo apoio na aquisição de reagentes químicos e material para análise físico-química e microbiológica em laboratório.

Ao Dr. Reginaldo Ferreira da Silva pelo incentivo e motivação.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que fosse possível a realização da pesquisa, elaboração da dissertação e a conclusão deste curso.

## RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica de desidratadores de banana verde cultivar Terra para a obtenção de farinha. Para avaliar a viabilidade técnica dos desidratadores instalou-se um experimento na Unidade de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, Acre, no delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro blocos. Os tratamentos foram constituídos de um secador elétrico (controle) e quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação: telha de fibrocimento; telha de fibrocimento e chapa de ferro; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada; manta térmica e chapa de ferro. Foram registradas as temperaturas e as umidades relativa do ar atingidas no interior de cada equipamento e o tempo de secagem das fatias de banana. Avaliou-se também o rendimento da farinha de banana, suas características físico-químicas e microbiológicas. Verificou-se que todos os secadores solar, exceto o que utilizou apenas telha de fibrocimento como superfície absorvedora, apresentaram eficiência térmica equivalente ao secador elétrico. Observou-se também que os secadores solar providos com telhas de alumínio e manta térmica com chapa de ferro permitiram obter farinha de banana com maior valor protéico do que o elétrico. Obtiveram-se rendimentos de farinha de 26,21% a partir da penca e de 24% a partir do cacho. Os resultados indicaram que os secadores solar providos com chapas metálicas são adequados para processar farinha de banana com qualidade e segurança alimentar e que esta quando obtida com o uso de secadores solar apresenta características físico-químicas de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira. Os resultados da avaliação econômica mostraram que o empreendimento que utiliza energia elétrica para desidratação e processamento da farinha de banana verde apresenta maior investimento fixo, elevado custo de produção e menor receita líquida que o que utiliza energia solar. O custo com a implantação do secador a energia solar é recuperado sob a forma de lucro, em menor tempo que o elétrico. Os secadores solar apresentam viabilidade econômica para o processamento de farinha de banana verde nas condições de Rio Branco, Acre e agregam valor à banana do subgrupo Terra produzida no Estado.

Palavras-chave: Desidratação de frutas. Energia solar. Farinha de banana verde.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the technical and economic viability of five dehydrators of green banana cultivar Terra to obtain flour, being four solar and one using electrical energy (control). To evaluate the technical viability of the dryers an experiment was installed in the Unit of Food Technology from the Federal University of Acre, in Rio Branco, Acre, in a randomized block design with five treatments and four blocks. As the radiation-absorbing surfaces of the solar dryers were used the tile of fiber cement, the tile of fiber cement and iron plate, the tile of fiber cement and tile of wavy aluminum and the thermal blanket and iron plate. Were recorded the temperatures and the air relative humidities achieved inside of each equipment and the drying time of the banana slices. Was also evaluated the yield of the banana flour, its physicochemical and microbiological characteristics. It was verified that all solar dryers, except the one that used only tile of fiber cement as absorbing surface, presented equivalent thermal efficiency to the electric dryer. It was also noted that solar dryers filled with aluminum tiles and thermal blanket with iron plate allowed the obtaining of banana flour with higher protein value than the electric one. Were obtained yields of flour of 26,21% from the cluster and of 24% from the bunch. The results have indicated that the solar dryers filled with metal plates are suitable to process banana flour with quality and food safety and that, when obtained with the use of solar dryers, shows physicochemical characteristics according with the patterns established by the Brazilian legislation. The results of the economic evaluation showed that the enterprise that uses electrical energy for dehydration and processing of green banana flour has higher fixed investment, elevated production cost and lower net revenue than the one that uses solar energy. The cost with the deployment of the solar dryer is recovered in the form of profit in less time than the electric. The solar dryers present economic viability for the processing of green banana flour in the conditions of Rio Branco, Acre, and add value to the banana from the subgroup Terra produced in the State.

**Keywords:** Dehydration of fruits. Solar energy. Green banana flour.



## LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1 – Investimento fixo para implantação de duas agroindústrias de base familiar com capacidade para produção de 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde utilizando no processo de beneficiamento das frutas, secadores à energia solar e elétrica..... 74
- QUADRO 2 – Custo variável anual necessário para implantação de duas agroindústrias de base familiar com capacidade para produção de 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde utilizando no processo de beneficiamento das frutas, secadores à energia solar e elétrica..... 76
- QUADRO 3 – Custo fixo anual necessário para implantação de duas agroindústrias de base familiar com capacidade para produção de 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde utilizando no processo de beneficiamento das frutas, secadores à energia solar e elétrica..... 77

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Visão frontal dos secadores solar e elétrico.....	32
FIGURA 2 – Visão lateral dos secadores solar.....	33
FIGURA 3 – Visão frontal (A) e lateral (B) da cabine de secagem.....	34
FIGURA 4 – Visão frontal (A) e lateral (B) do cavalete pequeno.....	35
FIGURA 5 – Visão frontal (A) e lateral (B) do cavalete médio.....	35
FIGURA 6 – Visão frontal (A) e lateral (B) do cavalete grande.....	35
FIGURA 7 – Fluxograma para a obtenção da farinha de banana verde.....	37

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	Temperatura e umidade relativa do ar obtidas no interior de estufa elétrica (EE) e de quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009 <sup>1</sup> .....	47
TABELA 2 –	Água evaporada, produto desidratado, atividade de água e tempo de secagem de fatias de banana verde cv. Terra, obtidas em estufa elétrica (EE) e quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009 <sup>1</sup> .....	50
TABELA 3 –	Dessorção das fatias de banana verde cv. Terra em estufa elétrica (EE) com circulação e renovação de ar forçada em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.....	51
TABELA 4 –	Dessorção da banana verde cv. Terra fatiada em secador solar com telha de fibrocimento (T) como superfície absorvedora de radiação em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.....	53
TABELA 5 –	Dessorção da banana verde cv. Terra fatiada em secador solar com telha de fibrocimento e chapa de ferro (TF) como superfície absorvedora de radiação em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.....	54
TABELA 6 –	Dessorção da banana verde cv. Terra fatiada em secador solar com telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada (TA) como superfície absorvedora de radiação em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.....	56
TABELA 7 –	Dessorção da banana verde cv. Terra fatiada em secador solar com manta térmica e chapa de ferro (MF) como superfície absorvedora de radiação em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009.....	57

- TABELA 8 – Massas de cachos e pencas para cálculo de rendimento e obtenção de 1 kg da farinha de banana verde cv. Terra, em estufa elétrica com circulação e renovação de ar forçada à temperatura de 65 °C, por 7,5 horas até as fatias obterem 8% de umidade..... 58
- TABELA 9 – Composição centesimal e valor calórico da farinha de banana verde cv. Terra, obtidas em estufa elétrica (EE) e quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009<sup>1</sup>..... 60
- TABELA 10 – pH e acidez da farinha de banana verde cv. Terra, obtidas em estufa elétrica (EE) e quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009<sup>1</sup> 62
- TABELA 11 – Análises microbiológicas das amostras de farinha de banana verde cv. Terra, obtidas em estufa elétrica (EE) e em quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009<sup>1</sup>..... 63
- TABELA 12 – Investimento inicial para implantação de agroindústrias de pequeno porte de base familiar com capacidade para 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde com opções na escolha da energia térmica para o processo de secagem das frutas a energia solar ou elétrica..... 86
- TABELA 13 – Investimento fixo para implantação de duas agroindústrias de base familiar com capacidade para produção de 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde, utilizando no processo de beneficiamento das frutas oito secadores solar plano de convecção natural e uma estufa elétrica com circulação e renovação de ar forçada com potência de 6.000 W..... 88
- TABELA 14 – Porcentagem de participação dos custos fixos e variáveis no custo unitário médio de produção da farinha de banana verde em duas agroindústrias de base familiar com capacidade para 40 kg dia<sup>-1</sup> utilizando no processo de beneficiamento das frutas um secador elétrico (estufa elétrica) e secador solar plano de convecção natural (coletor solar com telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada como superfície absorvedora)..... 89

TABELA 15 – Fluxo de caixa no período de cinco anos para um empreendimento com secador solar e outro com energia elétrica e a respectiva taxa interna de retorno <sup>1</sup> .....	94
TABELA 16 – Fluxo de caixa no período de cinco anos para um empreendimento com secador solar e outro com energia elétrica e o respectivo valor presente líquido <sup>1</sup> .....	95

## LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A – Custo de construção de secadores solar e aquisição de uma estufa elétrica com renovação e circulação de ar forçada..... 105
- APÊNDICE B – Desempenho do secador elétrico (EE) e dos quatro secadores solar planos de convecção natural (T, TF, TA e MF) quanto à variação de temperatura e umidade relativa do ar em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009..... 106
- APÊNDICE C – Análise de variância da temperatura do ar (TA) e umidade relativa do ar (URA) no interior dos equipamentos utilizados em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009..... 107
- APÊNDICE D – Análise de variância da água evaporada (AE), produto desidratado (PD), atividade de água (Aa) e tempo de secagem (TS) da farinha de banana verde de experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009..... 107
- APÊNDICE E – Análise de variância da composição centesimal e o valor calórico da farinha de banana verde cv. Terra de experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009..... 108
- APÊNDICE F – Análise de variância do pH e acidez da farinha de banana verde de experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009..... 107

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
2.1 SECADORES DE ALIMENTOS .....	17
2.2 SECADOR SOLAR .....	17
2.3 DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS .....	19
2.4 MERCADO DE PRODUTOS DESIDRATADOS .....	21
2.5 INDICADORES ECONÔMICOS .....	22
2.6 PRODUÇÃO DE BANANA .....	23
2.7 VALOR NUTRICIONAL .....	24
2.8 FARINHA DE BANANA .....	24
<b>3 CAPÍTULO I</b> .....	26
<b>VIABILIDADE TÉCNICA DE SECADORES SOLAR E ELÉTRICO NA DESIDRATAÇÃO DE BANANAS: CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA FARINHA DE BANANA VERDE</b> .....	26
RESUMO .....	27
ABSTRACT .....	28
3.1 INTRODUÇÃO .....	29
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	30
3.2.1 Delineamento experimental .....	30
3.2.2 Caracterização dos tratamentos .....	30
3.2.3 Monitoramento e controle do experimento.....	36
3.2.4 Caracterização da banana verde .....	36
3.2.5 Obtenção da farinha de banana verde .....	37
3.2.6 Rendimento da farinha de banana verde .....	42
3.2.7 Composição centesimal da farinha de banana verde .....	42
3.2.8 Valor calórico da farinha de banana verde .....	44
3.2.9 Caracterização físico-química da farinha de banana verde .....	44
3.2.10 Caracterização microbiológica da farinha de banana verde .....	45
3.2.11 Variáveis avaliadas e análise estatística .....	46

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
3.3.1 Dinâmica da desidratação da banana verde fatiada nos secadores .....	49
3.3.1.1 Estufa elétrica .....	50
3.3.1.2 Telha de fibrocimento .....	52
3.3.1.3 Telha de fibrocimento e chapa de ferro.....	52
3.3.1.4 Telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada.....	55
3.3.1.5 Manta térmica e chapa de ferro .....	55
3.3.2 Rendimento da farinha de banana verde .....	58
3.3.3 Composição centesimal e valor calórico da farinha de banana verde .....	59
3.3.4 Caracterização físico-química da farinha de banana verde .....	62
3.3.5 Caracterização microbiológica da farinha de banana verde .....	63
3.4 CONCLUSÕES .....	64
REFERÊNCIAS .....	65
<b>4 CAPÍTULO II</b> .....	<b>70</b>
<b>INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA PRODUÇÃO DE FARINHA DE BANANA VERDE EM AGROINDÚSTRIAS UTILIZANDO SECADOR ELÉTRICO E SOLAR</b> .....	<b>70</b>
RESUMO .....	71
ABSTRACT .....	72
4.1 INTRODUÇÃO .....	73
4.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	74
4.2.1 Investimento fixo .....	74
4.2.2 Estimativa do custo total de produção .....	75
4.2.3 Custo variável .....	75
4.2.4 Capital de giro .....	77
4.2.5 Custo fixo .....	77
4.2.6 Depreciação.....	78
4.2.7 Custo total.....	79
4.2.8 Receita total.....	79
4.2.9 Custo unitário.....	79
4.2.10 Estimativa de rentabilidade .....	80
4.2.11 Relação benefício custo.....	80
4.2.12 Receita líquida.....	81



4.2.13 Margem de lucro.....	81
4.2.14 Remuneração da mão-de-obra familiar.....	82
4.2.15 Rentabilidade.....	82
4.2.16 Ponto de nivelamento.....	83
4.2.17 Tempo de retorno.....	84
4.2.18 Taxa interna de retorno.....	84
4.2.19 Valor presente líquido.....	85
4.2.20 Análise econômica simplificada .....	85
4.2.21 Indicadores de viabilidade econômica .....	85
<b>4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>86</b>
4.3.1 Investimento inicial .....	86
4.3.2 Investimento fixo .....	87
4.3.3 Receita total .....	88
4.3.4 Custo fixo .....	88
4.3.5 Custo variável .....	90
4.3.6 Custo total e custo unitário.....	90
4.3.7 Relação benefício custo .....	91
4.3.8 Receita líquida .....	91
4.3.9 Margem de lucro .....	91
4.3.10 Remuneração da mão-de-obra familiar .....	92
4.3.11 Rentabilidade .....	92
4.3.12 Ponto de nivelamento .....	93
4.3.13 Tempo de retorno .....	93
4.3.14 Taxa interna de retorno .....	93
4.3.15 Valor presente líquido .....	95
<b>4.4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>97</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>104</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos cem anos verificou-se significativo avanço na industrialização e o, conseqüente, aumento da queima dos combustíveis fósseis que ainda se constituem na principal fonte de energia, especialmente para os motores de combustão, trazendo consigo a emissão de quantidades consideráveis de CO<sub>2</sub> na atmosfera que, além do efeito poluidor ao meio ambiente, contribui com o agravamento do efeito estufa e aumento do aquecimento global.

A implantação de agroindústrias de desidratação de frutas atende a um mercado em amplo crescimento uma vez que os desidratados, além de possuírem maior valor agregado do que os produtos *in natura* apresentam, também, a possibilidade de maior tempo de conservação, menor custo de transporte pela redução de massa, conveniência no consumo e aproveitamento integral. No processo de desidratação podem ser utilizados secadores elétricos, à lenha, de derivados fósseis e solares. Porém, a maioria das agroindústrias de frutas desidratadas utiliza a energia elétrica como principal recurso térmico para promover a secagem dos produtos que, além do alto custo econômico relacionado ao equipamento (estufa elétrica) e ao gasto de energia, também o custo ambiental pelo prejuízo que o uso desta fonte energética pode trazer ao ambiente mesmo quando derivada de hidrelétrica.

O secador solar, ao contrário do elétrico, usa energia térmica renovável e de baixo custo na desidratação das frutas. Além disso, a energia solar é considerada como fonte limpa visto que não libera resíduos na atmosfera.

O uso da energia solar em substituição à elétrica na desidratação de frutas em empreendimentos agroindustriais pode ter conseqüências favoráveis tanto em termos econômicos e ambientais quanto de inclusão social, pois permite maior participação de pequenos produtores no processamento industrial de frutas.

No caso da desidratação da banana para a obtenção de farinha o uso de secador solar é uma alternativa mais acessível e de menor custo em relação ao secador elétrico. Entretanto, neste caso, o secador solar deve ter eficiência térmica equivalente ao elétrico (energia elétrica).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência técnica de secadores solar de banana e a viabilidade econômica de duas agroindústrias de pequeno porte com a mesma capacidade instalada, voltadas para agricultura de base familiar para produção de farinha de banana verde, sendo uma com secadores de frutas à energia solar e a outra com uso de energia elétrica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A desidratação constitui-se na principal forma de conservação de alimentos. Este processo além de manter as características do produto natural, dificulta o crescimento de microorganismos que podem promover a deterioração da fruta. Com a redução da umidade, reduz-se os custos de transporte e embalagem, necessita-se de menor área para armazenamento do produto, além de agregar valor à matéria-prima local em benefício dos empreendimentos agroindustriais (MATOS, 2007).

### 2.1 SECADORES DE ALIMENTOS

Existem vários modelos de desidratadores disponíveis no mercado. Porém a escolha de um determinado tipo é determinada pela natureza do produto a ser desidratado, pela forma que se deseja dar ao produto processado e pelo capital disponível. Entre os mais avançados sistemas de secagem destacam-se o “drum drying”, que utiliza cilindros rotativos secadores; o “freeze drying” ou liofilização; o “spray drying” ou secagem por atomização, além de outras técnicas mais sofisticadas, dispendiosas e direcionadas quase exclusivamente à produção em grande escala e a alimentos específicos (CRUZ, 1990).

Os secadores podem ser classificados conforme a sua fonte de aquecimento em solar, artificial e híbrido. Para cada fonte de aquecimento a movimentação do ar pode ser feita por tiragem natural, forçada ou mista podendo o produto ser mantido em posição estática ou em movimento contínuo (TRAVAGLINI et al., 1993).

### 2.2 SECADOR SOLAR

A energia solar que atinge o limite exterior da atmosfera terrestre tem intensidade de radiação de  $1.360 \text{ W m}^{-2}$  (constante solar). Desta, somente 47%, em

média, chega até a superfície da terra, provocando aumento de temperatura e, em seguida, irradia-se novamente para o espaço (LARCHER, 2004).

Um parâmetro básico que surge quando se trabalha com energia solar é a constante solar que, por definição, é a energia proveniente do sol e que incide, na unidade de tempo, sobre uma superfície de área unitária, perpendicular aos raios solares e situada no espaço na distância média entre a terra e o sol (SANTOS, 1980).

Embora constitua um parâmetro importante, a constante solar não possui valor prático devido às barreiras que a radiação está sujeita durante sua trajetória até atingir a superfície terrestre, sendo que a distância entre a terra e o sol é de aproximadamente  $1,5 \times 10^8 \text{ km} \pm 1,7\%$  e também as variações devido à absorção da energia solar por moléculas de  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{CO}_2$  e refletida devida as partículas de poeira, vapor d'água e nuvens presentes na atmosfera (ALTEMANI, 1976).

O potencial de aproveitamento da energia solar de uma determinada região é determinado, principalmente, em função de sua localização no globo terrestre. O Brasil encontra-se em uma região entre os trópicos de Câncer e Capricórnio e próxima à linha do Equador, privilegiando-se dos elevados índices solarimétricos que são determinantes para o crescente aproveitamento do aquecimento solar (BAPTISTA, 2006).

O método mais difundido de secagem é o que utiliza ciclo de calor aberto, onde a massa de ar quente passa pelo produto úmido e a energia adicionada ao sistema é transferida para a água contida no produto, fazendo com que a mesma evapore. Nesse contexto, o ar terá sempre dupla função: levar calor até o alimento e absorver, imediatamente, o vapor d'água que se desprende do produto. O ar carregado de umidade é descartado para o meio ambiente. O desempenho do ciclo depende das condições atmosféricas e da eficiência térmica dos secadores (CRUZ, 1990; SANTOS, 1980).

O coletor solar constitui o dispositivo principal nos sistemas de aquecimento do ar. A operação deste equipamento é simples. A energia solar que incide sobre o coletor é parcialmente absorvida por uma superfície pintada de preto. Uma parte da energia absorvida é transferida por condução a massa de ar no interior do coletor e a outra parte poderá ser perdida para o ambiente se o mesmo não tiver um isolante térmico (MIC/STI, 1978).

O aproveitamento eficiente da radiação solar por um coletor depende da sua inclinação, o seu posicionamento e a utilização de materiais apropriados de modo a favorecer o efeito estufa no interior do mesmo. O efeito estufa é o responsável pela

elevação da temperatura, quando se utiliza uma superfície absorvedora negra no interior do coletor e uma cobertura transparente de modo que a radiação térmica tenha seu comprimento de onda modificado no interior do coletor, sendo absorvida e emitida sucessivamente (PEREIRA et al., 2000).

O maior ganho de calor nos coletores solar ocorre entre às 11h e 14h, devido à projeção dos raios de sol perpendicular a superfície da chapa absorvedora (NAGAOKA et al., 2005).

Altemani (1976), em trabalho de pesquisa com coletores solar planos de convecção natural providos com chapas absorvedoras metálicas nas condições climáticas (insolação média de  $805 \text{ W m}^{-2}$ ) do município de Campinas - SP nos meses de outubro e novembro de 1975, observou que quando variou a distância de 3 a 12 cm (intervalos regulares de 1 cm em cada observação) entre a chapa absorvedora da radiação solar e a cobertura de vidro do coletor, ocorria o aumento da vazão da massa de ar e a conseqüente diminuição da temperatura na saída do coletor. Quanto menor era o espaço entre a superfície absorvedora e a cobertura do secador solar maior era a temperatura interna da massa de ar no equipamento e a conseqüente diminuição da vazão da energia térmica, pois a área de troca de calor (superfície absorvedora) era a mesma para o volume reduzido da massa de ar.

Souza et al. (2007) obtiveram eficiência na perda de massa de 85% no processo de secagem de polpa de tomate por exposição direta e circulação de ar natural durante 10 horas utilizando coletor solar com  $4,6 \text{ m}^2$  de superfície, construído de concreto e com umidade relativa do ar média de 65% e radiação solar global em torno de  $700 \text{ W m}^{-2}$ .

Os coletores solar planos de convecção natural para aquecimento de água para fins domésticos contribuem com 10% do consumo residencial de energia térmica com 2 milhões de  $\text{m}^2$  instalados nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste (FRAIDENRAICH, 2005).

### 2.3 DESIDRATAÇÃO DE ALIMENTOS

Tanto a desidratação quanto a secagem referem-se a um sistema de remoção de água por intermédio de um processo que, de modo geral, segue regras bastante

simples. Em resumo, o aumento da temperatura do produto a ser desidratado força a evaporação da água, enquanto a circulação do ar seco remove a umidade evaporada, sendo que o equilíbrio entre temperatura, circulação da massa de ar e umidade relativa define, de maneira geral, esse fenômeno (CRUZ, 1990).

O ar é o meio mais empregado na desidratação de alimentos pois possibilita a condução de calor e a remoção da umidade contida nos produtos (SANTOS, 1980). Quando o ar aquecido é deslocado por convecção natural passando entre as malhas das bandejas com o alimento, a massa de ar quente é transferida para sua superfície e o calor latente de vaporização provoca a retirada de sua umidade (TRAVAGLINI et al., 1993).

A secagem dos alimentos normalmente é realizada em condições ambientais, sem o uso de equipamentos. A desidratação geralmente ocorre sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar que promovem a eliminação da umidade dos alimentos por meio de equipamentos (SPOTO, 2006).

A desidratação é definida como a aplicação de calor, sob condições controladas, para remover parte da água normalmente presente em um alimento, por evaporação. Quando o ar aquecido é soprado sobre o alimento, o calor é transferido para sua superfície e o calor latente de vaporização provoca a retirada de sua umidade (SPOTO, 2006; TRAVAGLINI et al., 1993).

O processo de secagem ou desidratação de frutas, baseado na retirada de água livre, consiste em uma das técnicas mais antigas de conservação de alimentos. A remoção d'água é um fator importante para inibir o crescimento de microrganismos e várias reações químicas e bioquímicas, permitindo melhor conservação dos alimentos na temperatura ambiente, minimizando a suscetibilidade à deterioração. Portanto, a umidade final é estabelecida com o propósito de obter um produto estável, sem desconsiderar a qualidade sensorial, que determina a aceitação do produto pelo consumidor (STRINGHETA et al., 2003).

Inicialmente, a desidratação ocorre por evaporação da umidade da superfície. Em seguida, envolve a difusão da água do interior do alimento para a superfície. A água se movimenta por forças capilares, pela difusão dos líquidos, provocada por diferenças na concentração de solutos nas diferentes regiões do alimento e pela diferença da pressão de vapor d'água nos tecidos (SPOTO, 2006).

O alimento exposto ao ambiente com umidade relativa definida irá ganhar ou perder umidade até atingir o ponto de equilíbrio. Portanto, um alimento com umidade

maior que a umidade relativa do ambiente terá sua pressão de vapor diminuída até que atinja a pressão de vapor do meio em que se encontra (SANTOS, 1980; SPOTO, 2006).

A estabilidade biológica de um produto depende de seu teor de umidade, o qual também pode ser caracterizado por uma grandeza denominada de atividade de água do produto ( $A_a$ ) que é definida, para uma dada temperatura, pela seguinte equação:  $A_a = P/P_o$  (onde  $P$ : pressão de vapor d'água do produto;  $P_o$ : pressão de vapor d'água pura).

A atividade de água de qualquer produto é sempre inferior a 1 e no estado de equilíbrio existe uma igualdade entre a umidade relativa do ar e a atividade de água do produto, tal que garanta nas condições de estocagem (temperatura e umidade relativa do ar) a integridade biológica do produto (TRAVAGLINI et al., 1993).

A água é um componente intrínseco aos alimentos e, ao mesmo tempo, responsável por criar um ambiente propício ao desenvolvimento e ao crescimento de microrganismos. O decréscimo no teor de água livre dos alimentos eleva a pressão osmótica e retarda a proliferação de microrganismos, bem como a atividade enzimática desencadeadora de uma série de desordens nos alimentos (CRUZ, 1990; SPOTO, 2006).

## 2.4 MERCADO DE PRODUTOS DESIDRATADOS

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

O Brasil ainda apresenta pequena participação na exportação de frutas desidratadas, mesmo dispondo de uma produção de 38 milhões de toneladas anuais de frutas *in natura*. O volume mundial exportado de frutas desidratadas em 2004 foi de 376.532 toneladas, enquanto que a exportação brasileira não ultrapassou 30

toneladas. O principal exportador foi a China, com 8,5% da produção, o equivalente a 32.000 toneladas de frutas desidratadas, seguida do Afeganistão (3,4%), Espanha (2,9%), Indonésia (2,8%), Alemanha (2,4%) e Índia (2,3%) (FAO, 2010).

## 2.5 INDICADORES ECONÔMICOS

A produção de frutas desidratadas no Brasil ainda é pequena e praticada de forma artesanal ou semi-industrial, com ampla possibilidade de expansão do mercado interno para o produto com a implantação de empreendimentos com maior nível tecnológico. Portanto, é necessário modernizar técnicas que reduzam custos, aumentem a produtividade, agreguem valores aos produtos agrícolas e promovam o desenvolvimento das unidades produtivas no meio rural (MELONI, 1998).

Os principais indicadores econômicos considerados pelos agentes financeiros são o ponto de nivelamento (PN) de cada empreendimento, o tempo de recuperação do capital (TR), a taxa interna de retorno (TIR) e o valor presente líquido (VPL) (SILVA; FERNANDES, 2003).

O ponto de nivelamento (PN) indica o volume de produção ou nível de utilização dos recursos produtivos e a capacidade instalada, em que as receitas se igualam aos custos totais de produção (EMBRAPA; SEBRAE, 2003).

O tempo de retorno (TR), também conhecido como pay-back econômico, é a relação entre o valor do investimento e o fluxo de caixa do projeto. O tempo de retorno indica em quanto tempo ocorre à recuperação do investimento.

A taxa interna de retorno (TIR) depende exclusivamente do fluxo de caixa do projeto, que é considerado viável se esta for maior que a taxa mínima de atratividade (TMA). A vantagem deste indicador é o fato de não ser necessário conhecer com exatidão a TMA, bastando que seja inferior à TIR, para conferir atratividade ao projeto (SILVA; FERNANDES, 2003).

O valor presente líquido (VPL) de um projeto é definido como a soma algébrica dos valores do fluxo de caixa a ele associado, atualizados a uma adequada taxa de desconto, a qual deve corresponder ao custo de oportunidade do capital. O investimento será considerado viável se o VPL for positivo. Neste caso, considerada à taxa de desconto, os benefícios serão maiores que os custos (EMBRAPA; SEBRAE, 2003).



## 2.6 PRODUÇÃO DE BANANA

A bananeira (*Musa* spp.) é uma das espécies frutíferas mais cultivadas nos países tropicais, estando seu fruto entre o de maior consumo no mundo. O Brasil é o quarto maior produtor mundial sendo sua produção média de 7.098.350 t somente superada pela Índia (23.204.800 t), China (8.038.385 t) e Filipinas (7.484.073 t). Entre os estados produtores brasileiros a Bahia (1.407.741 t) destaca-se com a maior produção nacional (FAO, 2010; IBGE, 2010).

Segundo dados da Embrapa (2010) a área colhida com a cultura da banana no Brasil em 2008 foi de 513 mil hectares, com produção de 7,09 milhões de toneladas e rendimento médio de 13,64 t. ha<sup>-1</sup>. Considerando a participação das regiões na produção brasileira destacou-se o Nordeste (40,78%) seguido pelo Sudeste (30,15%), Sul (13,47%), Norte (12,31%) e Centro-Oeste (3,28%). Entre os principais estados que se destacaram incluem-se Bahia (20,26%), São Paulo (17,51%), Santa Catarina (8,23%), Pará (7,94%) e Minas Gerais (7,66%). De acordo com Vieira (2009) estima-se para a safra nacional 2008/09 que a área colhida foi de 511,3 mil hectares, com produção de 7,13 milhões de toneladas e rendimento médio de 13,98 t. ha<sup>-1</sup>. Esse quadro positivo de crescimento da produção foi possível graças ao aumento de área das lavouras, principalmente dos estados da Bahia, São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte.

O estado do Pará se destaca como principal produtor de banana da Região Norte, com 52% da área colhida, nesta região na safra de 2008, seguido pelo Amazonas (17%), Acre (12%), Rondônia (7%), Roraima (5%), Tocantins (5%) e Amapá (2%). No entanto, o estado do Acre ocupa o 2º lugar com 11% da quantidade de banana produzida na região, ultrapassando o estado do Amazonas no mesmo ano. Em 2008 o cultivo da banana no Acre se destacou pela sua importância sócio-econômica, pois a área colhida representava 10.146 ha, com a produção de 94.964 toneladas e o rendimento médio de 9,36 t. ha<sup>-1</sup> ano, com valor da produção da ordem de R\$ 16,93 milhões, sendo a mesorregião do Vale do Acre a principal produtora com 73.706 toneladas, representando 77,62% da produção estadual (IBGE, 2010).

## 2.7 VALOR NUTRICIONAL

A banana é composta basicamente de água, proteínas e carboidratos, rica em potássio, além de vários outros componentes químicos tais como fósforo, cálcio, ferro, cobre, zinco, iodo, manganês e cobalto, em menor teor (LIMA et al., 2000).

Segundo Tokunaga (2000) a banana madura *in natura* apresenta a seguinte composição química centesimal: umidade (78 g 100 g<sup>-1</sup>), matéria seca 7,12 (g 100 g<sup>-1</sup>), carboidratos (6,42 g 100 g<sup>-1</sup>), extrato etéreo (71 mg 100 g<sup>-1</sup>), fibra (136 mg 100 g<sup>-1</sup>), proteína (371 mg 100 g<sup>-1</sup>), cinzas (121mg 100 g<sup>-1</sup>), vitamina C (6,91 mg 100 g<sup>-1</sup>), beta-caroteno (0,60 µg 100 g<sup>-1</sup>), calorias (27,84 cal 100 g<sup>-1</sup>), pH (5,00), P (7,19 mg 100 g<sup>-1</sup>), K (52,19 mg 100 g<sup>-1</sup>), Ca (4,16 mg 100 g<sup>-1</sup>), Mg (3,40 mg 100 g<sup>-1</sup>), Cu (0,10 mg 100 g<sup>-1</sup>), Fe (0,16 mg 100 g<sup>-1</sup>), Mn (0,02 mg 100 g<sup>-1</sup>), Zn (0,08 mg 100 g<sup>-1</sup>), B (0,03 mg 100 g<sup>-1</sup>), SS (30,2 °Brix).

## 2.8 FARINHA DE BANANA

A farinha de banana verde contém 7,55 g 100 g<sup>-1</sup> de umidade, proteínas (4,54 g 100 g<sup>-1</sup>), lipídios (1,89 g 100 g<sup>-1</sup>), cinzas (2,62 g 100 g<sup>-1</sup>), amido (73,28 g 100 g<sup>-1</sup>), e traços de açúcares redutores e não redutores. A farinha de banana pode contribuir como fonte energética e na prevenção de carências nutricionais pela presença em sua composição de vitamina C (40 mg 100 g<sup>-1</sup>) e minerais como K (1180 mg 100 g<sup>-1</sup>), P (100 mg 100 g<sup>-1</sup>), Ca (130 mg 100 g<sup>-1</sup>), Mg (70 mg 100 g<sup>-1</sup>), S (100 mg 100 g<sup>-1</sup>), N (530 mg 100 g<sup>-1</sup>), B (0,1 mg 100 g<sup>-1</sup>), Mn (4,60 mg 100 g<sup>-1</sup>), Cu (5,50 mg 100 g<sup>-1</sup>), Zn (533,20 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Fe (17,80 mg 100 g<sup>-1</sup>) (BORGES et al., 2009; FASOLIN et al., 2007).

Conceição et al. (2008), em experimento com elaboração de farinha de banana, encontraram valores médios de umidade (7,78%), proteína bruta (1,93%), extrato etéreo (0,67%), carboidratos (85,97%) e valor energético total de 361,63 kcal 100 g<sup>-1</sup>.

A banana verde é normalmente consumida após cozimento, sendo uma importante fonte de amido (amido resistente), e de diversos outros nutrientes e as seguintes vitaminas: vitamina B (B1 e B6), β-caroteno (pró-vitamina A) e vitamina C, existindo assim bom potencial para utilização da banana ainda verde. Além disso, a banana verde e conseqüentemente seus subprodutos têm sido objeto de estudo de

inúmeras pesquisas, pelas suas propriedades funcionais, contribuindo para o controle e redução do risco de doenças. O amido resistente encontrado também na farinha de banana verde parece estar relacionado à manutenção da saúde e à prevenção de doenças crônicas como o câncer e doenças do cólon, diabetes tipo 2, dislipidemias, doenças coronarianas e obesidade, mostrando-se como um importante alimento funcional (BORGES, 2003; CARDENETTE, 2006; RAMOS et al., 2009).

A doença celíaca é conhecida pela impossibilidade que algumas pessoas têm de ingerir alimentos que contenham glúten. A doença causa atrofia das vilosidades da mucosa do intestino delgado, causando prejuízo na absorção dos nutrientes, vitaminas, sais minerais e água. O glúten é uma proteína encontrada na semente de diversos cereais, entre eles o trigo, a cevada, a aveia e o centeio. O único tratamento para os portadores da doença celíaca é a total restrição do glúten da dieta, o que se torna relativamente complicado pela difícil adaptação aos produtos modificados, mas principalmente pela dificuldade de encontrar produtos isentos de glúten no mercado (ZANDONADI, 2009). Portanto, a autora destaca que o desenvolvimento de massa sem glúten, à base de farinha de banana verde pura ou associada, pode ampliar a oferta de produtos para portadores de doença celíaca e auxiliar na promoção de qualidade de vida.

## **CAPÍTULO I**

### **VIABILIDADE TÉCNICA DE SECADORES SOLAR E ELÉTRICO NA DESIDRATAÇÃO DE BANANAS: CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA FARINHA DE BANANA VERDE**

## RESUMO

A desidratação constitui-se numa forma simples de conservação de alimentos. Este processo além de concentrar e preservar os componentes do produto natural, dificulta o crescimento de microorganismos que podem promover a deterioração da fruta. Este trabalho avaliou o desempenho de quatro desidratadores de frutas a energia solar comparados com um secador à energia elétrica. Cada secador solar continha uma cabine de secagem e um coletor solar plano que utiliza massa de ar quente por convecção natural para desidratação de produtos agrícolas. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro blocos. O experimento foi conduzido na Unidade de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Acre com o objetivo de avaliar a eficiência térmica de um secador elétrico e quatro secadores solar utilizados na desidratação de fatias de banana verde cultivar Terra para obtenção de farinha. Como superfícies absorvedoras de radiação dos secadores solar utilizou-se a telha de fibrocimento, a telha de fibrocimento e chapa de ferro, a telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada e a manta térmica e chapa de ferro. Foram registradas as temperaturas (°C) e as umidades relativa do ar (%) atingidas no interior de cada equipamento e o tempo de secagem (h) das fatias de banana. Avaliou-se também o rendimento (%) da farinha de banana verde e suas características físico-químicas e microbiológicas. Verificou-se que todos os secadores solar, providos com chapas metálicas no interior de seus coletores, apresentaram eficiência térmica equivalente ao secador elétrico. Observou-se também que os secadores solar providos com telhas de alumínio e manta térmica com chapa de ferro permitiram obter farinha de banana com maior valor protéico do que o secador elétrico. Obtiveram-se rendimentos de farinha de 26,2% a partir da penca e de 24% a partir do cacho. Os resultados indicaram que os secadores solar providos com chapas metálicas são adequados para processar farinha de banana verde com qualidade e segurança alimentar e que esta quando obtida com o uso de secadores solar apresenta características físico-químicas de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira.

Palavras-chave: Energia renovável. Desidratação de frutas. Valor nutricional.

## ABSTRACT

Dehydration constitutes a simple form of food conservation. This process, besides concentrating and preserving the components of the natural product, makes difficult the growth of microorganisms that can promote the deterioration of the fruit. This study evaluated the performance of four solar fruit dehydrators compared to an electric dryer. Each solar dryer contained a drying cabin and a flat solar collector that uses hot air mass by natural convection for dehydration of agricultural products. It was used the experimental design in randomized blocks with five treatments and four blocks. The experiment was conducted at the Unit of Food Technology from the Federal University of Acre, in order to evaluate the thermal efficiency of an electric dryer and four solar dryers used in the dehydration of slices from green banana cultivar Terra to obtain flour. As the radiation-absorbing surfaces of the solar dryers were used the tile of fiber cement, the tile of fiber cement and iron plate, the tile of fiber cement and tile of wavy aluminum and the thermal blanket and iron plate. Were recorded the temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ) and the air relative humidities (%) achieved inside of each equipment and the drying time (h) of the banana slices. Was also evaluated the yield (%) of green banana flour and its physicochemical and microbiological characteristics. It was verified that all solar dryers filled with metal plates inside their collectors presented equivalent thermal efficiency to the electric dryer. It was also noted that the solar dryers filled with aluminum tiles and thermal blanket with iron plate allowed the obtaining of banana flour with higher protein value than the electric dryer. Were obtained yields of flour of 26,21% from the cluster and of 24% from the bunch. The results have indicated that the solar dryers filled with metal plates are suitable to process green banana flour with quality and food safety and that when obtained with the use of solar dryers, shows physicochemical characteristics according with the patterns established by the Brazilian legislation.

**Keywords:** Renewable energy. Dehydration of fruits. Nutritional value.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A desidratação é um método de secagem de produtos de origem animal e vegetal que consiste na retirada da água ou redução de umidade por meio de calor produzido de forma natural (energia solar) ou convencional (energia elétrica).

Como a desidratação reduz a atividade de água do produto e minimiza a possibilidade de crescimento de microrganismos no mesmo e, conseqüentemente, diminui a probabilidade de sua deterioração. Portanto, com o uso da desidratação pode-se conservar alimentos e prolongar sua vida de prateleira. Além disso, a desidratação permite agregar valor aos produtos e reduzir custos relacionados a seu transporte e embalagem, pois diminui a massa dos mesmos.

Para que o processo de desidratação ocorra de forma eficiente deve-se ter controle rigoroso das condições de temperatura, umidade relativa do ar e de circulação e renovação da massa de ar quente.

No processo de desidratação podem ser utilizados secadores elétricos, à lenha, de derivados fósseis e solares. Destes destacam-se os secadores solares uma vez que a radiação solar, além de ser renovável e de baixo custo, é considerada como fonte de energia limpa visto que não libera resíduos na atmosfera.

No caso da desidratação da banana para a obtenção de farinha o uso de secador solar pode se constituir em alternativa mais acessível e de menor custo em relação ao secador convencional. Entretanto, neste caso o secador solar deve ter eficiência térmica equivalente ao convencional (energia elétrica). A confirmação da eficiência térmica do secador solar de frutas pode contribuir com o desenvolvimento e implantação de uma tecnologia adequada ao perfil econômico de pequenos produtores além da possibilidade de agregar valor à produção agrícola de modo sustentável.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência térmica de um secador convencional e quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras da radiação incidente para o aquecimento de ar por convecção natural na desidratação e produção de farinha de banana verde em Rio Branco, Acre.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida durante os meses de setembro a outubro de 2009 nas áreas de campo e de laboratório da Unidade de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Acre, localizada em Rio Branco - Acre e situada a 9° 56' 49,3" S e 67° 52' 8,8" W, com altitude de 195 m.

### 3.2.1 Delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro blocos. Os tratamentos foram constituídos por um secador elétrico (EE - estufa elétrica com renovação e circulação de ar) como controle e quatro secadores equipados com coletores solar plano compostos pelas respectivas superfícies absorvedoras da radiação incidente: T - telha de fibrocimento; TA - telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada; TF - telha de fibrocimento e chapa de ferro; MF - manta térmica e chapa de ferro.

### 3.2.2 Caracterização dos tratamentos

Como tratamento controle utilizou-se uma estufa elétrica (EE) com aquecimento, renovação e circulação do ar forçada a  $1 \text{ m s}^{-1}$  com potência de 6.000 watts, provida de 18 bandejas de aço inox (90 x 67 cm) com capacidade para 90 kg de frutas por batelada (FIGURAS 1 e 2).

Os quatro secadores solar foram constituídos por coletores planos com superfícies absorvedoras suspensas para aquecimento e convecção natural da massa de ar.

No primeiro coletor solar (T) a superfície absorvedora foi constituída por uma telha de fibrocimento com 6 m de comprimento, 0,90 m de largura e 8 mm de



espessura, com área de absorção da radiação solar de  $5,4 \text{ m}^2$ , pintada a superfície superior com tinta preta fosca, sem isolamento térmico (FIGURAS 1 e 2).

No segundo coletor solar (TF) a superfície absorvedora foi constituída por uma chapa plana de ferro (0,3 mm de espessura) pintada com tinta preta fosca, com área de absorção da radiação solar de  $5,4 \text{ m}^2$ , isolada na parte inferior com uma telha de fibrocimento com 6 m de comprimento, 0,90 m de largura e 8 mm de espessura (FIGURAS 1 e 2).

No terceiro coletor solar (TA) a superfície absorvedora foi constituída por uma telha de alumínio (0,3 mm de espessura) ondulada, com área de absorção de  $5,4 \text{ m}^2$ , pintada com tinta preta fosca, isolada com uma telha de fibrocimento com 6 m de comprimento, 0,90 m de largura e 8 mm de espessura (FIGURAS 1 e 2).

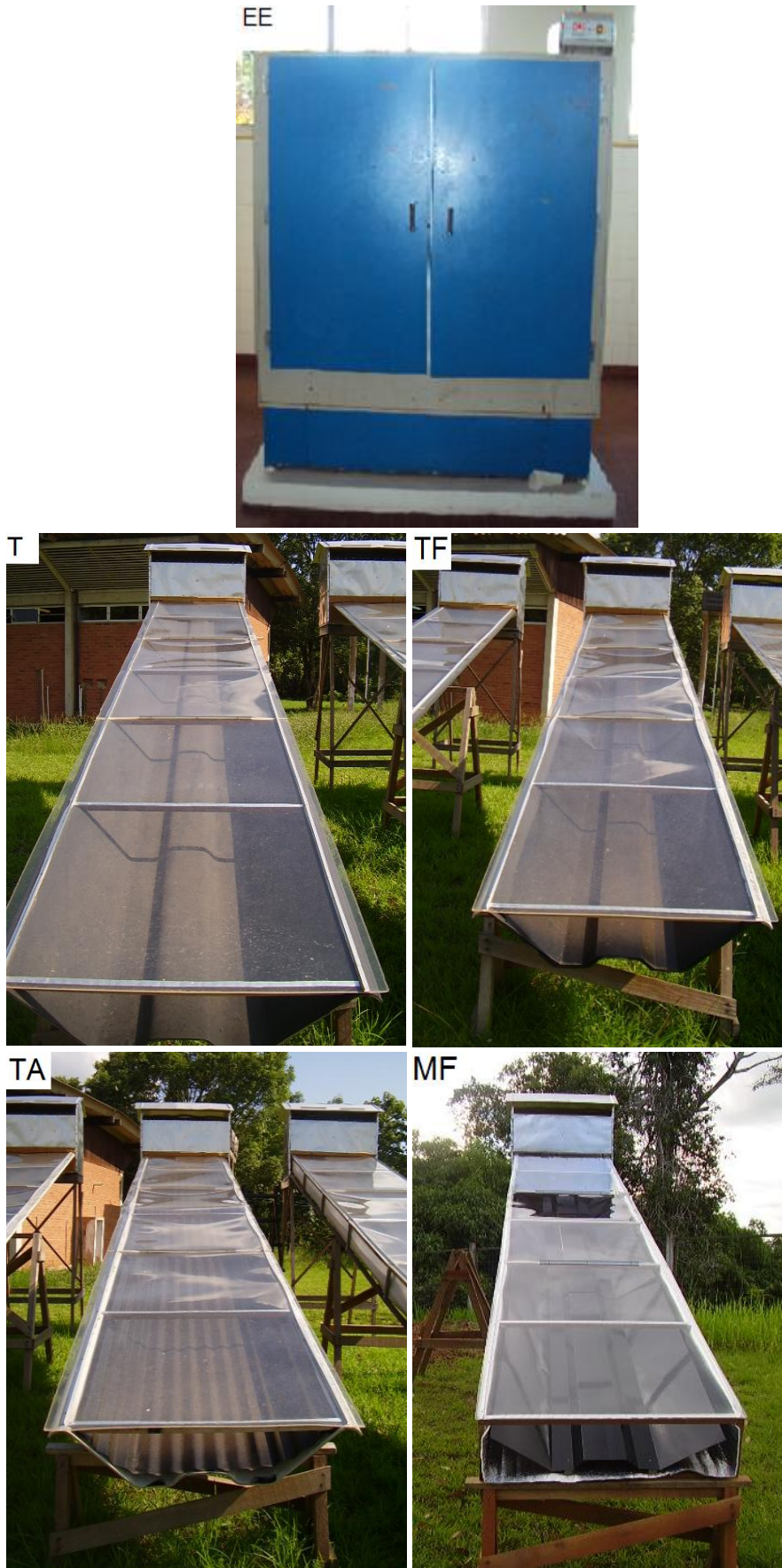


FIGURA 1 – Visão frontal dos secadores solar e elétrico.

No quarto coletor solar (MF) a superfície absorvedora foi constituída por uma chapa de ferro (0,3 mm de espessura) pintada com tinta preta fosca, com área de absorção de 5,4 m<sup>2</sup>, isolada na parte inferior e laterais por uma manta térmica com 5 mm de espessura (alumínio e poliuretano), conforme a FIGURAS 1 e 2.



FIGURA 2 – Visão lateral dos secadores solar.

Nos quatro coletores solar, utilizou-se cobertura de acrílico transparente com 2 mm de espessura, 6 m de comprimento, 0,90 m de largura; com uma abertura de 20 x 90 cm entre a superfície absorvedora e a cobertura para aquecimento da massa de ar por condução e convecção natural com acesso a cabine de secagem.

A cabine de secagem com capacidade para 24 kg de frutas por batelada (cada tiragem ou “fornada”) foi construída de madeira (110 cm de comprimento x 55 cm de largura x 89 cm de altura), revestida com chapas de alumínio e coberta com duas chapas de alumínio de 47 x 122 cm. Deixou-se uma abertura de 30 x 106 cm na lateral inferior para o encaixe do coletor solar, acesso do fluxo da massa de ar quente entre as bandejas e saída por duas aberturas superiores com 106 x 16 cm limitadas com telas de náilon para evitar a entrada de insetos (FIGURA 3).

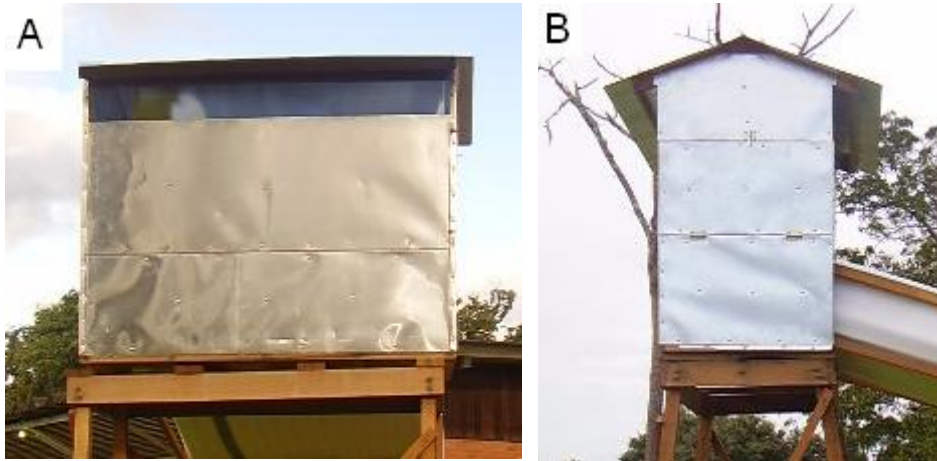


FIGURA 3 – Visão frontal (A) e lateral (B) da cabine de secagem.

Para permitir o abastecimento e remoção das bandejas foi construída uma porta (40 x 55 cm) numa de suas paredes laterais. No interior da cabine foram fixadas cantoneiras de alumínio (com 7 cm entre as mesmas) para a sustentação das bandejas com as frutas. As oito bandejas foram construídas com telas de aço galvanizado com 80 x 50 cm (15 x 15 mm de abertura da malha) com capacidade para 3 kg de frutas cada. As telas de aço galvanizado foram escolhidas por não absorverem umidade, além de apresentarem boa resistência e serem de fácil limpeza.

Na extremidade inferior dos coletores deixou-se uma abertura de 20 x 90 cm para entrada de ar do ambiente para o interior dos mesmos com fluxo natural da massa de ar quente, sem obstáculos, com passagem pela cabine de secagem.

Foram construídos três cavaletes de madeira que serviram de suporte para cada secador solar de acordo com as dimensões a seguir: cavalete grande - com 210 cm de altura, com abertura de 110 x 55 cm na parte superior e 110 x 110 cm na parte inferior; cavalete médio - com 135 cm de altura e abertura de 110 x 110 cm na parte inferior; cavalete pequeno - com 50 cm de altura e abertura de 45 x 110 cm na parte inferior (FIGURAS 4, 5 e 6).

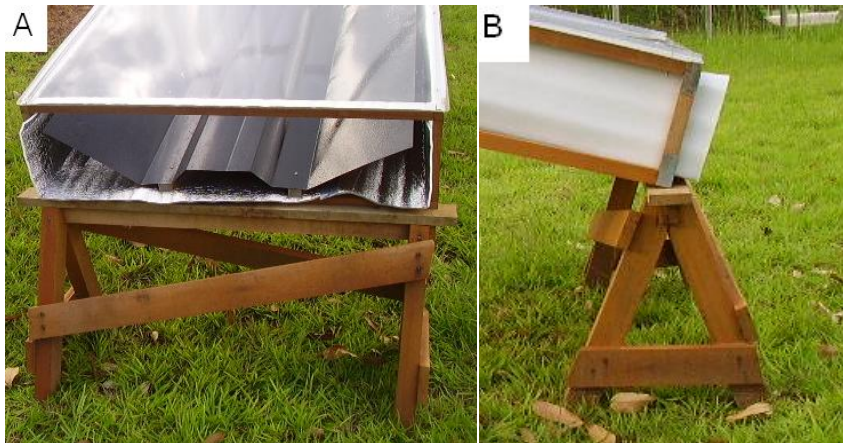


FIGURA 4 – Visão frontal (A) e lateral (B) do cavalete pequeno.

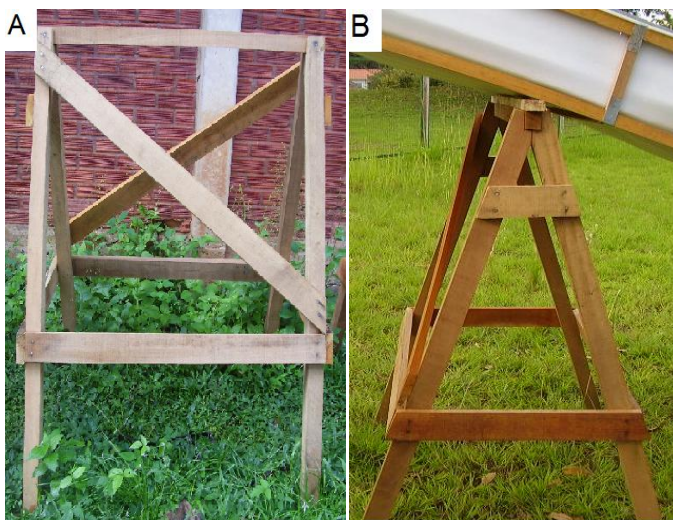


FIGURA 5 – Visão frontal (A) e lateral (B) do cavalete médio.



FIGURA 6 – Visão frontal (A) e lateral (B) do cavalete grande.

A superfície absorvedora da radiação incidente de cada coletor solar foi posicionada para a direção Norte Verdadeiro de modo que durante os meses de setembro a outubro o local onde foram instalados os secadores solar recebessem energia solar durante o período da manhã e da tarde. O ângulo de inclinação horizontal dos coletores com  $20^\circ$  favoreceu a incidência perpendicular dos raios de luz e aumentou a eficiência térmica dos mesmos. Segundo Hinrichs e Kleinbach (2003) a inclinação dos coletores deve ser de um ângulo igual ao da latitude local mais  $10^\circ$  para aumentar a eficiência térmica dos secadores solar.

O custo unitário referente a cada equipamento (secador) utilizado no experimento encontra-se no APÊNDICE A.

### 3.2.3 Monitoramento e controle do experimento

Os tratamentos foram monitorados e controlados durante o período mediante o uso dos seguintes equipamentos: medidor de umidade relativa do ar e temperatura - datalogger digital modelo HT-500, com escala de 0 a 100% UR e temperatura de 40 a 70 °C (com precisão  $\pm 3\%$  UR,  $\pm 0,5$  °C e resolução 0,1% UR, 0,1 °C), relógio termo-higrômetro digital modelo MT-241, aparelho higrômetro com termômetro de bulbo seco e úmido, e um relógio de pulso. Para a tomada das coordenadas geográficas e altitude do local do experimento utilizou-se um GPS com precisão numa faixa de 15 m em média. Para nivelar a base dos cavaletes e inclinar ( $20^\circ$ ) os coletores solar empregou-se o nível de mangueira e um transferidor graduado.

### 3.2.4 Caracterização da banana verde

O teor de matéria seca (%) da banana verde (*Musa* sp., subgrupo Terra) foi determinado em estufa de secagem e esterilização (marca TECNAL, modelo 315 SE) pelo método de desidratação a 105 °C até massa constante. O cálculo da massa de umidade (%) foi realizado por diferença de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

Os valores obtidos por meio da média de 20 amostras de banana verde descascada (*in natura*) conferem a mesma  $61,33 \pm 0,44$  g 100 g<sup>-1</sup> de umidade e  $38,67 \pm 0,44$  g 100 g<sup>-1</sup> de matéria seca.

### 3.2.5 Obtenção da farinha de banana verde

Foram adquiridos 10 cachos de banana verde (*Musa* sp., subgrupo Terra) no mercado Francisco Marinheiro no município de Rio Branco - AC. Para a obtenção da farinha de banana verde (FIGURA 7) procedeu-se conforme descrito nos itens “a” a “p”.

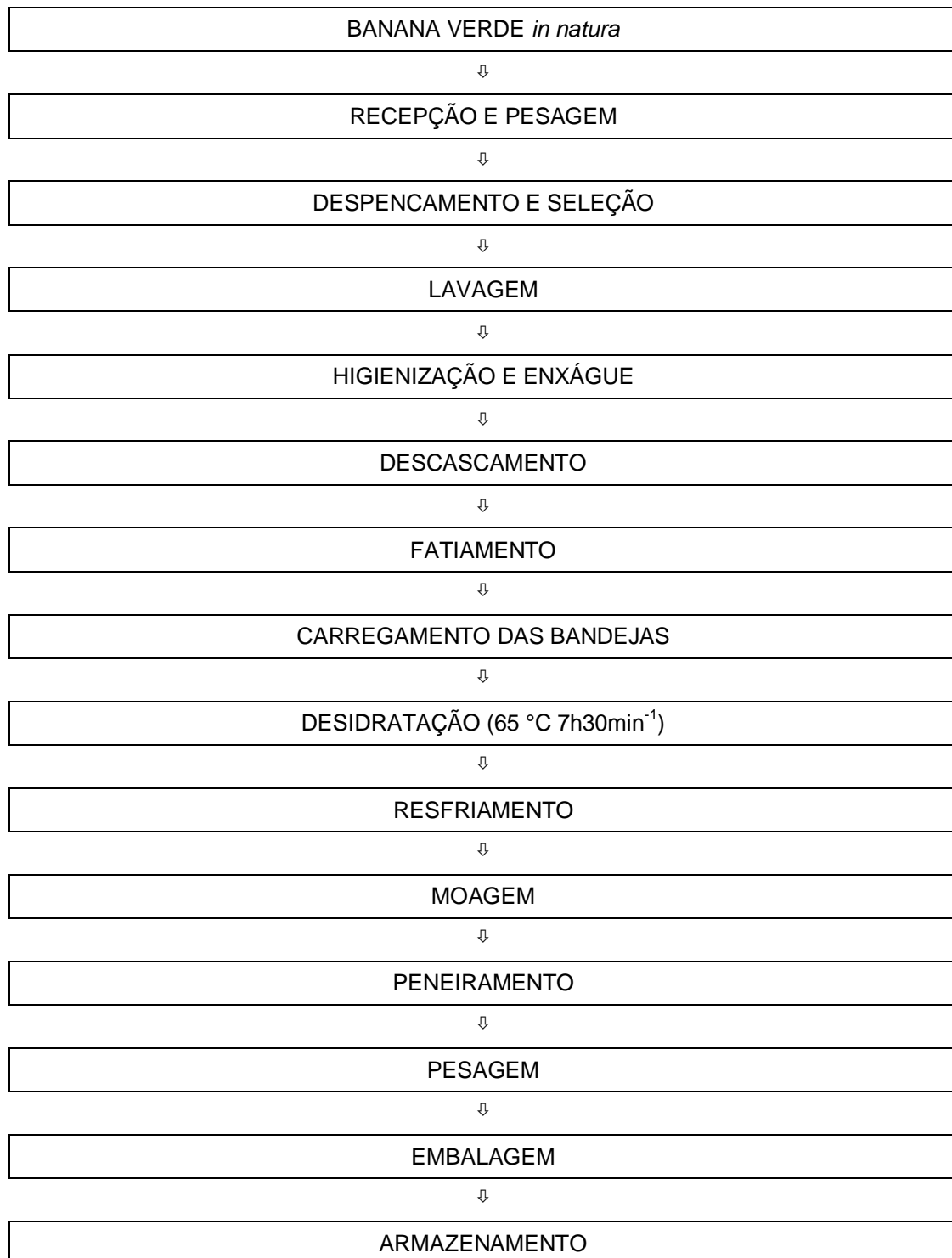


FIGURA 7 – Fluxograma para a obtenção da farinha de banana verde.

a) Banana verde *in natura*

Utilizou-se a banana verde (*Musa* sp., subgrupo Terra) por alcançar maior rendimento e os subprodutos de coloração clara característicos desta cultivar terem melhor aceitação.

b) Recepção e pesagem

Foram adquiridos 10 cachos de banana verde, e em seguida realizou-se a pesagem para posterior análise de rendimento.

c) Despencamento e seleção

O despencamento foi realizado com o auxílio de uma faca de aço inox e na mesma ocasião selecionaram-se os frutos firmes, com tamanho uniforme, sadios, sem defeitos.

d) Lavagem

Para efetuar a limpeza superficial das bananas estas foram lavadas em tanques de aço inox, com água corrente.

e) Higienização e enxágue

Após a primeira lavagem as bananas ficaram imersas em água clorada com  $150 \text{ mg L}^{-1}$  de hipoclorito de sódio por 15 minutos.



Para o preparo do volume (L) de água clorada a  $150 \text{ mg L}^{-1}$  de hipoclorito de sódio utilizando hipoclorito de sódio a 2,5% de cloro ativo, aplicou-se a fórmula adaptada de Brasil (2000):

$$V_{\text{NaOCl}} = (V_{\text{H}_2\text{O}} \times \text{mg L}^{-1}) / (10 \times C_i\%)$$

Onde:

$V_{\text{NaOCl}}$  – volume de hipoclorito de sódio (mL) a ser retirado da concentração inicial

$V_{\text{H}_2\text{O}}$  – volume final de água (L)

$\text{mg L}^{-1}$  – miligrama por litro (concentração final desejada de hipoclorito de sódio)

10 – constante da fórmula

$C_i\%$  – concentração inicial (%) da solução de hipoclorito de sódio

#### f) Descascamento

A retirada da casca foi realizada manualmente sobre uma mesa de tampo inox com o auxílio de uma faca de aço também inox por meio de riscos longitudinais apenas na profundidade da casca para facilitar o processo. O rendimento obtido foi de 62,77% de polpa.

#### g) Fatiamento

As bananas descascadas foram cortadas em pedaços com aproximadamente 6 cm de comprimento e em seguida processadas em fatiador manual de legumes, obtendo fatias uniformes, com dimensões de 9 mm x 9 mm x 6 cm. Este procedimento foi importante porque aumentou a superfície de contato das fatias de banana com a massa de ar quente no interior dos secadores e reduziu o tempo de desidratação.

#### h) Carregamento das bandejas

Depois de fatiadas as bananas foram distribuídas nas bandejas do secador (média de 3 kg por equipamento em cada batelada) de modo que as fatias ficassem em camadas finas e uniformes para facilitar a perda de umidade durante o processo de desidratação.

#### i) Desidratação

As bananas fatiadas destinadas ao secador elétrico (estufa com renovação e circulação de ar forçada) foram identificadas e submetidas à temperatura de 65 °C por 7,5 horas. As amostras designadas aos secadores solar necessitaram de dois dias de sol com média de temperatura do ar 61,42 °C e 13,61% de UR com um período de desidratação entre 14,5 horas e 17,5 horas.

A banana verde (*Musa* sp., subgrupo Terra) teve a média de 61,33 g 100 g<sup>-1</sup> de umidade inicial. Para cada 100 g de fatias de banana evaporou-se 58,10 g 100 g<sup>-1</sup> de umidade.

O tempo necessário para desidratação das amostras de banana verde foi cronometrado (de 30 em 30 minutos) em cada equipamento a partir do cálculo da massa final de cada amostra com base na fórmula adaptada de Almeida Júnior et al. (2003):  $M_f = M_i \cdot (100 - U_i) / (100 - U_f)$ .

Onde:

M<sub>f</sub> – massa líquida final para que o produto obtenha a umidade desejada

M<sub>i</sub> – massa líquida inicial da amostra

U<sub>i</sub> – umidade inicial (61,33% para banana verde, subgrupo Terra)

U<sub>f</sub> – umidade final desejada (8% para farinha de banana verde)

#### j) Resfriamento

Logo após a desidratação o resfriamento ocorreu de forma natural à temperatura ambiente por 20 minutos.

#### l) Moagem

As fatias de banana desidratadas foram moídas em processador de alimentos industrial (moinho de facas, marca Brameitar, modelo BM) obtendo-se a farinha de banana.

#### m) Peneiramento

O peneiramento da farinha de banana foi realizado com o auxílio de peneiras de aço inox com abertura de 0,5 mm para manter a uniformidade granulométrica.

#### n) Pesagem

As amostras da farinha de banana foram pesadas em balança eletrônica com capacidade para 15 kg (marca Filizola, modelo BCS, com precisão de 5 g).

#### o) Embalagem

As amostras de farinha de banana verde (identificadas) foram acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno de baixa densidade com capacidade para 1 kg e a selagem foi realizada com seladora termo-elétrica de pedal.

#### p) Armazenamento

As embalagens plásticas contendo as amostras de farinha de banana verde foram acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas à temperatura ambiente média de 27 °C em Rio branco - Acre.

#### 3.2.6 Rendimento da farinha de banana verde

Foram pesados dez cachos de banana verde (*Musa* sp., subgrupo Terra) logo após a recepção em balança eletrônica (marca Filizola, modelo BCS, precisão de 5 g) com capacidade para 15 kg e, durante as etapas de processamento para obtenção da farinha, pesou-se separadamente a ráquis, cascas, banana descascada e as fatias de banana desidratada. A água evaporada foi obtida por diferença e em seguida calculou-se o rendimento da farinha de banana verde.

#### 3.2.7 Composição centesimal da farinha de banana verde

A composição centesimal da farinha de banana verde foi determinada com base nos teores de umidade, lipídios, proteínas, fibras, cinzas e carboidratos, conforme descrito nos itens “a” a “f”.

##### a) umidade

A umidade foi determinada pelo método de perda de água por desidratação com emprego de calor, baseando-se na perda de massa das amostras de banana verde submetidas ao aquecimento em estufa elétrica (marca FANEM modelo 315 SE) de desidratação e esterilização a 105 °C até massa constante, segundo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

#### b) fibras

O teor de fibras foi determinado a partir da digestão de 2 g da amostra de farinha de banana desengordurada (base seca) em 70 mL da solução de ácido acético 70%, 2 g de ácido tricloroacético e 5 mL de ácido nítrico, sob refluxo por 30 minutos, resfriado, filtrado em cadinho com placa de porcelana porosa previamente tarado, lavado com água destilada, seco em estufa a 105 °C até massa constante e pesado em balança analítica de acordo com o método que determina o teor de fibras como carboidratos não hidrolisáveis com emprego de ácidos segundo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

#### c) cinzas

O resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado por incineração de 2 g da amostra (base seca) em forno mufla regulado a temperatura de 550 °C até massa constante e pesagem em balança de precisão conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

#### d) lipídios

O teor de lipídios da farinha de banana verde foi determinado segundo o método de extração por Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente orgânico, conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

#### e) proteínas

O teor de proteínas foi obtido pela determinação da porcentagem de nitrogênio total da amostra, segundo o método de Kjeldahl, de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985), transformada pelo fator de conversão 5,75 para proteína vegetal, conforme Resolução - RDC ANVISA/MS nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

#### f) carboidratos

Foi calculado pela diferença entre a matéria integral e a soma do conteúdo de umidade, proteínas, lipídios, fibras e cinzas sendo o resultado expresso em g 100 g<sup>-1</sup> em base seca, conforme Resolução - RDC ANVISA/MS nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

#### 3.2.8 Valor calórico da farinha de banana verde

O valor energético foi realizado com base na composição da farinha de banana, utilizando os fatores de conversão de Atwater: proteínas 4 kcal g<sup>-1</sup>, carboidratos 4 kcal g<sup>-1</sup> e lipídios 9 kcal g<sup>-1</sup>, conforme Resolução - RDC ANVISA/MS nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

#### 3.2.9 Caracterização físico-química da farinha de banana verde

Foram determinados os valores de pH, acidez titulável e atividade de água, conforme descrito nos itens “a” a “c”.

##### a) pH

A determinação do pH foi realizada com a inserção do eletrodo diretamente no becker contendo 10 gramas da amostra de farinha de banana homogeneizada em 100 mL de água destilada, conforme o método eletrométrico do Instituto Adolfo Lutz (1985), utilizando-se um potenciômetro digital (marca TECNAL, modelo TEC-3) devidamente calibrado.

#### b) acidez titulável

A acidez foi determinada a partir da diluição de 5 g da amostra da farinha de banana homogeneizada em balão de fundo chato com até 100 mL de álcool etílico em infusão por 24 horas, de acordo com o método álcool-solúvel do Instituto Adolfo Lutz (1985). Em seguida transferiu-se 25 mL da amostra filtrada para erlenmeyer de 125 mL e, com 3 gotas de fenolftaleína, titulou-se com ácido clorídrico a 0,1 N com fator conhecido, até atingir a coloração levemente rósea. Os resultados foram transformados em g de ácido málico  $100 \text{ g}^{-1}$  de farinha de banana verde.

#### c) atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada diretamente com o auxílio de higrômetro (marca  $\text{Pa}_w\text{Kit}$ ) à temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . É importante destacar que as amostras de farinha de banana verde já estavam com a uniformidade granulométrica adequada para a realização da medida.

### 3.2.10 Caracterização microbiológica da farinha de banana verde

A caracterização microbiológica das amostras da farinha de banana verde foi realizada segundo a metodologia descrita por Silva et al. (2007) para coliformes a  $45 \text{ }^\circ\text{C g}^{-1}$  (NMP  $\text{g}^{-1}$ ), bolores e leveduras (UFC  $\text{g}^{-1}$ ) sendo os resultados comparados com os padrões microbiológicos para alimentos conforme a Resolução RDC nº. 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

### 3.2.11 Variáveis avaliadas e análise estatística

Foram avaliadas as variáveis: temperaturas (°C) e a umidade relativa do ar (%) no interior de cada equipamento, o teor de água evaporada (%), produto desidratado (%), o tempo médio (h) necessário para secagem das fatias de banana, o teor de umidade (%), fibras (%), cinzas (%), lipídios (%), proteínas (%), carboidratos (%), o valor calórico, o pH, acidez titulável e a atividade de água (Aa) da farinha de banana verde.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando o teste F indicou existir diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos suas médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. Antes de efetuar-se a análise de variância verificou-se a normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (1965) e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett (1937).



### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação dos secadores solar e estufa elétrica estão apresentados na TABELA 1. Para a temperatura no interior dos equipamentos verificou-se diferenças significativas ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos sendo que o secador solar com apenas a telha de fibrocimento como superfície absorvedora, foi o que apresentou menor temperatura. Esta situação se verificou provavelmente pela perda de calor para o ambiente antes da passagem da massa de ar quente pela cabine de secagem pois a telha de fibrocimento não funcionou adequadamente como isolante térmico. Este resultado deve-se também, em parte, à menor capacidade térmica da telha de fibrocimento como superfície absorvedora da radiação solar.

O APÊNDICE B ilustra para um mesmo dia (8/9/2009) o desempenho comparativo dos secadores solar (T, TF, TA, MF) e convencional (EE) quanto à variação da temperatura e umidade relativa do ar no ambiente e no interior dos equipamentos.

TABELA 1 – Temperatura e umidade relativa do ar obtidas no interior de estufa elétrica (EE) e de quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009<sup>1</sup>

Tratamentos	Parâmetros de desidratação no interior dos equipamentos	
	Temperatura do ar (°C) <sup>2</sup>	Umidade relativa do ar (%)
EE	65,00 a <sup>3</sup>	11,00 b
T	53,70 b	17,98 a
TF	62,83 a	13,00 b
TA	65,03 a	12,13 b
MF	64,13 a	11,33 b

<sup>1</sup> Análise de variância apresentada no APÊNDICE C.

<sup>2</sup> Médias originais correspondentes a dados transformados em log x para atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos.

<sup>3</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

As temperaturas obtidas nos equipamentos dos referidos tratamentos alcançaram a média de 62,14 °C estando, portanto, na faixa (35 a 70 °C) de aquecimento requerida para secagem de alimentos (CRUZ, 1990). As frutas têm baixa condutividade térmica e esta torna-se menor à medida que o alimento é desidratado. Portanto as fatias de banana devem estar distribuídas em camadas finas e uniformes para aquecer rapidamente sem sofrer dano térmico (SPOTO, 2006).

Santos (2004) em trabalho de pesquisa com secador solar plano com leito de alvenaria e pedras (brita nº 1) obteve temperatura média de 50 °C durante a secagem de milho, sendo que o coletor possuía área de 1,8 m<sup>2</sup>, cobertura de vidro (com 5 mm de espessura) com espaço de 5 cm entre a mesma e o leito de pedras (armazenador de calor com 20 cm de espessura) e a superfície absorvedora do coletor solar estava orientada para o Norte Verdadeiro e ângulo de inclinação de 23° nas condições climáticas do município de Campinas - SP no mês de julho de 2003. Desse modo observa-se que os resultados encontrados neste trabalho estão acima do valor 50 °C reportado pelo autor acima citado. Portanto, confirma-se o bom desempenho térmico dos quatro secadores solar.

O teor de umidade de equilíbrio constitui um parâmetro importante na desidratação, manuseio, armazenamento e conservação de produtos agrícolas. Nesse aspecto verificou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) na umidade relativa do ar no interior dos equipamentos com destaque para o secador solar com telha de fibrocimento como superfície absorvedora. A maior umidade relativa do ar obtida neste tratamento deve-se ao fato deste ser desprovido das chapas metálicas (ferro, alumínio) como superfície absorvedora da energia solar e condutora de energia térmica, conferindo assim menor temperatura e a maior umidade relativa do ar do que os demais. Mesmo assim a umidade relativa do ar (17,98%) associada à temperatura (53,70 °C) obtida neste coletor solar foi capaz de promover a secagem da banana verde fatiada nas condições climáticas da região Amazônica.

Segundo Hinrichs e Kleinbach (2003) uma importante exigência para um sistema de aquecimento baseado na energia solar é que o material absorvedor seja capaz de armazenar energia para utilização posterior sendo seu calor específico o critério para seleção do meio de armazenamento. Materiais distintos absorvem diferentes quantidades de calor quando submetidos ao mesmo aumento de temperatura. O calor específico da água é 1,00 cal g<sup>-1</sup> °C, ar 0,24 cal g<sup>-1</sup> °C, alumínio 0,22 cal g<sup>-1</sup> °C e ferro 0,12 cal g<sup>-1</sup> °C. Isso significa que é necessário 1 caloria para

elevar em 1 °C a temperatura de 1 g de H<sub>2</sub>O. Quanto menor o calor específico de um material mais facilmente ele poderá sofrer variações em sua temperatura. Portanto, a água apresenta maior capacidade de armazenamento de energia térmica que o ferro. Porém, a chapa de ferro proporciona maior capacidade de calor que o alumínio e este, por sua vez, mais que o ar.

### 3.3.1 Dinâmica da desidratação da banana verde fatiada nos tratamentos

A Resolução RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005) adota o padrão máximo de 15% de umidade para produtos de frutas secas ou desidratados de frutas. No entanto Torres et al. (2005) adotaram 8% para umidade final da farinha de banana verde, provavelmente porque as farinhas são comercializadas em embalagens de polietileno de baixa densidade com vida de prateleira entre quatro a seis meses, o que não impede o transporte de massa de vapor d'água da atmosfera para os produtos até que a margem de segurança da atividade de água recomendada para a farinha de banana entre em equilíbrio durante este período.

As fatias de banana verde tiveram maiores percentagens de água evaporada nos tratamentos EE, TA e MF e menores em T e TF. Por outro lado, T e TF retiveram mais umidade que EE, TA e MF. Ambas as situações provavelmente ocorreram pela maior eficiência da estufa elétrica (EE) e dos secadores solar com manta térmica e chapa de ferro (MF) e telha de alumínio ondulada (TA) na elevação da temperatura e a redução da umidade relativa do ar no interior dos mesmos. A manta térmica serviu como isolante e evitou a perda de energia térmica adquirida pela chapa de ferro no interior do coletor solar e, a estufa elétrica (EE), por conter lã de vidro no interior de suas paredes, reteve o calor, o que não ocorreu com os tratamentos T e TF onde as telhas de fibrocimento provavelmente deixaram escapar parte do calor produzido pela radiação solar incidente sobre os referidos coletores (TABELA 2).

TABELA 2 – Água evaporada, produto desidratado, atividade de água e tempo de secagem de fatias de banana verde cv. Terra, obtidas em estufa elétrica (EE) e quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009<sup>1</sup>

Tratamentos (secadores)	Água evaporada <sup>2</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> )	Produto desidratado <sup>2</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> )	Atividade de água da farinha de banana	Tempo de secagem <sup>2</sup> (h)
EE	59,11 a <sup>3</sup>	40,89 b	0,23 d	7,50 c
T	56,70 b	43,30 a	0,53 a	17,25 a
TF	57,59 b	42,41 a	0,39 b	15,75 b
TA	58,11 a	41,89 b	0,33 c	16,13 b
MF	59,00 a	41,00 b	0,24 d	15,50 b

<sup>1</sup> Análise de variância apresentada no APÊNDICE D.

<sup>2</sup> Médias originais correspondentes a dados transformados em log x para atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos.

<sup>3</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A estufa elétrica (EE) e o secador solar com manta térmica e chapa de ferro (MF) apresentaram menor atividade de água que os outros tratamentos (TABELA 2). Esta situação ocorreu porque as temperaturas obtidas no interior da EE e do MF foram maiores que as obtidas nos outros equipamentos e a redução da umidade relativa do ar contribuiu para diminuir a atividade de água das amostras de farinha de banana verde dos referidos equipamentos. Entretanto, os baixos valores de atividade de água verificados nas amostras de farinha de banana verde de todos os equipamentos foram suficientes para evitar o crescimento de microrganismos e a consequente deterioração do produto.

### 3.3.1.1 Estufa elétrica

Na TABELA 3 apresentam-se os decréscimos dos teores de massa e umidade das fatias de banana verde em função do tempo de dessorção (com intervalo de pesagem a cada 30 minutos) e as respectivas variações de temperatura e umidade relativa do ar no interior do equipamento.

TABELA 3 – Dessorção das fatias de banana verde cv. Terra em estufa elétrica (EE) com circulação e renovação de ar forçada em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Hora	Temperatura <sup>(1)</sup> (°C)	URA <sup>(2)</sup> (%)	MBVF <sup>(3)</sup> (g)	UB <sup>(4)</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> )	MAa <sup>(5)</sup>
8:45	30,3	65,4	100,00	61,33	-
9:15	33,9	60,8	93,10	58,50	-
9:45	45,0	11,7	86,21	55,15	-
10:15	55,0	11,5	79,31	51,30	-
10:45	64,0	10,7	75,86	49,01	-
11:15	65,0	11,7	68,97	43,95	-
11:45	66,0	11,3	67,24	42,50	-
12:15	65,0	11,1	63,79	39,55	-
12:45	64,0	10,6	60,35	35,90	-
13:15	65,0	10,8	56,90	32,10	-
13:45	65,0	10,3	53,45	28,00	-
14:15	65,0	10,3	50,00	23,00	-
14:45	65,0	10,0	46,55	16,90	-
15:15	65,0	9,8	44,83	13,80	-
15:45	65,0	9,6	43,10	10,30	-
16:15	65,0	9,6	42,01	8,00	0,23

<sup>(1)</sup> Temperatura do ar no interior do equipamento

<sup>(2)</sup> Umidade relativa do ar no interior do equipamento

<sup>(3)</sup> Massa de banana verde fatiada

<sup>(4)</sup> Umidade das fatias de banana

<sup>(5)</sup> Média da atividade de água

Nota: Desidratação a 65 °C por 7,5 horas até a banana fatiada obter 8% de umidade.

Observa-se que no início do processo de desidratação a temperatura no interior da estufa elétrica se eleva a 65 °C mantendo-se estável e a umidade relativa do ar diminui rapidamente para valores inferiores a 11,7% após 2 horas, causando desta forma a dessorção das fatias de banana até o final do procedimento resultando em 42,01 g de banana desidratada, contendo 8% de umidade e média de 0,23 de atividade de água. Este resultado em estufa elétrica a 65 °C no tempo de 7,5 horas apresentou as características desejáveis para obtenção de farinha de banana verde com qualidade própria adequada, conforme estabelece a RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005).

### 3.3.1.2 Telha de fibrocimento

Os resultados de dessorção da banana verde fatiada em secador solar plano com telha de fibrocimento (T) como superfície absorvedora da radiação solar com circulação e renovação de ar por convecção natural são mostrados na TABELA 4. Durante a desidratação a temperatura do ar na saída do coletor variou de 28,5 °C a 56,3 °C, no tempo de 17,5 horas (dois dias de sol) com intervalos de leitura a cada 30 minutos. Observou-se ao longo do tempo de desidratação a perda de umidade, a redução da atividade de água, o decréscimo da massa de banana em função do aumento da temperatura e a diminuição da UR do ar no interior do equipamento. No final do processamento a massa final da banana foi de 41,59 g, com 7,02% de umidade e média de 0,53 de atividade de água. Este resultado também atende ao que estabelece a RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005 para fruta desidratada (BRASIL, 2005).

### 3.3.1.3 Telha de fibrocimento e chapa de ferro

Os resultados de dessorção da banana verde fatiada em secador solar plano com telha de fibrocimento e chapa de ferro (TF) como superfície absorvedora da radiação solar com circulação e renovação de ar por convecção natural são mostrados na TABELA 5. Durante a desidratação a temperatura do ar na saída do coletor variou de 29,4 °C a 65,6 °C, no tempo de 16,5 horas (dois dias de sol) com intervalos de leitura a cada 30 minutos. Observou-se ao longo do tempo de desidratação a perda de umidade, a redução da atividade de água, o decréscimo da massa de banana em função do aumento da temperatura e a diminuição da UR do ar no interior do equipamento. No final do processamento a massa final da banana foi de 41,96 g, com 7,84% de umidade e média de 0,39 de atividade de água. Este resultado também atende ao que estabelece a RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005 para fruta desidratada (BRASIL, 2005).

TABELA 4 – Dessorção da banana verde cv. Terra fatiada em secador solar com telha de fibrocimento (T) como superfície absorvedora de radiação em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Hora	Temperatura <sup>(1)</sup> (°C)	URA <sup>(2)</sup> (%)	MBVF <sup>(3)</sup> (g)	UB <sup>(4)</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> )	MAa <sup>(5)</sup>
8:45	32,9	48,9	100,00	61,33	-
9:15	37,2	40,2	98,41	60,71	-
9:45	40,2	36,6	96,19	59,80	-
10:15	43,4	30,4	93,65	58,71	-
10:45	45,6	26,9	90,48	57,26	-
11:15	46,9	23,4	88,89	56,50	-
11:45	48,5	24,2	85,71	54,88	-
12:15	50,1	20,7	82,54	53,15	-
12:45	50,7	20,4	79,37	51,28	-
13:15	51,6	19,6	77,78	50,28	-
13:45	53,6	18,0	76,19	49,25	-
14:15	54,5	15,7	74,60	48,16	-
14:45	56,3	14,7	71,43	45,86	-
15:15	55,0	14,8	69,84	44,63	-
15:45	53,0	15,3	68,25	43,34	-
16:15	48,5	19,8	66,67	42,00	-
16:45	41,3	29,9	65,71	41,15	-
7:15	28,9	68,6	64,76	40,29	-
7:45	28,5	71,0	63,49	39,09	-
8:15	30,6	64,1	62,22	37,85	-
8:45	34,6	53,6	60,95	36,56	-
9:15	38,6	43,6	59,68	35,20	-
9:45	42,1	36,4	58,73	34,16	-
10:15	43,5	35,2	57,14	32,32	-
10:45	45,6	31,1	55,56	30,40	-
11:15	46,9	29,1	53,97	28,35	-
11:45	48,8	24,7	52,70	26,62	-
12:15	49,9	23,9	51,43	24,81	-
12:45	49,3	22,1	50,16	22,91	-
13:15	51,8	20,9	48,89	20,90	-
13:45	52,0	20,5	47,62	18,80	-
14:15	51,7	20,4	46,35	16,57	-
14:45	50,9	20,8	45,40	14,82	-
15:15	50,5	20,7	44,44	12,98	-
15:45	49,5	22,7	43,49	11,08	-
16:15	46,6	26,2	42,54	9,10	-
16:45	43,4	30,2	41,59	7,02	0,53

(1) Temperatura do ar no interior do equipamento

(2) Umidade relativa do ar no interior do equipamento

(3) Massa de banana verde fatiada

(4) Umidade das fatias de banana

(5) Média da atividade de água

Nota 1: Temperatura de desidratação entre 28,5 °C a 56,3 °C por 17,5h até obter 8% de umidade.

Nota 2: Radiação solar incidente: 795 W m<sup>-2</sup> (8/9/2009) e 709 W m<sup>-2</sup> (9/9/2009).

TABELA 5 – Dessorção da banana verde cv. Terra fatiada em secador solar com telha de fibrocimento e chapa de ferro (TF) como superfície absorvedora de radiação em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Hora	Temperatura <sup>(1)</sup> (°C)	URA <sup>(2)</sup> (%)	MBVF <sup>(3)</sup> (g)	UB <sup>(4)</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> )	MAa <sup>(5)</sup>
8:45	31,0	48,7	100,00	61,33	-
9:15	36,0	36,8	98,04	60,56	-
9:45	40,5	30,5	96,08	59,75	-
10:15	44,5	24,0	93,33	58,57	-
10:45	48,8	19,5	90,20	57,13	-
11:15	52,4	16,5	88,24	56,18	-
11:45	55,5	14,5	86,28	55,18	-
12:15	56,9	13,8	82,35	53,04	-
12:45	58,6	13,4	80,39	51,90	-
13:15	61,2	11,5	78,43	50,70	-
13:45	62,4	11,7	76,47	49,43	-
14:15	58,8	12,7	74,51	48,10	-
14:45	61,6	12,0	72,55	46,70	-
15:15	63,5	10,7	70,59	45,22	-
15:45	65,6	9,9	68,63	43,65	-
16:15	63,2	10,6	66,67	42,00	-
16:45	57,3	13,3	64,71	40,24	-
7:15	29,4	68,3	63,53	39,13	-
7:45	31,3	65,4	63,49	39,09	-
8:15	35,2	54,4	62,35	37,98	-
8:45	38,6	44,3	60,78	36,38	-
9:15	41,6	40,0	59,22	34,70	-
9:45	45,0	35,9	57,65	32,92	-
10:15	47,6	31,7	56,08	31,05	-
10:45	51,9	25,2	54,90	29,56	-
11:15	54,3	20,7	54,12	28,55	-
11:45	58,2	17,5	53,33	27,49	-
12:15	60,2	16,2	52,94	26,96	-
12:45	57,6	17,2	51,37	24,72	-
13:15	61,7	14,9	49,80	22,35	-
13:45	61,9	13,3	48,24	19,84	-
14:15	56,0	16,8	46,67	17,14	-
14:45	59,4	14,9	45,10	14,26	-
15:15	59,5	14,5	43,53	11,17	-
15:45	58,5	14,7	41,96	7,84	0,39

(1) Temperatura do ar no interior do equipamento

(2) Umidade relativa do ar no interior do equipamento

(3) Massa de banana verde fatiada

(4) Umidade das fatias de banana

(5) Média da atividade de água

Nota 1: Temperatura de desidratação variando entre 29,4 °C a 65,6 °C por 16,5 horas até a banana fatiada obter 8% de umidade.

Nota 2: Radiação solar incidente: 795 W m<sup>-2</sup> (8/9/2009) e 709 W m<sup>-2</sup> (9/9/2009).



### 3.3.1.4 Telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada

Os resultados de dessorção da banana verde fatiada em secador solar plano com telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada (TA) como superfície absorvedora da radiação solar com circulação e renovação de ar por convecção natural são mostrados na TABELA 6. Durante a desidratação a temperatura do ar na saída do coletor variou de 28,7 °C a 65,2 °C, no tempo de 17 horas (dois dias de sol) com intervalos de leitura a cada 30 minutos. Observou-se ao longo do tempo de desidratação a perda de umidade, a redução da atividade de água, o decréscimo da massa de banana em função do aumento da temperatura e diminuição da UR do ar no interior do equipamento. No final do processamento a massa final da banana foi de 41,70 g, com 7,27% de umidade e a média de 0,33 de atividade de água. Este resultado também atende ao que estabelece a RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005 para fruta desidratada (BRASIL, 2005).

### 3.3.1.5 Manta térmica e chapa de ferro

Os resultados de dessorção da banana verde fatiada em secador solar plano com manta térmica e chapa de ferro (MF) como superfície absorvedora da radiação solar com circulação e renovação de ar por convecção natural são mostrados na TABELA 7. Durante a desidratação a temperatura do ar na saída do coletor variou de 27,8 °C a 66,3 °C, no tempo de 14,5 horas (dois dias de sol) com intervalos de leitura a cada 30 minutos. Observou-se ao longo do tempo de desidratação a perda de umidade, a redução da atividade de água, o decréscimo da massa de banana em função do aumento da temperatura e diminuição da UR do ar no interior do equipamento. No final do processamento a massa final de banana foi de 42,03 g, com 7,99% de umidade e a média de 0,24 de atividade de água. Este resultado também atende ao que estabelece a RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005 para fruta desidratada (BRASIL, 2005).

TABELA 6 – Dessorção da banana verde cv. Terra fatiada em secador solar com telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada (TA) como superfície absorvedora de radiação em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Hora	Temperatura <sup>(1)</sup> (°C)	URA <sup>(2)</sup> (%)	MBVF <sup>(3)</sup> (g)	UB <sup>(4)</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> )	MAa <sup>(5)</sup>
8:45	39,2	44,1	100,00	61,33	-
9:15	43,7	36,4	98,31	60,67	-
9:45	48,6	30,8	96,61	59,97	-
10:15	45,1	33,4	94,24	58,97	-
10:45	52,4	25,5	91,53	57,75	-
11:15	55,8	22,1	89,83	56,95	-
11:45	57,1	18,5	88,14	56,13	-
12:15	59,7	17,3	84,75	54,37	-
12:45	60,7	15,9	81,36	52,47	-
13:15	50,4	24,5	79,66	51,46	-
13:45	58,5	17,4	77,97	50,40	-
14:15	62,1	14,9	76,27	49,30	-
14:45	61,8	14,6	74,58	48,15	-
15:15	60,2	13,8	72,88	46,94	-
15:45	57,6	14,6	71,19	45,68	-
16:15	53,5	17,4	67,80	42,97	-
16:45	50,2	23,1	66,10	41,50	-
7:15	28,7	62,8	65,76	41,20	-
7:45	28,9	61,2	65,09	40,59	-
8:15	29,4	59,9	64,41	39,96	-
8:45	38,5	36,6	62,71	38,34	-
9:15	44,1	28,2	61,02	36,63	-
9:45	47,6	23,2	59,32	34,81	-
10:15	49,8	21,3	57,63	32,90	-
10:45	56,5	15,2	55,93	30,86	-
11:15	57,4	14,5	54,24	28,71	-
11:45	59,7	12,6	52,24	26,40	-
12:15	57,3	14,8	51,19	24,46	-
12:45	60,8	12,2	49,83	22,40	-
13:15	65,2	11,1	48,48	20,24	-
13:45	63,1	11,1	47,12	17,93	-
14:15	62,0	12,7	45,76	15,49	-
14:45	55,5	14,5	45,09	14,24	-
15:15	56,3	14,3	44,41	12,93	-
15:45	56,1	14,7	43,05	10,17	-
16:15	54,8	15,2	41,70	7,27	0,33

(1) Temperatura do ar no interior do equipamento

(2) Umidade relativa do ar no interior do equipamento

(3) Massa de banana verde fatiada

(4) Umidade das fatias de banana

(5) Média da atividade de água

Nota 1: Temperatura de desidratação variando entre 28,7 °C a 65,2 °C por 17 horas até a banana fatiada obter 8% de umidade.

Nota 2: Radiação solar incidente: 795 W m<sup>-2</sup> (8/9/2009) e 709 W m<sup>-2</sup> (9/9/2009).

TABELA 7 – Dessorção da banana verde cv. Terra fatiada em secador solar com manta térmica e chapa de ferro (MF) como superfície absorvedora de radiação em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Hora	Temperatura <sup>(1)</sup> (°C)	URA <sup>(2)</sup> (%)	MBVF <sup>(3)</sup> (g)	UB <sup>(4)</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> )	MAa <sup>(5)</sup>
8:45	32,2	60,9	100,00	61,33	-
9:15	46,0	31,0	95,65	59,57	-
9:45	49,9	24,9	94,20	58,95	-
10:15	53,0	21,8	92,17	58,05	-
10:45	54,6	19,6	89,86	56,97	-
11:15	56,0	18,9	85,51	54,78	-
11:45	56,4	18,2	82,61	53,19	-
12:15	61,1	13,9	79,71	51,49	-
12:45	61,4	14,8	76,81	49,66	-
13:15	64,0	12,8	71,02	45,55	-
13:45	64,0	13,2	68,12	43,23	-
14:15	66,3	12,0	65,22	40,71	-
14:45	64,9	12,5	63,77	39,36	-
15:15	62,7	12,4	62,32	37,95	-
15:45	60,7	13,7	60,87	36,47	-
16:15	56,2	15,9	59,42	34,92	-
16:45	52,6	17,3	58,55	33,95	-
7:15	29,7	58,9	57,68	32,96	-
7:45	27,8	69,1	56,52	31,58	-
8:15	31,9	59,5	55,36	30,15	-
8:45	38,5	39,1	54,20	28,65	-
9:15	44,6	30,7	53,04	27,09	-
9:45	47,9	26,6	52,17	25,88	-
10:15	52,6	20,4	50,73	23,77	-
10:45	55,6	17,0	49,28	21,53	-
11:15	56,9	15,6	47,83	19,15	-
11:45	59,1	15,2	46,96	17,65	-
12:15	61,5	13,8	45,80	15,57	-
12:45	59,7	14,2	44,93	13,93	-
13:15	61,2	13,1	43,48	11,06	-
13:45	63,1	11,8	42,03	7,99	0,24

(1) Temperatura do ar no interior do equipamento

(2) Umidade relativa do ar no interior do equipamento

(3) Massa de banana verde fatiada

(4) Umidade das fatias de banana

(5) Média da atividade de água

Nota 1: Temperatura de desidratação variando entre 27,8 °C a 66,3 °C por 14,5 horas até a banana fatiada obter 8% de umidade.

Nota 2: Radiação solar incidente: 795 W m<sup>-2</sup> (8/9/2009) e 709 W m<sup>-2</sup> (9/9/2009).

### 3.3.2 Rendimento da farinha de banana verde

Os resultados do balanço de massa para análise de rendimento da farinha de banana verde mostram as perdas durante as etapas de processamento (TABELA 8).

TABELA 8 – Massas de cachos e pencas para cálculo de rendimento e obtenção de 1 kg da farinha de banana verde cv. Terra, em estufa elétrica com circulação e renovação de ar forçada à temperatura de 65 °C, por 7,5 horas até as fatias obterem 8% de umidade

Parâmetros	Massa dos cachos		Massa das pencas	
	Relativa (%)	Absoluta (kg)	Relativa (%)	Absoluta (kg)
Banana inteira	100,00	4,17	100,00	3,82
Ráquis	8,44	0,35	-	-
Casca	34,09	1,42	37,23	1,42
Banana fatiada	57,47	2,40	62,77	2,40
Água evaporada	58,10	1,40	58,10	1,40
Banana desidratada	41,90	1,00	41,90	1,00
Rendimento	24,00	-	26,21	-

Para obter 1 kg de farinha de banana são necessários 3,82 kg de banana verde em pencas ou 4,17 kg de banana verde no cacho. A banana verde (*Musa* sp., subgrupo Terra) contém 62,77% de polpa. Durante a etapa de desidratação foram evaporados 58,10% de umidade. Observou-se também que em termos de rendimento para obtenção da farinha de banana verde, a matéria-prima em pencas constituiu o maior rendimento (26,21%) seguido pelos cachos (24,00%).

Borges et al. (2009) pesquisaram a farinha banana verde, cv. Prata, e obtiveram o rendimento de 14,59% a partir da banana *in natura* com casca, sendo esse valor inferior ao encontrado neste trabalho (26,21%) (TABELA 8). Entretanto, há de se considerar que neste trabalho utilizou-se a banana subgrupo Terra.

Fasolin et al. (2007), estudando banana verde sem casca (cv. Nanica), obtiveram o valor percentual de banana verde desidratada de 33,97% durante a produção de farinha sendo este inferior ao encontrado neste trabalho (41,90%) (TABELA 8).

### 3.3.3 Composição centesimal e valor calórico da farinha de banana verde

A composição centesimal (umidade, extrato etéreo, proteína bruta, fibra bruta, cinzas e carboidratos) e o valor calórico da farinha de banana verde encontram-se na TABELA 9.

O teor médio de umidade encontrado na farinha de banana verde obtida por todos os tratamentos foi inferior ao limite máximo de 15% de umidade estabelecido pela RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005). No entanto a farinha de banana verde dos tratamentos T e TF diferenciaram-se dos demais (EE, TA, MF). Esta situação ocorreu provavelmente porque a temperatura obtida no interior destes (EE, TA, MF) coletores solar foi maior e a umidade relativa do ar menor, o que contribuiu para a redução da umidade da farinha de banana (TABELA 9).

Borges et al. (2009) encontraram 3,30 g 100 g<sup>-1</sup> de umidade em amostras de farinha de banana verde, cv. Prata, desidratada em estufa com circulação e renovação de ar forçada a 70 °C por 12 horas. Este valor é inferior à umidade obtida em todos os tratamentos deste trabalho (TABELA 9). No entanto, Fasolin et al. (2007) obtiveram 7,55 g 100 g<sup>-1</sup> de umidade em farinha de banana verde, cv. Nanica.

Moraes Neto et al. (1998), ao avaliar a secagem natural (solar) de banana madura para obtenção de farinha em Campina Grande-PB, com temperatura de 24 °C e UR de 73%, verificaram que esta era impraticável nas condições locais pois estas não permitiam alcançar o ponto ideal de umidade sendo necessária desidratação complementar em estufa elétrica à 60 °C, por 24 horas. Esta situação indica que apenas a exposição direta do produto ao sol não é suficiente para obter-se a desidratação desejada sendo, portanto, necessário a utilização de um equipamento que além de ter efeito equivalente a uma estufa elétrica, evite também a possibilidade de contaminação do produto.

As amostras de farinha de banana verde obtidas nos equipamentos EE, TF, TA, e MF apresentaram maiores percentuais de carboidrato do que o secador solar com telha de fibrocimento como superfície absorvedora de radiação incidente (T). Há de se considerar que este equipamento (T) diferiu também dos demais em relação ao teor de umidade sendo o valor obtido neste significativamente superior ( $p < 0,01$ ). Portanto, o fato de a umidade obtida neste equipamento (T) ter sido maior do que a dos demais (EE, TF, TA, MF) resultou em menor teor de carboidratos (TABELA 9).

TABELA 9 – Composição centesimal e valor calórico da farinha de banana verde cv. Terra, obtidas em estufa elétrica (EE) e quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009<sup>1</sup>

Tratamentos	Umidade (g 100 g <sup>-1</sup> )	Lipídios (g 100 g <sup>-1</sup> )	Proteínas (g 100 g <sup>-1</sup> )	Fibras (g 100 g <sup>-1</sup> )	Cinzas (g 100 g <sup>-1</sup> )	Carboidratos <sup>2</sup> (g 100 g <sup>-1</sup> )	Valor calórico <sup>2</sup> (Kcal 100 g <sup>-1</sup> )
EE	8,19 c <sup>3</sup>	0,33 b	2,54 c	1,54 a	3,18 a	84,23 a	350,03 a
T	11,79 a	0,91 a	2,55 c	1,34 a	2,39 b	81,03 b	342,50 b
TF	10,12 b	0,38 b	2,56 c	1,33 a	2,44 b	83,18 a	346,37 b
TA	8,94 c	0,57 b	2,75 b	1,23 a	2,51 b	84,01 a	352,14 a
MF	7,62 c	0,33 b	2,93 a	1,42 a	2,62 b	85,10 a	355,01 a

<sup>1</sup> Análise de variância apresentada no APÊNDICE E.

<sup>2</sup> Médias originais correspondentes a dados transformados em log x para atenderem o pressuposto de normalidade dos resíduos.

<sup>3</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

É importante ressaltar que o teor de carboidratos da farinha de banana acima de 80%, obtido em todos os tratamentos, destaca sua contribuição como fonte energética ao organismo humano.

As amostras de farinha de banana verde apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos quanto ao teor de lipídios. A farinha de banana verde proveniente do secador solar com telha de fibrocimento como superfície absorvedora (T) apresentou maior teor de lipídios ( $0,91 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) provavelmente porque a temperatura no interior deste equipamento durante a desidratação foi menor e evitou a oxidação dos mesmos. Borges et al. (2009) e Fasolin et al. (2007) obtiveram valores de  $0,68 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $1,89 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  em farinha de banana verde cv. Prata.

As amostras de farinha de banana apresentaram diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos quanto ao teor protéico. Provavelmente essa diferença seja atribuída a fatores agrônômicos, especialmente solo, pois é possível a influência deste na composição da banana uma vez que utilizaram-se cachos de banana de distintas propriedades agrícolas durante a desidratação das fatias de banana verde em dias alternados.

Não verificou-se diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos em relação ao teor de fibras (TABELA 9). Borges et al. (2009), por sua vez, ao avaliarem a composição da farinha de banana verde cv. Prata, obtiveram  $1,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  de fibras.

Quanto às cinzas verificou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos obtendo-se maior teor na estufa elétrica. Esta situação pode ter ocorrido pelo fato de a estufa elétrica manter a temperatura mais constante (equilibrada) em relação aos demais secadores solar. Outra possível explicação para esta diferença pode ser o efeito combinado da temperatura, umidade relativa da massa de ar e menor tempo de secagem no interior da estufa elétrica que pode resultar em concentração de matéria seca (SPOTO, 2006).

Fasolin et al. (2007) e Borges et al. (2009) obtiveram teores de cinza de  $2,62 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  e  $2,59 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente, em farinha de banana verde cv. Prata valores estes, portanto, compatíveis com os verificados neste trabalho.

Verificou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos para valor calórico total obtendo maiores valores para a estufa elétrica (EE) e os secadores solar com telha de alumínio (TA) e manta térmica com chapa de ferro (MF). Esta diferença é justificada pela menor porcentagem de umidade nas farinhas nestes

secadores de forma que à medida que a banana perdeu água, concentrou os sólidos, onde estão os componentes considerados na obtenção do valor calórico.

Borges et al. (2009) obtiveram valor calórico superior (373 Kcal 100 g<sup>-1</sup>) ao verificado neste trabalho. Entretanto, este resultado foi observado em banana de outra cultivar (Prata).

### 3.3.4 Caracterização físico-química da farinha de banana verde

Na TABELA 10 apresentam-se os resultados médios das características físico-químicas da farinha de banana verde. Verificou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos tanto para pH quanto para acidez.

TABELA 10 – pH e acidez da farinha de banana verde cv. Terra, obtidas em estufa elétrica (EE) e quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009<sup>1</sup>

Tratamentos	pH	Acidez (g de ácido málico 100 g <sup>-1</sup> )
EE	5,85 a <sup>2</sup>	0,52 b
T	5,91 a	0,67 a
TF	5,82 a	0,69 a
TA	5,71 b	0,63 a
MF	5,90 a	0,71 a

<sup>1</sup> Análise de variância apresentada no APÊNDICE F.

<sup>2</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

As amostras de banana desidratada na estufa elétrica apresentaram o menor valor de acidez. Provavelmente esta diferença seja atribuída ao tempo de desidratação, pois as fatias de banana verde da estufa elétrica permaneceram neste processo apenas 7,5 horas e as amostras de banana dos secadores solar foram mantidas em desidratação pelo período entre 14,5 horas e 17,5 horas com maior tempo, portanto, para a ocorrência das reações de oxidação dos ácidos orgânicos e elevação da acidez.



Borges et al. (2009) em farinha de banana prata obtiveram valores de pH menores (5,3) e de acidez equivalentes (0,63 g 100 g<sup>-1</sup>) aos observados neste trabalho.

### 3.3.5 Caracterização microbiológica da farinha de banana verde

Os resultados das características microbiológicas da farinha de banana verde (coliformes a 45 °C, fungos filamentosos e leveduras) encontram-se na TABELA 11.

TABELA 11 – Análises microbiológicas das amostras de farinha de banana verde cv. Terra, obtidas em estufa elétrica (EE) e em quatro secadores solar com diferentes superfícies absorvedoras de radiação (telha de fibrocimento - T; telha de fibrocimento e chapa de ferro - TF; telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada - TA; manta térmica e chapa de ferro - MF) em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009<sup>1</sup>

Tratamentos	Fungos filamentosos e leveduras	Coliformes a 45 °C g <sup>-1</sup>
EE	< 5 x 10 <sup>2</sup> UFC g <sup>-1</sup>	21 NMP g <sup>-1</sup>
T	< 5 x 10 <sup>2</sup> UFC g <sup>-1</sup>	< 3 NMP g <sup>-1</sup>
TF	< 5 x 10 <sup>2</sup> UFC g <sup>-1</sup>	28 NMP g <sup>-1</sup>
TA	< 5 x 10 <sup>2</sup> UFC g <sup>-1</sup>	3,6 NMP g <sup>-1</sup>
MF	< 5 x 10 <sup>2</sup> UFC g <sup>-1</sup>	< 3 NMP g <sup>-1</sup>
Tolerância <sup>1</sup>	-	10 <sup>2</sup> NMP g <sup>-1</sup>

<sup>1</sup> Para farinhas e similares segundo a Resolução RDC n°. 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

<sup>2</sup> UFC g<sup>-1</sup> – Unidades formadoras de colônias por grama; NMP g<sup>-1</sup> – Número mais provável por grama.

As análises microbiológicas da farinha de banana, apresentaram valores menores que 5 x 10<sup>2</sup> UFC g<sup>-1</sup> para bolores e leveduras e na faixa de menos de 3 a 28 NMP g<sup>-1</sup> para coliformes a 45 °C. Os valores de coliformes obtidos neste trabalho estão de acordo com o que estabelece a RDC n° 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001). Como bolores e leveduras não são considerados nesta resolução utilizou-se como referência o que estabelece as boas práticas de fabricação.

### 3.4 CONCLUSÕES

Os secadores de frutas operados a energia solar, constituídos de chapas metálicas (ferro, alumínio) como superfícies absorvedoras da radiação solar têm eficiência térmica equivalente à estufa elétrica.

Os secadores solar providos com chapas metálicas são adequados para processar farinha de banana verde com qualidade e segurança alimentar.

A banana cultivar Terra apresenta rendimento médio de farinha de 26,21% a partir da penca e de 24% a partir do cacho.

A farinha de banana verde obtida com o uso de secadores solar apresenta características físico-químicas de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira.

A farinha de banana verde é uma fonte de carboidratos, podendo também substituir outros alimentos pelo elevado valor calórico.

Os procedimentos de boas práticas de fabricação na produção da farinha de banana verde foram conduzidos atendendo aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação sanitária.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, J. F. de; SILVA, C. A. B. da; SIQUEIRA, K. B. Produção de tomate seco em conserva. In: FERNANDES, A. R.; SILVA, C. A. B. da. (Ed.). **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal**. 2 v. Viçosa: UFV, 2003. cap. 10, p. 397-417.

ALTEMANI, C. A. C. **Estudo de aquecedores solares de convecção natural para secagem**. 1976. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Engenharia de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1976.

BAPTISTA, A. S. C. **Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no Nordeste do Brasil**. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**. v. 160A, p. 268-282, 1937.

BORGES, A. de M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. de. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 29, n. 2, p. 1-7, abr./jun. 2009.

BORGES, M. T. M. R. **Potencial vitamínico de banana verde e produtos derivados**. 2003. 60 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. **Curso básico: controle de infecção hospitalar**. Caderno C, 2000.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Resolução - RDC ANVISA/MS nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da União, DF, 26 dez. 2003.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinha e farelos. Diário Oficial da União, DF, 23 set. 2005.

CARDENETTE, G. H. L. **Produtos derivados de banana verde (*Musa spp.*) e sua influência na tolerância à glicose e na fermentação colônica.** 2006. 175 f. Tese (Doutorado em Nutrição Experimental) – Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2006.

CONCEIÇÃO, M. L. da; VANSCONCELOS, E. T. de A.; PEREIRA, I. D. F.; CINTRA, V. M. **Difusão de tecnologia para aproveitamento de frutas não comercializadas em comunidades carentes.** Disponível em: <<http://www.ies.ufpb.br/ojs2/index.php/extensaocidada/article/viewFile/1382/1055>>. Acesso em: 29 ago. 2008.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos:** frutas, vegetais, ervas, temperos, carnes, peixes, nozes, sementes. 2. ed. São Paulo: Globo, 1990. 207 p.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA TROPICAL. **Produção brasileira de banana em 2008.** Disponível em: <[http://www.cnpmf.embrapa.br/planilhas/Banana\\_Brasil\\_2008.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/planilhas/Banana_Brasil_2008.pdf)> Acesso em: 4 jun. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial:** frutas desidratadas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 115 p. (Série Agronegócios).

FAO. Faostat. Disponível em: <<http://www.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 24 jun. 2010.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C. de; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v. 27, n. 3, p. 524-529, jul./set. 2007.

FRAIDENRAICH, N. **Tecnologia solar no Brasil:** os próximos 20 anos. Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 2005. 11 p.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente.** 3. ed. Tradução Flávio Maron Vichi; Leonardo Freire de Mello. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. 543 p. Tradução de: Energy: its use and the environment.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 jun. 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed., 1 v., São Paulo, 1985. 535 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução Carlos Henrique Britto de Assis Prado. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2004. 531 p. Tradução de: *Ökophysiologie der pflanzen*.

LIMA, A. G. B. de; NEBRA, S. A.; QUEIROZ, M. R. de. Aspectos científicos e tecnológicos da banana. In: **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 87-101, 2000. (Comunicado Técnico).

MATOS, E. H. da S. F. **Dossiê técnico**: processamento de frutas desidratadas. Brasília: CDT/UnB, 2007. 21 p.

MELONI, P. L. S. **Como montar uma pequena fábrica de frutas desidratadas**. Viçosa, MG: CPT, 1998. 42 p.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO; SECRETARIA DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL. **Manual de energia solar**. Brasília: STI/MIC, 1978. 54 p.

MORAES NETO, J. M. de; CIRNE, L. E. da M. R.; PEDROZA, J. P.; SILVA, M. G. da. Componentes químicos da farinha de banana (*Musa* sp.) obtida por meio da secagem natural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 316-318, 1998.

NAGAOKA, A. K.; SAMPAIO, C. A. de P.; BOFF, C. E.; ARALDI, A. A. R. Desenvolvimento de um coletor solar utilizando reciclagem de lâmpadas fluorescentes. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 2, p. 120-125, ago. 2005.

PEREIRA, R. G.; FREITAS, A. L. D. de; TORRES, C. S.; COSTA, N. G. Desenvolvimento de um coletor alternativo utilizando materiais reaproveitáveis. **Mundo & Vida**, Niterói, v. 2, n. 1, p. 61-67, 2000.

RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 479-483, jul./set. 2009.

SANTOS, B. M. dos. **Metodologia de dimensionamento de sistemas de aquecimento solar para secagem de produtos agrícolas.** 2004. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

SANTOS, L. A. dos. **Construção e avaliação de um coletor armazenador de energia solar, não convencional, para aquecimento de ar na secagem de produtos agrícolas.** 1980. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 1980.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics.** Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, sept. 1974.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika.** v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SILVA, C. A. B. da; FERNANDES, A. R. Metodologia de elaboração de projetos agroindustriais. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal.** 2 v. Viçosa: UFV, 2003. cap. 1, p. 13-21.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S. dos; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 552 p.

SOUZA, L. G. M. de; MENDES, J. U. de L.; LIMA NETO, H. J. de; SANTOS, N. R. G. dos; MELO, A. V. de; SANTOS, R. D. dos. Obtenção de tomate seco utilizando um sistema de secagem solar construído com material alternativo. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 2007, Cusco. **Resumos...** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007. p. 927-935.

SPOTO, M. H. F. Desidratação de frutas e hortaliças. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. (Ed.). **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Barueri, SP: Manole, 2006. cap. 12, p. 565-604.

STRINGHETA, P. C.; MELONI, P. L. S.; FERNANDES, A. R.; SILVA, C. A. B. da. Produção de banana-passa. In: FERNANDES, A. R.; SILVA, C. A. B. da. (Ed.). **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal.** 2 v. Viçosa: UFV, 2003. cap. 2, p. 23-57.

TOKUNAGA, T. **A cultura da banana.** Campinas, SP: CATI, 2000. 80 p. (Boletim Técnico, 233).

TORRES, L. L. G.; EL-DASH, A. A.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; GERMANI, R.; MIGUEZ, M. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde (*Musa acuminata*, grupo AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 273-290, jul./dez. 2005.

TRAVAGLINI, D. A.; PINTO NETO, M.; BLEINROTH, E. W.; LEITÃO, M. F. de F. **Banana-passa**: princípios de secagem, conservação e produção industrial. Campinas, SP: ITAL/Rede de Núcleos de Informação Tecnológica, 1993. 73 p.

VIEIRA, L. M. **Banana**. Santa Catarina: Epagri/Cepa, 2009.

ZANDONADI, R. P. **Massa de banana verde**: uma alternativa para exclusão do glúten. 2009. 100 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Departamento de Ciências da Saúde – Faculdade de Ciências da Saúde – Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

## **CAPÍTULO II**

### **INDICADORES DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA PRODUÇÃO DE FARINHA DE BANANA VERDE EM AGROINDÚSTRIAS UTILIZANDO SECADOR ELÉTRICO E SOLAR**



## RESUMO

A produção de frutas desidratadas no Brasil ainda é pequena se comparada com países da Europa e Estados Unidos. Além disso, é normalmente praticada de forma artesanal e com baixo nível tecnológico. Portanto, é necessário modernizar técnicas que reduzam custos, aumentem a produtividade, agreguem valores aos produtos agrícolas e promovam o desenvolvimento das unidades produtivas no meio rural. Este trabalho teve por objetivo avaliar indicadores de viabilidade econômica de duas agroindústrias de pequeno porte para produção de farinha de banana verde cultivar Terra, uma delas utilizando secadores de frutas à energia solar e a outra empregando a energia elétrica para desidratação da banana. O estudo foi realizado na Universidade Federal do Acre visando mostrar aos agricultores familiares as vantagens da implantação e utilização de secadores solar na zona rural do Estado. Os resultados mostraram que o empreendimento que utiliza a energia elétrica para desidratação para processamento da farinha de banana verde apresenta maior investimento fixo, elevado custo de produção e menor receita líquida que o solar. O empreendimento a energia solar apresenta, após 5 anos, taxa interna de retorno de 73% sendo esta de apenas 27% para o secador elétrico. O lucro líquido sobre a receita total do empreendimento que utiliza energia solar é de 35,49% sendo este de apenas 24,92% no à energia elétrica. O custo com a implantação do secador a energia solar é recuperado sob a forma de lucro, em menor tempo (1,28 anos) que o elétrico (2,60 anos). Os secadores solar apresentam viabilidade econômica para o processamento de farinha de banana verde nas condições de Rio Branco-Acre e agregam valor à banana cultivar Terra produzida no Estado.

Palavras-chave: Análise econômica. Agroindústria rural. Frutas desidratadas.

## ABSTRACT

The production of dehydrated fruits in Brazil is still small if compared to countries from Europe and to the U.S.A. Moreover, it is usually practiced in a handcraft way with low technological level. Therefore, it is necessary to modernize techniques that can reduce costs, increase productivity, add values to agricultural products and promote the development of production units in rural areas. This study aimed to evaluate indicators of economic viability of two small agroindustries for production of flour from green banana cultivar Terra, one of them using solar fruit dehydrators, and the other one using electrical energy for dehydration of the banana. The study was conducted at the Federal University of Acre in order to show family farmers the benefits of installing and the utilizing of solar dryers in the rural zone of the State. The results showed that the enterprise that uses electrical energy for dehydration and for processing of green banana flour has higher fixed investment, elevated production cost and lower net revenue than the one that uses solar energy. The solar energy enterprise presents, after 5 years, internal rate of return of 73%, from which only 27% is for the electrical dryer. Net income on total revenue of the enterprise that uses solar energy is of 35,49%, and of only 24,92% in the enterprise that uses electrical energy. The cost with the deployment of the solar dryer is recovered in the form of profit, in less time (1,28 years) than the electric (2,60 years). The solar dryers present economic viability for the processing of green banana flour in the conditions of Rio Branco, Acre and add value to the banana cultivar Terra produced in the State.

**Keywords:** Economic analysis. Rural agroindustry. Dehydrated fruits.

## 4.1 INTRODUÇÃO

As agroindústrias de frutas desidratadas são normalmente dimensionadas para alta escala de produção, com custos elevados com máquinas, equipamentos e manutenção. Além disso, a maioria utiliza a energia elétrica como principal recurso térmico para promover a secagem dos produtos representando, portanto, também um custo ambiental pelo prejuízo que o uso desta fonte energética pode trazer ao ambiente mesmo quando derivada de hidrelétricas.

O uso da energia solar em substituição à elétrica na desidratação de frutas em empreendimentos agroindustriais pode ter consequências favoráveis tanto em termos econômicos e ambientais quanto de inclusão social, pois permite maior participação de pequenos agricultores, especialmente na agricultura familiar, no processamento de frutas.

A valorização da energia solar como alternativa à elétrica na desidratação de frutas e outros produtos de origem vegetal ou animal pode representar um avanço significativo da condição e qualidade de vida de várias famílias rurais que poderiam implantar agroindústrias de pequeno porte de forma isolada ou coletiva.

O uso da energia solar em empreendimentos agroindustriais de desidratação de frutas pode adequar-se a vários produtos inclusive a banana da qual pode-se obter a banana-passa e a farinha de banana.

Este trabalho teve como objetivo avaliar indicadores de viabilidade econômica de duas agroindústrias de pequeno porte para produção de farinha de banana verde cultivar Terra, uma delas utilizando secadores de frutas à energia solar e a outra empregando a energia elétrica para desidratação da banana.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para elaborar este estudo considerou-se a implantação de duas agroindústrias de pequeno porte para agricultura de base familiar no estado do Acre, com o propósito de produzirem farinha de banana verde, considerando que uma delas utilizou a energia solar em seus secadores de frutas e a outra empregou a energia elétrica em estufa com circulação e renovação de ar forçada; ambas com a mesma capacidade produtiva instalada (aproximadamente 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana), e em seguida comparou-se os empreendimentos por meio da análise de viabilidade econômica de cada investimento na unidade produtiva.

### 4.2.1 Investimento fixo

Os investimentos fixos (I) foram destinados às imobilizações de recursos financeiros com edificações, aquisição de máquinas e equipamentos, móveis e outros gastos complementares. Para calcular o investimento necessário em construções civis e instalações complementares, foram utilizados custos médios por m<sup>2</sup>, de acordo com os valores praticados no mercado local, além do custo alternativo (juros de 6% como forma de remuneração do capital investido) conforme QUADRO 1.

QUADRO 1 – Investimento fixo para implantação de duas agroindústrias de base familiar com capacidade para produção de 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde utilizando no processo de beneficiamento das frutas secadores à energia solar e elétrica

Investimento fixo	Secador solar Valor (R\$)	Secador elétrico Valor (R\$)
Obras civis (sala de manuseio 3 x 5 m)	15.000,00	15.000,00
Rede de água, esgoto e energia elétrica	3.000,00	3.000,00
Secador para desidratação das frutas	10.872,00	25.670,00
Equipamentos (balança, moinho, seladora)	5.000,00	5.000,00
Mesa com tampo de aço inoxidável	700,00	700,00
Custo alternativo (6% a.a.) (CONAB, 2010).	2.074,32	2.962,20
<b>Total</b>	<b>36.646,32</b>	<b>52.332,20</b>

#### 4.2.2 Estimativa do custo total de produção

O custo total de produção (CT) pode ser entendido como a soma do custo variável e o fixo, ou seja, a soma dos custos que variam de acordo com a quantidade de matéria-prima processada e aqueles que não se alteram. Todos foram computados de forma a fornecer valores anuais a serem utilizados no fluxo de caixa necessário para estimativa da receita líquida e rentabilidade de cada empreendimento.

#### 4.2.3 Custo variável

Os custos variáveis (CV) incluem as despesas que se alteram de acordo com a quantidade de matéria-prima processada. Foram incluídas despesas com pessoal, manutenção de construções e de máquinas e equipamentos, aquisição dos materiais de limpeza, higienização, embalagens, matéria-prima, e despesas com vendas, distribuição, energia elétrica, além do custo alternativo ou de oportunidade (com taxa de juros de 6% ao ano), conforme QUADRO 2.

Os custos variáveis estão intimamente ligados às quantidades de farinha de banana produzida e comercializada, variando proporcionalmente em relação a estas quantidades.

Considerou-se a remuneração da mão-de-obra familiar na forma de salário como valorização de ocupações produtivas na unidade familiar, e também foram contabilizados os custos com encargos sociais e trabalhistas, pois neste caso pode-se contratar mão-de-obra com carteira assinada.

Considerou-se a água para o abastecimento da agroindústria proveniente de poço artesiano da unidade produtiva familiar, cobrado apenas o valor da energia elétrica para sua captação.

QUADRO 2 – Custo variável anual necessário para implantação de duas agroindústrias de base familiar com capacidade para produção de 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde utilizando no processo de beneficiamento das frutas secadores à energia solar e elétrica

Custo variável anual	Sec. solar Valor (R\$)	Sec. elétrico Valor (R\$)
Mão-de-obra familiar <sup>(1)</sup>	8.910,11	8.910,11
Manutenção <sup>(2)</sup>	594,30	964,25
Energia elétrica e impostos <sup>(3)</sup>	1.200,00	8.523,82
Matéria-prima <sup>(4)</sup>	30.000,00	30.000,00
Material de embalagem <sup>(5)</sup>	2.263,00	2.263,00
Material de limpeza	600,00	600,00
Hipoclorito de sódio (Higienização) <sup>(6)</sup>	433,68	433,68
Utensílios (peneira, faca, bacia, travessa)	300,00	300,00
Despesas administrativas (vendas e distribuição) <sup>(7)</sup>	4.043,09	4.043,09
Custo alternativo <sup>(8)</sup>	2.900,65	3.362,28
<b>Total</b>	<b>51.244,83</b>	<b>59.400,23</b>

(1) Considerou-se o valor atual do salário mínimo (R\$ 510,00) para o pagamento de uma pessoa, mais os encargos sociais e trabalhistas (45,59%) conforme custos de produção agrícola da Conab (2010).

(2) Calculado com base em 1% sobre obras civis, rede elétrica e hidráulica mais 2,5% sobre máquinas e equipamentos (MELONI, 1998).

(3) O cálculo da energia elétrica para agroindústria com secador solar para desidratação de frutas incidu apenas sobre a bomba elétrica para captação de água, seladora de embalagens, moinho elétrico e iluminação da agroindústria + 25% de ICMS = R\$ 1.200,00. O valor da energia elétrica para a agroindústria com acionamento elétrico (exclusivo) foi estimado pela potência (6.000 W) da estufa elétrica e o tempo de consumo de energia (7,5h) por batelada. Cada 1.000 W equivalem a 1KW. Cálculos: 6 kW x 7,5h = 45 kWh x 360 dias = 16.200 kWh ao ano x R\$ 0,36167 preço do kWh = R\$ 5.859,054 + 25% de ICMS = R\$ 7.323,82 + R\$ 1.200,00 (energia para captação de água, selagem das embalagens, acionamento elétrico do moinho e iluminação da agroindústria) = R\$ 8.523,82 (ELETROACRE, 2010).

(4) Calculada com base na produção de seis hectares de banana (ao ano) da própria unidade familiar, ou seja, 6.000 cachos x R\$ 5,00 por cacho de banana equivalem a R\$ 30.000,00.

(5) Aquisição de 1.353 caixas de papelão com capacidade para 10 kg, e a compra de 14 milheiros de embalagem de polietileno litografada com capacidade para 1 kg, ao custo unitário R\$ 1,00 e R\$ 65,00, obteve-se o valor de R\$ 2.263,00.

(6) Aquisição de 312 litros de hipoclorito de sódio para higienização da matéria-prima e utensílios, pelo preço unitário de R\$ 1,39 equivale ao valor de R\$ 433,68 ao ano.

(7) Considerou-se a taxa de juros de 5% sobre o faturamento anual (R\$ 80.861,76) (MELONI, 1998).

(8) Custo alternativo ou de oportunidade considerou-se a taxa de juros de 6% ao ano (CONAB, 2010).

#### 4.2.4 Capital de giro

Para a estimativa do capital de giro necessário para cada empreendimento no período de um ano foram considerados os custos da matéria-prima, embalagem, material de limpeza e higienização.

#### 4.2.5 Custo fixo

O custo fixo (CF) refere-se aos recursos que exigem desembolso monetário por parte da atividade produtiva para sua recomposição, como as depreciações dos investimentos fixos e o respectivo custo alternativo. Ele representa a necessidade de mão-de-obra ou custos administrativos, englobando os encargos sociais. No entanto, por se tratar de um empreendimento de natureza familiar sem carteira assinada esses gastos não foram contabilizados.

A vida útil das edificações, máquinas e equipamentos de cada agroindústria (operada à energia solar e elétrica) foi estimada em 40 anos. Com base nesta informação determinou-se o fator de depreciação sobre os investimentos fixos, somando-se a esta, o respectivo custo alternativo ou custo de oportunidade considerou-se a taxa de juros de 6% ao ano, sendo esta uma remuneração mínima do mercado financeiro, conforme QUADRO 3. A Conab (2010) entende que o investimento do produtor deve ser remunerado e utiliza, por convenção, a taxa de 6% ao ano como a taxa de retorno, como se fosse aplicado o capital em outro investimento alternativo.

QUADRO 3 – Custo fixo anual necessário para implantação de duas agroindústrias de base familiar com capacidade para produção de 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde utilizando no processo de beneficiamento das frutas, secadores à energia solar e elétrica

Custo fixo anual	Secador elétrico	Secador solar
	Valor (R\$)	Valor (R\$)
Depreciação (edificações e equipamentos)	1.234,25	864,30
Custo alternativo	74,06	51,86
Total	1.308,31	916,16

O custo fixo independe do aumento ou da queda do volume da produção ou das vendas do empreendimento. Mesmo que a agroindústria não produza ou venda nenhum bem, esse custo ocorre para sua manutenção.

#### 4.2.6 Depreciação

A depreciação (D) é definida como o custo necessário para substituir os bens de capital quando tornados inúteis sejam pelo desgaste físico ou quando perdem valor no decorrer dos anos devido às inovações técnicas (depreciação econômica ou obsolescência).

As despesas de depreciações calculadas basearam-se no valor original dos investimentos fixos de acordo com cada empreendimento. Sendo que a vida útil das edificações e os demais equipamentos das agroindústrias para definição do fator de depreciação (2,5%) foi estimada em 40 anos (CONAB, 2010). A depreciação representa uma reserva (que compõe o custo unitário do produto) visando à substituição futura das edificações e os equipamentos ao final da sua vida útil.

A depreciação foi calculada pela fórmula:

$$D = (Va - Vr)/Vu$$

Onde:

D – depreciação

Va – valor atual

Vr – valor residual

Vu – vida útil

$$D = (R\$ 36.646,32 - 0)/40 \text{ anos} = R\$ 916,16 \text{ (secador solar)}$$

$$D = (R\$ 52.332,20 - 0)/40 \text{ anos} = R\$ 1.308,31 \text{ (secador elétrico)}$$



#### 4.2.7 Custo total

O custo total representa a soma de todos os custos com fluxos de serviços de capital (depreciações) e insumos (despesas de custeio) para produzir determinada quantidade do produto.

O custo total foi calculado pela fórmula:

$$CT = CF + CV$$

Onde:

CT – custo total

CF – custo fixo

CV – custo variável

$$CT = R\$ 916,16 + R\$ 51.244,83 = R\$ 52.160,99 \text{ (secador solar)}$$

$$CT = R\$ 1.308,31 + R\$ 59.400,23 = R\$ 60.708,54 \text{ (secador elétrico)}$$

#### 4.2.8 Receita total

A receita total (RT) foi estimada com base na produção de seis mil cachos de banana por ano (seis hectares de área cultivada) com massa média para cada 1.000 cachos na ordem de  $9.359 \text{ kg hectare}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para o estado do Acre (IBGE, 2010). O equivalente a massa total de 56.154 kg multiplicada pelo rendimento médio de 24,0% (TABELA 8) para a farinha de banana verde, obtém-se a produção de  $13.476,96 \text{ kg ano}^{-1} \times R\$ 6,00 \text{ kg}^{-1}$  de farinha que corresponde a RT de R\$ 80.861,76.

#### 4.2.9 Custo unitário

O custo unitário de produção é a relação entre o custo total e a quantidade de bens produzidos. Indica o valor gasto para produzir um quilo de farinha de banana.

O custo unitário foi calculado pela fórmula:

$$CU = CT/\text{produção anual}$$

Onde:

CU – custo unitário

CT – custo total

$$CU = R\$ 52.160,99/13.476,96 \text{ kg} = R\$ 3,87 \text{ kg}^{-1} \text{ de farinha de banana (sec. solar)}$$

$$CU = R\$ 60.708,54/13.476,96 \text{ kg} = R\$ 4,51 \text{ kg}^{-1} \text{ de farinha de banana (sec. elétrico)}$$

#### 4.2.10 Estimativa de rentabilidade

Para a estimativa da rentabilidade (ou índice de rentabilidade - IR) dos empreendimentos, definiu-se inicialmente o fluxo de receitas esperadas, decorrente da comercialização da farinha de banana verde processada. Esta estimativa foi feita a partir das informações que definem o planejamento da produção de cada empreendimento (quantidades de farinha de banana verde produzida), associadas às estimativas dos respectivos custos de venda.

Com base nas receitas esperadas, nos custos estimados e investimentos requeridos para cada empreendimento, torna-se possível estabelecer os fluxos de caixa. O fluxo de caixa de cada empreendimento representa uma sucessão de pagamentos e recebimentos previstos a cada período.

#### 4.2.11 Relação benefício custo

A relação benefício custo (B/C) é definida como o quociente entre o valor atual do fluxo de receitas obtidas e o valor atual do fluxo dos custos, incluindo os investimentos necessários ao desenvolvimento da unidade produtiva. O empreendimento seria descartado, por este critério, caso a RBC fosse menor que 1 (um). Este indicador permite analisar o retorno financeiro para cada unidade monetária de custo do empreendimento, durante sua vida útil.

A RBC foi calculada pela fórmula:

$$RBC = RT / CT$$

Onde:

RBC – relação benefício custo

RT – receita total

CT – custo total

$$RBC = R\$ 80.861,76 / R\$ 52.160,99 = R\$ 1,55 \text{ (secador solar)}$$

$$RBC = R\$ 80.861,76 / R\$ 60.708,54 = R\$ 1,33 \text{ (secador elétrico)}$$

#### 4.2.12 Receita Líquida

A receita líquida é definida pela diferença entre receita total e o custo total atualizados. Representam os ganhos obtidos com a atividade incluindo todos os custos. A atividade representaria prejuízo se o resultado fosse inferior ao custo total.

A receita líquida foi calculada pela fórmula:

$$RL = RT - CT$$

Onde:

RL – receita líquida

RT – receita total

CT – custo total

$$RL = R\$ 80.861,76 - R\$ 52.160,99 = R\$ 28.700,77 \text{ (secador solar)}$$

$$RL = R\$ 80.861,76 - R\$ 60.708,54 = R\$ 20.153,22 \text{ (secador elétrico)}$$

#### 4.2.13 Margem de Lucro

A margem de lucro é o indicador de eficiência operacional do empreendimento. Este índice indica qual é o ganho que o agricultor familiar consegue gerar a partir do trabalho que desenvolve.

A margem de lucro foi calculada pela fórmula:

$$L = RL/RT \times 100$$

Onde:

L – margem de lucro

RL – receita líquida

RT – receita total

$$L = R\$ 28.700,77 / R\$ 80.861,76 \times 100 = 35,49\% \text{ (secador solar)}$$

$$L = R\$ 20.153,22 / R\$ 80.861,76 \times 100 = 24,92\% \text{ (secador elétrico)}$$

#### 4.2.14 Remuneração da mão-de-obra familiar

A remuneração da mão-de-obra familiar é a relação entre a receita líquida que a família se apropria e o número de dias de trabalho. Indica o quanto o sistema remunera o dia de trabalho da família.

A RMOF foi calculada pela fórmula:

$$RMOF = RL/\text{dias de trabalho}$$

Onde:

RMOF – remuneração da mão-de-obra familiar

RL – receita líquida

$$RMOF = R\$ 28.700,77 / 360 \text{ dias} = R\$ 79,72 \text{ dia}^{-1} \text{ de trabalho (secador solar)}$$

$$RMOF = R\$ 20.153,22 / 360 \text{ dias} = R\$ 55,98 \text{ dia}^{-1} \text{ de trabalho (secador elétrico)}$$

#### 4.2.15 Rentabilidade

A rentabilidade sobre o investimento determina o grau de atratividade do empreendimento, mostra ao agricultor familiar a velocidade de retorno do capital investido. Foi obtida sob a forma de valor percentual por unidade de tempo e aponta a taxa de retorno do capital investido no período (ano).

O cálculo do índice de rentabilidade (IR) foi obtido pela fórmula:

$$IR = RL / (I + CG) \times 100$$

Onde:

IR – índice de rentabilidade

RL – receita líquida

I – investimento fixo

CG – capital de giro

Os itens para composição do capital de giro foram: matéria-prima, embalagem, material de limpeza e higienização.

$$IR = R\$ 28.700,77 / (R\$ 36.646,32 + R\$ 33.296,68) \times 100 = 41,04\% \text{ (secador solar)}$$

$$IR = R\$ 20.153,22 / (R\$ 52.332,20 + R\$ 33.296,68) \times 100 = 23,54\% \text{ (secador elétrico)}$$

#### 4.2.16 Ponto de nivelamento

O ponto de nivelamento representa a quantidade de produção para a qual a receita se iguala a despesa, estabelecendo-se a fronteira entre lucro e prejuízo. E foi calculado pela fórmula:

$$PN = CF / (RT - CV) \times 100$$

Onde:

PN – ponto de nivelamento

CF – custo fixo

RT – receita total

CV – custo variável

$$PN = R\$ 916,16 / (R\$ 80.861,76 - R\$ 51.244,83) \times 100 = 3,09\% \text{ (secador solar)}$$

$$PN = R\$ 1.308,31 / (R\$ 80.861,76 - R\$ 59.400,23) \times 100 = 6,10\% \text{ (secador elétrico)}$$

#### 4.2.17 Tempo de retorno

O tempo de retorno do capital investido é também um indicador de atratividade do empreendimento, pois mostra ao agricultor familiar o tempo necessário para que recupere o que investiu na unidade produtiva. Foi obtido sob a forma de unidade de tempo (ano) e consiste na relação entre o investimento fixo e a receita líquida.

Para calcular o tempo de retorno (TR), foi utilizada a fórmula:

$$TR = I/RL$$

Onde:

TR – tempo de retorno

I – investimento fixo

RL – receita líquida

$$TR = R\$ 36.646,32 / R\$ 28.700,77 = 1,28 \text{ anos (secador solar)}$$

$$TR = R\$ 52.332,20 / R\$ 20.153,22 = 2,60 \text{ anos (secador elétrico)}$$

#### 4.2.18 Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR), é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa. Sendo usada em análise de investimentos significa a taxa de retorno de um projeto.

O método da taxa interna de retorno consiste em calcular a taxa que anula o valor presente líquido do fluxo de caixa do investimento que está sendo analisado. Será atrativo o investimento cuja taxa interna de retorno for maior ou igual à taxa de atratividade do investidor.

#### 4.2.19 Valor presente líquido

O verdadeiro objetivo da análise de VPL é comparar o valor presente de futuras oportunidades de investimento. Na teoria, o valor presente de um fluxo de receitas futuro (saída e entrada) deve ser positivo para justificar o investimento. Isto é, se um negócio valer mais do que seu custo, o VPL será positivo. Uma análise do valor presente líquido, também denominada análise de fluxo de caixa com desconto, permite ao agricultor familiar fazer comparações entre uma tecnologia que emprega a energia solar no processo de secagem de banana verde para produção de farinha e outra com energia elétrica.

#### 4.2.20 Análise econômica simplificada

Para os cálculos da análise econômica simplificada dos dois empreendimentos (à energia solar e elétrica) utilizou-se os parâmetros de investimento fixo, custo fixo, custo variável, custo total, depreciação, custo unitário de produção, relação benefício custo, receita líquida, margem de lucro, remuneração da mão-de-obra familiar e índice de rentabilidade, conforme metodologia descrita pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (2003).

#### 4.2.21 Indicadores de viabilidade econômica

Para o cálculo dos indicadores econômicos (PN: ponto de nivelamento de cada empreendimento; TR: tempo de recuperação do capital; TIR: taxa interna de retorno e VPL: valor presente líquido) utilizou-se a metodologia descrita por Silva e Fernandes (2003) com o auxílio de uma planilha eletrônica.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo de viabilidade econômica para comparar os empreendimentos à energia solar e elétrica, embora simples, indica o melhor investimento e permite a tomada de decisão quanto à escolha da tecnologia mais adequada para a unidade produtiva de base familiar.

#### 4.3.1 Investimento inicial

O investimento inicial, composto pelos investimentos fixos, capital de giro e reserva técnica (imprevistos), para uma tecnologia a energia solar e outra a energia elétrica também requer a tomada de decisão pelo agricultor familiar quanto à escolha do investimento mais adequado.

Os investimentos apresentados neste estudo requerem recursos financeiros no valor de R\$ 76.937,30 para o empreendimento a energia solar e de R\$ 94.191,77 para agroindústria a energia elétrica, conforme TABELA 12. Estes valores foram obtidos para as condições específicas deste projeto. No entanto, se o agricultor já estiver cultivando banana ocorrerão mudanças, principalmente nos parâmetros de capital de giro (aquisição da matéria-prima) e o investimento inicial poderá ser menor.

TABELA 12 – Investimento inicial para implantação de agroindústrias de pequeno porte de base familiar com capacidade para 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde com opções na escolha da energia térmica para o processo de secagem das frutas a energia solar ou elétrica

Discriminação	Energia solar (R\$)	Energia elétrica (R\$)
Investimento fixo	36.646,32	52.332,20
Capital de giro	33.296,68	33.296,68
Reserva técnica (10%)	6.994,30	8.562,89
<b>Total</b>	<b>76.937,30</b>	<b>94.191,77</b>

Fonte: Adaptado de Meloni (1998)



A agregação de valor à matéria-prima oriunda das produções agrícolas também passam pela agricultura familiar por meio da implantação de agroindústrias de pequeno porte no meio rural. No entanto, o êxito pela inserção da agricultura de base familiar no contexto de cadeias produtivas requer o planejamento e utilização adequada da unidade produtiva de modo a aperfeiçoar sua capacidade de produção instalada com o menor investimento e a contenção de gastos desnecessários, visando à comercialização de subprodutos com qualidade.

#### 4.3.2 Investimento fixo

O investimento fixo (I) foi destinado às imobilizações de recursos com obras civis (sala de manuseio da matéria-prima com dimensões de 3 x 5 m), instalações elétricas, hidráulicas e saneamento, aquisição de secadores solar e elétrico para desidratação da banana e equipamentos auxiliares (balança eletrônica, moinho, seladora elétrica) e mesa com tampo de aço inoxidável e os custos alternativos ou de oportunidade (TABELA 13). Para efetuar o cálculo do custo alternativo ou de oportunidade dos investimentos fixos alocados na implantação das agroindústrias, considerou-se a taxa de juros de 6% ao ano, sendo esta uma remuneração mínima do mercado financeiro.

Estimou-se a capacidade de carga de uma estufa elétrica com circulação e renovação de ar (potência de 6.000 W) com possibilidade para desidratar aproximadamente 90 kg de banana verde fatiada por batelada o que equivale à capacidade de carga de oito secadores solar modelo TA. Foi escolhido o secador solar plano de convecção natural com telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada como superfície absorvedora da radiação solar (TA) por apresentar a mesma eficiência térmica que a estufa elétrica e os outros dois secadores solar equipados com chapas metálicas (manta térmica e chapa de ferro como superfície absorvedora - MF, e telha de fibrocimento e chapa de ferro como superfície absorvedora - TF) tendo este, no entanto, apresentado o menor custo (R\$ 1.359,00) entre os mesmos (TABELA 1 e APÊNDICE A).

TABELA 13 – Investimento fixo para implantação de duas agroindústrias de base familiar com capacidade para produção de 40 kg dia<sup>-1</sup> de farinha de banana verde, utilizando no processo de beneficiamento das frutas oito secadores solar plano de convecção natural e uma estufa elétrica com circulação e renovação de ar forçada com potência de 6.000 W

Investimento fixo	Energia solar (R\$)	Energia elétrica (R\$)
Obras civis (sala de manuseio 3 x 5 m)	15.000,00	15.000,00
Rede de água, esgoto e energia elétrica	3.000,00	3.000,00
Secador para desidratação das frutas	10.872,00	25.670,00
Equipamentos (balança, moinho, seladora)	5.000,00	5.000,00
Mesa com tampo de aço inoxidável	700,00	700,00
Custo alternativo	2.074,32	2.962,20
<b>Total</b>	<b>36.646,32</b>	<b>52.332,20</b>

#### 4.3.3 Receita total

Para compor a receita total (RT) foi estimada a produção de seis mil cachos de banana por ano (seis hectares de área cultivada) com massa média para cada 1.000 cachos na ordem de 9.359 kg hectare<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o Acre (IBGE, 2010). Os seis mil cachos de banana equivalem a 56.154 kg. Considerando um rendimento médio de 24,0% para a farinha de banana verde (TABELA 8), a produção estimada fica em torno de 13.476,96 kg ano<sup>-1</sup> que, com o custo unitário de venda no mercado local de R\$ 6,00, obtém-se a receita total de R\$ 80.861,76.

#### 4.3.4 Custo fixo

Os custos fixos (CF) são menores que os custos variáveis para as duas tecnologias conforme TABELA 14. No entanto, o secador solar apresenta os menores custos fixo (R\$ 916,16), variável (R\$ 51.244,83) e total (R\$ 52.160,99) quando comparado com o secador elétrico. Isto confere ao secador solar o menor custo unitário de produção (R\$ 3,87 kg<sup>-1</sup>) da farinha de banana, que o torna mais competitivo, quando comparado com o secador elétrico que gasta R\$ 4,51 kg<sup>-1</sup> de farinha de banana produzida.

TABELA 14 – Porcentagem de participação dos custos fixos e variáveis no custo unitário médio de produção da farinha de banana verde em duas agroindústrias de base familiar com capacidade para 40 kg dia<sup>-1</sup> utilizando no processo de beneficiamento das frutas um secador elétrico (estufa elétrica) e secador solar plano de convecção natural (coletor solar com telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada como superfície absorvedora)

CUSTOS FIXOS E VARIÁVEIS	Secador elétrico		Secador solar	
	Custo (R\$)	(%)	Custo (R\$)	(%)
Depreciação (edificações, máquinas e equipamentos)	1.234,25	2,03	864,30	1,66
Custo alternativo	74,06	0,12	51,86	0,10
<b>CUSTO FIXO</b>	<b>1.308,31</b>	<b>2,15</b>	<b>916,16</b>	<b>1,76</b>
Matéria-prima	30.000,00	49,42	30.000,00	57,51
Mão-de-obra familiar	8.910,11	14,68	8.910,11	17,08
Energia elétrica	8.523,82	14,04	1.200,00	2,30
Despesas administrativas (vendas e distribuição)	4.043,09	6,66	4.043,09	7,75
Material de embalagem	2.263,00	3,73	2.263,00	4,34
Manutenção	964,25	1,59	594,30	1,14
Material de limpeza	600,00	0,99	600,00	1,15
Hipoclorito de sódio (higienização da matéria-prima)	433,68	0,71	433,68	0,83
Utensílios (peneira, faca aço inoxidável, bacia, travessa)	300,00	0,49	300,00	0,58
Custo alternativo	3.362,28	5,54	2.900,65	5,56
<b>CUSTO VARIÁVEL</b>	<b>59.400,23</b>	<b>97,85</b>	<b>51.244,83</b>	<b>98,24</b>
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>60.708,54</b>	<b>100,00</b>	<b>52.160,99</b>	<b>100,00</b>

#### 4.3.5 Custo variável

A matéria-prima e a mão-de-obra são os principais responsáveis pelo aumento dos custos variáveis no custo total de produção da farinha de banana para as duas tecnologias. No entanto, o custo com energia elétrica utilizada na captação de água, moagem da banana desidratada e selagem de embalagem é menor para a tecnologia que utiliza energia solar (2,30%) no processo de desidratação das frutas, com significativa economia para a matriz que emprega energia limpa, contra 14,04% para o empreendimento que utiliza secador elétrico no processo de desidratação da matéria-prima (TABELA 14).

Para a escala de produção proposta, esta atividade não requer qualificação específica de pessoal, apenas recomenda-se treinamento para uso e conservação dos equipamentos, redução dos desperdícios, higiene pessoal e do local de trabalho e a utilização das boas práticas de fabricação em todas as etapas de processamento da farinha de banana.

#### 4.3.6 Custo total e custo unitário

A agroindústria de base familiar que utiliza a energia solar no processo de beneficiamento da banana apresenta resultado positivo, pois o custo unitário médio de produção (R\$ 3,87 kg<sup>-1</sup>) é inferior ao custo de produção do empreendimento que usa a energia elétrica (R\$ 4,51 kg<sup>-1</sup>) e ao valor de venda (R\$ 6,00 kg<sup>-1</sup>) da farinha de banana praticado no mercado local. Isto demonstra que quanto menor o custo unitário de produção, maior será a margem de lucro. O custo total do empreendimento a energia solar foi menor (R\$ 52.160,99) que o elétrico (R\$ 60.708,54).

Segundo Prezotto (2005) a implantação de uma agroindústria de pequeno porte acompanhada de um bom planejamento de gestão poderá proporcionar a utilização máxima da capacidade produtiva instalada, resultando no menor custo unitário de produção e no aumento da competitividade dos produtos no mercado.

#### 4.3.7 Relação benefício custo

Os resultados indicam que a relação benefício custo para o empreendimento que utiliza a energia solar (R\$ 1,55) é maior que, aquele que faz opção pelo secador elétrico (R\$ 1,33). Isso significa que para cada real investido no empreendimento de acordo com a tecnologia escolhida de processamento das frutas, o retorno financeiro ocorrerá acrescido da respectiva receita.

#### 4.3.8 Receita líquida

O empreendimento que utiliza a energia solar no processo de secagem das frutas apresenta maior receita líquida (RL = R\$ 28.700,77) quando comparado com o que emprega a energia elétrica (RL = R\$ 20.153,22) como tecnologia de desidratação, pois os custos com a eletrificação e a própria aquisição dos equipamentos elétricos são maiores que os custos com os secadores solar.

#### 4.3.9 Margem de lucro

Os resultados indicam que o empreendimento da unidade produtiva que utiliza energia solar tem lucro líquido de 35,49% sobre a receita total (RT), contra 24,92% para o secador elétrico. À medida que o empreendimento familiar reduz seus custos e/ou aumenta suas receitas, este lucro tende a aumentar como mostram os resultados positivos do secador solar.

#### 4.3.10 Remuneração da mão-de-obra familiar

A remuneração da mão-de-obra familiar do empreendimento que utiliza a energia solar no processo de beneficiamento da produção de banana para produção de farinha obtém melhor remuneração (R\$ 79,72) por dia de trabalho, quando comparado com aquele que faz opção pelo uso da energia elétrica, pois alcança menor remuneração (R\$ 55,98) no mesmo tempo.

O agricultor familiar quando comercializa os 6.000 cachos de banana obtém receita bruta de R\$ 30.000,00 sem considerar os seus custos de produção. Se o mesmo agricultor implantasse uma agroindústria de produção de farinha de banana com energia solar obteria a receita bruta pela comercialização da produção de banana (R\$ 30.000,00) acrescida da receita da agroindústria (R\$ 28.700,77) e também a remuneração da mão-de-obra familiar nas atividades do agronegócio (R\$ 8.910,11), sendo que a agregação de valor pela implantação do empreendimento ( $R\$ 28.700,77 + R\$ 8.910,11 = R\$ 37.610,88$ ) é 25,37% superior a receita bruta pela comercialização da banana *in natura*. Percebe-se que aqueles agricultores que também trabalham os últimos elos da cadeia produtiva (beneficiamento e comercialização) têm maiores receitas e unidades produtivas de base familiar sustentáveis. A agregação de valor ao produto da agricultura, neste caso com agroindústrias, é uma das alternativas para melhorar os índices de desenvolvimento do campo (GIOVENARDI, 2003).

#### 4.3.11 Rentabilidade

Os resultados mostram o grau de atratividade pela escolha da tecnologia (secador solar ou elétrico) no processo de secagem das frutas e a velocidade de retorno do capital investido. Isso significa que, a cada ano, o agricultor familiar recupera 41,04% do valor investido no empreendimento da unidade produtiva sob a forma de energia solar por meio dos lucros obtidos no negócio, contra o índice de rentabilidade de 23,54% para o empreendimento que utiliza a energia elétrica no processo de desidratação da banana.

#### 4.3.12 Ponto de nivelamento

A tecnologia solar utilizada no processamento das frutas apresenta menor ponto de nivelamento (PN = 3,09%) e demonstra maior eficiência, pois seus custos são menores quando comparados com os da energia elétrica (PN = 6,10%).

O agricultor familiar precisa produzir, anualmente, no mínimo, 416,44 kg de farinha de banana verde no empreendimento a energia solar e 822,10 kg de farinha quando utiliza a energia elétrica para que não ocorra prejuízo. Isso significa que o mesmo só obterá lucro se comercializar além do ponto de nivelamento para a respectiva tecnologia.

#### 4.3.13 Tempo de retorno

O agricultor familiar que utiliza o secador a energia solar recupera o investimento que gasta na implantação do empreendimento na unidade produtiva, sob a forma de lucro, em 1,28 anos, ou seja, aproximadamente 16 meses (menor tempo) após o início das atividades, contra 2,60 anos (aproximadamente 32 meses) para o agricultor que emprega a energia elétrica no processo de secagem e produção da farinha de banana.

#### 4.3.14 Taxa interna de retorno

Analisando o fluxo de caixa de dois empreendimentos com a mesma capacidade produtiva instalada e utilizando distintas fontes de energia térmica no processo de secagem de bananas para obtenção de farinha ao longo de cinco anos, o melhor será aquele que apresentar a maior taxa interna de retorno, conforme dados apresentados na TABELA 15.

TABELA 15 – Fluxo de caixa no período de cinco anos para um empreendimento com secador solar e outro com energia elétrica e a respectiva taxa interna de retorno<sup>1</sup>

Ano	TIR (%)	Secador solar (R\$)	TIR (%)	Secador elétrico (R\$)
0		- 36.646,32		- 52.332,20
1	- 22%	28.700,77	-	20.153,22
2	36%	28.700,77	- 16%	20.153,22
3	59%	28.700,77	8%	20.153,22
4	69%	28.700,77	20%	20.153,22
5	73%	28.700,77	27%	20.153,22
0 – 5 Total	-	106.857,53	-	48.433,90

<sup>1</sup> Foi utilizada a taxa mínima de atratividade de 12% ao ano (estimativa).

O cálculo da taxa interna de retorno permite a determinação da taxa de juros que o empreendimento rende sobre o valor original do capital investido, ou seja, ele fornece a escala de desconto que cada negócio produz em vez de aplicar uma escala de desconto determinada de fora do agronegócio.

O melhor empreendimento utiliza a energia solar no processo de beneficiamento das frutas, pois obtém a maior taxa interna de retorno (TIR = 73%) após cinco anos, quando comparado com o secador elétrico que apresenta TIR (27%) inferior no mesmo período. Isso ocorre porque o empreendimento a energia solar apresenta o menor investimento fixo e a maior receita líquida com fluxo de caixa uniforme no mesmo período (TABELA 15).

O empreendimento a energia solar apresenta TIR (36%) superior à taxa mínima de atratividade (TMA) a partir do segundo ano.



## 4.3.15 Valor presente líquido

A TABELA 16 apresenta os dois empreendimentos com fluxos de caixa diferentes, no período de cinco anos e seus respectivos VPLs.

TABELA 16 – Fluxo de caixa no período de cinco anos para um empreendimento com secador solar e outro com energia elétrica e o respectivo valor presente líquido<sup>1</sup>

Ano	VPL no período (R\$)	Fluxo de caixa (secador solar) (R\$)	VPL no período (R\$)	Fluxo de caixa (secador elétrico) (R\$)
0		- 36.646,32		- 52.332,20
1	(9.839,85) <sup>2</sup>	28.700,77	(30.659,15)	20.153,22
2	10.588,79	28.700,77	(16.314,49)	20.153,22
3	28.828,65	28.700,77	(3.506,76)	20.153,22
4	45.114,24	28.700,77	7.928,72	20.153,22
5	59.654,94	28.700,77	18.138,97	20.153,22
0 – 5 Total		106.857,53		48.433,90
VPL a 12%		59.654,94		18.138,97

<sup>1</sup> Foi utilizada uma escala de desconto com taxa de juros de 12% ao ano.

<sup>2</sup> Valor entre parênteses significa VPL negativo

O empreendimento que utiliza a energia solar é mais atrativo, pois apresenta VPL positivo no valor de R\$ 59.654,94 no período de cinco anos. Isto significa que os recursos financeiros gerados pelo projeto são capazes de pagar o investimento e ainda gerar um retorno igual ao valor do VPL obtido. Isso ocorre porque seu investimento fixo (R\$ 36.646,32) é menor e a receita líquida (R\$ 28.700,77) é maior quando comparada com a agroindústria que emprega a energia elétrica no processamento da farinha de banana com VPL de R\$ 18.138,97 inferior ao solar no mesmo período, conforme apresentado na TABELA 16.

#### 4.4 CONCLUSÕES

O empreendimento que utiliza a energia elétrica para desidratação e processamento da farinha de banana verde apresenta maiores investimento fixo e custo de produção e menor receita líquida que o solar.

O empreendimento a energia solar empregado para o processamento de farinha de banana verde apresenta, após 5 anos, taxa interna de retorno de 73% sendo esta de apenas 27% para o secador elétrico.

O empreendimento da unidade produtiva que utiliza energia solar tem lucro líquido sobre a receita total de 35,49% enquanto que este é de apenas 24,92% para o secador à energia elétrica.

O custo com a implantação do secador a energia solar é recuperado sob a forma de lucro, em menor tempo (1,28 anos) que o elétrico (2,60 anos).

Os secadores solar apresentam viabilidade econômica para o processamento de farinha de banana verde nas condições de Rio Branco, Acre e agregam valor à banana do subgrupo Terra produzida no Estado.

## REFERÊNCIAS

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab**. Brasília: Conab, 2010. 58 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: frutas desidratadas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 115 p. (Série Agronegócios).

ELETROACRE. Disponível em: < <http://www.eletoacre.com.br>>. Acesso em: 24 jun. 2010.

GIOVENARDI, E. P. **Os pobres do campo**. Porto Alegre: Tomo Editorial Ltda., 2003. 96 p.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 jun. 2010.

MELONI, P. L. S. **Como montar uma pequena fábrica de frutas desidratadas**. Viçosa, MG: CPT, 1998. 42 p.

PREZOTTO, L. L. **A sustentabilidade da agricultura familiar: implicações e perspectivas da legislação sanitária para a pequena agroindústria**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2005. 167 p.

SILVA, C. A. B. da; FERNANDES, A. R. Metodologia de elaboração de projetos agroindustriais. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal**. 2 v. Viçosa: UFV, 2003. cap. 1, p. 13-21.

## 5 CONCLUSÕES

Os secadores de frutas operados a energia solar, constituídos de chapas metálicas (ferro, alumínio) como superfícies absorvedoras da radiação solar têm eficiência térmica equivalente à estufa elétrica.

Os secadores solar providos com chapas metálicas são adequados para processar farinha de banana verde com qualidade e segurança alimentar.

A banana cultivar Terra apresenta rendimento médio de farinha de 26,21% a partir da penca e de 24% a partir do cacho.

A farinha de banana verde obtida com o uso de secadores solar apresenta características físico-químicas de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação brasileira.

A farinha de banana verde é uma fonte de carboidratos, podendo também substituir outros alimentos pelo elevado valor calórico.

Os procedimentos de boas praticas de fabricação na produção da farinha de banana verde foram conduzidos atendendo aos padrões microbiológico estabelecido pela legislação sanitária.

O empreendimento que utiliza a energia elétrica para desidratação e processamento da farinha de banana verde apresenta maiores investimento fixo e custo de produção e menor receita líquida que o solar.

O empreendimento a energia solar empregado para o processamento de farinha de banana verde apresenta, após 5 anos, taxa interna de retorno de 73% sendo esta de apenas 27% para o secador elétrico.

O empreendimento da unidade produtiva que utiliza energia solar tem lucro líquido sobre a receita total de 35,49% enquanto que este é de apenas 24,92% para o secador à energia elétrica.

O custo com a implantação do secador a energia solar é recuperado sob a forma de lucro, em menor tempo (1,28 anos) que o elétrico (2,60 anos).

Os secadores solar apresentam viabilidade econômica para o processamento de farinha de banana verde nas condições de Rio Branco, Acre e agregam valor à banana do subgrupo Terra produzida no Estado.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, J. F. de; SILVA, C. A. B. da; SIQUEIRA, K. B. Produção de tomate seco em conserva. In: FERNANDES, A. R.; SILVA, C. A. B. da. (Ed.). **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal**. 2 v. Viçosa: UFV, 2003. cap. 10, p. 397-417.

ALTEMANI, C. A. C. **Estudo de aquecedores solares de convecção natural para secagem**. 1976. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Engenharia de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1976.

BAPTISTA, A. S. C. **Análise da viabilidade econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no Nordeste do Brasil**. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**. v. 160A, p. 268-282, 1937.

BORGES, A. de M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P. de. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 29, n. 2, p. 1-7, abr./jun. 2009.

BORGES, M. T. M. R. **Potencial vitamínico de banana verde e produtos derivados**. 2003. 60 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. **Curso básico: controle de infecção hospitalar**. Caderno C, 2000.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Diário Oficial da União, DF, 26 dez. 2003.

BRASIL. Resolução RDC ANVISA/MS nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinha e farelos. Diário Oficial da União, DF, 23 set. 2005.

CARDENETTE, G. H. L. **Produtos derivados de banana verde (*Musa spp.*) e sua influência na tolerância à glicose e na fermentação colônica.** 2006. 175 f. Tese (Doutorado em Nutrição Experimental) – Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2006.

CONCEIÇÃO, M. L. da; VANSCONCELOS, E. T. de A.; PEREIRA, I. D. F.; CINTRA, V. M. **Difusão de tecnologia para aproveitamento de frutas não comercializadas em comunidades carentes.** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba. 2007. Disponível em: <<http://www.ies.ufpb.br/ojs2/index.php/extensaocidada/article/View/File/1382/1055>>. Acesso em: 29 ago. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Custos de produção agrícola: a metodologia da Conab.** Brasília: Conab, 2010. 58 p.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos:** frutas, vegetais, ervas, temperos, carnes, peixes, nozes, sementes. 2. ed. São Paulo: Globo, 1990. 207 p.

ELETROACRE. Disponível em: <<http://www.eletoacre.com.br>>. Acesso em: 24 jun. 2010.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA TROPICAL. **Produção brasileira de banana em 2008.** Disponível em: <[http://www.cnpmf.embrapa.br/planilhas/Banana\\_Brasil\\_2008.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/planilhas/Banana_Brasil_2008.pdf)>. Acesso em: 4 jun. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial:** frutas desidratadas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 115 p. (Série Agronegócios).

FAO. Faostat. Disponível em: <<http://www.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 24 jun. 2010.

FASOLIN, L. H.; ALMEIDA, G. C. de; CASTANHO, P. S.; NETTO-OLIVEIRA, E. R. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 524-529, jul./set. 2007.

FRAIDENRAICH, N. **Tecnologia solar no Brasil**: os próximos 20 anos. Pernambuco: Universidade Federal de Pernambuco, 2005. 11 p.

GIOVENARDI, E. P. **Os pobres do campo**. Porto Alegre: Tomo Editorial Ltda., 2003. 96 p.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. 3. ed. Tradução Flávio Maron Vichi; Leonardo Freire de Mello. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. 543 p. Tradução de: Energy: its use and the environment.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 jun. 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed., 1 v., São Paulo, 1985. 535 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução Carlos Henrique Britto de Assis Prado. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2004. 531 p. Tradução de: Ökophysiologie der pflanzen.

LIMA, A. G. B. de; NEBRA, S. A.; QUEIROZ, M. R. de. Aspectos científicos e tecnológicos da banana. In: **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 87-101, 2000. (Comunicado técnico).

MATOS, E. H. da S. F. **Dossiê técnico**: processamento de frutas desidratadas. Brasília: CDT/UnB, 2007. 21 p.

MELONI, P. L. S. **Como montar uma pequena fábrica de frutas desidratadas**. Viçosa, MG: CPT, 1998. 42 p.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA E DO COMÉRCIO; SECRETARIA DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL. **Manual de energia solar**. Brasília: STI/MIC, 1978. 54 p.

MORAES NETO, J. M. de; CIRNE, L. E. da M. R.; PEDROZA, J. P.; SILVA, M. G. da. Componentes químicos da farinha de banana (*Musa* sp.) obtida por meio da secagem natural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 316-318, 1998.

NAGAOKA, A. K.; SAMPAIO, C. A. de P.; BOFF, C. E.; ARALDI, A. A. R. Desenvolvimento de um coletor solar utilizando reciclagem de lâmpadas fluorescentes. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 2, p. 120-125, ago. 2005.

PEREIRA, R. G.; FREITAS, A. L. D. de; TORRES, C. S.; COSTA, N. G. Desenvolvimento de um coletor alternativo utilizando materiais reaproveitáveis. **Mundo & Vida**, Niterói, v. 2, n. 1, p. 61-67, 2000.

PREZOTTO, L. L. **A sustentabilidade da agricultura familiar: implicações e perspectivas da legislação sanitária para a pequena agroindústria**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2005. 167 p.

RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 3, p. 479-483, jul./set. 2009.

SANTOS, B. M. dos. **Metodologia de dimensionamento de sistemas de aquecimento solar para secagem de produtos agrícolas**. 2004. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

SANTOS, L. A. dos. **Construção e avaliação de um coletor armazenador de energia solar, não convencional, para aquecimento de ar na secagem de produtos agrícolas**. 1980. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1980.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n. 3, p. 507-512, sept. 1974.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SILVA, C. A. B. da; FERNANDES, A. R. Metodologia de elaboração de projetos agroindustriais. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal**. 2 v. Viçosa: UFV, 2003. cap. 1, p. 13-21.

SILVA, N. da; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S. dos; GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 552 p.



SOUZA, L. G. M. de; MENDES, J. U. de L.; LIMA NETO, H. J. de; SANTOS, N. R. G. dos; MELO, A. V. de; SANTOS, R. D. dos. Obtenção de tomate seco utilizando um sistema de secagem solar construído com material alternativo. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 2007, Cusco. **Resumos...** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007. p. 927-935.

SPOTO, M. H. F. Desidratação de frutas e hortaliças. In: OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. (Ed.). **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Barueri, SP: Manole, 2006. cap. 12, p. 565-604.

STRINGHETA, P. C.; MELONI, P. L. S.; FERNANDES, A. R.; SILVA, C. A. B. da. Produção de banana-passa. In: FERNANDES, A. R.; SILVA, C. A. B. da. (Ed.). **Projetos de empreendimentos agroindustriais: produtos de origem vegetal.** 2 v. Viçosa: UFV, 2003. cap. 2, p. 23-57.

TOKUNAGA, T. **A cultura da banana.** Campinas, SP: CATI, 2000. 80 p. (Boletim Técnico, 233).

TORRES, L. L. G.; EL-DASH, A. A.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; GERMANI, R.; MIGUEZ, M. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde (*Musa acuminata*, grupo AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 273-290, jul./dez. 2005.

TRAVAGLINI, D. A.; PINTO NETO, M.; BLEINROTH, E. W.; LEITÃO, M. F. de F. **Banana-passa: princípios de secagem, conservação e produção industrial.** Campinas: ITAL/Rede de Núcleos de Informação Tecnológica, 1993. 73 p.

VIEIRA, L. M. **Banana.** Santa Catarina: Epagri/Cepa, 2009.

ZANDONADI, R. P. **Massa de banana verde: uma alternativa para exclusão do glúten.** 2009. 100 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Departamento de Ciências da Saúde – Faculdade de Ciências da Saúde – Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Custo de construção de secadores solar e aquisição de uma estufa elétrica com renovação e circulação de ar forçada

Secadores	Valor unitário (R\$)
Secador elétrico (Estufa elétrica - EE) com circulação e renovação de ar forçada com potência de 6.000 watts com capacidade para 90 kg de frutas por batelada.....	25.670,00
Secador solar (modelo - T) construído com telha de fibrocimento como superfície absorvedora.....	1.273,00
Secador solar (modelo - TF) construído com telha de fibrocimento e chapa de ferro como superfície absorvedora.....	1.433,00
Secador solar (modelo - TA) construído com telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada como superfície absorvedora.....	1.359,00
Secador solar (modelo - MF) construído com manta térmica e chapa de ferro como superfície absorvedora.....	1.388,00

Nota: Nos preços dos secadores solar foram incluídos custos com material, mão-de-obra para a construção dos coletores, cabine de secagem, cavaletes e pintura da superfície absorvedora.

APÊNDICE B – Desempenho do secador elétrico (EE) e dos quatro secadores solar planos de convecção natural (T, TF, TA e MF) quanto à variação de temperatura e umidade relativa do ar em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Secadores	Horas	UR do ar (%) no ambiente	UR do ar (%) no interior do equipamento	$\Delta$ UR (%)	Temperatura do ar (°C) ambiente	Temperatura do ar (°C) no interior do equipamento	$\Delta$ T (°C)
EE	8:45	60	65,4	- 5,4	30,3	30,3	0,0
	10:15	54	11,5	42,5	32,4	55,0	22,6
	11:15	44	11,7	32,3	34,4	65,0	30,6
	12:45	37	10,6	26,4	36,6	66,0	29,4
	14:15	38	10,3	27,7	36,2	65,0	28,8
	15:15	36	9,8	26,2	35,6	65,0	29,4
	16:45	-	-	-	-	-	-
T	8:45	60	48,9	11,1	30,3	32,9	2,6
	10:15	54	30,4	23,6	32,4	43,4	11,0
	11:15	44	23,4	20,6	34,4	46,9	12,5
	12:45	37	20,4	16,6	36,6	50,7	14,1
	14:15	38	15,7	22,3	36,2	54,5	18,3
	15:15	36	14,8	21,2	35,6	55,0	19,4
	16:45	42	29,9	12,1	34,3	41,3	7,0
TF	8:45	60	48,7	11,3	30,3	31,0	0,7
	10:15	54	24,0	30,0	32,4	44,5	12,1
	11:15	44	16,5	27,5	34,4	52,4	18,0
	12:45	37	13,4	23,6	36,6	58,6	22,0
	14:15	38	12,7	25,3	36,2	58,8	22,6
	15:15	36	10,7	25,3	35,6	63,5	27,9
	16:45	42	13,3	28,7	34,3	57,3	23,0
TA	8:45	60	44,1	15,9	30,3	39,2	8,9
	10:15	54	33,4	20,6	32,4	45,1	12,7
	11:15	44	22,1	21,9	34,4	55,8	21,4
	12:45	37	15,9	21,1	36,6	60,7	24,1
	14:15	38	14,9	23,1	36,2	62,1	25,9
	15:15	36	13,8	22,2	35,6	60,1	24,5
	16:45	42	23,1	18,9	34,3	50,2	15,9
MF	8:45	60	60,9	- 0,9	30,3	32,2	1,9
	10:15	54	21,8	32,2	32,4	53,0	20,6
	11:15	44	18,9	25,1	34,4	56,0	21,6
	12:45	37	14,8	22,2	36,6	61,4	24,8
	14:15	38	12,0	26,0	36,2	66,3	30,1
	15:15	36	12,4	23,6	35,6	62,7	27,1
	16:45	42	17,3	24,7	34,3	52,6	18,3

$\Delta$ UR- Diferença de umidade relativa do ar

$\Delta$ T - Diferença de temperatura

EE - Estufa elétrica com circulação e renovação de ar (6.000 W)

T - Secador solar com telha de fibrocimento como superfície absorvedora

TF - Secador solar com telha de fibrocimento e chapa de ferro como superfície absorvedora

TA - Secador solar com telha de fibrocimento e telha de alumínio ondulada como superfície absorvedora

MF - Secador solar com manta térmica e chapa de ferro como superfície absorvedora

Radiação solar incidente: 795 w m<sup>-2</sup> (Data: 8 set. 2009)

APÊNDICE C – Análise de variância da temperatura do ar (TA) e umidade relativa do ar (URA) no interior dos equipamentos utilizados em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		TA	URA
Blocos	3	0,00016 <sup>ns</sup>	3,246 <sup>ns</sup>
Tratamentos	4	0,00126 <sup>**</sup>	32,286 <sup>**</sup>
Resíduo	12	0,00012	2,637
Total	19	-	-
CV (%)	-	1,23	12,41
Bartlett ( $\chi^2$ )		13,0814	3,8404
Shapiro-Wilk (W)		0,9609	0,9733

APÊNDICE D – Análise de variância da água evaporada (AE), produto desidratado (PD), atividade de água (Aa) e tempo de secagem (TS) da farinha de banana verde de experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		AE	PD	Aa	TS
Blocos	3	0,00005 <sup>ns</sup>	0,00010 <sup>ns</sup>	0,00657 <sup>ns</sup>	0,00023 <sup>ns</sup>
Tratamentos	4	0,00023 <sup>*</sup>	0,00044 <sup>*</sup>	0,06109 <sup>**</sup>	0,09001 <sup>**</sup>
Resíduo	12	0,00005	0,00010	0,00386	0,00046
Total	19	-	-	-	-
CV (%)	-	0,40	0,62	18,12	1,88
Bartlett ( $\chi^2$ )		6,9755	7,5544	5,9304	1,8595
Shapiro-Wilk (W)		0,9429	0,9379	0,9657	0,9714

APÊNDICE F – Análise de variância do pH e acidez da farinha de banana verde de experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		pH <sup>1</sup>	Acidez
Blocos	3	0,005 <sup>ns</sup>	0,027 <sup>**</sup>
Tratamentos	4	0,027 <sup>**</sup>	0,022 <sup>**</sup>
Resíduo	12	0,005	0,003
Total	19	-	-
CV (%)	-	1,16	8,55
Bartlett ( $\chi^2$ )		2,2577	11,0975
Shapiro-Wilk (W)		0,9388	0,9436

APÊNDICE E – Análise de variância da composição centesimal e o valor calórico da farinha de banana verde cv. Terra de experimento realizado no delineamento em blocos casualizados na Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, 2009

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios						
		Umidade	Lipídios	Proteínas	Fibras	Cinzas	Carboidratos	Valor calórico
Blocos	3	10,156 <sup>**</sup>	0,01378 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>	0,00030 <sup>**</sup>	0,00025 <sup>**</sup>
Tratamentos	4	11,067 <sup>**</sup>	0,24946 <sup>*</sup>	0,114 <sup>**</sup>	0,054 <sup>ns</sup>	0,408 <sup>**</sup>	0,00026 <sup>**</sup>	0,00015 <sup>**</sup>
Resíduo	12	0,822	0,04772	0,006	0,025	0,013	0,00002	0,00003
Total	19	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	9,72	43,47	2,78	11,54	4,37	0,22	0,20
Bartlett ( $\chi^2$ )		3,1439	26,3969	1,1801	3,7686	8,6333	2,9290	2,5729
Shapiro-Wilk (W)		0,9568	0,9118	0,9531	0,9526	0,9526	0,9575	0,9794